

KORIŠTENJE PRIKRIVENE GENETSKE VARIJABILNOSTI KUKURUZA PRIMJENOM REKURENTNE SELEKCIJE

USE OF LATENT MAIZE GENETIC VARIABILITY IN RECURRENT SELECTION

V.Kozumplik i I.Pejić

SAŽETAK

U proizvodnji kukuruza postoji stalni trend porasta prinosa zahvaljujući poboljšavanju genetske osnove. Nasljedna osnova oplemenjivačkih populacija koje se upotrebljavaju za razvoj novih inbred linija je relativno uska, a genetska divergentnost hibrida u proizvodnji relativno mala. Genetska osnova nacionalnih i internacionalnih kolekcija kukuruza kao i egzotične germplazme izvan ovih kolekcija predstavljaju široku genetsku varijabilnost do sada malo iskorištavanu. Analize genotipova jugoslavenske kolekcije nasljedne osnove kukuruza upućuju na genetsku divergentnost vrijednu uključivanja u razvoj početnih oplemenjivačkih populacija. Istraživački rezultati isto tako pokazuju da bi se iz nasljedne osnove kukuruza jugoslavenskog porijekla mogle razviti inbred linije drugačije heterotične komplementarnosti od članova poznatog heterotičnog para BSSS - Lancaster. Genetska osnova velikog broja genotipova kukuruza je interesantna u oplemenjivanju samo djelomično. Interesantni aleli ovih genotipova mogu ići u superiorne rekombinante postupkom rekurentne selekcije. Postoje dva glavna načina izbora superiornih jedinki u oplemenjivačkoj populaciji u procesu rekurentne selekcije; po fenotipu i po genotipu, tj. na osnovu pokusom ocijenjene vrijednosti potomstva. Potomstvo može biti iz oplodnje s raznim testerima, ili iz samooplodnje. Razlika može biti i u trajanju jednog selekcijskog ciklusa i genetskoj dobiti od selekcije. S obzirom na zasjenjenost dobrih gena lošim svojstvima ili maskiranost dobrih lošim genima, postoji i mogućnost izbora metode rekurentne selekcije gdje se u sintetičku populaciju uključuju genotipovi bez loših ekonomski važnih svojstava, kao i sistema koji omogućuju razvoj početnih sintetičkih populacija širokog spektra genotipova u smislu gospodarske vrijednosti. Veći broj manje vrijednih genotipova zahtijeva dulji proces rekurentne selekcije.

UVOD

Analize prosječnih prinosa hibrida kukuruza kod nas i u svijetu pokazuju konstantan rast (Mišević i sur. 1987., Russel, 1985. prema Hallauer 1987.). Porast prinosa pripisuje se dijelom rodnijim hibridima, a dijelom poboljšanoj zaštiti i proizvodnim mjerama.

Za razvoj novih hibrida kukuruza upotrebljavaju se materijali uglavnom uske genetske osnove. Prema Zuberu (1975) nasljedna osnova oplemenjivačkih populacija kukuruza u SAD nije se mijenjala u razdoblju od 1970. - 1975. Smith je, 1988, na osnovu izoencimatskih i kromatografskih analiza zeina kukuruza ustanovio da se sjevernoamerička proizvodnja i oplemenjivanje kukuruza zasnivaju uglavnom na iskorištavanju inbred linija B73, A632, OH43 i Mo17 ili njima usko srodnim linijama. Linije razvijene iz Iowa Stiff Stalk Synthetic-a (BSSS) u kombinaciji s linijama iz slobodnooplodne Lancaster Sure Corp sorte (Lancaster) predstavljaju još uvijek najvažniji heterotični par.

Sjevernoamerička nasljedna osnova kukuruza upotrebljava se za razvoj hibrida i u našoj zemlji (Trifunović i sur. 1989.). Populacije uske genetske osnove uključujući sintetičke elitnih linija, F2 populacije jednostrukih križanaca i populacije nastale povratnim križanjem elitnih linija najvjerojatnije će biti iskorištavane i u budućnosti u istom obimu, ili još više, za razvoj novih inbred linija i hibrida kukuruza (Hallauer, 1979., prema Hallauer, 1987.).

Moguće negativne posljedice relativno uske nasljedne osnove na daljnje kontinuirano poboljšanje prinosa i drugih svojstava u oplemenjivanju kukuruza navode se u više radova (Harlan, 1972., Kannenberg, 1984., Marshall, 1987., Hallauer, 1988.). Iz ovoga proizlazi da bi u oplemenjivačkom radu na kukuruzu više pažnje nego do sada trebalo posvetiti formiranju početnih oplemenjivačkih populacija šire genetske varijabilnosti i rekurentnoj selekciji superiornih genotipova. Osim toga, daljnja poboljšanja prinosa kukuruza mogu se očekivati od inbred linija koje ne pripadaju tradicionalnom paru BSSS-Lancaster (Mišević i sur. 1987.). Za ovu svrhu mogu se upotrebljavati genotipovi koji se kombiniraju jednako dobro s obadvije američke populacije.

KAKO POVEĆATI GENETSKU VARIJABILNOST KUKURUZA

Mnogi genotipovi kukuruza koji se mogu naći u proizvodnji, u nacionalnim i internacionalnim kolekcijama, a često nazivani egzotična germplazma, nisu, ili su malo iskorištavani za razvoj oplemenjivačkih populacija. Ova nasljedna osnova predstavlja latentnu vrijednost za daljnje povećanje prinosa putem oplemenjivanja (Kennenberg, 1984.). Jugoslavenska kolekcija sadrži oko 2000 uzoraka raznih populacija sakupljenih širom zemlje, koji se na osnovu morfoloških i drugih svojstava mogu svrstati u 18 grupa (Gerić i sur., 1989.). Analizom oko 300 od navedenih 2000 genotipova svih 18 grupa, primjenom izoenzima kao genetskih markera, ustanovljena

je genetska divergentnost svake grupe. Stoga ovi genotipovi mogu poslužiti kao vrijedan izvor genetske varijabilnosti. Interesantni geni za poboljšanje pojedinih svojstava mogli bi se putem rekurentne selekcije uključiti u oplemenjivačke populacije (1) za razvoj novih inbred linija i hibrida kukuruza poboljšanog genetskog potencijala rodnosti i drugih svojstava u okviru postojećih heterotičnih grupa i (2) za razvoj nove heterotične grupe koja se kombinira jednako dobro sa BSSS i Lancaster grupom.

REKURENTNA SELEKCIJA POGODNA METODA

Osnovna dva pristupa razvoju i poboljšanju populacije rekurentnom selekcijom su selekcija na osnovi ocjene fenotipa i selekcija na osnovi ocjene vrijednosti genotipa (Fehr, 1987.). Metode rekurentne selekcije za intra i interpopulacijsko poboljšanje i faze genotipske rekurentne selekcije prema Hallauer-u (1988.) prikazane su na tablicama 1 i 2. Ocjena fenotipa može biti vizuelna ili na osnovi mjerenja i analiza, npr. zaraženosti biljaka nakon umjetne infekcije određenim patogenom, sadržaja ulja i bjelančevina u zrnu odabranih biljaka i sl. Ocjena vrijednosti genotipa odabranih biljaka donosi se na osnovi vrijednosti svojstava njihovih potomstava u poljskim pokusima. Potomstvo odabranih biljaka može biti iz slobodne oplodnje u populaciji iz koje su biljke odabrane, iz oplodnje sa smjesom polena odabranih biljaka iste populacije, iz oplodnje s polenom pojedinačnih biljaka iz iste populacije, iz križanja s određenim genotipom izvan populacije i iz samooplodnje (Hallauer, 1987.).

Tab. 1. Metode rekurentne selekcije za intra i interpopulacijsko poboljšanje genetske osnove kukuruza (Hallauer, 1988.)

Metode selekcije	Ispitivanje potomstva	Mjerenje uspjeha selekcije	
		Direktno	Indirektno
Intrapopulacijske			
Masovna	Indiv.biljke	Populacija per se	Test križanci
Half-sib	half-sib-ovi	Test križenci	Populacija per se
Klip na red	"	"	"
Populacija kao tester	"	"	"
Nesrodni tester	"	"	"
Full-sib	Full-sib-ovi	Populacija per se	Test križanci
Samooplodnja	S1, S2 itd.	"	"
Interpopulacijske			
Recipročna half-sib	Half-sib-ovi	Populacijski križanci	Populacija per se
Recipročna full-sib	Full-sib-ovi	Populacijski križanci	Populacija per se

Tab. 2. Faze jednog ciklusa genotipske rekurentne selekcije za genetsko poboljšanje populacije kukuruza (Hallauer, 1988.)

Faze	
Razvoj potomstva	Razvoj half-sib full-sib ili potomstava samooplodnje u osnovnoj populaciji. Ovo načiniti na najmanje 150- 200 biljaka kako bi se uključila cijela širina genetske varijabilnosti populacije.
Ispitivanje potomstava	Ispitivanje potomstava u pokusima s ponavljanjima da se ustanovi genetska vrijednost potomstava. Potrebna su izgleda najmanje dva ponavljanja na 3-4 lokacije
Kombiancije superiornih potomstava	Na osnovi rezultata pokusa izaberu se najbolja potomstva za međukrižanja. Iz sjemena se razvije nova početna populacija. Izgleda da je dovoljno 25-30 potomstava a da ne bude genetskog pomaka. Za međukrižanja se upotrebljava oko 30 zrna po potomstvu.

Izbor testera ima utjecaja na genetsku dobit od selekcije. Jedan ciklus rekurentne selekcije po fenotipu traje dvije, a na osnovi vrijednosti genotipa tri ili više godina uz pretpostavku da je moguće uzgojiti samo jednu generaciju godišnje. Rekurentna selekcija po fenotipu uglavnom daje slabe rezultate kad je u pitanju poboljšanje nasljedne osnove kvantitativnih svojstava niske heritabilnosti tj. onih čije je variranje pod jakim utjecajem vanjskih faktora, kao što je prinos (Borovojević, 1981., Fehr, 1987.).

Genotipovi odabrani bilo na osnovi fenotipske ili genotipske vrijednosti najčešće su upotrebljavani za razvoj nove populacije međukrižanjem čime završava jedan ciklus selekcije. Nova populacija sastavljena od genotipova rekombiniranih alela upotrebljava se za novi ciklus rekurentne selekcije, ili za izbor i razvoj inbred linija, ako je stupanj koncentracije i rekombinacije superiornih alela dostigao željeni nivo.

ZATVORENI SISTEM REKURENTNE SELEKCIJE

Genetski napredak u oplemenjivanju ovisi o sistematskom poboljšanju nasljedne osnove koju oplemenjivači upotrebljavaju kao početnu populaciju (Hallauer, 1985. prema Hallauer, 1988.). Linije i hibridi mogu biti onoliko dobri koliko je dobra nasljedna osnova početne populacije, što ovisi o metodama, ali i o materijalima upotrebljenim za njezin razvoj. U ovom smislu postoje u osnovi dva pristupa. Prvi je formiranje oplemenjivačke populacije za rekurentnu selekciju od određenog broja genotipova od kojih ni jedan nema neko slabo, a ekonomski važno svojstvo. Najčešće su to elitne inbred linije. Ovakve populacije, često razvijene slobodnom oplodnjom odabranih genotipova i poznate pod nazivom sintetičke populacije (sintetici), prolaze kroz određeni broj ciklusa rekurentne selekcije bez naknadnog uključivanja u njih nove nasljedne osnove (Hallauer, 1987., 1988.).

OTVORENI SISTEM REKURENTNE SELEKCIJE

Drugi pristup, poznat pod nazivom hijerarhijski otvoreni sistem rekurentne selekcije, omogućava kontinuirano uključivanje nove nasljedne osnove u sistem, usmjeravanje poželjenih gena višem nivou sistema i ponovno vraćanje u populacije niskog izvedbenog nivoa, te kontinuirani razvoj linija nakon što je koncentracija i rekombinacija superiornih gena dostigla odgovarajući nivo (Kennenberg, 1984., 1989., Pejić i Kozumplik, 1990.). Kod ovog pristupa rekurentne selekcije moguće je u početnu populaciju uključiti širu genetsku osnovu nego kod prethodnog, ali treba i dulji vremenski period do nivoa na kojem je moguće početi s razvojem inbred linija.

Što se tiče heterotičnog para već je spomenuto da većina oplemenjivačkih programa kukuruza ima za cilj razvoj inbred linija koje se dobro kombiniraju s jednim članom heterotičnog para BSSS - Lancaster. Međutim, križanjem linija kukuruza domaćeg porijekla s testerima iz BSSS i Lancaster grupe i ispitivanjem potomstava u poljskim pokusima, ustanovljeno je da se relativno visok postotak domaćih linija kombinira jednako dobro s testerima iz obje heterotične grupe (Pejić i Kozumplik, 1990.). Ovo pokazuje da domaća nasljedna osnova kukuruza predstavlja mogući oplemenjivački izvor razvoja heterotične grupe inbred linija različite od BSSS i Lancaster para.

Sve prije navedeno upućuje na opravdanost razvoja oplemenjivačkih populacija kukuruza domaće nasljedne osnove u cilju selekcije superiornih inbred linija. Osim toga, uočljivo je, da je iz domaće nasljedne osnove kukuruza moguće razviti heterotičnu grupu inbred linija različitu po heterotičnoj komplementarnosti od BSSS ili Lancaster grupe, što bi trebalo biti nova mogućnost za razvoj superiornih hibrida u budućnosti. Da bi interesantni aleli iz domaće nasljedne osnove mogli biti iskorišteni za razvoj ili poboljšanje novih inbred linija sličnih po heterotičnoj komplementarnosti jednom od BSSS - Lancaster para ili za razvoj superiornih inbred linija nove heterotične grupe, domaća nasljedna osnova mora se uključiti u rekurentnu selekciju. Koja će od navedenih metoda rekurentne selekcije biti najefikasnija u određenom slučaju za poboljšanje prinosa i drugih svojstava sintetičke populacije, zavisi prvenstveno o stupnju prekrivenosti superiornih gena lošim svojstvima genotipa i maskiranosti dobrih lošim genima, t. j. o početnom materijalu.

SUMMARY

In corn production there has been a constant increase in yield due to genetic improvement of hybrids and other factors. The germplasm used in breeding new inbred lines is of a relatively narrow genetic basis. The germplasm maintained in the national and international corn collections represents a broad genetic variability of various traits but little used for breeding purposes. There are indications that Yugoslav corn germplasm has a genetic diversity which could contribute to further improvement of yield and other traits through breeding. Besides, the Yugoslav corn germplasm

could be a source of inbred lines of a different heterotic pattern from the BSSS or Lancaster lines. Interesting genes of different corn genotypes could be transferred into superior recombinants through recurrent selection. There are two ways of selecting the superior individuals in a population, by phenotype and by genotype, i.e. on the basis of performance value of the progeny. The progeny of the plant in question can be from the cross with a tester or from selfpollination. This can result in different duration of a selection cycle and in different genetic gain. Considering the fact that shading good genes are shaded by poor traits, or masked by bad genes there is the possibility of applying recurrent selection where genotypes with only good traits are included in synthetic population, and the possibility of applying the system in which various genotypes could be included. With poorer genotypes the process of recurrent selection lasts longer before the population is brought to the level where breeding new lines can start.

LITERATURA

1. Borojević, S. 1981. Principi i metodi oplemenjivanja bilja. Ćirpanov, Novi Sad.
2. Fehr, W.R. 1987. Principles of Cultivar Development. Volume 1. Macmillan Publishing Co. New York, Collier Macmillan Publishers, London.
3. Hallauer, A.R. 1987. In Fehr W.R. (ed.) 1987. Principles of Cultivar Development, Volume, 2, Macmillan Publishing Co. New York, Collier Macmillan Publishers, London.
4. Hallauer, A.R. 1988. Modern Methods in Maize Breeding, *Euromaize* 88, p.p. 1-20, Beograd.
5. Gerić, I., Zlokolica Marija, Gerić Cana and Stuber, C.W., 1989. Races and populations of Maize in Yugoslavia; Isozyme Variation and Genetic Diversity. IBPGR, Rome.
6. Kannenberg, L.W. 1984. Utilization of genetic Diversity in Crop Breeding. Plant Genetic Resources - A Conservative Imperative. Edited by Christopher W. Yetman. Copyright 1984. by the American Association for the Advancement of Science.
7. Kannenberg, L.W., 1989. A revision to Hope, the Hierarchical, Open-ended System for Maize. XII Eucarpia congress 89, p.p. 32-34.
8. Mišević, D., M. Vidaković, D. Parlov, Lj. Radić i N. Vekić, 1987. Selekcija kukuruza na prelazu u 21. vek. *Genetika*, 19(3): 263-273.
9. Pejić I. i V. Kozumplik, 1990. Mogućnost korištenja domaćih genotipova kukuruza za razvoj oplemenjivačkih populacija. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, u štampi.
10. Smith, J.S.C. 1988. Diversity of United States Hybrid Maize Germplasm; Isozymic and Chromatographic Evidence. *Crop. Sci.* 28 : 63-69.

11. Trifunović, V., D. Palaveršić i Lj. Radić, 1989. Oplemenjivanje kukuruza na području Jugoslavije. Koordinacionni centar SEV po probleme KOC-2, Osijek, 1989.
12. Zuber M.S., 1975. Corn Germplasm Base in the U.S. - is it Narrowing Widening or Static. Proceedings Thirtieth Ann. Corn and Sorghum Research Cong. 30 : 277-286.

Adresa autora - Author's adress:

V. Kozumplik

I. Pejić

Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb

Zavod za oplemenjivanje bilja, genetiku i metodiku istraživanja