

PROCJENA GENETSKIH EFEKATA ZA VISINU BILJKE NA DVA SPECIFIČNA PARA INBRED LINIJA KUKURUZA I ŠEST GENERACIJA KRIŽANJA

Z. Zdunić⁽¹⁾, D. Šimić⁽¹⁾, I. Brkić⁽¹⁾, A. Jambrović⁽¹⁾, Renata Zdunić⁽²⁾, Tatjana Ledenčan⁽¹⁾

Izvorni znanstveni članak

Original scientific paper

SAŽETAK

Procjena genetskih efekata za svojstva od interesa sastavni je dio većine oplemenjivačkih programa na Poljoprivrednom institutu Osijek. Ovaj se rad bavi procjenom prihvatljivosti (adequacy) aditivno/dominantnog modela nasljeđivanja te procjenom i usporedbom genetskih efekata za visinu biljke na dva odabrana specifična para inbred linija (A672×Va99 i A672×Os6-2) i njihovih šest osnovnih generacija križanja (P1, P2, F₁, F₂, BCP1 i BCP2). Provedena su dvogodišnja istraživanja na dva lokaliteta u istočnoj Hrvatskoj. Pokusi su se sastojali od 121 člana različitog stupnja inbridinga dobivenih parcijalnim dialelnim križanjem, zatim samooplodnjom i povratnim križanjem. U obje godine istraživanja korišten je nepotpuni blokni (jednostavni latis - lattice) raspored. Rezultati goodnes of fit testa ukazali su da aditivno/dominantni model nije mogao objasniti sva variranja među srednjim vrijednostima istraživanih generacija. Digeni epistatski model pokazao se prihvatljivim kod oba para barem u jednoj godini istraživanja. Procjene i usporedbe genetskih efekata za izdvojene specifične parove i šest generacija križanja otkrili su prevladavajuće dominantne učinke gena u odnosu na aditivne.

Ključne riječi: kukuruz, visina biljke, analiza srednjih vrijednosti generacija, genetski efekti

UVOD

U oplemenjivanju silažnog kukuruza visina biljke predstavlja važno kvantitativno svojstvo, čija je ekspresija uvjetovana različitim djelovanjem poligena, njihovom interakcijom s okolinom i okolinskim utjecajem. Melchinger, Geiger i Schnell (1986.) opisuju kako poznavanje prirode aktivnosti gena otvara mogućnost oplemenjivačima kukuruza za bolje optimiziranje oplemenjivačkih programa.

Procjena genetskih efekata koji su uključeni u kontroliranje visine biljke može se izvršiti pomoću analize srednjih vrijednosti generacija (generation means analysis), Hayman (1958.). Budući da se ta analiza zasniva na srednjim vrijednostima svojstva od interesa, a ne varijancama, njezina osjetljivost i preciznost mogu imati izvjestan utjecaj na oplemenjivačke programe. Za detektiranje epistatskih efekata, međutim, ta analiza predstavlja bolji test od ispitivanja komponenata varijanci (Fenster i sur., 1997.). Kumar i Gangashetti (1998.) utvrdili su kod pet proučavanih genotipova značajne aditivne i neaditivne genetske efekte za visinu biljke. Mahto i Ganguli (2001.) procijenili su značajne i veće dominantne nego aditivne efekte, kao i značajne aditivne×aditivne i dominantne×dominantne digenetske epistatske interakcije. Procjena aditivnih×aditivnih i dominantnih×dominantnih interakcija bila je veća nego aditivnih×dominantnih interakcija.

Nedostatak genetskih informacija o visini biljke u domaćoj literaturi bio je dodatni motiv za to istraživanje. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti i usporediti genetske efekte uključujući i digenetske nealelne interakcije (epistaze) za visinu biljke kod dva specifična para inbred linija i njihovih šest osnovnih generacija.

(1) Dr.sc. Zvonimir Zdunić, dr.sc. Domagoj Šimić, dr.sc. Ivan Brkić, dr.sc. Antun Jambrović i dr.sc. Tatjana Ledenčan – Odjel za oplemenjivanje i genetiku kukuruza, Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrađe 17, 31000 Osijek, (2) Renata Zdunić, dipl. ing., zn. novak – Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Zavod za zaštitu bilja, Trg Svetog Trojstva 3, 31000 Osijek

MATERIJAL I METODE

Provedeno je dvogodišnje istraživanje na dva lokaliteta u istočnoj Hrvatskoj. Križanci uključeni u istraživanje izabrani su iz seta od ukupno 28 križanaca, stvorenih 8×8 polovičnim dialelnim planom križanja (Zdunić, 2001.). Oni predstavljaju najviše korišten heterotični koncept BSSS × Lancaster u klasičnom oplemenjivanju kukuruza. Šest osnovnih generacija križanja (P1, P2, F₁, F₂, BCP1 i BCP2) posijane su prema jednostavnom latis (lattice) planu pokusa. Za sve generacije i na svakom lokalitetu podaci su uzimani na individualnoj osnovi (po biljci), s veličinom uzorka od najmanje 80 biljaka za uniformne generacije i 240 biljaka za segregirajuće generacije križanja. Da bi se izbjegao efekt kompeticije redova među generacijama s različitim stupnjem inbridinga, podaci nisu uzimani iz dva rubna reda svake parcelice. Za odabrane križance provedena je analiza srednjih vrijednosti generacijâ, koristeći model koji su detaljno opisali Mather i Jinks (1982.). Notacija genetskih efekata m, a, d, aa, dd, i ad preuzeta je od Gamblea (1962.). Prikladnost (adequacy) additivno/dominantnog modela nasljeđivanja testirana je χ^2 testom (goodness of fit test), a značajnost genetskih parametara t-testom.

REZULTATI I RASPRAVA

Srednje vrijednosti visine biljke sa standardnim pogreškama (SE) kroz šest generacija križanja za dva križanca i dvije godine istraživanja prikazani su u Tablici 1. Roditeljske generacije razlikovale su se u visini biljke kod oba istraživana križanca i u obje godine. F₁ generacija križanja je zbog ekspresije heterozisa očekivano ostvarila najviše prosjeke kod oba križanca u obje godine istraživanja. Promatrajući segregirajuće generacije, F₂ generacija je ostvarila najviše prosjeke kod A672×Va99 križanca u obje godine, dok je kod A672×Os6-2 križanca F₂ generacija bila najviša u 1998., a BCP2 generacija u 1999. godini istraživanja.

Tablica 1. Srednje vrijednosti i standardne pogreške (cm) u 1998. i 1999. godini

Table 1. Means and standard errors for plant height (cm) in 1998 and 1999

Križ. Inbreed	A672×Va99				A672×Os6-2			
	1998.		1999.		1998.		1999.	
God. Year	Prosje. Mean	± SE	Prosjeke Mean	± SE	Prosjeke Mean	± SE	Prosjeke Mean	± SE
Gen.								
P1	184.88	± 1.07	202.56	± 1.67	184.88	± 1.08	202.56	± 1.67
P2	204.31	± 1.53	208.61	± 1.22	223.31	± 1.33	240.38	± 1.19
F ₁	263.88	± 1.17	298.44	± 1.17	273.38	± 1.97	320.63	± 0.98
F ₂	235.10	± 1.39	254.83	± 1.22	254.88	± 1.20	276.85	± 1.12
BCP1	227.89	± 1.03	252.45	± 1.17	240.20	± 1.12	265.33	± 1.11
BCP2	242.18	± 1.22	255.58	± 0.91	244.25	± 0.95	287.18	± 0.96

Kod procjene prikladnosti određenog modela nasljeđivanja, χ^2 test pokazao se signifikantnim kod oba križanca u najmanje jednoj godini istraživanja, što ukazuje da glavni efekti nisu mogli u potpunosti objasniti variranja među prosjecima generacija križanja (podaci nisu prikazani). Lamkey et al. (1995.) naglašavaju da uvođenje digenih epistatskih efekata u nekim slučajevima može poboljšati fit modela za određena svojstva čak i kada χ^2 ostaje signifikantan. Prema rezultatima *goodnes of fit* testa u ovom istraživanju, kod prvog istraživanog križanca A672×Va99 aditivno/dominantni model nasljeđivanja nije uspio objasniti variranja u visini biljke kod različitih generacija križanja u 1998. godini. Međutim, model se pokazao adekvatnim u 1999. godini. Nasuprot tomu, kod A672×Os6-2 križanca additivno/dominantni model nije bio zadovoljavajući niti u jednoj godini istraživanja.

U 1998. godini rezultati procjene glavnih i interakcijskih (epistatskih) efekata kod prvog istraživanog križanca A672×Va99 ukazuju na pozitivne signifikantne aditivne efekte, dok su dominantni efekti bili

pozitivni i nesignifikantni (Tablica 2.). Procjenjeni su i negativni signifikantni dominantni×dominantni interakcijski efekti (epistaze), kao i negativni nesignifikantni aditivni×aditivni i aditivni×dominantni efekti (Tablica 2.). Takvi rezultati ukazuju da su ovdje interalelne interakcije (epistaze) odigrale važnu ulogu u nasljeđivanju visine biljke. Pozitivne odnosno negativne procjene dominantnih i aditivno×dominantnih efekata nisu bile značajne. U 1999. godini procijenjeni su pozitivni nesignifikantni aditivni te signifikantni dominantni efekti (Tablica 3.).

Kod A672×Os6-2 križanca u obje godine istraživanja procjenjeni su pozitivni signifikantni aditivni efekti (Tablice 2 i 3). Procjene aditivnih × aditivnih, kao i dominantnih × dominantnih interakcijskih efekata bile su negativne i signifikantne u 1998. godini (Tablica 2.). U 1999. godini procjenjeni su i pozitivni dominantni efekti, dok su kod samo dominantni × dominantni interakcijski efekti bili značajni i negativni (Tablica 3.). Iz navedenih je rezultata vidljivo da su kod oba istraživana specifična križanca u obje godine istraživanja barem jedan od glavnih i jedan od interakcijskih efekata bili značajni. To ukazuje da su razlike između srednjih vrijednosti šest osnovnih generacija kod istraživanih križanaca uvjetovane složenim mehanizmima genetske kontrole visine biljke, koji se vrlo često ne mogu precizno objasniti aditivno-dominantnim modelom nasljeđivanja.

Zbog procjenjenih najčešće viših vrijednosti dominantnih efekata u odnosu na aditivne (osim kod križanca A672×Os6-2 u 1998.godini) u svim istraživanim slučajevima, može se zaključiti da su dominantni efekti imali veću važnost od aditivnih. To je u skladu s Hallauer i sur. (1988.), koji naglašavaju da su kod svojstava koja su pod jakim utjecajem heterozisa često dominantni efekti važniji od aditivnih. Visoke vrijednosti dominantnih efekata javljaju se zbog heterozigotnosti onih gena po kojima se roditelji jasno razlikuju (Kearsey and Pooni, 1996.).

Tablica 2. Procjene genetskih efekata i njihove standardne pogreške u 1998. godini

Table 2. Estimates of genetic effects with their standard errors for plant height in 1998

Križanci Inbreed	Genetski efekti - <i>Genetic effects</i> ± SE					
	m	a	d	aa	dd	ad
A672×Va99	194.86** ± 22.1	9.72** ± 2.4	91.93ns ± 51.9	-0.27ns ± 22.0	-48.01** ± 12.8	-22.92ns ± 31.1
A672×Os6-2	254.69** ± 20.75	19.22** ± 2.32	-17.95ns ± 49.07	-50.6** ± 20.62	-46.54** ± 12.23	36.64ns ± 30.03

ns = nesignifikantno - no significant, ** signifikantno na razini vjerojatnosti 0,01

*, ** *t*-test significant at $P < 0,05$ and $P < 0,01$ level, respectively

Tablica 3. Procjene genetskih efekata i njihove standardne pogreške u 1999. godini

Table 3. Estimates of genetic effects with their standard errors for plant height in 1999

Križanci Inbreed	Genetski efekti – <i>Genetic effects</i> ± SE					
	m	a	d	aa	dd	ad
A672×Va99	206.53** ± 2.32	1.85ns ± 2.31	93.18** ± 4.07	-	-	-
A672×Os6-2	223.87** ± 20.33	18.91** ± 2.53	115.17* ± 48.32	-2.4ns ± 20.17	-81.51** ± 12.4	-18.41ns ± 29.2

ns nesignifikantno – no significant, ** signifikantno na razini vjerojatnosti 0,01

*, ** *t*-test significant at $P < 0,05$ and $P < 0,01$ level, respectively

ZAKLJUČAK

Na temelju dvogodišnjeg istraživanja genetskih efekata za visinu biljke provedenog za dva specifična para inbred linija kukuruza i njihovih šest osnovnih generacija križanja, može se zaključiti:

Prihvatljivost aditivno/dominantnog ili digenog epistatskog modela nasljeđivanja za visinu biljke ovisila je o odabranom križancu i godini istraživanja.

Kod A672×Va99 križanca digeni epistatski model pokazao se prihvatljivim u 1998.godini. U 1999. godini prihvatljiv je bio aditivno/dominantni model nasljeđivanja. Kod A672×Os6-2 križanca aditivno/dominantni model nije uspješno objasnio razlike u visini biljke između šest osnovnih generacija u obje godine istraživanja. Tu se uspješnijim pokazao digeni epistatski model. Lübberstedt i sur. (1997.) su, uspoređujući srednje vrijednosti testkrižanaca, ukazali na postojanje signifikantne epistaze, međutim analiza lokusa kvantitativnih svojstava (QTL) za visinu biljke je detektirala samo sporadične signifikantne interalelne interakcije.

Dominantni genetski efekti bili su gotovo uvijek važniji od aditivnih. Procjenjena vrijednost i značajnost glavnih i epistatskih efekata također su ovisile o odabranom križancu i godini istraživanja.

LITERATURA

1. Fenster, C.B., Galloway, L.F., Chao, L. (1997): Epistasis and its consequences for the evolution of natural populations. *Trends Ecol. Evol.* 12:282–286.
2. Gamble, E.E. (1962): Gene effects in corn. Part 1. Separation and relative importance of gene effects for yield. *Can. J. Plant Sci.* 42:339-348.
3. Hallauer, A.R., Miranda, J.B. Fo. (1988): *Quantitative genetics in maize breeding*. 2nd ed. Iowa St. Univ.Press.
4. Hayman, B.I. (1958): The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation means. *Heredity* 12:371–390.
5. Kearsey, M.J., Pooni, H.S. (1996): *The Genetical Analysis of Quantitative Traits*. Chapman & Hall, London.
6. Kumar, A., Gangashetti, M.G. (1998): Gene effects for some metric traits of maize. *Annals of Agri Bio Research*, Vol. 3, No. 2, 139-143.
7. Lamkey, K.R., Schnicker, B.J., Melchinger, A.E. (1995): Epistasis in an Elite Maize Hybrid and Choice of Generation for Inbred Line Development. *Crop Sci.* 35: 1272-1281.
8. Lübberstedt, T., Melchinger, A.E., Schön, C.C., Utz, H.F., Klein, D. (1997): QTL mapping in testcrosses of European flint lines of maize .1. Comparison of different testers for forage yield traits *Crop Sci.* 37(3):921-931.
9. Mahto, R.N., Ganguli, D.K. (2001): Generation means analysis for grain yield and its components in maize. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 61(2):165-166.
10. Mather, K., Jinks, J.L. (1982): *Biometrical Genetics*. Chapman & Hall, London.
11. Melchinger, A.E., Geiger, H.H., Schnell, F.W. (1986): Epistasis in maize. 2. Genetic effects in crosses among early flint and dent inbred lines determined by three methods. *Theor. Appl. Genet.* 72: 231-239.
12. Zdunić, Z. (2001.): *Optimalna procjena oplemenjivačke vrijednosti linija kukuruza (Zea mays L.)*. Doktorska disertacija. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

ESTIMATION OF GENETIC EFFECTS ON PLANT HEIGHT IN TWO SPECIFIC PAIRS OF INBRED LINES AND ITS SIX BASIC GENERATIONS

SUMMARY

Estimation of genetic effects on economically important traits is a common procedure in the most breeding programmes at Agricultural Institute Osijek. This paper deals with estimation of adequacy over additive/dominance model of inheritance as well as estimation and comparison of genetic effects on plant height for two specific pairs of inbreds (A672×Va99; A672×Os6-2), and its six basic generations (P2, F1, F2, BCP1 and BCP2). Two year investigation was carried out at two locations in eastern Croatia. The trials consisted of 121 entries of different inbreeding level derived by partial diallel mating design followed by selfing and back crossing. Simple lattice experimental design was used in both investigated years. Goodness of fit test results indicated the additive/dominance model failed to explain all differences among generation means. Digenic epistatic model appeared to be adequate in both investigated pairs of inbreds at least in one of

the investigated years. Estimations and comparisons of genetic effects for selected pairs of inbreds and basic generations revealed prevailing dominance effects when compared to additive.

Key words: maize, plant height, Generation mean analysis, genetic effects

(Primljeno 9. travnja 2003.; prihvaćeno 16. svibnja 2003. - *Received on 9 April 2003; accepted on 16 May 2003*)