

NASLEĐIVANJE OSOBINA HIBRIDA SILAŽNOG KUKURUZA

Mile Sečanski¹, Tomislav Živanović², Sanja Vasiljević³

¹Institut za kukuruz "Zemun Polje", Zemun-Beograd

²Poljoprivredni fakultet univerziteta u Beogradu

³Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Izvod: Cilj ovog istraživanja je bio da se za sedam osobina silažnog kukuruza procene: (i) varijabilnost inbred linija i njihovih dialelnih hibrida, (ii) heterozis u odnosu na boljeg roditelja i (iii) komponente genetičke varijabilnosti i heritabilnosti na bazi dialelnog seta. Utvrđeno je da na varijabilnost ispitivanih osobina značajno utiču genotip, godina i njihova interakcija. Hibridi su u odnosu na linije ispoljili veće srednje vrednosti za većinu osobina. Prosečno najviša vrednost heterozisa je utvrđena za prinos zrna i prinos suve materije klipa, a najniža za broj redova zrna na klip. Analiza komponenti genetičke varijanse pokazuje da su dominantne komponente bile veće od aditivne i imale važniju ulogu u nasleđivanju svih ispitivanih osobina, osim za broj redova zrna gde je aditivna genetičke varijanse bila značajnija. F parametar, kao i frekvencija dominantnih gena ukazuju da dominantni geni preovlađuju nad recesivnim za većinu osobina. Prosečni stepen dominacije veći je od jedinice za sve osobine, osim za broj redova zrna. Sve osobine, osim broja redova zrna, se nasleđuju superdominantno, što nam potvrđuje i Vr/Wr regresiona analiza. Odnos dominantnih i recesivnih gena kod roditelja pokazuje da su za: prinos zrna, prinos suve materije klipa, dužinu klipa i broj redova zrna preovladali dominantni, a za: visinu biljke do vrha metlice, visinu biljke do klipa i prinos suve materije cele biljke recesivni geni. Ustanovljena epistaza za pet osobina ukazuje na potrebu proučavanja efekta epistaze kod pojedinih hibrida. Za sve ispitivane osobine, osim za broj redova zrna su dobijene niske vrednosti heritabilnosti u užem, a visoke u širem smislu.

ključne reči: komponente genetičke varijanse, heritabilnost, heterozis, regresiona analiza, silažni kukuruz

Uvod

Leng, 1954 deli komponente prinosa na primarne i sekundarne. U primarne komponente spadaju broj redova, broj zrna u redu, broj klipova po biljci, težina zrna. U sekundarne komponente uključuje se ukupna težina zrna na klip i broj zrna na klip. Heterozis kao hibridna bujnost F_1 generacije u odnosu na roditelje se maksimalno koristi u prizvodnji kukuruza. Pojava heterozisa nije tako česta, a još je ređi slučaj da je potomstvo u svim osobinama bolje od boljeg roditelja. Pravilna ocena nasleđivanja osobina može se izvršiti samo na osnovu analize genetičke varijabilnosti i heritabilnosti.

Istraživanjima Hayman-a, 1954, i Jinks-a, 1954, se nastoji da se genetički analiziraju roditelji koji učestvuju u dialelnim ukrštanjima, a metodom Griffing-a, 1956 i Kempthorne-a, 1956 analiziraju se početne populacije iz kojih su nastale roditeljske linije. Razlika između ova dva metoda je ta što se primenom metode po Hayman-u, 1954 genetička varijansa može razdvojiti na odgova-

rajuće komponente. Pored ovoga prikazuje se i grafikon odnosa varijansi Vr/Wr . Hanson, 1963 ističe da se heritabilnost (h^2) kao deo variranja zbog genetičke konstitucije roditelja može razmotriti u užem i širem smislu. Falconer, 1960 ističe da prilikom procene vrednosti heritabilnosti treba imati u vidu da dobijena heritabilnost za neku osobinu predstavlja vrednost koja se odnosi na određenu populaciju i određene uslove spoljne sredine. Dhillon et al., 1990 su na osnovu dialelne analize dobili značajnije vrednosti neaditivnog delovanje gena (dominacija i epistaza) u ispoljavanju prinosa zelene mase cele biljke, prinos suve materije i žetvenog indeksa. Veće vrednosti heritabilnosti u užem smislu dobijene su za prinos zelene mase cele biljke i žetveni indeks u odnosu na prinos zrna. U skladu sa ovim su i rezultati drugih autora (Barriere-a et al., 1988; Babić, 1993 i Todorović, 1995) koji su ustanovili da se u nasleđivanju broja redova zrna ispoljava parcijalna i puna dominacija, kao i da je aditivna varijansa bila veća od dominantne, što je uticalo na visoke vrednosti heritabilnosti i niske vrednosti heterozisa. Isti autori navode veći uticaj neaditivne genetičke varijanse kod sledećih osobina: prinos zrna, broj zrna u redu, prečnik i dužinu klipa, visinu biljke do vrha metlice, visinu biljke do osnove gornjeg klipa i masu zrna.

U svom radu Gunn, 1975 je istakao da ciljevi selekcije na stvaranju silažnih formi kukuruza ne treba da budu orijentisani samo na stvaranje hibrida koji daju visok prinos zrna, već i na kreiranje hibrida sa visokim prinosom ukupne suve materije. Vattikonda and Hunter, 1983 su utvrdili da je najrodniji hibrid za zmo imao za 10% manji prinos silaže u odnosu na najrodniji silažni kukuruz. Ovi rezultati ukazuju da postoje opravdani razlozi da se radi na posebnom programu selekcije silažnog kukuruza. Nasledna osnova osobina koje su od značaja za povećanje prinosa i kvaliteta silažnog kukuruza je do sada u manjoj meri proučavana u odnosu na proučavanje nasleđivanja prinosa zrna i njegovih komponenti (Barriere-a et al., 1988; Dhillon et al., 1990).

Materijal i metod rada

Za ispitivanje je odabrano šest inbred linija silažnog kukuruza FAO grupe zrenja 400 iz ZP kolekcije (ZPL401 - 1, ZPL402 - 2, ZPL403 - 3, ZPL404 - 4, ZPL405 - 5, ZPL406 - 6) i 15 hibrida dobijenih ukrštanjem inbred linija po dialelnoj šemi. Ispitivane su sledeće osobine: prinos zrna, dužina klipa, broj redova, visina biljke, visina klipa, prinos suve materije cele biljke i prinos suve materije klipa. Uporedni poljski ogled linija i hibrida postavljen je po metodu slučajnog blok sistema u četiri ponavljanja 2000 i 2001. godine na lokaciji Zemun Polje. Svaki genotip je sejan u po jedan red po ponavljanju sa gustom od 71400 biljaka/ha. Površina elementarne parcele je bila 2,8 m². Izračunati su sledeći biometrički parametri: srednje vrednosti, standardna devijacija, koeficijent varijacije i heterozis u odnosu na srednju vrednost boljeg roditelja. Analiza komponenti genetičke varijanse i regresiona analiza su urađeni po modelu Hayman-a, 1954, Jinks-a, 1954 i Mather-a i Jinks-a, 1971. Takođe, procenjena je i heritabilnost u užem i širem smislu.

Rezultati i diskusija

Na varijabilnost ispitivanih osobina značajno utiču godina, genotip i interakcija ova dva faktora (tab. 1).

Tabela 1. ANOVA, sredine kvadrata (MS) osobina kukuruza
 Table 1. ANOVA, mean squares (MS) of traits of maize

| Izvor varijacije Source of variation | Df | Osobine | | | | | | |
|---|-----|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--|--|
| | | Prinos zrna Grain yield (t) | Dužina klipa Ear length (cm) | Broj redova zrna Kernel row number | Visina klipa Ear height (cm) | Visina biljke Plant height (cm) | Prinos suve materije cele biljke Dry matter yield plant and ear (t) | Prinos suve materije klipa Ear dry matter yield (t) |
| Godina (Y) | 1 | 23,34** | 0,17 | 15,00** | 8686,09** | 41391,48** | 135,25** | 90,36** |
| Genotip (G) | 20 | 98,82** | 75,85** | 22,65** | 1425,25** | 5762,17** | 162,70** | 67,30** |
| Y x G | 20 | 2,66** | 2,08** | 0,50** | 120,20** | 150,80** | 9,81* | 5,64** |
| Pogreška | 126 | 1,18 | 0,68 | 0,25 | 9,44 | 24,28 | 5,30 | 1,12 |

*, P < 0.05; **, <P;

Prinos zrna: Prinos hibrida je znatno viši od prinosa inbridovanih linija. Prinos zrna linija je varirao od $3,20 \pm 0,69$ t/ha (ZPLB405) do $6,38 \pm 0,48$ t/ha (ZPLB402), a hibrida od $5,07 \pm 0,56$ t/ha (ZPLB402 x ZPLB403) do $14,17 \pm 0,81$ t/ha (ZPLB401 x ZPLB406, tab. 2). Koeficijent varijacije za linije je bio viši nego za hibride i varirao od 5,32 % (ZPLB401) do 21,67 % (ZPLB 405) za linije i 5,67 % (ZPLB401 x ZPLB406) do 12,80 % (ZPLB403 x ZPLB405). Za prinos zrna većina hibrida je ispoljila visoko značajne pozitivne vrednosti heterozisa. Heterozios za ovu osobinu je varirao od -21,35 % (ZPLB402 x ZPLB403) do 151,00 % (ZPLB404 x ZPLB406; tab. 3). Dominantna komponenta varijanse je znatno veća od aditivne. Preovladavali su dominantni u odnosu na recesivne gene, a frekvencija dominantnih alela je veća od učestalosti recesivnih. Dominantni i recesivni geni nisu simetrično raspoređeni kod roditelja. Prinosa zrna se nasleđuje superdominantno. Roditelji poseduju više dominantnih gena za ovu osobinu. (tab. 4). Linija ZPLB401 unosi epistazu. Linija regresije seče Wr osu ispod koordinatnog početka te se radi o superdominaciji u nasleđivanju prinosa zrna (graf. 1). Linije ZPLB405 i ZPLB406 su nosioci većeg broja recesivnih gena, a linije ZPLB403 i ZPLB404 nosioci dominantnih gena za ovu osobinu. Ispoljena je niska heritabilnost u užem smislu za prinos zrna (12,05 %), a visoka u širem smislu (98,15 %). Prinos zrna je važna i složena osobina koja se sastoji od većeg broja komponenata kvantitativne prirode čija je osnova poligena. Skoro sve hibridne kombinacije (osim ZPLB402 x ZPLB403) su ispoljile pozitivno heterotično dejstvo. Visok heterozis se obično javlja kada su veći efekti neaditivnih gena, a nasleđivanje superdominacija. Do sličnih zaključaka je došao i Todorović, 1995. Vrednosti koeficijenta varijacije za prinos zrna su nešto niže nego što je u istraživanjima dobio Babić, 1993. Ovako niska vrednost heritabilnosti u užem smislu je uslovljena malim udelom aditivnog dejstva gena, velikim uticajem faktora spoljne sredine i visokom frekvencijom dominantnih alela. Slične vrednosti ovog parametra navode Babić, 1993 i Todorović, 1995.

Tabela 2. Srednje vrednosti (\bar{x}), standardne devijacije (σ), koeficijenti varijacije (CV%) osobina kukuruzaTable 2. Mean values (\bar{x}), standard deviations (σ), coefficients of variation (CV%) of traits of maize

| Genotip Genotype | Srednje vrednosti osobina ($x \pm$) i koeficijenti varijacija (CV%) (Mean values ($x \pm$) and coefficients of variation (CV%)) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|-------|--------------------------------------|------|----------------------------------|------|---|------|--------------------------------------|------|--|-------|--|-------|
| | Prinos zrna(t) Grain yield (t) | | Dužina klipa (cm) Ear length (cm) | | Broj redova Kernel row number | | Visina biljke (cm) Plant height (cm) | | Visina klipa (cm) Ear height (cm) | | Prinos s. mater. cele biljke (t) Dry matter yield plant and ear (t) | | Prinos s. mater. klipa (t) Ear dry matter yield (t) | |
| | $\bar{x} \pm \sigma$ | CV | $\bar{x} \pm \sigma$ | CV | $\bar{x} \pm \sigma$ | CV | $\bar{x} \pm \sigma$ | CV | $\bar{x} \pm \sigma$ | CV | $\bar{x} \pm \sigma$ | CV | $\bar{x} \pm \sigma$ | CV |
| (1) | 6,26±0,33 | 5,32 | 15,70±0,39 | 2,15 | 12,00±0,23 | 1,95 | 196,19±4,36 | 2,20 | 69,94±1,73 | 2,45 | 10,74±0,38 | 3,61 | 4,44±0,43 | 9,66 |
| (2) | 6,39±0,48 | 7,81 | 12,83±0,42 | 3,20 | 18,23±0,37 | 2,03 | 195,31±3,68 | 1,91 | 66,38±1,89 | 2,79 | 12,37±1,23 | 9,79 | 5,57±0,95 | 17,00 |
| (3) | 5,51±0,56 | 9,71 | 14,51±0,38 | 2,57 | 14,53±0,23 | 1,59 | 182,31±3,95 | 2,17 | 66,06±2,08 | 3,20 | 11,00±1,03 | 9,33 | 4,32±0,45 | 10,58 |
| (4) | 5,51±0,50 | 9,12 | 16,43±0,49 | 2,96 | 11,85±0,30 | 2,55 | 188,25±4,62 | 2,51 | 68,19±3,27 | 4,37 | 10,84±0,99 | 14,73 | 4,17±0,70 | 18,08 |
| (5) | 3,20±0,69 | 21,67 | 13,31±0,58 | 4,39 | 14,33±0,33 | 2,32 | 203,56±3,10 | 1,56 | 62,69±3,87 | 6,25 | 9,57±1,79 | 19,89 | 2,96±0,52 | 18,04 |
| (6) | 5,94±0,75 | 15,77 | 13,36±0,70 | 4,99 | 13,00±0,40 | 3,15 | 195,44±6,63 | 3,49 | 66,81±1,76 | 2,58 | 12,22±1,19 | 9,68 | 3,86±0,35 | 10,27 |
| (1) x (2) | 13,32±1,17 | 8,76 | 20,02±0,77 | 3,84 | 15,58±0,18 | 1,14 | 252,31±2,63 | 1,01 | 97,81±2,42 | 2,40 | 21,53±0,71 | 3,30 | 10,93±0,98 | 9,08 |
| (1) x (3) | 11,96±1,19 | 10,01 | 20,16±0,59 | 2,94 | 14,73±0,28 | 1,88 | 245,23±4,12 | 1,64 | 99,44±1,30 | 1,21 | 18,52±2,42 | 12,97 | 9,84±1,57 | 15,56 |
| (1) x (4) | 8,65±1,09 | 11,82 | 19,11±0,43 | 2,30 | 12,48±0,34 | 2,70 | 232,56±6,24 | 2,65 | 84,69±2,15 | 2,65 | 11,72±2,00 | 19,57 | 4,87±0,87 | 20,86 |
| (1) x (5) | 11,78±0,84 | 7,03 | 20,15±0,60 | 3,03 | 14,13±0,41 | 2,87 | 252,94±3,16 | 1,23 | 89,88±2,06 | 2,28 | 18,85±1,23 | 6,68 | 9,50±0,53 | 5,22 |
| (1) x (6) | 14,17±0,81 | 5,67 | 21,77±0,53 | 2,43 | 13,68±0,20 | 1,46 | 258,50±4,72 | 1,82 | 103,50±1,50 | 1,40 | 21,15±1,77 | 8,44 | 10,04±0,72 | 7,47 |
| (2) x (3) | 5,07±0,56 | 13,00 | 12,66±0,77 | 6,07 | 16,85±0,54 | 3,22 | 205,63±3,47 | 1,68 | 81,75±2,59 | 3,11 | 9,39±1,25 | 13,58 | 3,40±0,74 | 25,94 |
| (2) x (4) | 8,25±0,78 | 9,44 | 17,22±0,35 | 2,03 | 15,60±0,42 | 2,71 | 233,19±2,21 | 0,97 | 79,63±1,55 | 1,92 | 14,82±1,12 | 7,77 | 6,74±0,30 | 4,27 |
| (2) x (5) | 12,72±1,08 | 8,35 | 18,45±0,63 | 3,42 | 17,60±0,43 | 2,43 | 255,00±2,84 | 1,13 | 82,75±1,85 | 2,20 | 20,95±2,08 | 9,95 | 10,24±1,35 | 13,47 |
| (2) x (6) | 13,44±0,83 | 6,19 | 20,79±0,93 | 4,50 | 15,45±0,50 | 3,27 | 254,63±3,66 | 1,45 | 99,88±1,25 | 1,22 | 21,59±3,06 | 14,00 | 12,20±1,45 | 11,83 |
| (3) x (4) | 7,68±0,60 | 7,83 | 17,02±0,42 | 2,46 | 14,85±0,43 | 2,91 | 221,63±4,71 | 2,17 | 79,75±2,45 | 3,47 | 15,79±3,54 | 20,16 | 6,91±0,53 | 7,48 |
| (3) x (5) | 11,17±1,46 | 12,80 | 19,95±1,13 | 5,76 | 16,23±0,39 | 2,43 | 252,13±2,04 | 0,82 | 90,50±3,03 | 3,28 | 19,42±2,16 | 11,39 | 9,74±0,94 | 9,68 |
| (3) x (6) | 11,91±1,13 | 9,36 | 20,94±1,17 | 5,59 | 15,00±0,61 | 3,99 | 247,44±4,59 | 1,87 | 100,25±2,25 | 2,18 | 18,93±1,97 | 10,35 | 9,24±1,12 | 11,67 |
| (4) x (5) | 10,35±1,08 | 10,65 | 19,27±0,61 | 3,16 | 14,05±0,66 | 4,66 | 246,88±2,30 | 0,92 | 89,50±2,87 | 3,11 | 18,42±1,68 | 9,29 | 7,86±0,88 | 11,28 |
| (4) x (6) | 13,84±0,95 | 7,19 | 20,67±1,03 | 5,00 | 13,55±0,29 | 2,12 | 251,19±4,00 | 1,64 | 99,19±3,32 | 3,12 | 20,60±1,45 | 6,99 | 9,65±0,84 | 8,70 |
| (5) x (6) | 12,26±0,70 | 5,68 | 21,41±0,39 | 1,76 | 14,45±0,27 | 1,88 | 255,31±6,31 | 2,47 | 87,81±1,93 | 2,08 | 20,58±2,03 | 9,93 | 9,84±0,96 | 9,57 |

(1) - ZPLB401; (2) - ZPLB402; (3) - ZPLB403; (4) - ZPLB404; (5) - ZPLB405; (6) - ZPLB406;

Tabela 3. Heterozis hibrida kukuruza
Table 3. Heterosis of hybrids of maize

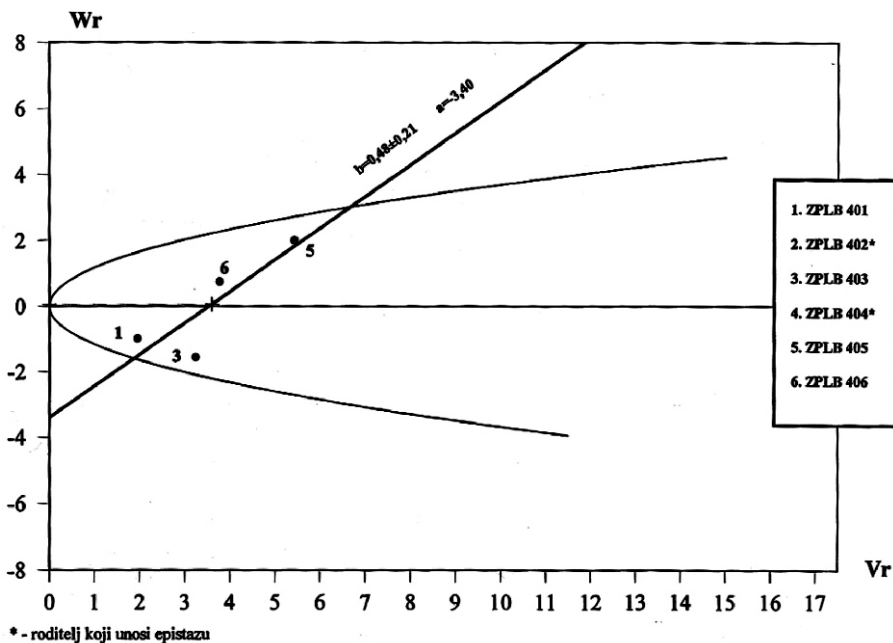
| Genotip <i>Genotype</i> | Heterozis osobina / Heterosis of traits | | | | | | |
|----------------------------|---|-----------------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------------------|---|---|
| | Prinos zrna <i>Grain yield</i> | Dužina klipa <i>Ear length</i> | Broj redova <i>Kernel row number</i> | Visina biljke <i>Plant height</i> | Visina klipa <i>Ear height</i> | Prinos suve materije cele biljke <i>Dry matter yield plant and ear</i> | Prinos suve materije klipa <i>Ear dry matter yield</i> |
| (1)x(2) | 109,30** | 27,60** | -14,55 | 15,00** | 37,35** | 74,10** | 95,45** |
| (1)x(3) | 99,55** | 28,50** | -1,10 | 12,98** | 41,55** | 61,00** | 121,00** |
| (1)x(4) | 40,25 | 16,25* | 3,90 | 18,30** | 21,15** | 0,85 | 1,90 |
| (1)x(5) | 89,00** | 28,40** | -1,35 | 24,55** | 20,05** | 75,15** | 113,45** |
| (1)x(6) | 127,60** | 38,55** | 5,35 | 31,20** | 50,15** | 73,40** | 123,95** |
| (2)x(3) | -21,35 | -12,80 | 7,50 | 5,28 | 22,75** | -23,30 | -37,15 |
| (2)x(4) | 29,60 | 4,75 | -14,45 | 18,90** | 12,8 | 19,75 | 20,65 |
| (2)x(5) | 99,10** | 35,15** | -3,45 | 25,45** | 21,05** | 71,80** | 83,55** |
| (2)x(6) | 111,15** | 55,55** | -15,25 | 28,55** | 44,30** | 74,80** | 117,90 |
| (3)x(4) | 28,30 | 3,55 | 1,90 | 14,45** | 15,05 | 31,40 | 52,00* |
| (3)x(5) | 104,60** | 37,55** | 9,25* | 24,35** | 33,95** | 72,60** | 126,10** |
| (3)x(6) | 107,90** | 44,25** | 2,95 | 26,55** | 46,40** | 55,00** | 110,80** |
| (4)x(5) | 87,45** | 17,25* | -1,90 | 21,65** | 33,00** | 74,10** | 99,45** |
| (4)x(6) | 151,00** | 25,70* | 4,60 | 28,60** | 46,20** | 68,70** | 137,10** |
| (5)x(6) | 150,55** | 50,15** | 0,95 | 25,70** | 32,65** | 68,35 | 157,80** |

*, P < 0.05; **, <P;

(1) - ZPLB401; (2) - ZPLB402; (3) - ZPLB403; (4) - ZPLB404; (5) - ZPLB405; (6) - ZPLB406;

Tabela 4. Komponente genetičke varijanse i heritabilnost za osobine
Table 4. Components of genetics variability and heritability for traits

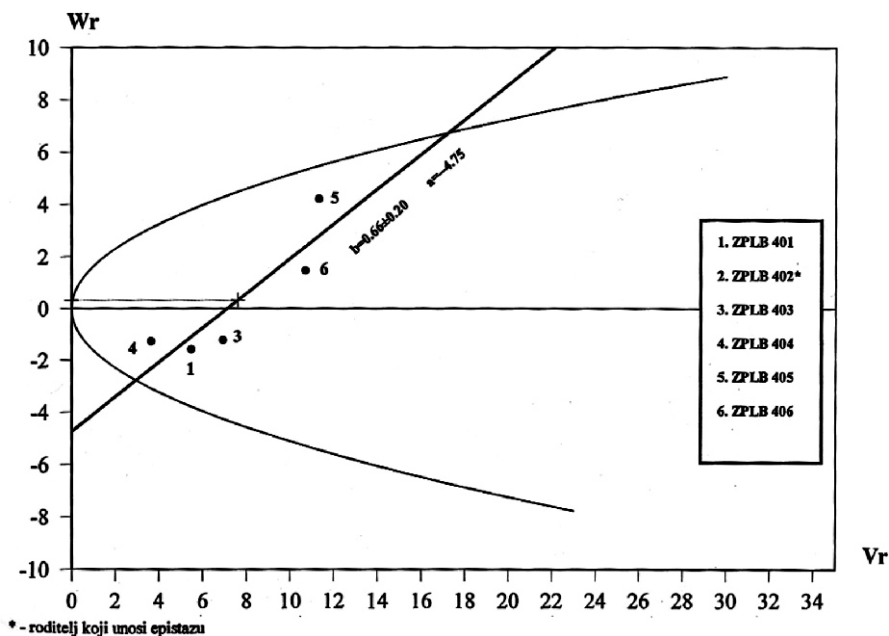
| Komp. varijanse <i>Components of variation</i> | Osobina / Traits | | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------------------|---|---|
| | Prinos zrna <i>Grain yield</i> | Dužina klipa <i>Ear length</i> | Br. redova <i>Kernel row number</i> | Visina biljke <i>Plant height</i> | Visina klipa <i>Ear height</i> | Prinos suve materije cele biljke <i>Dry matter yield plant and ear</i> | Prinos suve materije celog klipa <i>Ear dry matter yield</i> |
| D | 1,47 | 2,57 | 3,64** | 94,46 | 20,00 | 0,83 | 0,27 |
| H ₁ | 56,34** | 35,15** | 1,59** | 2383,02** | 834,02** | 76,92** | 36,25** |
| H ₂ | 50,02** | 31,56** | 1,45 | 2312,64 | 802,91** | 76,77** | 35,87** |
| F | 4,28 | 4,93 | 0,18 | 69,76 | 28,23 | 0,62 | 0,65 |
| E | 0,27 | 0,18 | 0,05 | 6,24 | 1,63 | 1,02 | 0,27 |
| H ₂ /4H ₁ | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,25 | 0,25 |
| U | 0,66 | 0,66 | 0,65 | 0,58 | 0,60 | 0,52 | 0,56 |
| V | 0,34 | 0,35 | 0,35 | 0,42 | 0,40 | 0,48 | 0,45 |
| $\sqrt{H_1 / D}$ | 6,68 | 3,69 | 0,73 | 6,09 | 6,69 | 12,82 | 35,90 |
| Kd/Kr | 1,65 | 1,69 | 1,08 | 086 | 0,89 | 0,92 | 1,44 |
| \bar{V}_r | 13,55 | 8,30 | 1,33 | 640,51 | 220,03 | 20,15 | 9,21 |
| \bar{W}_r | -0,28 | 0,09 | 1,80 | 65,81 | 21,63 | 0,75 | 0,12 |
| V _p | 1,74 | 2,75 | 3,69 | 100,70 | 21,63 | 1,85 | 0,53 |
| \bar{V}_r | 0,91 | 0,33 | 0,30 | 59,22 | 18,49 | 0,45 | 0,13 |
| h ² _{ns} (%) | 12,05 | 16,17 | 78,14 | 16,19 | 14,92 | 3,15 | 1,6 |
| h ² _{bs} (%) | 98,15 | 97,95 | 97,56 | 99,10 | 99,38 | 94,99 | 97,30 |



Graf. 1. Vr/Wr regresiona analiza za prinos zrna
 Grafpg. 1. Vr/Wr regression analysis for grain yield

Dužina klipa

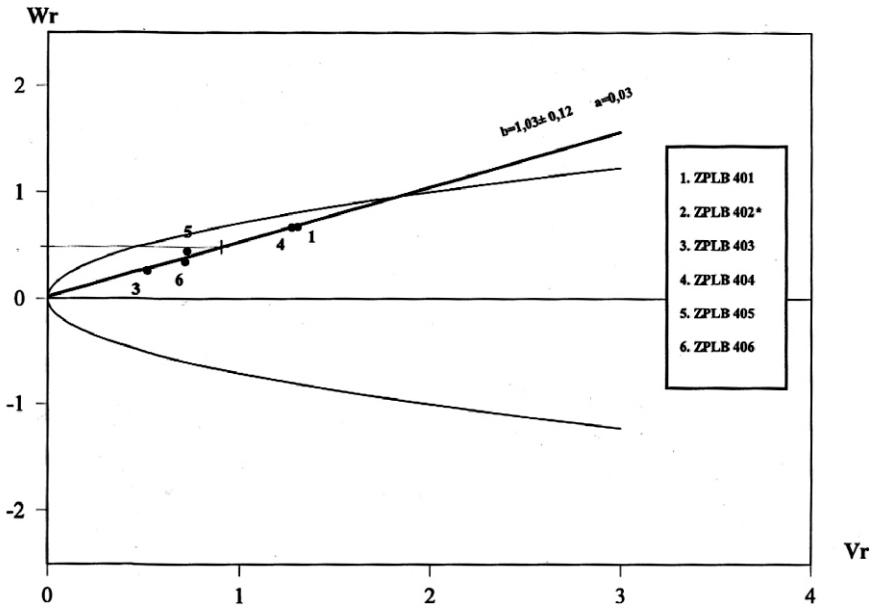
Dužina klipa kod linija je varirala u intervalu od $12,83 \pm 0,42$ cm do $16,43 \pm 0,49$ cm, a kod hibrida od $12,66 \pm 0,77$ cm do $21,41 \pm 0,39$ cm (tab. 2). Koeficijenti varijacija su bili niski kako kod inbred linija, tako i kod hibrida. Visoko značajnu pozitivnu vrednost heterozisa ispoljila je većina hibridnih kombinacija, osim hibrida ZPLB402 x ZPLB403, kao i kod prinosa zrna (tab. 3). Glavni deo genetičke varijanse čini dominantna komponenta, kao i kod prinosa zrna. Veći je uticaj dominantnih nego recesivnih gena. Sa ovim su u saglasnosti i u i v parametri. Dominantni i recesivni aleli nisu ravnomerno raspoređeni kod roditelja (tab. 4). U nasleđivanju dužine klipa kukuruza ispoljena je superdominacija uz preovladavanje dominantnih gena. Procenjena je niska heritabilnost u užem smislu (16,17%) i veoma visoka heritabilnost u širem smislu (97,95%). Linija ZPLB402 unosi epistazu. Vr/Wr regresija pokazuje da se ova osobina nasleđuje superdominacijom. Linije ZPLB401 i ZPLB404 nosioci većeg broja dominantnih gena, a linija ZPLB406 nosilac recesivnih gena (graf. 2). Veći značaj dominantnih gena za ispoljavanje dužine klipa dobili su u svojim istraživanjima Moreno-Gonzales i Dudley, 1981, Todorović, 1995. Utvrđena je superdominacija za ovo svojstvo što je u saglasnosti sa rezultatima Todorović, 1995. Prema Babić-u, 1993 i Todorović-u, 1995 niska vrednost heritabilnosti u užem smislu ukazuje na mali udeo aditivne varijanse, a značajniji udeo dominantne varijanse. Heritabilnost u širem smislu je visoka što ukazuje na visok udeo dominantne varijanse u ispoljavanju dužine klipa.



Graf. 2. Vr/Wr regresiona analiza za dužina klipa
Graph. 2. Vr/Wr regression analysis for ear length

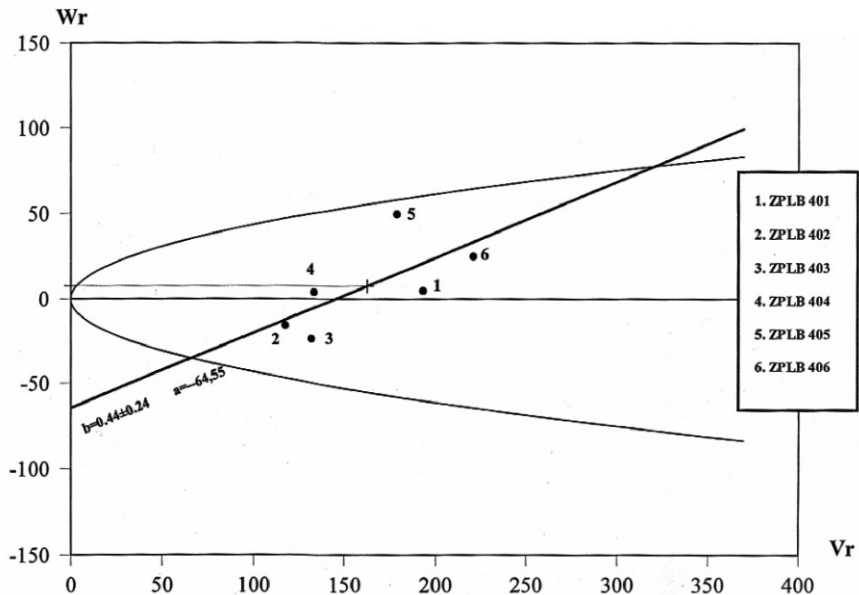
Broj redova zrna

Srednje vrednosti za broj redova zrna su varirale u zavisnosti od ispitivanih genotipova. Najveći broj redova zrna na klipu kod roditelja imala je inbred linija ZPLB402, najmanji broj redova zrna je imala linija ZPLB404. Najveći broj redova zrna je bio kod hibrida ZPLB402 x ZPLB405, a najmanji ZPLB401 x ZPLB404 (tab. 2). Koeficijent varijacije se kretao od 1,14 % do 4,66 % (ZPLB 404 x ZPLB 405). Heterozis za broj redova zrna je imao pozitivne i negativne vrednosti u zavisnosti od hibridne kombinacije. Sedam od petnaest hibridnih kombinacija je imalo negativne vrednosti heterozisa (tab. 3). U nasleđivanju broja redova zrna značajnu ulogu imaju i aditivni i dominantni geni. (tab. 4). Preovlađuju dominantni nad recesivnim genima, što potvrđuju i frekvencije alela koji su nejednako zastupljeni kod roditelja. U nasleđivanju ove osobine ispoljena je parcijalna dominacija. Utvrđena je najveća heritabilnost u užem smislu u odnosu na druge ispitivane osobine (78,14 %). Epistazu unosi linija ZPLB402. Linija regresije ukazuje na aditivno delovanje gena (graf. 3). Linije ZPLB403 i ZPLB406 su nosioci većeg broja dominantnih gena, a ZPLB401 i ZPLB404 nosioci gena sa recesivnim delovanjem. Broj redova zrna na klipu je kvantitativna osobina na koju dominantni uticaj imaju genetički faktori u odnosu na uslove spoljne sredine, što pokazuje koeficijent regresije. Negativan heterozis ispoljio se kod većine hibridnih kombinacija (tab. 3) što je u skladu sa rezultatima Todorovića, 1995. Identične zaključke po pitanju analize komponenata genetičke varijanse i heritabilnosti iznose u istraživanjima i Babić, 1993 i Todorović, 1995.



* - roditelj koji unosi epistazu

Graf. 3. Vr/Wr regresiona analiza za br. red. zrna
Graph. 3. Vr/Wr regression analysis for kernel row number



* - roditelj koji unosi epistazu

Graf. 4. Vr/Wr regresiona analiza za v. klipa
Graph. 4. Vr/Wr regression analysis for ear height

Visina biljke do klipa

Srednje vrednosti visine biljke do klipa su bile veće za hibride u odnosu na linije (tab. 2). Visina biljke do klipa se kretala od $62,69 \pm 3,87$ cm (ZPLB405) do $103,50 \pm 1,50$ cm (ZPLB401 x ZPLB406). Procenjeni su koeficijenti varijacije od 1,21 % (ZPLB401 x ZPLB403) do 6,25 % (ZPLB405). Visoko značajan pozitivan efekat heterozisa za visinu biljke do klipa je ispoljila većina hibridnih kombinacija, osim dva hibrida ZPLB402 x ZPLB404 i ZPLB403 x ZPLB404 (tab. 3). Analizom komponenti genetičke varijanse utvrđeno je da je za nasleđivanje osobine visina biljke do klipa značajnije dominantno delovanje gena (tab. 4). Geni kod roditelja su nejednako zastupljeni, pri čemu preovlađuju dominantni nad recesivnim. Nasleđivanje ove osobine je superdominacija, što se vidi iz Vr/Wr regresije (graf. 4). Nosioci recesivnih gena su linije: ZPLB401, ZPLB406 i ZPLB405, a gena sa dominantnim efektom su: ZPLB402, ZPLB403 i ZPLB404. Za visina biljke do klipa ustanovljena je niska heritabilnost u užem smislu, a visoka heritabilnost u širem smislu. Visina biljke do klipa je povezana sa prinosom i dužinom vegetacije i od najvećeg je značaja za mehanizovanu berbu. Slične rezultate koeficijenata varijacije i heterozisa navodi Babić, 1993. Da su u osnovi najvažniji dominantni geni utvrdio je Todorović, 1995. Veću heritabilnost u užem smislu dobio je u svojim istraživanjima Kojić, 1982.

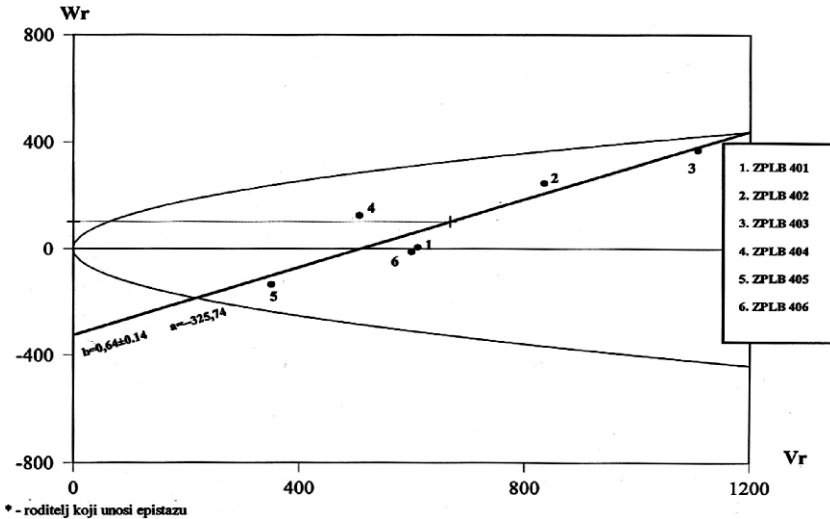
Visina biljke do vrha metlice

Srednje vrednosti visine biljke do vrha metlice su bile veće za hibride u odnosu na linije Visina biljke do vrha metlice je varirala od 182,31 cm (ZPLB403) do 258,50cm (ZPLB401 x ZPLB406, tab. 2). Koeficijent varijacije za linije i hibride se kretao od 1,01% (ZPLB401 x ZPLB 402) do 3,49 (ZPLB 406; tab. 2). Hibridi su ispoljili visoke i značajne pozitivne vrednosti heterozisa za visinu biljke u svim ispitivanim kombinacije osim za hibrid ZPLB402 x ZPLB403. Za nasleđivanje ove osobine značajnije je dominantno nego aditivno delovanje gena (tab. 4). U ekspresiji ove osobine preovlađavaju dominantni nad recesivnim genima, a njihov raspored kod roditelja nije simetričan. Karakteristična je niska heritabilnost u užem smislu, a visoka u širem smislu. Linija regresije ukazuje na prisustvo superdominacije (graf. 5). Linije ZPLB405 i ZPLB406 su nosioci recesivnih, a roditelji ZPLB402, ZPLB403 i ZPLB 404 su nosioci dominantnih gena. Visina biljke do vrha metlice je važna osobina koja indirektno utiče na prinos i povezana je sa dužinom vegetacionog perioda. Na predomnantnu ulogu neaditivnih gena u nasleđivanju visine biljke do vrha metlice u F₁ generaciji ukazuju Babić, 1993 i Todorović, 1995.

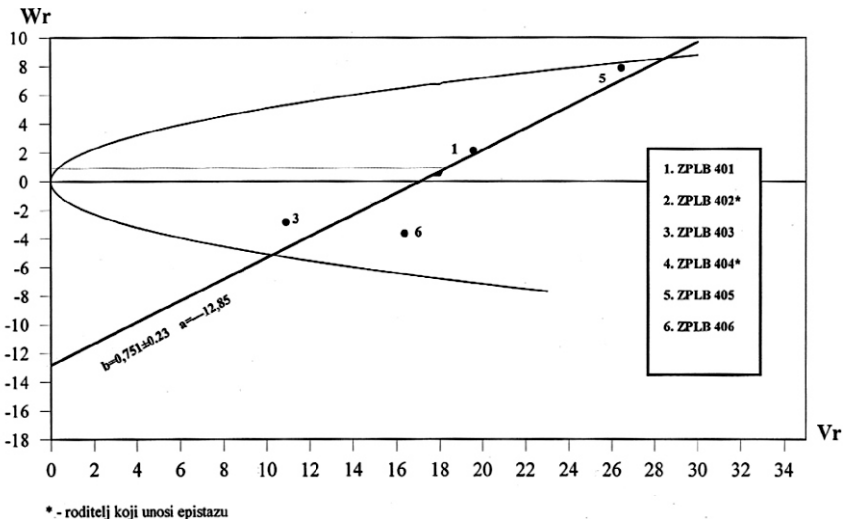
Prinos suve materije biljke

Prinos suve materije biljke je varirao od $9,39 \pm 1,25$ t/ha (ZPLB402 x ZPLB403) do $21,59 \pm 3,06$ t/ha (ZPLB402 x ZPLB406; tab. 2). Koeficijenti varijacije za ovu osobinu su se kretali od 3,30 % do 20,16 %. Heterozis je varirao od 0,85 % (ZPLB401 x ZPLB404) do 75,15 % (ZPLB401 x ZPLB405), osim kod hibridne kombinacije ZPLB402 x ZPLB403, gde je bio negativan (tab. 3). Za nasleđivanje prinosa suve materije cele biljke značajniji su dominantni nego aditivni geni (tab. 4). Takođe, preovlađavaju dominantni nad recesivnim genima, što potvrđuju i frekvencije, koje su simetrično raspoređeni kod roditelja. Nasleđivanje je na bazi superdominacije, što je u saglasnosti i sa Vr/Wr regresijom. Linija ZPLB405 je

nosilac recesivnih gena, a linija ZPLB406 je nosilac dominantnih gena, dok linije ZPLB403 i ZPLB 401 su imale približno isti broj dominantnih i recesivnih gena za ovu osobinu osobinu. (graf. 6). Procenjena je niska heritabilnost u užem i visoka u širem smislu. Jedan od najznačajnijih oblika korišćenja kukuruza je silaža cele biljke. Pri opredeljenju za proizvodnju kukuruza za spremanje silaže često se teži postizanju što većih prinosa suve materije cele biljke. Najbolja hranljiva vrednost silažne mase u našim uslovima postiže se ako se žetva kukuruza izvrši u momentu kada cela biljka sadrži oko 35 % suve materije.



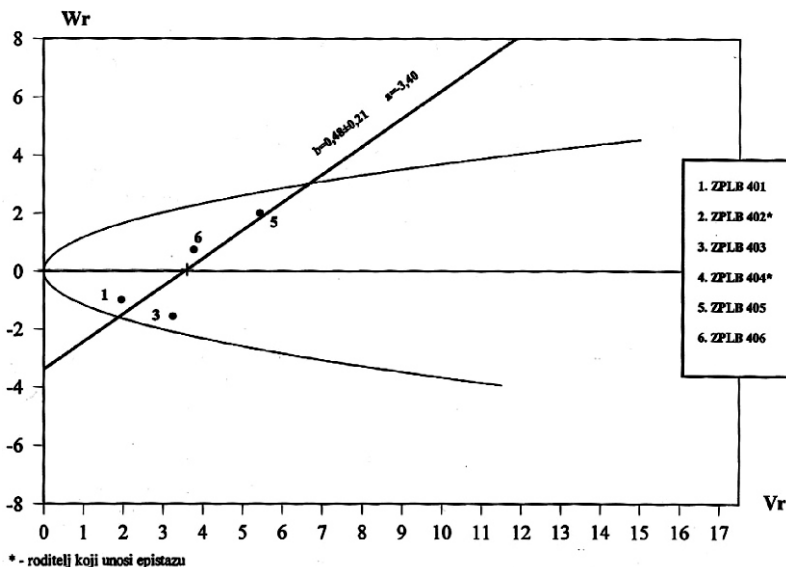
Graf. 5. Vr/Wr regresiona analiza za v. biljke
Graph. 5. Vr/Wr regression analysis for plant height



Graf. 6. Vr/Wr regres. analiza za s. mat. biljke
Graph. 6. Vr/Wr regression analysis for ear dry matter yield

Prinos suve materije klipa

Prinos suve materije klipa je varirao u zavisnosti od genotipa i kretao se od $2,96 \pm 0,52$ t/ha (ZPLB405) do $12,20 \pm 1,45$ t/ha (ZPLB402 x ZPLB406; tab. 2). Dobijeni rezultati koeficijenta varijacije za linije su se kretali od 4,27 % (ZPLB402 x ZPLB404) do 25,94 % (ZPLB402 x ZPLB403). Većina hibrida je imala pozitivne i značajne vrednosti heterozisa osim hibridne kombinacije ZPLB402 x ZPLB403 koja je imala negativan heterozis. Maksimalni heterozisa je bio 157,80 %, a minimalni 1,90% (tab. 3). Za nasleđivanje prinosa suve materije klipa značajniji su dominantni gena od efekta aditivnih gena (tab. 4). F vrednost, frekvencija gena. odnos dominantnih prema recesivnim genima i prosečan stepen dominacije ukazuju na veći uticaj dominantnih nad recesivnim genima i superdominaciju, što potvrđuje i Vr/Wr regresija (graf. 7). Linija ZPLB401 i ZPLB403 su nosioci dominantnih gena, a linija ZPLB405 nosilac gena sa recesivnim delovanjem, dok linija ZPLB406 je imala približno podjednak broj dominantnih i recesivnih gena. Ispoljena je jako niska heritabilnost u užem i visoka u širem smislu. Klip se odlikuje visokim prinosom suve materije, koja se najviše depone u zrnu. Najveći prinos suve materije klipa se ostvaruje ako se kukuruz silira u fazi pune voštane zrelosti zrna umesto u fazi mlečne zrelosti zrna.



Graf. 7. Vr/Wr regresiona analiza za suvu materiju klipa
Graph. 7. Vr/Wr regression analysis for dry matter yield plant and ear

Zaključak

Hibridi su u odnosu na linije ispoljili veće srednje vrednosti za sve osobine osim za broj redova zrna. Najviša vrednost heterozisa je utvrđena za prinos zrna i prinos suve materije klipa. Analiza komponenti genetičke varijanse pokazuje da su dominantne komponente (H_1 i H_2) bile veće od aditivne (D) i imale važniju ulogu u nasleđivanju svih ispitivanih osobina, osim za broj redova zrna. Kompo-

nenta F je pozitivna za sve ispitivane osobine što ukazuje da dominantni preovlađuju nad recesivnim genima. Prosečni stepeni dominacije su veći od jedinice za sve osobine, osim za broj redova zrna, te se ove osobine nasleđuju superdominacijom. Frekvencija dominantnih gena (u) bila je veća od frekvencije recesivnih gena (v) za sve osobine. Kod prinosa zrna, prinosa suve materije klipa, dužine klipa i broja redova zrna preovladali su dominantni, a kod visine biljke do vrha metlice, visine biljke do klipa i prinos suve materije cele biljke, recesivni geni. Vr/Wr regresija ukazuju na superdominaciju u nasleđivanju svih ispitivanih osobina osim broja redova zrna, gde se ispoljila parcijalna dominacija. Za sve ispitivane osobine su dobijene niske vrednosti heritabilnosti u užem smislu osim za broj redova zrna.

Literatura

- Barriere, Y.A., Gallais, A., Barthet, H. (1988): Utilization du gene brown midrüb-3 pour l'amelioration du mais fourrage, II, selection recurrente de populations. *Agronomic*, 8, 625.
- Babić, M. (1993): Nasleđivanje prinosa zrna, zapremine kokičavosti i morfoloških osobina kukuruza kokičara (*Zea mays* L. everta). Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Dhillon, B., Gurrath, P.A., Zimmer, E., Wermke, M., Pollmer, W.G., Klein, D. (1990): Analysis of diallel crosses of maize for variation and covariation in agronomic traits at silage and grain harvests. *Maydica*, 35, 297.
- Falconer, S.D. (1960): Introduction to Quantitative Genetics. London, 129-140.
- Griffing, B. (1956): A generalised treatment of the use diallel crosses in qualitative inheritance. *Heredity*, 10, 31-50.
- Gunn R.E. (1975): Breeding Maize for Forage production. EUCARPIA, 8th Congress International de la Section Mais-Sorgho, Paris-Versailles. pp. 37-58.
- Hansan, W.D. (1963): Heritability. *Statis. Gen. and Pl. breed. Nat. Acad. of Sci. Publ.*
- Hayman, B.I. (1954): The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics*, 10(2): 235-244.
- Jinks, J.L. (1954): The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics*, 39: 767-788.
- Kempthorne, O. (1956): The theory of the diallel cross. *Genetics*, 41: 451-459.
- Kojić, L. (1982): Nasleđivanje ugla lista i komponenti prinosa zrna kukuruza (*Zea mays* L.). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Leng, E.R. (1954): Effect of heterosis on the major component of grain yield in corn. *Agr. J.* 46, 502-506.
- Mather, K. i Jinks, J.L. (1971): *Biometrical Genetics*. Methuen and Co. London.
- Moreno-Gonzales, J., Dudley, J.W. (1981): Epistasis in related and unrelated maize hybrids determined by three methods. *Crop Sci.* 5: 664-651.
- Todorović, G. (1995): Genetički efekti heterozisa dialelnih hibrida kukuruza (*Zea mays* L.) F1 generacije. Magistarska teza, Zemun.
- Vattikonda, M.R., Hunter, R.B. (1983): Comparison of grain yield and wholeplant silage production of recommended corn hybrids. *Can.J. Sci.*, 63, 601.

INHERITANCE OF TRAITS OF SILAGE MAIZE HYBRIDS

Mile Sečanski¹, Tomislav Živanović², Sanja Vasiljević³

¹Maize Research Institute "Zemun Polje", Zemun-Belgrade

²Faculty of Agriculture, Belgrade

³Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

Summary: A set of six maize inbred lines and their diallel hybrids of F₁ generation for grain yield, yield components, morphological traits and dry matter yield of both whole plant and ear were investigated in this study. A comparative trial with inbreds and hybrids was set at Zemun Polje in 2000 and 2001. The analysis of genetic variance components and regression analysis were done after Jinks, 1954, Hayman, 1954, Mather and Jinks, 1971. Dominant components (H₁ and H₂) of genetic variance were greater than additive ones (D) for all studied traits except kernel row number. Results on the Vr/Wr regression analysis point out to super-dominance in inheritance of all traits, but kernel row number, for which partial dominance was estimated. The high broad sense heritability was registered for all traits, indicating a great significance of dominant genes for their expression. As expected, the highest narrow sense heritability was detected for kernel row number, due to higher frequency of additive genes. The greatest estimate of heterosis was determined for grain yield (155,551%) and ear dry matter yield (157,80%) in the hybrid ZPLB 405 x ZPLB 406. Negative estimates of heterosis were determined in the hybrid ZPLB 402 x ZPLB 403 for all traits, except kernel row number, ear and plant height.

Key words: maize, silage, hybrids, inheritance, grain yield, morfological traits