

## GENETIČKA ANALIZA DUŽINE, ŠIRINE I PRINOSA ZRNA KUKURUZA (*Zea mays* L.)

Boćanski J.<sup>1</sup>, Srećkov, Zorana<sup>1</sup>, Nastasić, Aleksandra<sup>2</sup>

### REZIME

*Cilj istraživanja bio je da se utvrdi genetička varijabilnost i način nasleđivanja dužine zrna, širine zrna i prinosa zrna kod inbred linija i njihovih hibrida, kao i njihova međusobna zavisnost.*

*Za analizu genetičke varijabilnosti i načina nasleđivanja odabrano je osam inbred linija kukuruza. Korišćene su četiri domaće inbred linije, stvorene u Naučnom institutu za ratarstvo i povrtarstvo, i četiri linije poreklom iz SAD. Između ispitivanih inbred linija utvrđena je genetička varijabilnost za ispitivana svojstva. Način nasleđivanja dužine zrna i prinosa zrna bila je superdominacija. Kod ispitivanja načina nasleđivanja širine zrna kukuruza utvrđeni su sledeći načini nasleđivanja: superdominacija, dominacija, parcijalna dominacija i intermedijarnost. Između dužine zrna i prinosa zrna utvrđena je jaka korelacija. Širina zrna je bila u srednje jakoj korelaciji sa dužinom zrna i prinosom zrna.*

*Ključne reči:* kukuruz, dužina, širina i prinos zrna, genetička analiza, nasleđivanje, korelacije.

### UVOD

U programima oplemenjivanja kukuruza neophodno je iznaći roditeljske parove koji će u međusobnom ukrštanju dati zadovoljavajući heterozis, koji će se odraziti u povećanom prinosu u odnosu na hibride koji služe kao standardi. Pored prinosa zrna nove hibridne kombinacije treba da poseduju i niz drugih pozitivnih osobina (otpornost na poleganje, otpornost na najvažnije bolesti i štetočine, tolerantnost na sušu, odgovarajući kvalitet zrna itd.). U tu svrhu moraju se napraviti programi oplemenjivanja kukuruza koji će stvarati i iskorišćavati novu genetičku

<sup>1</sup> Dr Jan Boćanski, van. prof., Poljoprivredni fakultet, Novi Sad; dipl. biolog. Zorana Srećkov, student-postdiplomac, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

<sup>2</sup> Dr Aleksandra Nastasić, nauč. sar., Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

varijabilnost. Iz programa zasnovanih na naučnoj osnovi mogu se očekivati dobri rezultati u oplemenjivanju kukuruza. Jedna od nezamenljivih faza u stvaranju hibrida kukuruza je ispitivanje kombinacionih sposobnosti novostvorenih inbred linija. Za ispitivanje kombinacionih sposobnosti mogu se koristiti različite metode ukrštanja linija. Isto tako veoma je važno posedovati inbred linije različitog genetičkog porekla.

Dužina, širina i prinos zrna po biljci spadaju u grupu kvantitativnih svojstava. Kvantitativna svojstva su uslovljena većim brojem gena sa slabim pojedinačnim efektom tj. minor genima, za koje je karakteristična kontinuirana varijabilnost i velika ekološka varijabilnost, što znači da prinos ne zavisi samo od genetskih faktora već i od faktora spoljne sredine. Pošto su ova svojstva uslovljena većim brojem gena to je selekcija na ova svojstva teža (Borojević, 1992).

Cilj istraživanja bio je da se utvrdi genetička varijabilnost i način nasleđivanja dužine, širine i prinosa zrna kod inbred linija i njihovih hibrida, kao i njihova međusobna zavisnost.

## MATERIJAL I METOD RADA

Za analizu nasleđivanja dužine, širine i prinosa zrna kukuruza odabrano je osam inbred linija kukuruza različitog genetičkog porekla. One su ukrštene međusobno i proizvedena je njihova  $F_1$  generacija. Inbred linije NS L 115, NS L 221, NS L 130, NS L 265, NS L 2126, NS L 99 domaćeg su porekla i stvorene su u Naučnom institutu za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada, pedigre metodom selekcije. Linije B73 i A632 poreklom su iz SAD.

Ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja na oglednom polju Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo na Rimskim Šančevima. Eksperimentalna parcelica je bila dužine 5 m, sejana su dva reda na razmaku od 70 cm, a rastojanje biljaka u redu iznosilo je 25 cm. Osnovni uzorak za analizu dužine zrna i prinosa zrna po biljci bio je 30 biljaka (10 biljaka po ponavljanju  $\times$  3 ponavljanja).

Vrednosti dobijene merenjem obrađene su statistički. Urađena je analiza varijanse slučajnog blok sistema, kako bi se utvrdilo da li su razlike između pojedinih tretmana izražene preko njihovih sredina rezultat samo slučajnih kolebanja jedinica ili njihovog sistematskog uticaja (Hadživuković, 1989). Od statističkih pokazatelja u radu je korišćena aritmetička sredina kao pokazatelj centralne tendencije svojstava ( $\bar{x}$ ); standardna devijacija, kao pokazatelj apsolutne varijabilnosti svojstava ( $\sigma$ ); standardna greška aritmetičke sredine, kao pokazatelj veličine greške koja je načinjena pri merenju nekog svojstva ( $s_{\bar{x}}$ ) i koeficijent varijacije ( $V$ ), kao pokazatelj relativne varijabilnosti svojstava, (Hadživuković, 1989).

Prilikom ocenjivanja načina nasleđivanja korišćen je test signifikantnosti (LSD-test) srednjih vrednosti  $F_1$  generacija u odnosu na roditeljski prosek (Hadživuković, 1973). Ako je srednja vrednost  $F_1$  generacije bila jednaka roditeljskom proseku, to se uzima kao intermedijaran način nasleđivanja. Ukoliko se srednja vrednost hibrida nalazi bliže jednom ili drugom roditelju, to se ocenjuje kao parcijalna dominacija. Kada je srednja vrednost hibrida jednaka srednjoj vrednosti

jednog od roditelja, uzima se kao slučaj pune dominacije. Ukoliko je srednja vrednost hibrida signifikantno veća od roditelja sa većom srednjom vrednošću ili manja od roditelja sa manjom srednjom vrednošću, to je pozitivni (superdominacija) odnosno, negativni heterozis (Borojević, 1965).

Za sagledavanje veze između dve linearno zavisno promenljive upotrebljava se koeficijent korelacije. Koeficijent linearne korelacije je relativan pokazatelj koji se kod pozitivne korelacije kreće između 0 i +1, a kod negativne od 0 do -1 (Hadživuković, 1989).

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

### Dužina zrna

#### *Srednje vrednosti i varijabilnost dužine zrna kukuruza*

Dužina zrna je veoma važna komponenta prinosa. Quang i Szundy (1991) ističu da selekcija na komponente prinosa (posebno na dužinu klipa, dužinu zrna i broj zrna u redu) omogućava stvaranje linija sa većim potencijalom za prinos.

Među proučavanim inbred linijama najveću srednju vrednost za dužinu zrna imala je linija NS L 115 (11.5 mm), a linija NS H 99 (8.2 mm) ima najmanju srednju vrednost dužine zrna. Koeficijent varijacije kod roditelja kretao se od 1.0 (A632) do 8.2% (B73).

Kod hibrida najveću srednju vrednost dužine zrna ima kombinacija NS L 115 × B73 (14.6 mm) a najmanju kombinacija NS L 221 × NS L 2126 (12.2 mm). Hibrid NS L 115 × B73 ima značajno veću dužinu zrna u odnosu na sve ostale hibride. Hibrid NS L 221 × NS L 2126 ima značajno manju dužinu zrna u odnosu na većinu hibrida, osim na kombinacije NS L 130 × NS L 99, NS L 221 × NS L 99, NS L 130 × NS L 265 i NS L 221 × A632. Koeficijent varijacije za dužinu zrna kod hibrida kretao se od 0.4 (NS L 221 × B73) do 3.2% (NS L 130 × NS L 99) i bio je niži u odnosu na vrednosti kod inbred linija.

#### *Način nasleđivanja dužine zrna*

Kod svih hibrida kao način nasleđivanja dužine zrna kukuruza je superdominacija (sl. 1). Za dužinu zrna Radović (1979) je kod svih hibrida utvrdila pozitivan heterozis. Ispitujući naslednost dužine zrna Kojić i Štarić (1985) utvrdili su kod većine hibrida heterozis, a kod jedne kombinacije dominantnost.

### Širina zrna

#### *Srednje vrednosti i varijabilnost širine zrna kukuruza*

Po Radovićevoj (1979) širina zrna je kvantitativna osobina, na koju u manjoj meri utiču uslovi spoljne sredine. Najveću srednju vrednost za širinu zrna ima linija NS L 130 (9.00 mm), dok najmanju srednju vrednost ima linija NS L 2126 (6.9 mm). Linija NS L 130 pokazuje značajnu razliku u odnosu na ostale linije. Varijabilnost širine zrna roditelja iznosi od 0% (NS L 2126 i B73) do 3.6% (NS L 115). Kod F<sub>1</sub> generacije najveću srednju vrednost za širinu zrna kukuruza ima kombinacija NS L 221 × NS L 265 (9.4 mm), a najmanju kombinacija NS L 130 ×

B73 (7.7 mm). Koeficijent varijacije kod hibrida kreće se od 1.1% (NS L 115 × NS L 2126) do 5.4% (NS L 221 × NS L 99).

#### *Način nasleđivanja širine zrna*

U ispitivanim hibridnim kombinacijama F<sub>1</sub> generacije utvrđeni su sledeći načini nasleđivanja:

- superdominacija se ispoljila u sledećim kombinacijama: NS L 221 × NS L 2126, NS L 221 × NS L 99, NS L 115 × NS L 265, NS L 221 × NS L 265, NS L 221 × B73 i NS L 221 × A632 (sl. 2),
- slučaj dominacije boljeg roditelja se ispoljio u kombinacijama NS L 115 × NS L 2126, NS L 115 × NS L 99, NS L 130 × NS L 99, NS L 130 × NS L 265, NS L 115 × B73 i NS L 115 × A632 (sl. 3),
- intermedijarno nasleđivanje se ispoljilo kod kombinacija: NS L 130 × NS L 2126 i NS L 130 × A632 (sl. 4),
- parcijalna dominacija se ispoljila u kombinacijama NS L 130 × B73 i NS L 115 × NS L 265 (sl. 5).

Radović (1979) ispitujući heterozis i nasleđivanje važnijih osobina rodosti ustanovila je da je pozitivan heterozis za širinu zrna ispoljen samo kod jedne hibridne kombinacije.

#### **Prinos zrna po biljci**

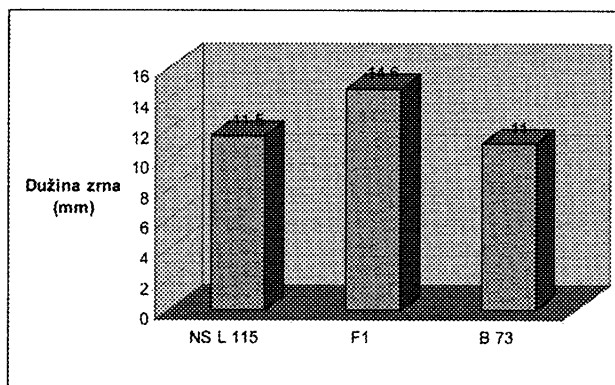
##### *Srednje vrednosti i varijabilnost prinosa zrna po biljci*

Prinos zrna po biljci bio je najveći kod inbred linije NS L 130 (124.0 g). Ona se značajno razlikuje od svih ostalih linija. Najmanju vrednost za posmatrano svojstvo imala je linija NS L 2126 (56.2 g). Ona se značajno razlikuje od većine linija, osim od NS L 99 i NS L 221 gde te razlike nisu značajne. Koeficijent varijacije kod roditelja kretao se od 1.5 (NS L 265) do 28.1% (NS L 2126).

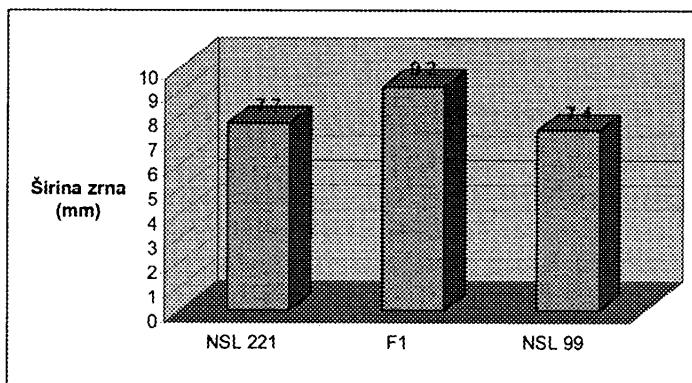
Kod hibrida najveću vrednost za posmatrano svojstvo imala je kombinacija NS L 115 × B73 (293.2 g). Ona se značajno razlikuje od svih hibrida, osim od NS L 130 × NS L 2126 gde ta razlika nije značajna. Najmanji prinos zrna po biljci utvrđen je kod kombinacije NS L 221 × NS L 2126, 203.1 g. Između ove i ostalih kombinacija postoji značajna razlika a izuzetak je kombinacija NS L 221 × NS L 99 gde ta razlika nije značajna. Koeficijent varijacije kod hibrida kretao se od 0.6 (NS L 130 × NS L 99) do 10.3% (NS L 221 × NS L 2126), sl. 6.

##### *Način nasleđivanja prinosa zrna po biljci*

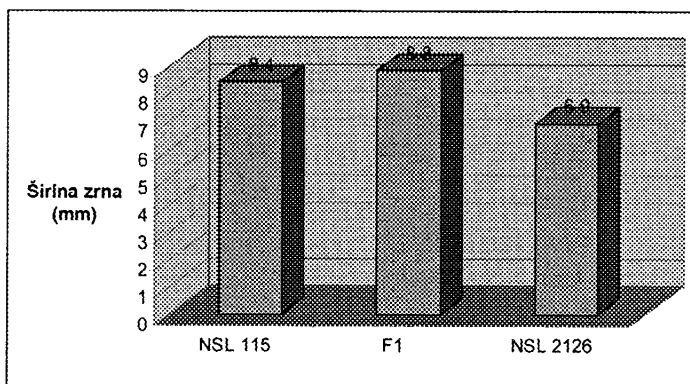
Kod svih ispitivanih kombinacija ukrštanja ustanovljena je superdominacija kao način nasleđivanja prinosa zrna po biljci. Do sličnih rezultata došli su Radović (1979), Kojić i Štarić (1985), Boćanski (1988), Lopandić (1990), Gupta i sar. (1994), Wolf i sar. (2000), Vales i sar. (2001), Michelson i sar. (2002), Edwards i Lamkey (2002), Soengas i sar. (2003), Lu i sar. (2003), Unay i sar. (2004) i Tollenaar i sar. (2004).



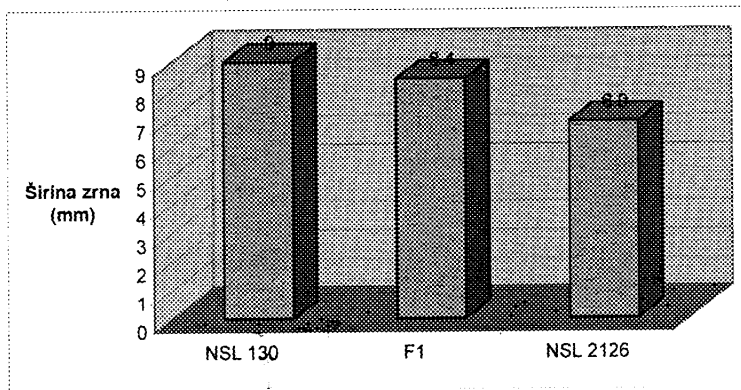
Slika 1. Nasleđivanje dužine zrna kod hibrida NS L 115 × B 73  
 Figure 1. Mode of inheritance of kernel length for combination NS L 115 × B 73



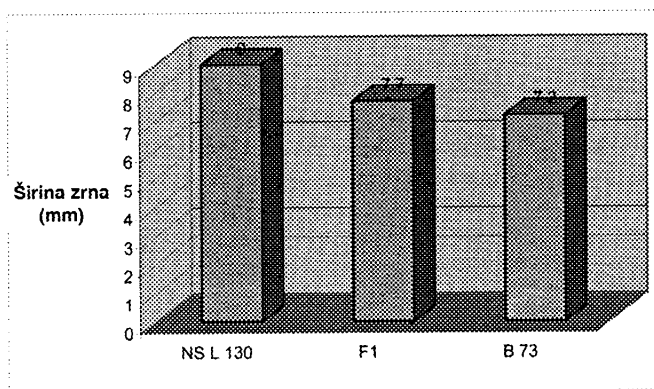
Slika 2. Nasleđivanje širine zrna kod kombinacije NS L 221 × NS L 99  
 Figure 2. Mode of inheritance of kernel width for combination NS L 221 × NS L 99



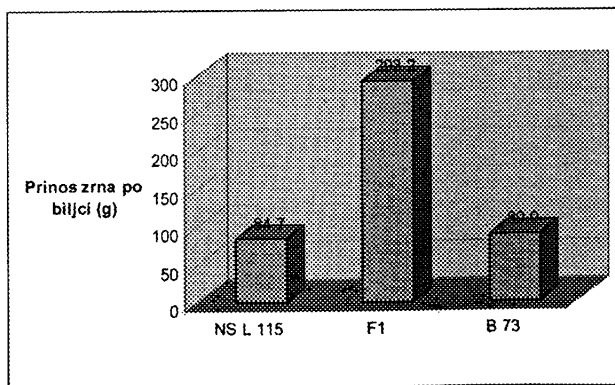
Slika 3. Nasleđivanje širine zrna kod hibrida NS L 115 × NS L 2126  
 Figure 3. Mode of inheritance of kernel width for combination NS L 115 × NS L 2126



Slika 4. Nasleđivanje širine zrna kod hibrida NS L 130 × NS L 2126  
 Figure 4. Mode of inheritance of kernel width for combination NS L 130 × NS L 2126



Slika 5. Nasleđivanje širine zrna kod hibrida NS L 130 × B 73  
 Figure 5. Mode of inheritance of kernel width for combination NS L 130 × B 73



Slika 6. Nasleđivanje prinosa zrna po biljci kod hibrida NS L 115 × B 73  
 Figure 6. Mode of inheritance of grain yield for combination NS L 115 × B 73

## Međusobna zavisnost ispitivanih osobina

Za utvrđivanje međusobne zavisnosti između ispitivanih osobina korišćen je koeficijent korelacije. Između dužine zrna i prinosa zrna po biljci postojala je jaka pozitivna korelacija,  $r = 0.922$ . Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Obilane i Hallauera (1974), Bartuala i Hallauera (1976) i Hallauera i Mirande (1988). Broccoli i Burak (2000) dobili su srednje jaku korelaciju između dužine zrna i prinosa ( $r = 0,52$ ).

Širina zrna je u srednje jakoj korelaciji sa dužinom zrna (0.543) i prinosom zrna (0.507). Šatarić (1978) ustanovio je slabu korelaciju između prinosa zrna i širine zrna (0.36), dok je za dužinu i širinu zrna utvrdio slabu korelacionu zavisnost koja se kretala u granicama od 0.23 do 0.37. Broccoli i Burak (2000) su ustanovili slabu korelaciju između širine zrna i dužine zrna ( $r = 0,18$ ), a između prinosa zrna i širine zrna slabu negativnu korelaciju ( $r = -0,02$ ).

## ZAKLJUČAK

U radu je analizirana genetička varijabilnost i način nasleđivanja dužine zrna, širine zrna i prinosa kod osam inbred linija i petnaest hibrida kukuruza. Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

Među proučavanim inbred linijama najveću srednju vrednost za dužinu zrna imala je linija NS L 115 (11.5 mm), a linija NS L 99 (8.2 mm) ima najmanju srednju vrednost dužine zrna. Kod hibrida najveću srednju vrednost dužine zrna ima kombinacija NS L 115 × B73 (14.6 mm) a najmanju kombinacija NS L 221 × NS L 2126 (12.2 mm).

Način nasleđivanja dužine zrna kod svih hibridnih kombinacija bila je superdominacija.

Najveću srednju vrednost za širinu zrna ima linija NS L 130 (9.00 mm), dok najmanju srednju vrednost ima linija NS L 2126 (6.9 mm). Kod  $F_1$  generacije najveću srednju vrednost za širinu zrna kukuruza ima kombinacija NS L 221 × NS L 265 (9.4 mm), a najmanju kombinacija NS L 130 × B73 (7.7 mm).

U ispitivanim hibridnim kombinacijama  $F_1$  generacije utvrđeni su sledeći načini nasleđivanja širine zrna: superdominacija, dominacija boljeg roditelja, intermedijarnost i parcijalna dominacija.

Prinos zrna po biljci bio je najveći kod inbred linije NS L 130 (124.0 g). Najmanju vrednost za posmatrano svojstvo imala je linija NS L 2126 (56.2 g). Kod hibrida najveću vrednost za posmatrano svojstvo imala je kombinacija NS L 115 × B73 (293.2 g). Najmanji prinos zrna po biljci utvrđen je kod kombinacije NS L 221 × NS L 2126, 203.1 g.

Način nasleđivanja prinosa zrna po biljci u  $F_1$  generaciji bila je superdominacija.

Između dužine zrna i prinosa zrna ustanovljena je jaka, pozitivna korelacija,  $r = 0.922$ . Širina zrna je u srednje jakoj korelaciji sa dužinom zrna (0.543) i prinosom zrna (0.507).

## LITERATURA

1. Bartuall, R. and A.R. Hallauer, 1976: Variability among unselected maize inbred lines developed by full-sibbing. *Maydica*, 21: 49–60.
2. Boćanski, J., 1988: Nasleđivanje žetvenog indeksa i komponenti prinosa zrna kod kukuruza (*Zea mays* L.). Magistarski rad. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
3. Borojević, S., 1965: Način nasleđivanja i heritabilnost kvalitativnih svojstava u ukrštanjima raznih sorti pšenice. *Savremena poljoprivreda*, 7–8: 587–607.
4. Borojević, S., 1992: Principi i metodi oplemenjivanja bilja. Naučna knjiga, Beograd.
5. Broccoli, A.M., R. Burak, 2000: Association between yield components, grain morphological traits and volume expansio in popcorn hybrids cultivated in Argentina. *MNL*, 74: 43–44.
6. Edwards, J.W., K.R. Lamkey, 2002: Quantitative genetics of inbreeding in a synthetic maize population. *Crop Sci.*, 42: 1094–1104.
7. Gupta, S.C., A.K. Nagda and G.K. Kulmi, 1994: Economic heterosis in double cross hybrids of maize. *Crop Research*, 8 (3): 634–636.
8. Hallauer, A.R., J.B. Miranda Fo, 1988: Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ. Press, Ames.
9. Hadživuković, S., 1973: Statistički metodi s primenom u poljoprivrednim i biološkim istraživanjima. Radnički univerzitet „Radivoj Ćirpanov”, Novi Sad.
10. Hadživuković, S., 1989: Statistika. Privredni preglad, Beograd.
11. Kojić, L., I. Štarić, 1985: Genetička varijabilnost i naslednost broja redova na klipu i dužine zrna kukuruza (*Zea mays* L.). *Arhiv za polj. nauke*, 46 (164): 291–298.
12. Lopandić, D., 1990: Nasleđivanje trajanja perioda nalivanja zrna i otpuštanja vode kod inbred linija i hibrida kukuruza (*Zea mays* L.) različite dužine vegetacije. Magistarski rad. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
13. Lu, H., J. Romero-Severson, R. Bernardo, 2003: Genetic basis of heterosis explored by simple sequence repeat markers in a random-mated maize population. *Theor. Appl. Genet.*, 107(3): 494–502.
14. Mickelson, S.M., C.S. Stuber, L. Senior, S.M. Kaeppler, 2002: Quantitative trait loci controlling leaf and tassel traits in a B73×Mo17 population in maize. *Crop Sci.*, 42: 1902–1909.
15. Obilana, A.T. and A.R. Hallauer, 1974: Estimations of variability of quantitative traits in BSSS by using unselected maize inbred lines. *Crop Sci.*, 14: 99–103.
16. Quang, P.D., T. Szundy, 1991: Correlations between certain yield components and the grain yield in maize S2 families and their hybrids. *Novenytermeles*, 40(3): 203–210.
17. Radović, G., 1979: Heterozis i naslednost važnijih elementarnih osobina rodnosti hibrida kukuruza u F<sub>1</sub> i F<sub>2</sub> generaciji. *Arhiv za polj. nauke*, 32 (119): 17–32.
18. Soengas, P., B. Odras, R.A. Malvar, P. Revilla, A. Ordas, 2003: Heterotic patterns among flint maize populations. *Crop Sci.*, 43: 844–849.
19. Tollenaar, M., A. Ahmadzadeh, E.A. Lee, 2004: Physiological basis of heterosis for grain yield in maize. *Crop Sci.*, 44: 2086–2094.



20. Štarić, I., 1978: Proučavanje genetičkog variranja elementarnih osobina rodosti zrna kod hibrida kukuruza (*Zea mays* L.) heterozis. Nauka u praksi, 8 (1): 3–66
21. Unay, A., H. Basel, C. Konak, 2004: Inheritance of grain yield in a half-diallel maize population. Turkish Journal of Agricultural and Forestry, 28: 239–244.
22. Vales, M.I., R.A. Malvar, P. Revilla, A. Odras, 2001: Recurrent selection for grain yield in two spanish maize synthetic populations. Crop Sci., 41: 15–19.
23. Wolf, D.P., L.A. Peternelli, A.R. Hallauer, 2000: Estimates of genetic variance in a F<sub>2</sub> maize population. The Journal of Heredity, 91 (5): 384–391.

## **GENETIC ANALYSIS OF LENGTH AND WIDTH OF MAIZE KERNELS (*Zea mays* L.)**

*by*

*Boćanski J., Srećkov, Zorana, Nastasić, Aleksandra*

### **SUMMARY**

The aim of this paper was to investigate the genetic variability and the mode of inheritance between inbred lines and their hybrids, for three very important traits, kernel length, kernel width and grain yield.

Six inbred lines are domestic germplasm made at Institute for Field and Vegetable Crops, and two are from USA. Statistical data analysis shows genetic variability between inbred lines for every analyzed trait. Superdomination was mode of inheritance for kernel length and grain yield, found in every observed combination. Obtained results confirmed superdomination, domination, partial domination and intermediate as mode of inheritance for kernel width. Between kernel length and grain yield it is found high correlation. Kernel width was in great correlation with kernel length and grain yield.

*Key words:* maize, genetic analysis, inheritance, length, width and yield kernel, correlation

Primljeno: 14. 03. 2005.

Prihvaćeno: 21. 03. 2005.

Recenzent: Prof. dr Marija Kraljević-Balalić