

UNIVERZITET U BEOGRADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Sanja Z. Perić

**UTICAJ FENOTIPSKE I GENETIČKE  
UDALJENOSTI INBRED LINIJA NA  
ISPOLJAVANJE HETEROZISA KOD DIALELNIH  
HIBRIDA KUKURUZA**

doktorska disertacija

Beograd, 2022.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF AGRICULTURE

Sanja Z. Perić

**INFLUENCE OF PHENOTYPIC AND GENETIC  
DISTANCE OF INBRED LINES ON THE  
EXPRESSION OF HETEROSIS IN DIALLEL  
MAIZE HYBRIDS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2022.

# POLJOPRIVREDNI FAKULTET, ZEMUN

## MENTOR:

1. dr Slaven Prodanović, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet

2. dr Milan Stevanović, viši naučni saradnik  
Institut za kukuruz “Zemun Polje”

## ČLANOVI KOMISIJE:

dr Danijela Ristić, viši naučni saradnik  
Institut za kukuruz “Zemun Polje”

dr Tomislav Živanović, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet

dr Jasna Savić, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet

Datum odbrane:

## ZAHVALNICA

Želela bih da se zahvalim **Institutu za kukuruz „Zemun Polje“**, kući koja je omogućila izradu ove doktorske teze.

Hvala mentoru **prof. dr Slavenu Prodanoviću**, na dragocnim savetima, uputstvima i ispravkama tokom izrade teze. Takođe, veliku zahvalnost dugujem mentoru iz Instituta za kukuruz **dr Milanu Stevanoviću** na značajnim sugestijama, uputstvima i korisnim idejama u radu.

Zahvaljujem se kolegama **Danijeli Ristić** i **Nikoli Grčiću** iz Instituta za kukuruz, koje su mi pomogle u delu teze vezanom za primenu molekularnih markera. Takođe dugujem zahvalnost **prof. dr Jasni Savić** i **prof. dr Tomislavu Živanoviću** na korisnim savetima vezanim za izradu teze.

Zahvaljujem se i Nadici, Branki, Nemanji i Milošu, na pomoći u realizaciji eksperimentalnog dela teze. Takođe se zahvaljujem mojim mladim kolegama **Marku Mladenoviću** i **Aleksandru Kovačeviću** na pomoći i podršci tokom izvođenja eksperimentalnog dela teze.

Najveću zahvalnost dugujem mojoj porodici na neizmernoj podršci, razumevanju i strpljenju.

## UTICAJ FENOTIPSE I GENETIČKE UDALJENOSTI INBRED LINIJA NA ISPOLJAVANJE HETEROZISA KOD DIALELNIH HIBRIDA KUKURUZA

### Sažetak

Za istraživanje je korišćeno sedam inbred linija kukuruza različitog porekla i dužine vegetacionog perioda. Odabrane inbred linije su ukrštene po metodu dialela bez recipročnih kombinacija čime je dobijen 21 hibrid. Ogledi su postavljeni u polju tokom 2017. i 2018. godine na tri lokacije: Zemun Polje, Novi Sad i Školsko Dobro (Zemun).

Fenotipska karakterizacija je urađena na osnovu morfoloških osobina inbred linija i hibrida, kao i na osnovu kvantitativnih osobina u koje spadaju prinos i komponente prinosa. Najviši prinos su ostvarile inbred linije ZPL6 (4.17 t/ha) i ZPL4 (4.16 t/ha), najniži inbred linija ZPL5 (3.40). Najprinosniji hibridi su bili ZPL2 x ZPL4 (11.15 t/ha) i ZPL1 x ZPL4 (10.79 t/ha), a najmanje prinostni hibridi ZPL5 x ZPL7 (6.31 t/ha) i ZPL3 x ZPL6 (6.47 t/ha).

Heterozis je računat u odnosu na boljeg roditelja (HPH) za sve ispitivane osobine. Najviša vrednost heterozisa za prinos zrna je dobijena kod hibrida ZPL2 x ZPL4 u 2017. godini (285.88), a najniža kod hibrida ZPL4 x ZPL7 u 2018. godini (31.19).

Na osnovu ispitivanja opštih (OKS) i posebnih (PKS) kombinacionih sposobnosti inbred linija zabeležene su značajne i veoma značajne pozitivne vrednosti OKS za prinos zrna kod inbred linija ZPL2 i ZPL4, dok su značajne negativne vrednosti OKS za prinos zrna imale inbred linije ZPL5 i ZPL7. Najveću pozitivnu PKS vrednost za prinos zrna je imala hibridna kombinacija ZPL2 x ZPL4 (2.061), a najmanju vrednost hibridna kombinacija ZPL1 x ZPL7 (0.857). Odnos OKS/PKS ukazuje na uticaj aditivne i neaditivne (dominacija i epistaza) varijanse u ukupnom fenotipskom variranju. Za osobine prinos zrna, broj redova zrna, broj zrna u redu, dubina zrna i masa 1000 zrna je odnos OKS/PKS bio manji od 1 što ukazuje na preovlađujući uticaj neaditivne varijanse, dok je za osobine visina biljke, visina klipa, ukupan broj listova, broj listova iznad klipa i dužina klipa odnos OKS/PKS bio veći od 1 što ukazuje na preovlađujući uticaj aditivne varijanse.

Za korelaciju prinosa i komponenti prinosa podaci ukazuju na najveću zavisnost prinosa sa brojem zrna u redu (0.50). Kod ostalih osobina inbred linija i hibrida je najveća zavisnost bila između visine biljke i visine klipa (0.85 i 0.83).

Molekularna karakterizacija inbred linija je izvršena pomoću SSR i SNP molekularnih markera na osnovu kojih je formiran dendrogram. Na osnovu SSR markera najmanja genetička sličnost je zabeležena između inbred linija ZPL2 i ZPL6 (0.45), a najveća između inbred linija ZPL5 i ZPL6 (0.75). Na osnovu SNP markera najveća genetička distanca je bila između inbred linija ZPL2 i ZPL4 (0.487), a najmanja između inbred linija ZPL1 i ZPL2 (0.191). Rezultati su pokazali da su najudaljenije inbred linije dale hibride sa najvećim prinosom zrna i najvećim heterozisom.

**Ključne reči:** dialel, inbred linije, hibrid, heterozis, kombinacione sposobnosti, kukuruz, genetička distanca, molekularni markeri

**Naučna oblast:** Biotehničke nauke

**Uža naučna oblast:** Ratarstvo i povrtarstvo

**UDK broj:** 633.15:575.222.7(043.3)

# INFLUENCE OF PHENOTYPIC AND GENETIC DISTANCE OF INBRED LINES ON THE EXPRESSION OF HETEROSIS IN DIALLEL MAIZE HYBRIDS

## Abstract

Seven maize inbred lines of different origin and different growing period were investigated. Selected inbred lines were crossed by the diallel method without reciprocal combinations, and in this way we got 21 hybrids. Field trials were conducted during 2017 and 2018 on three locations: Zemun Polje, Novi Sad and Školsko Dobro (Zemun).

Phenotypic characterization was done on the basis of morphological characteristics of inbred lines and hybrids, as well as on the basis of quantitative characteristics which include grain yield and yield components. The highest grain yield was achieved by inbred lines ZPL6 (4.17 t/ha) and ZPL4 (4.16 t/ha), the lowest grain yield was achieved by inbred line ZPL5 (3.40). The most productive hybrids were ZPL2 x ZPL4 (11.15 t/ha) and ZPL1 x ZPL4 (10.79 t/ha), and the least productive hybrids were ZPL5 x ZPL7 (6.31 t/ha) and ZPL3 x ZPL6 (6.47 t/ha).

Heterosis was calculated in relation to the better parent (HPH) for all examined traits. The highest value of heterosis for grain yield was obtained for hybrids ZPL2 x ZPL4 in 2017 (285.88), and the lowest for hybrids ZPL4 x ZPL7 in 2018 (31.19).

Based on the investigation of general (OKS) and specific (PKS) combining abilities of inbred lines, significant and very significant positive values of OKS for grain yield were recorded in inbred lines ZPL2 and ZPL4, while significant negative values of OKS for grain yield were recorded in inbred lines ZPL5 and ZPL7. The hybrid combination ZPL2 x ZPL4 (2,061) had the highest positive value of PKS for grain yield, and the hybrid combination ZPL1 x ZPL7 (0,857) had the lowest value. The OKS/PKS ratio indicates the influence of additive and non-additive (dominance and epistasis) variance in the total phenotypic variation. For grain yield, kernel row number, kernel number per row, ear diameter and 1000-kernel weight, the OKS/PKS ratio was less than 1, which indicates the predominant influence of non-additive variance, while for plant height, ear height, total number of leaves, the number of leaves above the ear and ear length ratio OKS/PKS was greater than 1, which indicates the predominant influence of additive variance.

For the correlation of grain yield and yield components, the data indicate the highest dependence of grain yield with the kernel number per row (0.50). Among other traits of inbred lines and hybrids, the greatest dependence was between plant height and ear height (0.85 and 0.83).

Molecular characterization of inbred lines was performed using SSR and SNP molecular markers and dendrogram was formed showing genetic distance between inbred lines. Based on SSR markers, the lowest genetic similarity was recorded between the inbred lines ZPL2 and ZPL6 (0.45), and the highest between the inbred lines ZPL5 and ZPL6 (0.75).

Based on SNP markers, the largest genetic distance was between the inbred lines ZPL2 and ZPL4 (0.487), and the smallest between the inbred lines ZPL1 and ZPL2 (0.191). The results showed that the most distant inbred lines gave hybrids with the highest grain yield and the highest heterosis.

**Key words:** diallel, inbred lines, hybrid, heterosis, combining abilities, maize, genetic distance, molecular markers

**Scientific field:** Biotechnical Sciences

**Scientific subfield:** Field and Vegetable Crops

**UDK number:** 633.15:575.222.7(043.3)



# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	3
3. PREGLED LITERATURE .....	4
4. RADNA HIPOTEZA .....	19
5. MATERIJAL I METOD RADA.....	20
6. REZULTATI I DISKUSIJA .....	35
6.1. SREDNJE VREDNOSTI KVANTITATIVNIH OSOBINA HIBRIDA I INBRED LINIJA KUKURUZA.....	35
6.1.1. Prinos zrna .....	35
6.1.2. Visina biljke.....	38
6.1.3. Visina gornjeg klipa.....	40
6.1.4. Ukupan broja listova.....	43
6.1.5. Broj listova iznad gornjeg klipa.....	45
6.1.6. Dužina klipa.....	47
6.1.7. Broj redova zrna .....	50
6.1.8. Broj zrna u redu .....	52
6.1.9. Dubina zrna.....	54
6.1.10. Masa 1000 zrna.....	56
6.2. INTERVAL METLIČENJA I SVILANJA (ASI).....	59
6.3. HETEROZIS U ODNOSU NA BOLJEG RODITELJA .....	61
6.4. KOMBINACIONE SPOSOBNOSTI INBRED LINIJA KUKURUZA .....	65
6.4.1. Analiza varijanse kombinacionih sposobnosti samooplodnih linija kukuruza.....	65
6.4.2. Ocena opštih kombinacionih sposobnosti (OKS) samooplodnih linija kukuruza. . . . .	67
6.4.3. Ocena posebnih kombinacionih sposobnosti (PKS) dialelnih ukrštanja kukuruza .....	70

6.5. KORELACIJA PRINOSA I KOMPONENTI PRINOSA .....	75
6.6. SSR I SNP MOLEKULARNI MARKERI I NJIHOVO POREĐENJE .....	77
6.7. MEĐUZAVISNOST GENETIČKE DISTANCE, POSEBNIH KOMBINACIONIH SPOSOBNOSTI I HETEROZISA U ODNOSU NA BOLJEG RODITELJA .....	88
7. ZAKLJUČAK .....	90
8. LITERATURA.....	92

## 1. UVOD

Kukuruz (*Zea mays* L.) se ubraja u jednu od najrasprostranjenijih biljnih vrsta zahvaljujući negovoj adaptivnosti i genetičkoj varijabilnosti. Kukuruz od svih žitarica ima najveći genetički potencijal za rodnost zrna (Dowswell i sar. 1996). Ekonomski je značajna poljoprivredna kultura koja služi za ishranu ljudi i životinja kao i za dobijanje industrijskih proizvoda i biogoriva. Potekao je iz Meksika pre oko 7000 godina kao gajena vrsta kojoj je praroditelj nepoznat. Nakon Kolumbovog otkrića Amerike u 15. veku prenet je i u Evropu, a nakon toga i na naše prostore. Najveći proizvođači kukuruza tokom 2019/2020 godine prema (<https://www.statista.com>) podacima su SAD (31% globalne proizvodnje), Kina (23%) i Brazil (9%).

Osim spontane selekcije, proizvođači su takođe vršili masovnu selekciju birajući najbolje klipove za setvu ili odbacujući one sa nepovoljnim osobinama. Gajenjem kukuruza na određenom području duži niz godina dolazilo je do njegove adaptacije i na taj način su nastajale lokalne populacije. Vremenom se povećavao potencijal rodnosti kao i površine zasejane hibridnim kukuruzom.

Otkriće hibridne bujnosti ili heterozisa od strane Shull-a 1908. godine predstavlja jedno od najvećih dostignuća na polju genetike. Početkom 20. veka počinje praktična primena hibridne bujnosti i gajenje prvih komercijalnih hibrida. Oplemenivači su iz lokalnih populacija izdvajali biljke sa povoljnim osobinama i vršili njihovu samooplodnju kroz najmanje sedam generacija. Tako su nastajale inbred linije sa visokim procentom homozigotnosti koje su u ukrštanju sa drugim inbred linijama ispoljavale heterozis. Zbog slabe rodnosti inbred linija i nedovoljne količine semena za semensku proizvodnju prvo su se koristili četvorolinijski hibridi.

Početkom šezdesetih godina 20. veka počinje upotreba prvih dvolinijskih hibrida. Naučnici smatraju da dvolinijski hibridi daju najizraženiji heterozis. Heterozis predstavlja superiornost osobina hibrida  $F_1$  generacije u odnosu na vrednost boljeg roditelja i na srednju vrednost roditelja. Razlog naglog širenja hibridnog kukuruza bio je ne samo povećan prinosa nego i ujednačen rast i cvetanje, što je omogućavalo mašinsku berbu. Iako se ukrštaju inbred linije sa superiornim osobinama nije obavezno da će se u hibridu ispoljiti maksimalna vrednost heterozisa. Uzrok tome je što su kvantitativne osobine poput prinosa i komponenti prinosa pod uticajem spoljašnje sredine.

Da bi se shvatili mehanizmi nasleđivanja određenih osobina kukuruza neophodno je proučiti kombinacione sposobnosti. Dele se na opšte i posebne kombinacione sposobnosti. Opšte kombinacione sposobnosti (OKS) su rezultat aditivne varijanse, dok su posebne kombinacione sposobnosti (PKS) rezultat neaditivne varijanse (dominacija i epistaza). Proučavanje kombinacionih sposobnosti služi selekcionerima u boljem sagledavanju oplemenjivačke vrednosti samooplodnih linija, kao i u izboru određenih inbred linija koje se dalje mogu uspešno koristiti u programima oplemenjivanja.

Primena biotehnoloških inovacija predstavlja jedan od najznačajnijih koraka u oplemenjivanju biljaka. Pomoću molekularnih markera se otkriva delovanje gena koji utiču na ispoljavanje kvalitativnih i kvantitativnih osobina.

Njihova prednost je u tome što rezultati istraživanja nisu pod uticajem spoljašnje sredine. Molekularni markeri služe u otkrivanju genetičke divergentnosti ispitivanog materijala i njihovom preciznijem razvrstavanju u heterotične grupe, odnosno pružaju uvid u strukturu raspoloživog biljnog materijala.

U proizvodnji hibridnog semena veoma je važno odabrati odgovarajuće inbred linje koje su dovoljno genetički udaljene kako bi se mogao ispoljiti heterozis. Dialelni metod ukrštanja svake inbred linije sa svakom može jasno da izdvoji one genotipove kod kojih se ispoljava najviši heterozis. S druge strane, to se može postići mnogo lakše i brže pomoću molekularnih markera. Svakako da multidisciplinarni pristup daje najbolje rezultate prilikom proizvodnje superiornih hibrida.

### 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj istraživanja je da se odredi uticaj fenotipske i genetičke divergencije roditeljskih inbred linija kukuruza na ispoljavanje heterozisa kod njihovih hibrida dobijenih metodom dialela. Istraživanje se sprovodi radi unapređenja procesa oplemenjivanja kukuruza, čime se doprinosi povećanju produktivnosti kukuruza i samim tim daljem naučnom i praktičnom razvoju poljoprivrede.

Da bi se navedeni osnovni cilj realizovao, u istraživanju je postavljeno nekoliko posebnih, specifičnih ciljeva:

- Primenom dialelnih ukrštanja inbred linija proizvesti hibride kukuruza F<sub>1</sub> generacije.
- Utvrditi vrednosti i razlike po prinosu i drugim kvantitativnim osobinama od značaja za oplemenjivanje kukuruza između hibrida i njihovih roditeljskih inbred linija, kao i razlike između samih hibrida.
- Odrediti vrednosti genetičkih parametara kvantitativnih osobina kukuruza na osnovu opštih i posebnih kombinacionih sposobnosti (OKS i PKS).
- Dodeliti inbred linije heterotičnim grupama pomoću hijerarhijske klaster analize na osnovu vrednosti njihovih kvantitativnih osobina.
- Odrediti genetičku distancu inbred linija pomoću SSR i SNP molekularnih markera.
- Razvrstati inbred linije u heterotične grupe na osnovu rezultata dobijenih pomoću molekularnih markera.
- Odrediti korelacije između genetičke distance (GD) roditelja, prinosa zrna (t/ha) njihovih dialelnih hibrida, heterozisa u odnosu na boljeg roditelja (HPH) i posebnih kombinacionih sposobnosti (PKS).
- Ispitati da li postoje odstupanja heterozisa u odnosu na genetičku distancu.
- Uraditi poređenje molekularnih tehnika na osnovu dobijenih rezultata.

### 3. PREGLED LITERATURE

#### 3.1. Kukuruz – poreklo, fenotip

Kukuruz (*Zea mays* L.) je jednogodišnja, monoecijska biljka sa odvojenim muškim i ženskim cvastima (metlica i klip). Takođe je stranooplodna biljka, a oprašivanje se vrši pomoću vetra. Treće je po redu najvažnije žito, odmah nakon pirinča i pšenice ali se gaji u širem opsegu spoljašnje sredine zahvaljujući njegovoj većoj adaptibilnosti (Koutsika-Sotiriou, 1999).

Pripada familiji trava (Poaceae), podfamiliji Maydeae koju čini osam rodova, od kojih su najvažniji *Euchlaena* (teozinta), *Tripsacum* (gama trava) i *Zea* (kukuruz). Prva dva roda nemaju gajenih vrsta i koriste se jedino kao donori poželjnih gena. Treći rod (*Zea*), naime nema ni jednu samoniklu vrstu osim današnjeg gajenog kukuruza koji se u prošlosti ukrštao sa vrstama teozinta i gama trava. Međutim, Beadle (1932) je došao do zaključka da je današnji kukuruz pripitomljena teozinta. On je uočio da forma teozinte *Zea luxurians* poseduje hromozome koji se citološki razlikuju od hromozoma kukuruza, dok forma teozinte *Zea mays ssp. Mexicana* ima veoma citološki slične hromozome sa kukuruzom. Matsuoka i sar. (2002) su pomoću mikrosatelita ispitivali diverzitet kukuruza i teozinte gde su rezultati pokazali da je kukuruz domestifikovan iz teozinte.

Kukuruz je potekao iz Tehuacan Doline u Meksiku pre oko 7.000 – 10.000 godina. (Glamočlija, 2004). Prvi ga je uočio Kolumbo dolaskom na tlo Amerike. Radić (1872) piše da se Kolumbo iskrcao na Kubu 5. novembra 1492. godine i istražujući ostrvo pronašao je krupna zrna koja su mogla da se kuvaju ili peku i zatim jednu ili da se od njih pravi brašno. Domoroci su Kolumbu pokazali visoke zelene biljke koje su okruživale njihovo selo i izgovarali su reč „mahiz“, što na njihovom jeziku znači „zrno života“ (Jevtić, 1977). Shvatajući njegov značaj za čovečanstvo Kolumbo je kasnije preneo kukuruz u Španiju, odakle se on dalje širio prema Francuskoj i Italiji. Na naše prostore je došao iz Turske i Grčke ili preko Venecije duž Jadranske obale (Pavličić i Trifunović, 1966).

Danas se veoma intenzivno gaji u Srbiji, posebno u Vojvodini i predstavlja jednu od biljaka sa najvećom proizvodnjom organske materije po jedinici površine (Glamočlija, 2004). Kukuruz najbolje uspeva u takozvanom kukuruznom pojasu (*Corn belt*) koji je 1830-ih obuhvatao Tenesi, Kentaki i Virdžiniju, 1858. godine Ilinois, Ohajo i Misuri i zatim 1878. godine Ajovu, Ilinois i Misuri (Troyer, 2006). Danas pod kukuruzni pojas spadaju sledeće države: Ajova, Ilinois, Indijana, južni Mičigen, zapadni Ohajo, istočna Nebraska, istočni Kansas, južna Minesota, deo Misurija, južna i severna Dakota, Viskonsin i Kentaki.

Kukuruz je tropski usev koji se trenutno gaji na različitim geografskim širinama zahvaljujući vekovnim poboljšanjima tolerantnosti na hladnoću, redukovanim ciklusima rasta i prilagođenosti na dužinu dana (Revilla i sar., 2016). Kukuruz kao C4 biljka odnosno biljka kratkog dana dobro podnosi visoke temperature, međutim ekstremne temperature praćene sušom u periodu cvetanja imaju negativan uticaj na prinos (Torriani i sar., 2007). Zbog toga oplemenjivači sve više tragaju za roditeljskim komponentama koje dobro podnose sušu, uz minimalnu redukciju prinosa.

Važno je žito jer se koristi za ljudsku ishranu, stočnu hranu i kao sirovina u industrijskoj preradi (Carpici i sar., 2010). Zrno kukuruza je bogat izvor skroba, vitamina, proteina i minerala.

### 3. Pregled literature

---

Iako ima visoku energetska vrednost, hranljiva vrednost je nešto manja jer je siromašno u svarljivim proteinima i važnim nutritivnim supstancama (Mladenović Drinić i sar., 2013). Selektioneri su uspeli da preduprede ovaj nedostatak i da stvore poboljšane genotipove sa povećanim nutritivnim vrednostima zrna.

Koristi se za ishranu ljudi u slabije razvijenim regionima, a u bolje razvijenim kao stočna hrana. Upotrebljava se i u industrijskoj preradi za dobijanje etanola (biogorivo), kukuruznog skroba, sirupa, ulja, glutena, brašna, grizeva i alkoholnih pića (viski). Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku za 2018. godinu u Srbiji su površine pod kukuruzom iznosile 906.753 hektara. Ostvarena je proizvodnja od oko 7 miliona tona uz prosečni prinos od 7,7 t/ha. Na svetskom tržištu je tokom 2019. godine prema podacima američkog ministarstva poljoprivrede (USDA) proizvedeno 1.101 milion tona kukuruza. Na osnovu sadašnjeg značaja, obima proizvodnje i potrebama za ovom biljnom vrstom, previde se da će do 2025. godine kukuruz imati najveću ukupnu proizvodnju, a da će se do 2050. godine potrebe zemalja u razvoju za kukuruzom udvostručiti (Božović, 2018).

#### 3.2. Konvencionalno oplemenjivanje kukuruza

Na promene kukuruza iz primitivnog u gajeni uticali su prirodne mutacije, prirodna selekcija i selekcija koju je vršio čovek kroz razna ukrštanja. Period koji je najduže trajao jeste period prirodne, spontane selekcije (oko 250 godina). Počeo je prvim intodukovanjem kukuruza na naše prostore tridesetih godina 16. veka i trajao do druge polovine 19. veka (Radić, 1875). Masovna selekcija se tada zasnivala na odabiru klipova nakon berbe ili na odabiru klipova od najboljih biljaka direktno u polju. Nakon toga su birane i biljke sa čvrstim stablom i zdravim listovima, pre odabira klipova.

Kukuruz je na područje Balkana dospao oko 1530. godine, a u Srbiji se prvi put pominje 1576. godine (Radić, 1872). Od intodukcije kukuruza na Balkan pa sve do druge polovine 19. veka bila je prisutna velika genetička raznovrsnost, vršeno je slobodno ukrštanje i adaptacija na agroekološke uslove. Selekcija sorti kukuruza počinje od 70-ih godina 19. veka do 30-ih godina 20. veka. 70-ih godina 19. veka je bila nova intodukcija kukuruza zubana iz SAD-a (*Yellow Dent, Silver King, Golden King*), kao i stvaranje prvih domaćih sorata (Rumski zlatni zuban, Vukovarski zuban, Šidski zuban, Novosadski zlatni zuban). Naši domaći tipovi kukuruza vode poreklo od severnoameričkih, južnoameričkih i meksikanskih tipova kukuruza (Pavličić i Trifunović, 1966). Intodukcijom američke germplazme, evropska germplazma je sve više gubila na značaju tokom 50-ih godina prošlog veka i američki hibridi pruzimaju primat na našim prostorima. Troyer (2004) navodi da se u američkim hibridima nalazi pet adaptiranih populacija (*Reid Yellow Dent, Minnesota 13, Lancaster Sure Crop, Northwestern Dent i Leaming Corn*).

Upotreba međusortnih hibrida trajala je od 1947 do 1955 godine (Trifunović, 1986). Tokom 1930-ih i 1940-ih došlo je do ekspanzije u primeni raznih metoda oplemenjivanja.

Temelje današnjeg oplemenjivanja koje se sastoji od samooplodnje, stvaranja inbred linija i njihovog ukrštanja u cilju stvaranja superiornih hibrida postavili su East (1908), Shull (1908) i Jones (1918). Lee (2006) navodi da oplemenjivanje predstavlja genetičko prilagođavanje vrsta željama ljudskog društva i zahtevima prirode u kontekstu poljoprivrede.

### 3. Pregled literature

---

Naučnici su počeli da oplemenjuju kukuruz pre više od sto godina. Vremenom je na hiljade inbred linija razvijeno i testirano u polju. Saradnjom i razmenom inbred linija među oplemenjivačima identifikovane su elitne inbred linije koje su se koristile za stvaranje dvostrukih hibrida.

Program oplemenjivanja kukuruza takođe zavisi i od veoma bogate kolekcije u bankama gena koja se koristi za dobijanje poželjnih genetičkih osobina u razvoju visokokvalitetnih hibrida kukuruza (Jelovac i sar., 2000; Anđelković, 2000). U bankama gena ima najviše lokalnih populacija. Primenom savremenog oplemenjivanja i sve većim zahtevima tržišta došlo je do sužavanja genetičke osnove i stagnacije prinosa zbog čega je povećan interes za populacijama. One su korisne za inkorporaciju poželjnih gena u nove genotipove kukuruza (Anđelković i sar., 2017). Takođe je veoma korisna i egzotična germplazma koja služi za unošenje određenih alela za tolerantnost na bolesti ali ona ne utiče na povećanje prinosa. Egzotična germplazma nije adaptirana i mora da prođe određeni broj ciklusa selekcije kako bi bila pogodna za upotrebu.

Korišćenjem slobodnooprašujućih sorti prinos je bio veoma nizak, prosečno oko 1.5 t/ha (Jocković i sar., 2010). Promena od slobodnooprašujućih sorti do dvostrukih hibrida predstavlja značajno poboljšanje hibrida kukuruza u njihovoj održivosti i prinosu zrna.

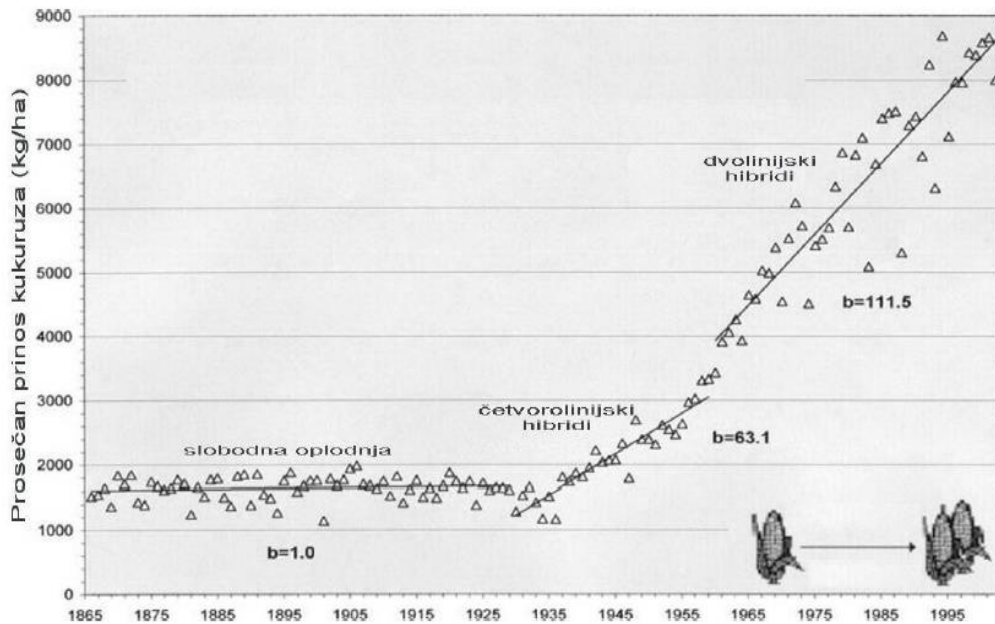
Potencijal u proizvodnji semena kod dvostrukih hibrida je ohrabrio istraživače da počnu da proizvode inbred linije tokom 1920-ih. Prve inbred linije su nastale 1930-ih samooplodnjom biljaka iz različitih populacija (Lu i sar., 2001). Kontrolisanim prenošenjem polena sa metlice na svilu klipa na istoj biljci tokom najmanje pet do sedam generacija (samooplodnja) dobijaju se inbred linije. Nakon više generacija samooplodnje biljke postaju sve slabije i teško se umnožavaju. Međutim, kada se određene inbred linije ukrste obnavlja im se vigor (energija) i prinos tih hibrida obično prelazi vrednost slobodnooprašujuće populacije iz koje su te linije razvijene. Na našim prostorima su sredinom prošlog veka stvorene inbred linije i prvi hibridi iz populacija slobodne oplodnje: Novosadski zlatni zuban, Vukovarski žuti zuban, Bankut bajša, Novosadski flajšman, Šidski žuti zuban, Rumski zlatni zuban i druge (Šarić i sar., 1980; Trifunović, 1986).

Uska genetička osnova u hibridima kukuruza predstavlja najveću prepreku u oplemenjivanju (Kannenbergh, 1995). Jones (1918) predlaže upotrebu dvostrukih (DC) hibrida kukuruza koji su se sastojali od četiri inbred linije. Uvođenje prvih četvorolinijskih hibrida kukuruza i njihova upotreba počelo je tokom 1930-ih, kada se prinos postepeno povećavao i dostigao prosek od 63,1 kg/ha (Grafik 1). Tokom 1930-ih je takođe došlo do stabilnijeg povećanja prinosa zahvaljujući upotrebi đubriva (prvenstveno azota), pesticida, opreme, organizaciji proizvodnje i poboljšanju germplazme kukuruza, a u nekim zemljama i zbog širenja površina pod kukuruzom.

Dvolinijski hibridi (SC) nastaju oko 1960 godine. Rodniji su od prethodnih hibrida za oko 20%, a od sorata za 30-50% uz prosečno povećanje prinosa godišnje za 111,5 kg/ha (Troyer, 2004). Dvolinijski hibridi se odlikuju većim genetičkim potencijalom rodnosti i većom fenotipskom ujednačenošću. Stoga je početkom sedamdesetih godina dvadesetog veka gotovo 100% površina bilo pod hibridnim kukuruzom (Ivanović i sar. 2000). U periodu 1965-1985. prinos je rastao za 114 kg ha/godini, a u periodu 1986-2012. za 22 kg ha/godini (Videnović i sar., 2012).



### 3. Pregled literature



Grafik 1. Prosečan prinos zrna kukuruza u SAD-u u period od 1865.-2003. godine (Troyer, 2004).

Jenkins (1935) i Sprague (1946) su pokazali da se potencijal linija za prinos može testirati još u ranijim generacijama samooplodnje. Linije koje ne postignu zadovoljavajući prinos se odbacuju i time je omogućen efikasniji odabir linija iz populacija.

Preliminarne tehnike provere od strane Jenkins-a (1935) su pokazale da ukrštanje linija sa zajedničkim testerom (odnosi se na topcross ili testcross) pomaže u odbacivanju onih linija koje nemaju odgovarajuće performanse u hibridu. Vrednost inbred linija se može proceniti pomoću topcross-a koji omogućava odabir linija vrhunskih agronomskih performansi kada se ukrštaju sa univerzalnim testerom, čineći razvoj hibrida racionalnijim i efikasnijim (Guedes i sar., 2011). Topcross hibridi su značajni u početnim fazama proizvodnje hibridnog semena. Ovo je jedan od načina da se ubrza proces proizvodnje hibrida i smanje troškovi proizvodnje semena.

Veoma je bitno pronaći odgovarajući tester koji omogućava identifikaciju ispitivanih genotipova. Rawlings i Thompson (1962) navode da je dobar tester onaj koji pravilno razdvaja relativni učinak linija i koji pravi razliku među linijama koje se testiraju. Hallauer i Carena (2009) smatraju da bi testeri trebali da budu elitne linije selekcionog programa različitih heterotičnih grupa, da bi novoidentifikovana linija iz superiornog ukrštanja direktno mogla da postane komponenta komercijalnog hibrida.

Razvojem tehnologije semenarstva prednost je data ukrštanjima između elitnih inbred linija iz kojih su ponovo nastajale nove inbred linije. U komercijalnoj proizvodnji korišćeno je svega osam inbred linija slične genetičke osnove (B14, B37, B73, B84, Mo17, C103, Oh43 i H99), dobijenih iz američkih populacija što je dovelo do gubitka genetičkog diverziteta kod kukuruza (Lu i sar., 2001).

### 3. Pregled literature

---

Problem smanjenja vigora kod inbred linija rešava se upotrebom hibrida koji predstavlja kombinaciju dve inbred linije, usled čega dolazi do obnavljanja vigora (Malik i sar., 2011).

Moderni programi oplemenjivanja zasnovani na konceptu inbriding-hibridizacije započeti su 1953. godine u Institutu za kukuruz „Zemun Polje“. Zasnovani su na selekciji „klip na red“ sa testiranjem njihovih kombinacionih sposobnosti nakon više generacija samooplodnje. Glavni cilj u programima oplemenjivanja je bio da se razviju hibridi kukuruza sa superiornim potencijalom za prinos i dobrim kvalitetom zrna (Drinić i sar., 2007). Đokić i Mihaljev (1995) ističu da je cilj svakog oplemenjivačkog programa da kroz proces stvaranja novog genotipa izvrši akumulaciju gena za poželjni nivo ekspresije date osobine u konkretnim ekološkim uslovima i ostvari visok i stabilan prinos. Iako se u savremenom oplemenjivanju koriste elitne inbred linije, ponekad je neophodno unaprediti njihove pojedine osobine. To se postiže ukrštanjem odgovarajućih elitnih linija koje se međusobno dopunjuju u određenim osobinama, a potom se izdvajaju nove linije iz generacije razdvajanja ( $F_2$ ) koje poseduju poželjne osobine od oba roditelja (Hallauer, 1990).

Za stvaranje inbred linija se najčešće koriste  $F_2$  populacije, za koje se smatra da imaju veću frekvenciju poželjnih alela nego sorte, lokalne populacije i sintetičke populacije (Bauman, 1981). Ovakav način stvaranja inbred linija se naziva pedigre metod selekcije koji podrazumeva poznavanje početnog materijala, vođenje evidencije o potomstvu i njihovoj povezanosti, kako bi se održao njihov genetički identitet.

U cilju daljeg unapređenja potencijala kukuruza za rodnost neophodna je i radikalna izmena kako u morfologiji tako i u fiziologiji biljke koje su praćene identifikacijom novih izvora genetičke varijabilnosti za tolerantnost na različite vrste stresa (Dwivedi i sar., 2010).

**Prinos i komponente prinosa (morfološke osobine)** – Prinos zrna je kompleksna kvantitativna osobina koja ima nizak stepen nasleđivanja, zavisi od brojnih faktora i pod velikim je uticajem spoljašnje sredine (Pavlov i sar., 2015). Prinos kao kompleksna osobina je pod uticajem faktora sredine i karakteriše ga nizak koeficijent heritabilnosti (Prodanović i sar. 1996).

Sastavni deo prinosa jesu komponente prinosa koje učestvuju u formiranju istog i obično su u pozitivnoj korelaciji sa njim. Boćanski i sar. (2005) takođe navode da se posebna pažnja poklanja prinosu zrna kao najvažnijoj agronomskoj osobini, a isto tako i komponentama prinosa, jer je prinos zrna kompleksno svojstvo koje zavisi od niza faktora.

Individualna selekcija na prinos dovodi do smanjene stabilnosti, dok oplemenjivanje na stabilnost obično rezultuje nižim prinosom zrna. Stabilnost je sposobnost genotipa da uvek ima uniforman prinos bez obzira na uticaj spoljašnje sredine (Becker, 1981). Genotipovi koji se odlikuju dobrom adaptibilnošću imaju niži prinos, dok genotipovi sa visokim prinosom imaju usku adaptibilnost. Koncept stabilnosti se vezuje za neizmenjeno ponašanje genotipa u vremenu, dok se pojam adaptibilnost vezuje za prostor. S obzirom da je ponašanje genotipova u prostoru predvidivo a u vremenu nepredvidivo, adaptibilnost predstavlja odgovor na predvidive a stabilnost na nepredvidive uslove sredine (Barah i sar., 1981). Prinos zrna i stabilnost su pod regulacijom različitih gena. Zbog toga je glavni cilj oplemenjivača povećanje prinosa, uz istovremeno održavanje stabilnosti novih genotipova. Stabilnost očekivanog prinosa zrna je jedna od najpoželjnijih osobina, na osnovu koje se hibrid preporučuje za dalju upotrebu (Sečanski i sar., 2010).

### 3. Pregled literature

---

Tokom godina hibridi su se menjali značajno u genotipu, fenotipu i toleranciji na abiotičke i biotičke stresove (Duvick, 2005). Prvenstveno su se genotipovi birali na osnovu morfoloških osobina koje su bile odgovarajuće za određene programe oplemenjivanja, a kasnije se njihovim ukrštanjem sa drugim genotipovima i u zavisnosti od dobrog ili lošeg kombinovanja dolazilo da informacija o genotipu.

Uspeh u programima oplemenjivanja biljaka zavisi od kontinuiranog nalaženja, stvaranja i primene nove raznolikosti kako bi se poboljšala produktivnost useva i genetički dobitak (Smith i sar., 2015). Povećanje genetičkih resursa i poboljšanje populacija je bilo veoma značajno za povećanje prinosa kukuruza do danas, kao i za povećanje genetičkog potencijala za prinos u budućnosti (Ortiz i sar., 2010).

Stvaranje novih visokorodnih hibrida, razvoj tehnologije semenarstva, unapređenje tehnologije gajenja i mogućnost dobijanja širokog asortimana proizvoda njegovom preradom doprinose porastu proizvodnje kukuruza (Jocković i sar., 2011). Istraživanja takođe pokazuju da hibridi koji pripadaju srednje ranim grupama zrenja imaju bolju prilagođenost nepovoljnim uslovima proizvodnje, dok hibridi kasnijih grupa zrenja pokazuju bolju adaptiranost na povoljne uslove proizvodnje i postižu veće prinose (Živanović i sar., 2004, Babić i sar., 2006).

Stvaranje superiornih genotipova otežava postojanje interakcije genotip x spoljašnja sredina (Hagos i Abay, 2013). Ignorisanje prisustva interakcije je problematično kada je ona statistički značajna i kada je njen efekat veći od uticaja genotipa, naročito kod prinosa zrna (Gauch i Zobel, 1996). Selekcioneri žele da stvore široko prilagođene genotipove čiji će prinos biti visok na većem proizvodnom području i gde će interakcija genotipa i lokacije biti mala (Božović, 2018). S druge strane poljoprivrednici žele hibride koji daju visoke i stabilne prinose, a nisku interakciju genotipa i godine (Živanović i sar., 2004). Prava vrednost nekog genotipa ne zavisi samo od produktivnosti ili ekspresije pojedinačnih svojstava, već i od sposobnosti da te osobine realizuje na visokom nivou u različitim agroekološkim uslovima (Radojčić-Branković, 2016).

Glavni zadatak u selekciji kukuruza je dobijanje novih hibrida koji svojim genetičkim potencijalom za prinos i pozitivnim karakteristikama premašuju postojeće komercijalne hibride (Sečanski i sar., 2010, Čvarković i sar., 2009). Pošto hibridi ne prenose heterozis na svoje potomstvo, svake godine se moraju održavati roditeljske inbred linije i iznova ukrštati.

Savremeni hibridi kukuruza imaju visok genetički potencijal rodnosti, dobru adaptibilnost i stabilnost, niži sadržaj vlage u zrnu, savremenu arhitekturu biljke i dobru otpornost na bolesti i štetočine. 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 (Stojaković i sar., 2006).

Visok potencijal za prinos jednog genotipa predstavlja njegovu sposobnost da maksimalno konvertuje inpute spoljašnje sredine (svetlost, ugljen dioksid i dr.) u prinos zrna pri visokom nivou vode i hranljivih materija (van Ginkel i sar., 1998).

Najvažniji napredak u oplemenjivanju kukuruza postignut je gajenjem hibrida koji podnose setvu većeg broja biljaka po jedinici površine i samim tim, upotrebom veće količine mineralnih hraniva i potpuno mehanizovanih procesa ostvaruju bolje prinose.

### 3. Pregled literature

---

Hassan (2000) i Zamir i sar. (2011) su u svojim istraživanjima došli do zaključka da se vrednosti morfoloških osobina kao što su visina biljke i visina gornjeg klipa povećavaju sa povećanjem gustine biljaka.

Broj listova na biljci takođe može da varira u zavisnosti od gustine useva i od uslova spoljašnje sredine. Formiranju većeg broja listova pogoduju niže temperature vazduha i veće količine padavina čak i pri većim gustinama setve. Zamir i sar. (2011) su utvrdili da vrednosti za dužinu klipa opadaju sa porastom gustine biljaka i samim tim je manji i broj zrna u redu. Pandurović (2008) ističe da gustina setve ne utiče značajno na broj redova zrna. Ilić (2002) je u svojim eksperimentima dokazao da masa 1000 zrna drastično opada sa povećanjem gustine useva.

ASI (*Anthesis-silking interval*) je fiziološka osobina koja pokazuje u kojoj meri je određeni genotip kukuruza tolerantan na sušu. Predstavlja vremenski period između pojave svile i metlice na jednoj biljci (inbred liniji ili hibridu). Dobija se tako što se od dana kada je 50% metlica izbilo na biljkama oduzme dan kada je izbilo 50% svile na klipovima.

Izbijanje i rast svile kod kukuruza je veoma značajno za formiranje prinosa u uslovima suše. Razvoj svile je dug proces i od inicijacije do pojave svile van listova omotača klipa traje nekoliko nedelja. Prinos zrna se smanjuje dva do tri puta ako se suša javi u fazi cvetanja, u poređenju sa pojavom ovog stresa u ostalim fazama rasta (Grant i sar., 1989).

Izbijanju svile pogoduju niže temperature sa povećanom vlažnošću vazduha. Suprotno tome, metličanju pogoduju više temperature sa nižom vlagom u vazduhu. Kada sušni period nastupi svilanje biva odloženo, dok je izbijanje metlica favorizovano. Sve to rezultira povećanjem intervala između metličanja i svilanja i samim tim smanjenju prinosa (Edmeades i sar., 2000).

Zbog promene klimatskih uslova i globalnog zagrevanja suša postaje sve učestaliji problem u oplemenjivanju kukuruza. Za selekcionere je bitno da obrate pažnju na pronalaženje novih genotipova kukuruza tolerantnih na sušu i da prate pojavu metlice i svile u sušnijim godinama.

Interval metličanja i svilanja je sekundarna osobina koja ima visoku naslednost i u korelaciji je sa prinosom zrna. Selekcija na manji interval metličanja i svilanja može dovesti do povećanog prinosa zrna (Bolanos i sar., 1993).

Veliki razmak između pojave svile i otpuštanja polena na metlicama može dovesti do slabije oplodnje tj. manjeg broja formiranih zrna po klipu i samim tim do smanjenja prinosa zrna (Artlip i sar., 1995).

Liu i sar. (2021) su poredili razvoj svile i metlica u uslovima navodnjavanja i vodnog deficita (suše). Jasno su uočili da je došlo do zastoja u razvoju klipa kod biljaka uzgajanih u uslovima vodnog deficita.

Kim i sar. (2017) su ispitivali tolerantnost inbred linija i hibrida na sušu iz tri različita izvora u uslovima navodnjavanja i u sušnim uslovima. Došli su do zaključka da se interval između metličanja i svilanja povećao u uslovima vodnog deficita što znači da je došlo do povećanja broja dana između pojave metlice i svile.

### 3. Pregled literature

---

**Heterozis: hibridi, heterotične grupe** - Johnson (1891) prvi uvodi termin „hibridna bujnost” poznat još pod nazivom heterozis.

Sa mnogo ozbiljnijim istraživanjem heterozisa pristupio je Shull (1908). 1909 godine je uveo termin heterozis u proizvodnju hibrida kukuruza i od tada se koristi kao standardna procedura u programima oplemenjivanja. On je takođe dao jasniju definiciju heterozisa kao što je povećana energija, plodnost, brzina razvoja (Basra, 1999).

Shull (1908) je sproveo istraživanje genetičke varijabilnosti kukuruza i došao je do zaključka da populacije kukuruza sadrže heterozigotne genotipove koji tokom serije inbridinga mogu biti prevedene u čiste linije. Takođe je razvijao koncept inbriding – hibridizacija, sa korišćenjem fenomena heterozisa u osnovi. U početku nije došlo do praktične primene ovog koncepta zbog male rodnosti inbred linija koje su predstavljale roditeljske komponente hibrida.

Zbog toga je Jones (1918) predložio koncept primene četvorolinijskih hibrida kao rešenje problema slabe rodnosti inbred linija. Shull (1909) je međusobno ukrstio dobijene čiste linije i dobio poboljšan vigor u F<sub>1</sub> generaciji. Metod čistih linija je primarni metod koji se i danas koristi u proizvodnji hibrida.

Termin heterozigotnosti je uveden i od strane East i Hayes (1912) kako bi objasnili da smanjena bujnost prilikom samooplodnje i povećana bujnost prilikom stranooplodnje predstavlja manifestaciju te iste pojave.

Moderna selekcija započinje otkrićem heterozisa početkom 20. veka. Međusortni hibridi su se upotrebljavali do polovine 20. veka, a nakon toga počinje introdukcija elitne germplazme iz SAD-a. Heterozis ili hibridna bujnost je fenomen gde hibridno potomstvo ima superiorne osobine u poređenju sa njihovim roditeljskim inbred linijama (Fujimoto i sar., 2007).

Hibrid kukuruza je genetički homogen, ne poseduje varijabilnost u smislu heterozigotnosti pošto se nalazi u stanju maksimalne heterozigotnosti, što mu omogućava veliku adaptibilnost i plastičnost u različitim uslovima sredine (Branković-Radojčić, 2016).

Razvoj uspešnih hibrida kukuruza zahteva uspostavljanje heterotičnih obrazaca (modela), definisanih kao ukrštanje između poznatih genotipova koji izražavaju visok nivo heterozisa (Carena i Hallauer, 2001).

Najviše korišćeni heterotični obrazac (model) je ukrštanje između *Iowa Stiff Stalk Synthetic* (BSSS, tip Reid) i *Lancaster Sure Crop* heterotičnih grupa (Stojaković i sar., 2004). *Reid Yellow Dent* i *Lancaster Sure Crop* su populacije koje obezbeđuju mnogo germplazme korišćene za razvoj ranih inbred linija koje se upotrebljavaju za proizvodnju komercijalnog hibridnog semena.

Heterozis je agronomski važan zbog toga što se superiorne osobine mogu pojaviti u vidu povećane nadzemne biomase, prinosa zrna i otpornosti na abiotički i biotički stres (Fujimoto, 2007).

Heterozis kod F<sub>1</sub> generacije je u korelaciji sa genetičkom distancom roditeljskih inbred linija i što su roditelji divergentniji heterozis je veći i obrnuto (Duvick, 1999). Hallauer i Carena (2009) navode da se najviši nivo heterozisa ispoljava po heterotičnom obrascu tj. između heterotičnih grupa. Iako je dugo proučavan, genetička osnova heterozisa još nije u potpunosti razjašnjena (Mladenović Drinić i sar., 2012).

Programi oplemenjivanja kukuruza zavise od intenzivne eksploatacije heterozisa preko alela koji pokazuju efekte dominacije i superdominacije (Falconer, 1960). Fasoulas (1993) tvrdi da je heterozis posledica maskiranja štetnih alela od strane povoljnih alela u heterozigotnom lokusu.

### 3. Pregled literature

---

Smanjenje životne sposobnosti i produktivnosti koju prati kontinuirana samooplodnja kod kukuruza predstavlja glavni problem za oplemenjivače. Suprotno inbriding depresiji je heterozis ili hibridni vigor (San Vicente i sar., 1992).

Komercijalni hibridi kukuruza su dobijeni ukrštanjima između inbred linija iz različitih i komplementarnih hetrotičnih grupa u cilju maksimizacije hibridnih osobina (Lu i sar., 2009).

Poznato je da ukrštanja između inbred linija iz nesrodnih heterotičnih grupa daju bolji prinos zrna nego ukrštanja linija iz istih heterotičnih grupa.

**Kombinacione sposobnosti, dialelna analiza** - Sprague i Tatum (1942) su prvi definisali koncept kombinacionih sposobnosti. Dele se na opšte kombinacione sposobnosti (OKS) i posebne kombinacione sposobnosti (PKS).

Proučavanje kombinacionih sposobnosti pruža informacije o genetičkim mehanizmima koji kontrolišu nasleđivanje kvantitativnih osobina i omogućava oplemenjivačima u odabiru odgovarajućih roditelja za dalje poboljšanje ili upotrebu u hibridnim ukrštanjima za komercijalne svrhe (Betran i sar., 2003).

Kvantitativne osobine su rezultat delovanja velikog broja jedarnih i plazma gena čiji se efekti mogu izmeriti na ispitivanom biljnom materijalu. Ti efekti su promenljivi jer veoma zavise od uticaja spoljašnje sredine. Način delovanja gena se određuje putem biometričkih metoda, a jedna od najviše korišćenih je dialelna analiza pomoću koje se mogu odrediti kombinacione sposobnosti, heterozis, način nasleđivanja i efekat gena (Radanović i sar., 2015).

Kombinacione sposobnosti kod kukuruza su istražene od strane nekoliko autora (Beck i sar., 1990; Vasal i sar., 1992; Bhatangar i sar., 2004; Glover i sar., 2005).

Opšta kombinaciona sposobnost (OKS) je prosečna vrednost linije u hibridnoj kombinaciji, a posebna kombinaciona sposobnost (PKS) je odstupanje ukrštanja od prosečnih vrednosti uključenih linija. Opšta kombinaciona sposobnost se odnosi na aditivnu genetičku varijansu, a posebna kombinaciona sposobnost na neaditivnu genetičku varijansu, tj. dominaciju i epistazu.

Aditivna genetička varijansa obuhvata prosečnu vrednost gena u nasleđivanju određene osobine i odnosi se na intermedijarno nasleđivanje. Dominacija je intraalelna interakcija, što znači da kada se na jednom lokusu nalaze dominantni i recesivni alel ispoljiće se osobina dominantnog alela. Epistaza je interalelna interakcija, odnosno predstavlja interakciju alela na različitim lokusima i može biti dominantna i recesivna. Tumačeći uzroke nastanka fenomena heterozisa neki autori daju prednost dominantnom, a drugi superdominantnom, kao i epistatičnom delovanju gena (Hallauer et al., 2010).

OKS se još naziva oplemenjivačka vrednost, služi za stvaranje novih inbred linija tako što se kroz cikluse samooplodnje postojeći geni fiksiraju, nakon čega je ovaj deo genetičke varijanse stabilan i nepromenljiv. PKS je deo genetičke varijanse koji se teško može predvideti i javlja se u  $F_1$  potomstvu ukrštanjem genetički udaljenih linija. Heterozis i ispoljavanje dobrih kombinacionih sposobnosti su preduslov za razvijanje prinostnih, ekonomski isplativih varijeteta kukuruza (Abuali i sar., 2012).

### 3. Pregled literature

---

Fan i sar. (2008) navode da se analiza kombinacionih sposobnosti široko koristi u programima oplemenjivanja kukuruza kako bi se utvrdile informacije o opštim i posebnim kombinacionim sposobnostima u populacijama kukuruza za ocenu genetičkog diverziteta, selekciju inbred linija, utvrđivanje heterozisa i razvoj hibrida.

Kombinacione sposobnosti služe za identifikaciju najboljih kombinatora koji prilikom ukrštanja ispoljavaju heterozis i za odabir najboljih ukrštanja za direktnu upotrebu u daljem oplemenjivačkom radu (Murtadha i sar., 2016).

Jedan od najtežih zadataka je predvideti heterozis između nesrodnih genotipova. Kada je nivo genetičkog diverziteta između dve inbred linije nepoznat, on se može utvrditi na osnovu njihovog ukrštanja (Hallauer i sar., 2010). Neke inbred linije daju izvanredno potomstvo u ukrštanjima, dok druge inbred linije iako su poželjne i koriste se u savremenim programima oplemenjivanja, daju iznenađujuće loše potomstvo.

Zbog toga je za razvoj hibrida veoma bitno izabrati odgovarajući par roditelja, a to je moguće na osnovu informacija o genetičkoj distanci i kombinacionim sposobnostima (Beck i sar., 1990).

Ipsilandis i sar. (2006) tvrde da je veoma važan korak u oplemenjivanju poboljšanje inbred linija *per se* sa povoljnim delovanjem aditivnih gena.

Prilikom izdvajanja linija iz populacije za dobijanje interpopulacijskih hibrida, kao najbolji pokazatelj oplemenjivačima služe posebne kombinacione sposobnosti. Znanje o efektima opštih i posebnih kombinacionih sposobnosti pomaže u testiranju hipoteza i predviđanju ukrštanja i važno je za razumevanje genetičke strukture linija i populacija (Hallauer i sar., 1995).

Dialelna ukrštanja su široko upotrebljavana u oplemenjivanju biljaka radi proučavanja kombinacionih sposobnosti roditeljskih linija, kako bi se identifikovali superiorni roditelji za upotrebu u programima razvoja hibrida. Dialelni metod je takođe osmišljen u genetičkom istraživanju kako bi se utvrdilo nasleđivanje važnih osobina između seta genotipova i efekti gena (Malik i sar., 2005).

Metod dialelnog ukrštanja je razvijen od strane Griffing-a (1956a) i Gardner-a (1963) i to je glavni model korišćen u analizi kombinacionih sposobnosti. On podrazumeva ukrštanje roditeljskih inbred linija u svim mogućim kombinacijama kao i testiranje potomstva.

Griffing-ov model je našao najširu primenu pri čemu je on definisao četiri eksperimentalna modela i dva matematička modela dialelne analize:

Metod 1: Uključuje roditelje, F1 potomstvo i recipročna ukrštanja

Metod 2: Uključuje roditelje, F1 potomstvo bez recipročnih ukrštanja

Metod 3: Uključuje F1 potomstvo i recipročna ukrštanja

Metod 4: Uključuje F1 potomstvo bez recipročnih ukrštanja

Matematički modeli ove analize su:

Model 1: Fiksni model koji pretpostavlja da roditelji koji se ispituju nisu slučajan uzorak iz neke populacije

Model 2: Slučajni model u kome se roditelji posmatraju kao slučajan uzorak iz neke populacije

### 3. Pregled literature

---

Dialelna analiza se široko koristi u programima oplemenjivanja radi utvrđivanja opštih i posebnih kombinacionih sposobnosti. Međutim, nedostatak ovog metoda je taj što mora da se uradi veliki broj ukrštanja kako bi se proizvelo seme za testiranje dobijenih hibrida.

Prilikom nasleđivanja određene osobine može se utvrditi da li više učestvuje aditivna ili neaditivna varijansa. To se postiže preko odnosa OKS i PKS koji ima graničnu vrednost "1". Vrednost odnosa OKS/PKS iznad granične vrednosti ukazuje na preovlađujuću ulogu aditivne varijanse, dok odnos OKS/PKS ispod granične vrednosti ukazuje na preovlađujuću ulogu neaditivne varijanse (Gardner, 1963).

Srdić i sar., (2006) su ispitivali uticaj opštih i posebnih kombinacionih sposobnosti na prinos zrna i komponente prinosa kukuruza. Uticaj dominantnih gena je bio značajniji za prinos zrna i broj zrna u redu, dok su aditivni geni više uticali na nasleđivanje broja redova zrna i masu 1000 zrna.

Živanović i sar. (2010) su ispitivali kombinacione sposobnosti pet inbred linija kukuruza i njihovih hibridnih kombinacija za prinos zrna, dužinu klipa, prečnik klipa, broj redova zrna i broj zrna u redu. Odnos OKS/PKS je pokazao da je neaditivna varijansa (dominacija i epistaza) uticala na nasleđivanje prinosa zrna, dužine klipa i prečnika klipa. Aditivna genetička varijansa je imala veći uticaj na nasleđivanje broja zrna u redu.

Radanović i sar. (2015) su ispitivali način nasleđivanja visine biljke kukuruza i došli do zaključka da je neaditivna genetička varijansa (dominacija) bila presudna u nasleđivanju ove kvantitativne osobine.

Islam i sar. (2017) su ispitivali kombinacione sposobnosti za prinos i komponente prinosa kod sedam roditeljskih inbred linija i hibrida dobijenih dialelnim ukrštanjem tih inbred linija. Analiza varijanse za kombinacione sposobnosti je pokazala da su vrednosti OKS i PKS bile veoma značajne za dane do svilanja, visinu biljke, visinu klipa, dužinu klipa i prinos zrna dok vrednosti nisu bile značajne za dane do metličenja, ASI i prečnik klipa. Ovo je ukazalo na važnost obe komponente genetičke varijanse (aditivne i neaditivne) u kontrolisanju osobina.

**Korelacija** - Kukuruz je jedan od vodećih vrsta u svetskoj poljoprivrednoj proizvodnji i zbog toga je neophodno imati dobro znanje o onim osobinama koje utiču na prinos zrna, zato što se njihovim poboljšanjem na indirektan način može uticati na povećanje glavne osobine (prinosa) u novim biljnim populacijama kukuruza. Efikasnost u programima oplemenjivanja primarno zavisi od pravca i intenziteta zavisnosti između prinosa i komponenti prinosa (Carpici i sar., 2010). Zbog toga je korelacija veoma korisna statistička metoda koja utvrđuje stepen zavisnosti između važnih kvantitativnih svojstava (Stevanović i sar. 2012).

Informacija o koeficijentu korelacije između različitih biljnih osobina omogućava da se utvrdi do kog stepena su one povezane sa ekonomskom produktivnošću i time obezbeđuje osnovu za indirektnu selekciju u programima oplemenjivanja. Oplemenjivanjem jedne osobine menjaju se i ostale osobine u zavisnosti od stepena povezanosti između tih osobina. Veoma je važno poznavati stepen međuzavisnosti pojedinih osobina kako ne bi dolazilo do narušavanja korelacionih odnosa. Robinson i sar. (1951) tvrde da selekcija na pojedinačne osobine koje imaju visoku heritabilnost daje bolje rezultate nego selekcija na sam prinos. Mitrović (2013) navodi da koeficijenti korelacije nisu konstantni i da se manjaju u različitim uslovima gajenja.



### 3. Pregled literature

---

Annapurna i sar. (1998) i Venugopal i sar. (2003) su pokazali da je prinos zrna u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa visinom biljke, prečnikom klipa, brojem redova zrna, brojem zrna u redu i masom 1000 zrna.

Muhammad i sar. (2001) su proučavali korelaciju prinosa i komponenti prinosa između 74 S<sub>1</sub> familije iz populacije kukuruza C-17. Prinos zrna svake biljke je pokazao značajnu korelaciju sa visinom biljke, brojem redova zrna i brojem zrna u redu.

Stevanović i sar. (2012) su analizirali međuzavisnost prinosa i komponenti prinosa kod 10 hibrida i njihovih roditeljskih komponenti i došli su do zaključka da između hibrida nije postojala značajna korelacija, dok je kod inbred linija postojala veoma značajna pozitivna korelacija između prinosa zrna i broja zrna u redu, dubine zrna i mase 1000 zrna.

Čamdžija i sar. (2012) su proučavali međuzavisnost prinosa i komponenti prinosa kod hibrida kukuruza različitih grupa zrenja (FAO 300-800). Korelacioni koeficijenti su ukazali na visoku i veoma visoku zavisnost između prinosa i broja redova zrna, prinosa i dužine klipa, dužine klipa i broja zrna u redu.

Pavlov i sar. (2015) su proučavali uticaj morfoloških osobina na prinos zrna pomoću koeficijenta korelacije. Najjači pozitivan uticaj na prinos zrna imala je osobina broj listova iznad gornjeg klipa i visina biljke, dok su negativan uticaj imale osobine visina gornjeg klipa i ukupan broj listova.

Obilana i Hallauer (1974) su pronašli značajnu korelaciju između visine biljke i visine klipa u potomstvu.

Hallauer i Miranda (1988) su na osnovu istraživanja zaključili da se najjača korelaciona veza javlja između prinosa zrna i dubine zrna (0,51), a najslabija između prinosa zrna i visine biljke (0,26).

You i sar. (1998) su utvrdili značajne korelacije između prinosa zrna i broja redova zrna, broja zrna u redu i mase 1000 zrna.

#### 3.3. Primena genetičkih markera u oplemenjivanju kukuruza

Primena molekularnih markera sredinom 20. veka predstavlja veliki pomak u oplemenjivanju kukuruza. Kukuruz ima veliki značaj u primeni novih metoda i tehnika prilikom identifikacije gena i otkrivanja njihove funkcije, pa samim tim ga to čini vodećom biljkom u genetičkim istraživanjima (Taba i sar., 2004). Dobra strana izučavanja genetike kukuruza je ta što se on odlikuje velikom varijabilnošću morfoloških osobina i polimorfizmom DNK sekvenci (Matsuoka i sar., 2002), tako da naučnici mogu u velikoj meri da manipulišu njegovim genomskim sekvencama putem insercija, delecija i rekombinacija (Pan i sar., 2012). Kako bi se identifikovale superiorne kombinacije za eksploataciju heterozisa i formiranje heterotičnih grupa koje će se koristiti kao izvorni materijal u programima oplemenjivanja neophodno je znanje o genetičkom diverzitetu i odnosima između inbred linija kukuruza.

Osnovna podela markera je na morfološke i molekularne. Morfološki markeri služe u identifikaciji germplazme kukuruza i značajni su samo kod onih osobina koje se ispoljavaju na fenotipu biljke. Međutim, dosta su nepouzdaniji jer na njihovu ekspresiju utiču uslovi spoljašnje sredine.

### 3. Pregled literature

---

Molekularni markeri se dele na 1. genetičke i 2. biohemijske markere. Markeri zasnovani na korišćenju molekula DNK i RNK se nazivaju genetički.

Molekularni markeri mogu ulaziti u sastav gena ili nekodirajućeg dela u genomu. Oni detektuju polimorfizam u DNK sekvencama na specifičnim lokacijama na genomu koje se prenose standardnim zakonima nasleđivanja sa jedne generacije na drugu (Prodanović i sar., 2017). Biohemijski markeri detektuju polimorfizme na proteinskom nivou (Mladenović Drinić i sar., 2004).

DNK markeri se upotrebljavaju kako bi se utvrdila genetička povezanost među inbred linijama kukuruza, kao i veza između genetičke distance, prinosa zrna i heterozisa. Mladenović Drinić i sar. (2004) navode da su molekularni markeri našli svoju primenu u karakterizaciji germplazme, svrstavanju inbred linija u heterotične grupe, predviđanju heterozisa, identifikaciji i lokalizaciji gena, kao i u marker asisitiranoj selekciji.

Identifikacija inbred linija sa superiornim svojstvima prilikom ukrštanja je od najvećeg značaja u programima oplemenjivanja. Međutim, taj korak troši dosta vremena i sredstava. Zato je najbolja opcija u programima oplemenjivanja kada se te linije mogu proučiti i kada se mogu predvideti njihove osobine u ukrštanjima pre ocene u polju. Proučavanjem osobina inbred linija *per se* ne može se predvideti prinos zrna hibrida i agronomске osobine (Hallauer i Miranda, 1988), zbog toga što je ekspresija osobina često pod uticajem spoljašnje sredine.

Prednost upotrebe molekularnih markera je ta što na njih ne deluje uticaj spoljašnje sredine kao i mogućnost procene samo odgovarajućih ukrštanja između najudaljenijih linija (Pinto i sar., 2003). Genetička distanca između inbred linija može da ih klasifikuje u heterotične grupe gde su inbred linije iz iste heterotične grupe sličnije u poređenju sa linijama iz različitih heterotičnih grupa (Lu i sar., 2009). Analiza genetičke distance između inbred linija i korelacija genetičke distance i heterozisa pomažu da se napravi strategija u oplemenjivanju i predviđanju osobina hibrida (Wegary i sar., 2012).

Molekularni markeri se nasleđuju kodominantno ili dominantno-recesivno, s tim da su kodominantni markeri informativniji od dominantnih (Prodanović i sar., 2017). Kodominantni markeri omogućavaju razlikovanje homozigotnih i heterozigotnih stanja lokusa, dok dominantni markeri identifikuju samo jedan alel na analiziranom lokusu. Kodominantni markeri mogu obuhvatiti mnogo različitih alela, dok dominantni markeri mogu razlikovati samo dva alela (Collard i sar., 2005).

U novije vreme se sve više upotrebljavaju tehnike SSR (*Simple Sequence Repeats*) i SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) molekularnih markera. Međutim, iako su SSR markeri izuzetno korisni, nedavni tehnološki napredak doveo je i do prelaska na upotrebu SNP molekularnih markera. SSR markeri su kodominantni što im omogućava razlikovanje homozigota od heterozigota.

SSR markeri se takođe nazivaju mikrosateliti i predstavljaju kratke tandemske ponovke od 2 do 10 nukleotida (npr. (GT)<sub>n</sub>, (AAT)<sub>n</sub>, (GATA)<sub>n</sub>), koji su široko rasprostranjeni u genomu kukuruza (Weber, 1990). Kod kukuruza, mikrosateliti su se pokazali kao vredan alat za mapiranje genoma (Taramino i Tingey, 1996). Odlikuju se visokim nivoom alelnih varijacija što ih čini vrednim genetičkim markerima. SSR lokusi se pojedinačno amplifikuju pomoću PCR tehnologije koristeći parove oligonukleotidnih prajmera specifičnih za jedinstvene DNK sekvence koje okružuju SSR sekvencu. Amplifikovane sekvence se nakon toga razdvajaju pomoću elektroforeze i boje fluorescentnom bojom kako bi bile vizualizovane. SSR markere karakteriše njihova hiper-varijabilnost, reproduktivnost, ko-dominantna priroda, specifičnost lokusa i nasumična distribucija širom genoma.

### 3. Pregled literature

---

Qi-Lun i sar. (2008) su ispitivali 124 lokalne populacije kukuruza pomoću 45 SSR markera na osnovu kojih su sastavili sržnu kolekciju neophodnu za dalju upotrebu u programima oplemenjivanja.

Mladenović Drinić i sar. (2012) su ispitivali vezu između prinosa, heterozisa za prinos zrna i genetičke distance na osnovu SSR markera kod hibrida kukuruza i njihovih roditeljskih linija. Na osnovu dobijenih rezultata je utvrđeno da su SSR markeri veoma korisni za utvrđivanje genetičke udaljenosti između inbred linija ali da ne mogu u potpunosti predvideti heterozis.

SNP markeri se još nazivaju tačkaste mutacije i predstavljaju razliku u jednom nukleotidu između dve sekvence DNK. Razlika može nastati usled supstitucija, insercija/delecija pojedinačnih nukleotida. SNP su najjednostavniji oblik molekularnih markera jer je jedna baza najmanja jedinica nasleđivanja.

SNP markeri značajno učestvuju u otkrivanju razlika u frekvenciji alela i mogu se koristiti za razlikovanje usko povezanih samooplodnih linija i heterotičnih grupa (Lu i sar., 2009). Kukuruz sadrži relativno visoku frekvenciju SNP molekularnih markera (Ching i sar., 2002).

Richard i sar. (2016) su ispitivali dve sržne kolekcije inbred linija poreklom iz Zambije i Južne Afrike koristeći 129 SNP molekularnih markera nakon čega su one bile uspešno podeljene u heterotične grupe.

Mammadov i sar. (2010) su primenili tehniku SNP molekularnih markera kako bi identifikovali informativne SNP-ove između dve genetički različite inbred linije kukuruza severnoameričkog i južnoameričkog porekla. Ovakvim pristupom su pomoću 1123 SNP-a identifikovali ukupno 604 markera.

Šimić i sar. (2009) su ispitivali korisnost SSR i SNP molekularnih markera u mapiranju populacije kukuruza prilagođene uslovima jugoistočne Evrope. Došli su do zaključka da su SNP markeri imali veću informativnost pa su samim tim i bili pouzdaniji od SSR markera.

Na osnovu empirijskog poređenja SSR i SNP molekularnih markera u proceni raznovrsnosti i srodnosti kukuruza, pokazalo se da su SSR markeri uspešniji u grupisanju germplazme u populacije (Hamblin i sar., 2007).

Istraživanja od strane Van Inghelandt i sar. (2010) su potvrdila da su SSR markeri (mikrosateliti) 7-11 puta precizniji od SNP markera i stoga mnogo efikasniji u određivanju genetičkog diverziteta inbred linija. S druge strane Gupta i sar. (2001) su ustanovili da su SNP markeri pouzdaniji od SSR markera.

### 3. Pregled literature

---

**Odnos genetičke distance, prinosa, posebnih kombinacionih sposobnosti i heterozisa** - Izbor odgovarajuće germplazme predstavlja ključni korak u programima oplemenjivanja kukuruza, bilo da se radi o razvoju novih inbred linija ili o proizvodnji hibrida. Naročito je bitno da postoji genetička raznovrsnost između roditeljskih komponenti kako bi se postigao bolji prinos zrna kod hibrida. U cilju stvaranja rodnijih hibrida poželjno je utvrditi povezanost između genetičke distance, prinosa, posebnih kombinacionih sposobnosti i heterozisa.

Odnos genetičke distance, prinosa i heterozisa za prinos zrna je proučavan od strane mnogih autora: Barbosa i sar. (2003), Xu i sar. (2004), Balestre i sar. (2008), Srdić i sar. (2011).

Zhong i sar. (2017) su proučavali korelaciju između genetičke distance, prinosa, posebnih kombinacionih sposobnosti i heterozisa kod 13 inbred linija kukuruza, gde su zabeležili značajne pozitivne vrednosti koeficijenta korelacije.

Betran i sar. (2003) su proučavali set od 17 tropskih inbred linija i klasifikovali ih na osnovu njihove genetičke udaljenosti. Pomoću koeficijenta korelacije su utvrdili pozitivnu zavisnost između genetičke distance, prinosa, posebnih kombinacionih sposobnosti i heterozisa u odnosu na boljeg roditelja.

Tomkowiak i sar. (2019) su proučavali 19 inbred linija i 13 hibrida dobijenih njihovim ukrštanjem gde su utvrdili pozitivnu korelaciju između genetičke distance, prinosa zrna i heterozisa.

Caixeta i sar. (2013) su dobili pozitivnu, nisku ali značajnu vrednost koeficijenta korelacije između genetičke distance i heterozisa za prinos zrna.

Drnić Mladenović i sar. (2012) su pomoću SSR markera odredili genetičku distancu kod osam hibrida kukuruza i njihovih roditeljskih komponenti i na osnovu toga izračunali koeficijent korelacije između genetičke distance, prinosa i heterozisa za prinos zrna. Na osnovu rezultata su utvrdili pozitivnu korelaciju između genetičke distance i prinosa, kao i između genetičke distance i heterozisa u odnosu na srednju vrednost roditelja i u odnosu na boljeg roditelja.

### 4. RADNA HIPOTEZA

U ovom istraživanju se polazi od sledećih pretpostavki:

- Inbred linije koje nemaju istu naslednu osnovu se međusobno razlikuju po prinosu *per se*, i samim tim se razlikuje prinos hibrida koji nastaju njihovim ukrštanjem.
- Očekuje se da će prinos dvolinijskih hibrida biti znatno viši u poređenju sa prinosom roditeljskih komponenti, kao i da će postojati značajne razlike u stepenu ispoljavanja heterozisa kod dialelnih hibrida. Zbog toga je veoma značajno odrediti heterozis u odnosu na boljeg roditelja.
- Jedna od polaznih hipoteza je da će heterozis kod hibrida iz ukrštanja inbred linija iz različitih heterotičnih grupa biti veći nego iz ukrštanja inbred linija iz istih heterotičnih grupa. Takođe, za očekivati je da će intenzitet ispoljavanja heterozisa za prinos zrna biti najveći kod  $F_1$  kombinacija genetički najudaljenijih roditelja.
- Kvantitativne osobine koje su razmatrane prilikom fenotipizacije kukuruza omogućavaju da se primenom hijerarhijske klaster analize odrede grupe međusobno sličnih i različitih inbred linija.
- Pretpostavka je da će se pojaviti i određena odstupanja u odnosu između genetičke udaljenosti inbred linija i heterozisa za prinos zrna kod dialelnih  $F_1$  hibrida, usled pojave da se pojedine inbred linije specifično ili opšte dobro kombinuju. Razvijene su odgovarajuće biometrijske metode kojima se može utvrditi da li postoje značajne razlike u vrednostima opštih i posebnih kombinacionih sposobnosti kod ispitivanih inbred linija. Očekuje se da parovi inbred linija koji imaju manje genetičke distance istovremeno imaju i niže vrednosti posebnih kombinacionih sposobnosti.
- Dialelno ukrštanje je pouzdan način da se odrede vrednosti brojnih genetičkih parametara za roditelje i njihove hibride. Očekuje se da će dialelna analiza u ovoj disertaciji ukazati na kombinacione sposobnosti inbred linija i učešće aditivne i neaditivne komponente genotipa u ukupnom fenotipskom variranju. Poznato je da je neaditivna genetička varijansa određenih osobina pogodnija za utvrđivanje najrodnijih hibridnih kombinacija.
- Očekuje se da se pomoću koeficijenta korelacije može utvrditi sličnost u variranju između prinosa i ostalih kvantitativnih osobina i doći do zaključka koje osobine najviše utiču na prinos.
- Molekularni markeri (u ovom slučaju SSR i SNP) se uspešno koriste za genetičku karakterizaciju inbred linija. Očekuje se da postoje značajne razlike u genetičkoj udaljenosti između inbred linija koje će na osnovu toga dati različit heterozis kod hibrida.
- Na osnovu molekularne karakterizacije inbred linija može se izvršiti njihovo razvrstavanje u heterotične grupe.
- U disertaciji će se testirati da li postoje razlike u dobijenim rezultatima pri primeni SSR i SNP molekularnih markera, što će biti korisno za međusobnu proveru pouzdanosti ove dve tehnike. Očekuje se da će obe tehnike molekularnih markera pokazivati slične rezultate.

### 5. MATERIJAL I METOD RADA

U istraživanju je korišćeno sedam inbred linija kukuruza koje pripadaju selekcionom materijalu Instituta za kukuruz “Zemun Polje” i učestvuju u savremenim programima stvaranja visokorodnih hibrida. Inbred linije su različitog porekla i imaju različitu dužinu vegetacionog perioda. Prva i druga inbred linija pripada *Lancaster Sure Crop* izvoru, treća i četvrta inbred linija *Iowa Stiff Stalk Synthetic* (BSSS) izvoru i peta, šesta i sedma inbred linija pripada Nezavisnoj osnovi. Inbred linije se razlikuju po dužini vegetacionog perioda pripadaju FAO grupi zrenja 300-600.

Tabela 1. Pregled inbred linija korišćenih u dialelnoj analizi

Linija	Poreklo	FAO grupa zrenja
1	Lancaster	400
2	Lancaster	400
3	BSSS	300
4	BSSS	600
5	Nezavisna osnova	400
6	Nezavisna osnova	400
7	Nezavisna osnova	400

Inbred linije su ukrštene po metodu dialela, bez recipročnih ukrštanja  $[n(n-1)/2]$  i tim putem je dobijen 21 hibrid. Ogled je postavljen tokom 2017. i 2018. godine po metodu potpuno slučajnog blok dizajna (RCBD). Inbred linije i hibridi su sejani u tri ponavljanja, na tri lokacije (Zemun Polje, Novi Sad i Školsko Dobro - Zemun).

Veličina elementarne parcele je iznosila 7,5 m<sup>2</sup>. Svaki genotip je sejan u dva reda dužine 5 m, sa međurednim razmakom 0,75 m. Setva je u obe godine obavljena mašinski, dok je berba bila ručna. Pošto je setva obavljena gušće od predviđene, u fazi šest listova je izvršeno proređivanje biljaka na konačan broj. Nakon proređivanja po genotipu je ostalo po 50 biljaka, što odgovara gustini od 66667 biljaka po hektaru.



Slika 1. Ogljed postavljen na lokaciji Zemun Polje (inbred linije i hibridi)

U ogledima su praćene sledeće kvantitativne osobine:

- prinos zrna sa 14% vlage (t/ha),
- sadržaj vlage u zrnu (%),
- visina biljke (cm),
- visina do gornjeg klipa (cm),
- ukupan broj listova,
- broj listova iznad gornjeg klipa,
- dužina klipa (cm),
- broj redova zrna na klipcu,
- broj zrna u redu na klipcu,



## 5. Materijal i metod rada

---

- dubina zrna (cm),
- masa 1000 zrna (g),
- interval između metličjenja i svilanja (ASI)



Slika 2. Najprinosniji hibrid ZPL2 x ZPL4



## 5. Materijal i metod rada

U tabelama su prikazani podaci Republičkog Hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZS) za srednje mesečne temperature (°C) i srednje mesečne padavine (mm) tokom 2017. i 2018. godine za ispitivane lokalitete (Tabela 2 i 3).

Tabela 2. Srednje vrednosti temperature (°C) i količine padavina (mm) po mesecima na ispitivanim lokacijama tokom 2017. godine (RHMZS)

<b>Temperatura °C</b>	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
Beograd	12,7	18,4	24,3	25,9	26,1	18,4
Novi Sad	11,4	17,6	23,2	24,3	24,8	16,9
<b>Količina padavina mm</b>						
Beograd	51,8	86,1	53,0	26,4	19,5	45,8
Novi Sad	57,0	82,9	65,7	12,0	17,4	81,5

Tokom 2017. godine su srednje dnevne temperature bile veoma visoke u julu i avgustu, a padavina je bilo malo, kada je kukuruz bio u fazi nalivanja zrna. U Novom Sadu je količina padavina bila niža nego u Beogradu, što je dodatno moglo uticati na smanjenje prinosa.

Tabela 3. Srednje vrednosti temperature (°C) i količine padavina (mm) po mesecima na ispitivanim lokacijama tokom 2018. godine (RHMZS)

<b>Temperatura °C</b>	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
Beograd	18,2	21,5	22,3	23,2	25,5	20,3
Novi Sad	17,2	20,4	21,5	22,0	24,0	18,5
<b>Količina padavina mm</b>						
Beograd	39,7	56,2	121,6	53,0	44,8	11,2
Novi Sad	49,0	64,2	163,2	81,2	51,2	27,1

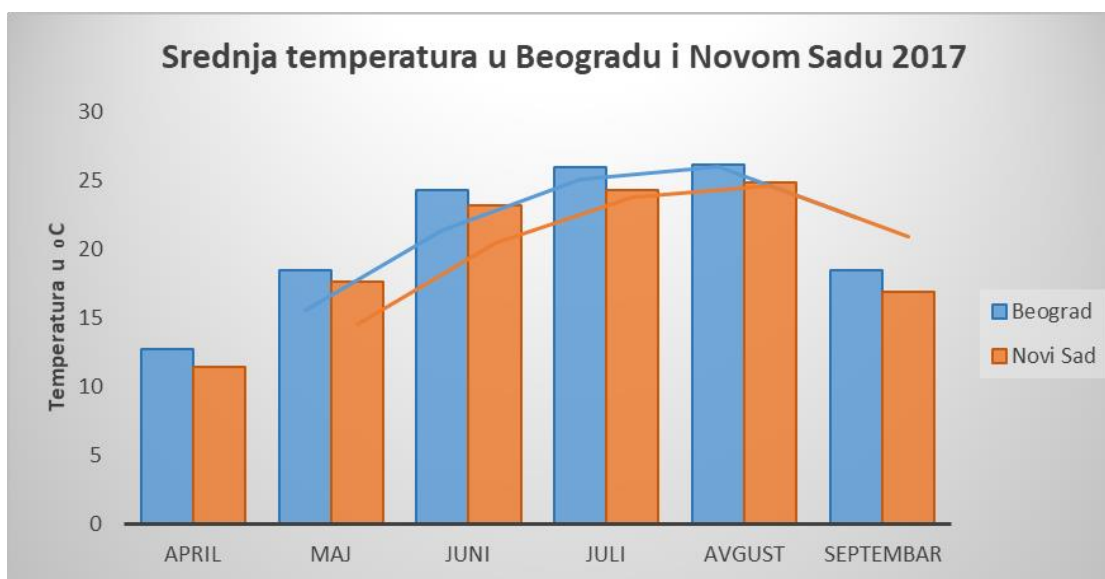
Tokom 2018. godine su padavine bile narevnomerno raspoređene tokom vegetacionog perioda kukuruza. Srednje temperature po mesecima su bile nešto niže u odnosu na 2017. godinu. U toku prolećnog perioda 2018. godine temperature su bile više, a padavine niže u odnosu na 2017. godinu što je bilo povoljnije za setvu kukuruza. U junu mesecu su bile ekstremno visoke vrednosti padavina na obe lokacije kada je kukuruz bio u fazi rasta i razvoja vegetativne nadzemne mase kao i u fazi polinacije što je moglo dovesti do ometanja oplodnje biljaka. Tokom jula i avgusta padavina je bilo manje ali dovoljno da ne ometaju procese nalivanja zrna kukuruza.

## 5. Materijal i metod rada

Tabela 4. Dinamika potrošnje vode u % po fazama razvića

Faze razvoja useva	Potrošnja vode u %
Od nicanja do pojave 8. lista	11 – 12
Od 8. lista do metličenja	19 – 20
Od metličenja do cvetanja	22 – 23
Od cvetanja do završetka oplodnje	28 – 30
Nalivanje zrna	18 – 20

Kukuruz u različitim fazama razvoja troši različite količine vode (Tabela 4). Najviše vode mu je potrebno u periodima od metličenja do cvetanja (22 – 23%) kao i od početka cvetanja do završetka oplodnje (28 – 30%) pa je u tom periodu poželjna optimalna količina padavina ili primena navodnjavanja.

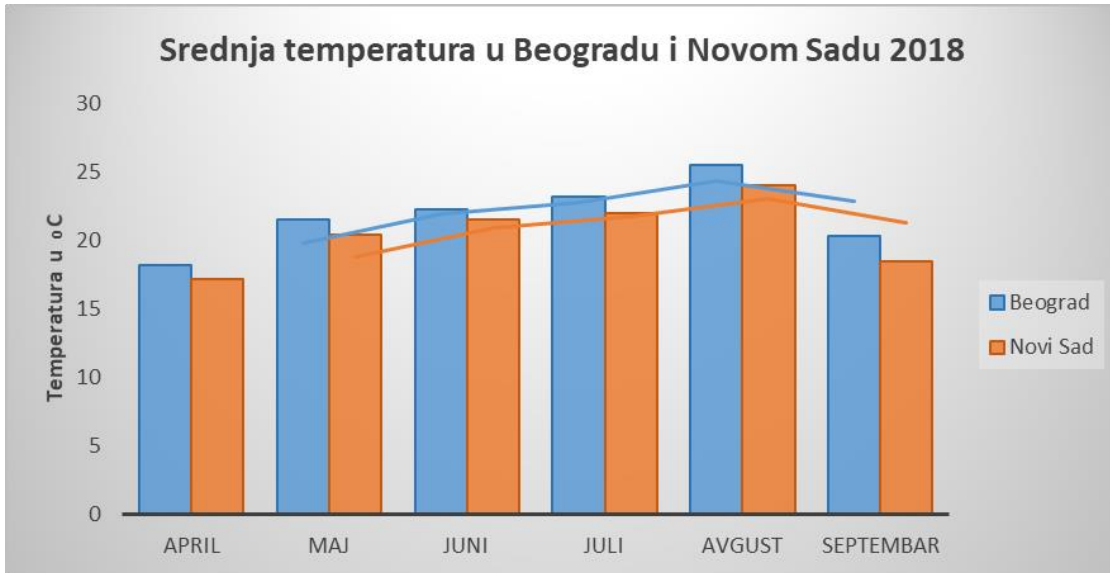


Grafik 2. Srednja temperature u Beogradu i Novom Sadu za period april-septembar u 2017. godini

Srednje temperature u Beogradu i Novom Sadu u 2017. i 2018. godini su prikazane za vegetacioni period kukuruza (april-septembar) (Grafik 2. i 3.). U obe godine je Beograd bio topliji u odnosu na Novi Sad. Tokom 2017. godine temperature u aprilu su bile dosta niske, ispod 15°C, dok u maju nisu prelazile 20°C. Jun, jul i avgust su bili veoma topli sa srednjim vrednostima iznad 25°C.

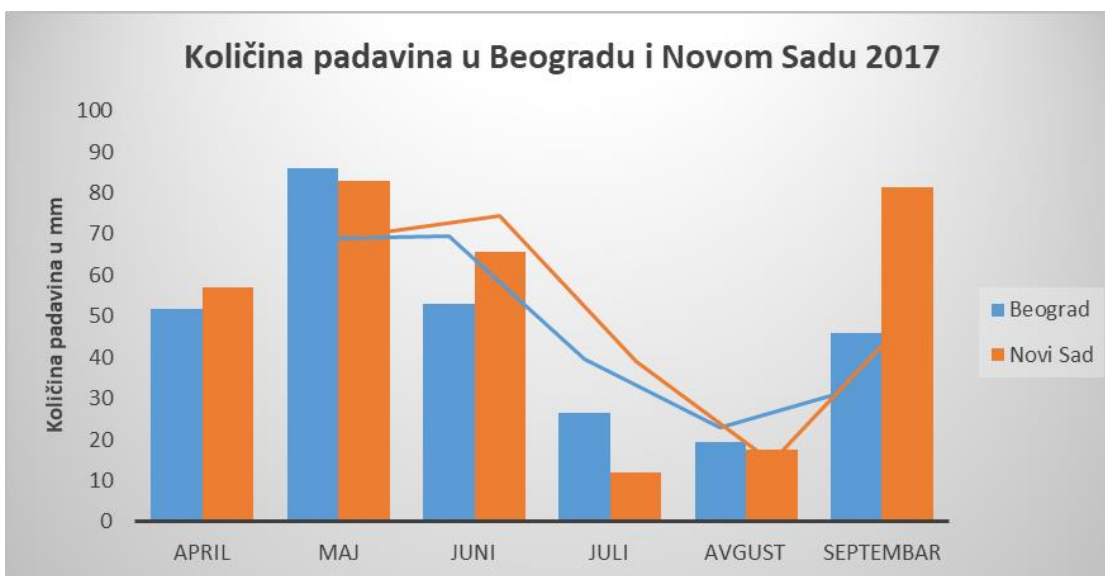
## 5. Materijal i metod rada

Za razliku od 2017. godine, u 2018. godini su april i maj bili topliji sa srednjim vrednostima iznad 15°C. Srednja vrednost temperature u junu i julu nije prelazila 25°C, dok je avgust bio izuzetno topao mesec sa srednjim vrednostima preko 25°C.

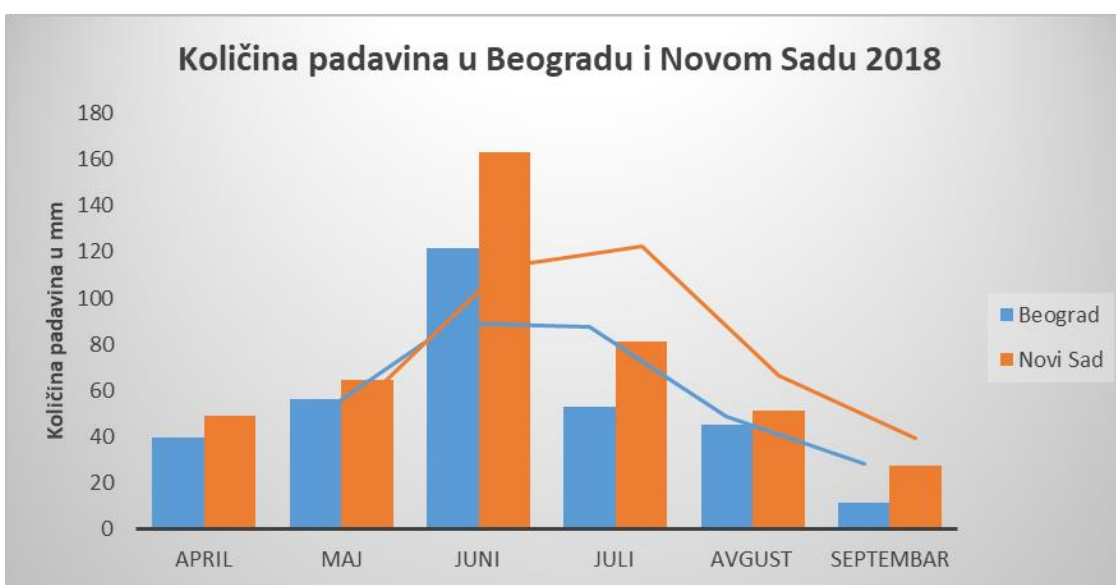


Grafik 3. Srednja temperature u Beogradu i Novom Sadu za period april-septembar u 2018. godini

Prosečna količina padavina u Beogradu i Novom Sadu su prikazane za period april-septembar u 2017. i 2018. godini (Grafik 4. i 5.). U 2017. godini je najviše bilo padavina tokom maja na lokaciji Beograd i u septembru na lokaciji Novi Sad. Jul i avgust su bili izuzetno sušni i to više u Novom Sadu nego u Beogradu. U 2018. godini najmanje kiše je palo tokom aprila i septembra, naročito u Beogradu. U junu mesecu 2018. godine su prosečne padavine bile iznad proseka (preko 160 mm) na lokaciji Novi Sad.



Grafik 4. Prosečna količina padavina u Beogradu i Novom Sadu za period april-septembar u 2017. godini



Grafik 5. Prosečna količina padavina u Beogradu i Novom Sadu za period april-septembar u 2017. godini

## 5. Materijal i metod rada

---

Merenja morfoloških osobina (visina biljke, visina gornjeg klipa, ukupan broj listova i broj listova iznad klipa) su obavljena nakon faze cvetanja kukuruza i od svakog genotipa i svakog ponavljanja je odabrano po deset prosečnih biljaka.

ASI – *Anthesis-silking interval*. Predstavlja period od metličjenja do svilanja svakog genotipa i meri se u danima. ASI se računa tako što od datuma metličjenja oduzmemo datum svilanja. Smatra se da je biljka svilala i metličila onda kada je bar 50% metlica i svile izbilo na biljci i klipovima.

Prinos je meren po parceli tako što je uzet uzorak od pet klipova i na njima izmerena vlaga, težina klipa i težina oklaska. Prinos klipova sa svake elementarne parcele je preračunat u prinos zrna u t/ha sa 14% vlage na osnovu sledeće formule:

$$\left( \frac{10}{A} \right) \times B \times \left( \frac{C-D}{C} \right) \times \left( \frac{100-E}{86} \right)$$

gde je:

A- površina elementarne parcele u m<sup>2</sup>

B- težina uzorka svih klipova sa parcele

C- težina uzorka pet klipova

D- težina oklaska, nakon krunjenja pet klipova

E- sadržaj vlage zrna u momentu berbe, računat od zrna sa okrunjenih klipova

86- broj pomoću koga se prinos preračunava na 14% vlage

Sadržaj vlage u zrnu u momentu berbe (%) meren je u laboratoriji na vlagomeru Dickey John GAC 2100 Agri Moisture Tester.

Komponente prinosa (dužina klipa, broj redova zrna na klipu, broj zrna u redu, dubina zrna) su merene na 10 slučajno izabranih klipova od svakog genotipa.

Masa 1000 zrna je izračunata preko mase 200 zrna koja je merena po dva puta za svaki genotip i preračunavana na 14% vlage po sledećoj formuli:

$$\left( A - (\%v1 - 14) \times \frac{A}{100} \right) \times 5$$

gde je:

A – prosečna vrednost mase 200 zrna i

% v1– procenat vlažnosti zrna u trenutku merenja mase 200 zrna

Hektolitarska masa je računata za roditeljske komponente i za hibride, neposredno nakon berbe, preko uređaja Dickey John, model GAC 2000 Grain Analysis Computer.

## 5. Materijal i metod rada

---

Dobijeni podaci su statistički obrađeni primenom analize varijanse (ANOVA) potpuno slučajnog blok dizajna (RCBD) za faktore godine, lokacije i genotipove. Za analizu varijanse je korišćen statistički paket MSTATC (MSTAT Development Team, 1989). Test najmanje značajne razlike (LSD) je korišćen za poređenje značajnosti razlika u prinosu i ostalim agronomskim osobinama između ispitivanih genotipova kukuruza.

Heterozis (H) za ispitivane osobine je određivan u odnosu na boljeg roditelja:

$$H = \frac{F_1 - BP}{BP} \times 100$$

gde je:

$F_1$  – prosečna vrednost  $F_1$  generacije

$BP$  – prosečna vrednost boljeg roditelja

Značajnost vrednosti heterozisa testirana je t-testom po formuli predloženoj od Wynne i sar. (1970) i to za svaki genotip ponaosob:

$$t = \frac{F_1 - BP}{\sqrt{\frac{1}{2}EMS}}$$

gde je:

$F_1$  = prosečna vrednost  $F_1$  generacije

$BP$  = prosečna vrednost boljeg roditelja

$EMS$  = sredina kvadrata greške

Analiza kombinacionih sposobnosti je urađena po *Griffing-u* 1956, metod 2, matematički model 1, bez recipročnih ukrštanja po sledećoj formuli:

$$X_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e$$

gde je:

$X_{ij}$  - srednje vrednost ukrštanja genotipa i i j  
 $\mu$  - opšti prosek  
 $g_i, g_j$  - efekat OKS genotipa i i genotipa j  
 $s_{ij}$  - efekat PKS ukrštanja genotipa i i genotipa j  
 $e$  – greška

Opšta kombinaciona sposobnost (OKS) za linije je izračunata po sledećoj formuli:

$$g_i = \frac{1}{p+2} [(T_i + ii) - \frac{2}{p} GT]$$

gde je:

$T_i + ii$  = total i-tog reda + srednja vrednost roditelja i

Posebna kombinaciona sposobnost (PKS) za ukrštanja je izračunata po sledećoj formuli:

$$S_{ij} = X_{ij} \frac{1}{p+2} [(T_i + ii) + (T_j + jj)] \frac{2}{(p+1)(p+2)} GT$$

gde je:

$T_j + jj$  = total j-tog reda + srednja vrednost roditelja j

Značajnost razlika se testira F testom i to za:

$$\text{OKS} \quad F[(p-1), m] = \frac{Mg}{Me}$$

$$\text{PKS} \quad F\left[\left(\frac{p(p-1)}{2}\right), m\right] = \frac{Ms}{Me}$$

Ocena značajnosti efekata OKS i PKS je određena LSD testom:

$$LSD = SE \times t$$

## 5. Materijal i metod rada

---

Standardna greška (*SE*) razlike OKS između bilo koja dva roditelja je izračunata po sledećoj formuli:

$$SE = \sqrt{\frac{2}{p+2} xMe}$$

gde je:

Me – sredina kvadrata greške

p – broj roditelja

Iz tablica t-testa su očitane "t" vrednosti za određeni nivo značajnosti i odgovarajući broj stepeni slobode.

Međuzavisnost rezultata dobijenih primenom SSR i SNP molekularnih markera sa vrednostima posebnih kombinacionih sposobnosti i heterozisa za prinos zrna ispitana je pomoću Spearman-ovog koeficijenta korelacije ranga (Hadživuković, 1973):

$$rs = 1 - \frac{6 \sum di^2}{n(n^2 - 1)}$$

gde je:

di – razlika između pojedinačnih rangova posmatranih promenljivih X i Y

n – broj posmatranja

Značajnost vrednosti koeficijenta korelacije ranga izračunata je po sledećoj formuli:

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

gde je:

r – vrednost koeficijenta korelacije ranga po Spearman-u

n – broj ispitivanih genotipova



### SSR markeri

**Izolacija i određivanje koncentracije DNK** - Za izolaciju DNK korišćeni su listovi sakupljeni u polju u fazi cvetanja kukuruza. Ekstrakcija DNK izvršena je pomoću modifikovanog Dorokhov D.B. i Klocke E. (1997) protokola. Napravljen je grupni uzorak od po pet svežih listova sa različitim biljaka od svakog genotipa i zatim su listovi isceckani. Usitnjeni listovi su preneti u tube od 2 mL uz dodavanje 100  $\mu$ L Dorokhov pufera pH 7,5 (200 Mm Tris-HCl pH 8,0; 250 Mm NaCl; 25 Mm Na<sub>2</sub>EDTA Ph 8,8; 0,5% SDS) a potom su usitnjeni na mlinu za fino mlevenje *TissueLyser* – *QIAGEN* u trajanju od 2 x 3 minuta na 28 Hz. Nakon mlevenja uzorci su kratko centrifugirani u trajanju od 20 sekundi na 9000 rpm. Potom je dodato još 200  $\mu$ L pufera za izolaciju, nakon čega su uzorci promućkani i inkubirani 20 minuta u vodenom kupatilu na 65°C. Tokom inkubacije DNK u vodenom kupatilu dolazi do razaranja ćelijskog zida i oslobađanja DNK iz ćelija. Po završenoj inkubaciji u uzorke je dodato 200  $\mu$ L 5 M NaCl nakon čega su promućkani i nastavljena je inkubacija na ledu 10 minuta. Dodavanje NaCl omogućava vezivanje Na<sup>+</sup> za negativno naelektrisane DNK molekule i taloženje DNK u prisustvu izopropanola. U sledećem koraku uzorci su centrifugirani 20 minuta na 9000 rpm na temperaturi od 4°C. U nove tube je prebačeno 300  $\mu$ L supernatanta u koje dodato 250  $\mu$ L hladnog izopropanola. Sadržaj je promućkan i inkubiran 20 minuta na -20°C radi precipitacije DNK. Uzorci su centrifugirani 20 minuta na 12000 rpm na 4°C, nakon čega je pažljivo odliven supernatant. Pelet koji ostao na dnu epruvete ispran je sa 200  $\mu$ L hladnog 70% etanola centrifugiranjem 5 minuta na 12000 rpm. Supernatant je odliven a pelet ostavljen da se osuši. Nakon sušenja uzoraka u svaku epruvetu dodato je po 50  $\mu$ L 0,1 x TE pufera (10 mM Tris-HCl pH 8,0; 1 mM EDTA) za rastvaranje DNK.

Koncentracija i kvalitet DNK su određivani na spektrofotometru *BioSpectrometer*® *kinetic Eppendorf*. Apsorbanca je merena na talasnim dužinama  $\lambda=230, 260$  i  $280\text{nm}$ . Koncentracija DNK je izračunata po formuli:

$$C_{(\mu\text{g}/\mu\text{L})} = \frac{(\text{OD}_{260} \cdot R \cdot 50)}{1000}$$

-OD<sub>260</sub> apsorbanca UV svetlosti DNK na talasnoj dužini  $\lambda 260\text{nm}$

-R factor razblaženja uzorka

-50 koncentracija 50  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  koja ima apsorbancu OD = 1

Čistoća uzorka se procenjuje na osnovu odnosa OD<sub>260</sub>/OD<sub>230</sub> i OD<sub>260</sub>/OD<sub>280</sub>. DNK se smatra dovoljno čistom za dalju analizu ako je odnos OD<sub>260</sub>/OD<sub>280</sub> u opsegu 1,8 - 2,0, a odnos OD<sub>260</sub>/OD<sub>230</sub> u opsegu 1,8 - 2,2.

## 5. Materijal i metod rada

**Amplifikacija DNK** - Lančanom reakcijom polimeraze (*Polymerase Chain Reaction*, PCR) amplifikacija je izvedena u 25 µL reakcione smeše koja se sastojala od finalnih koncentracija: 1 × PCR pufera (*Fermentas*), 0,8 mM dNTP, 0,5 µM prajmera (uzvodni - engl. *forward* i nizvodni- engl. *reverse*) i 1 U *Taq* polimeraze (*Fermentas*). Ultra čistom vodom reakciona smeša je dopunjena do konačne zapremine od 20 µL i dodato je 5 µL odgovarajuće genomske DNK. Za SSR analizu je korišćeno 34 komercijalnih prajmera (Tabela 5).

Umnožavanje DNK je izvedeno u *Biometra TProfessional Standard 96* aparatu. Inicijalna denaturacija izvršena je na 94°C u trajanju od 5 minuta, nakon čega je sledilo 36 ciklusa denaturacije na 94°C u trajanju od po 30 sekundi. Nakon toga sledi vezivanje prajmera za ciljne sekvence (engl. *annealing*) na temperaturama od 51 °C do 62 °C u trajanju od 45 sekundi, a zatim i elongacija na 72°C, u trajanju od 1 minuta. Faza finalne elongacije je trajala 10 minuta, na 72°C.

**Poliakrilamidna elektroforeza** - Nakon PCR reakcije na 8% poliakrilamidnim gelovima (30% akrilamid, 5 x TBE, 10% amonijum persulfat i TEMED ddH<sub>2</sub>O) razdvojeni su DNK fragmenati. Gel je polimerizovan 30 minuta, nakon čega su uklonjeni češljevi za formiranje džepića koji su isprani destilovanom vodom. U svaki džepić nanošeno je po 8 µL PCR smeše odgovarajućeg uzorka. Na gelove su naneti i DNK markeri od 20 bp DNK marker (*Fermentas*) and 50 bp DNA marker (*Nippon Genetics*). Elektroforeza je trajala 50 min sa konstantnom strujom od 60 mA na aparatu *Mini Protean Tetra-Cell BioRad*. Kao pufer korišćen je u 0,5xTBE (početna koncentracija 5xTBE pufer - 445mM Tris; 445mM Borna kiselina, 0,5M EDTA, pH 8,0 i destilovana voda do zapremine od 1,1 l). Po završenoj elektroforezi gelovi su bojeni 15 minuta u vodenom rastvoru 0,5 µg/µL etidijum bromida (EtBr), a potom fotografisani pomoću transiluminatora sa UV svetlom uz sistem za dokumentaciju gelova (*BioDocAnalyze*, *Biometra*).

**Analiza podataka dobijenih SSR karakterizacijom** - Vizuelnom ocenom uz pomoć DNK markera proizvodi amplifikacije na gelu su prikazani u obliku binarnog zapisa, kao prisustvo (1) odnosno odsustvo (0) SSR alela. Analiza rezultata binarnih podataka je uključila procenu genetičke sličnosti (GS) ispitivanih linija kukuruza, na osnovu koeficijenta po *simple matching*-u, a na osnovu dobijenih matrica genetičkih sličnosti, urađena je klaster analiza, primenom UPGMA metode (Unweighted Pair-Group Mean Arithmetic method) u SAHN programu (sequential, agglomerative, hierarchical, and nested clustering method; Sneath i Sokal, 1973), pomoću NTSYS-pc2.1 paketa (Rohlf, 2000). Rezultati ispitivanih genotipova su prikazani u formi dendrograma. Formula za računanje *simple matching* koeficijenta (Sokal i Michener, 1958) je sledeća:

$$GS_{ij} = \frac{a+d}{a+b+c+d}$$

gde je:

GS<sub>ij</sub> – genetička sličnost za genotip *i i j*;

*a* – prisustvo trake kod oba genotipa, *i i j* (1,1);

*b* – prisustvo trake kod genotipa *i*, a odsustvo kod genotipa *j* (1,0);

*c* – odsustvo trake kod genotipa *i*, a prisustvo kod genotipa *j* (0,1);

*d* – odsustvo trake kod oba genotipa, *i i j* (1,0).

## 5. Materijal i metod rada

Tabela 5. SSR markeri, njihova lokacija na hromozomu, ponovak, sekvence prajmera i temperatura vezivanja prajmera (°C)

R.broj	Naziv prajmera	Pozicija na hromozomu	Ponovak	Sekvenca uzvodnog (F) prajmera (5'-3')	Sekvenca nizvodnog (R) prajmera (5'-3')	Temp. vezivanja prajmera (°C)
1	bnlg1083	1.02	AG	CAACGCTGGTTGTGCGTTA	ACAGTCTGTTGGGAACAGG	51
2	umc2083	1.05	CGG	GATGCTCAAGGAGCAGCGAC	CAGGTGGTACGCCATGAACC	57
3	umc2230	1.05	AGC	AACGCGACGACTCCACAAG	ACACGTAATGTCCCTACGGTCG	55
4	umc1265	2.02	TCAC	GCCTAGTCGCCTACCCTACCAAT	TGTGTTCTTGATTGGGTGAGACAT	57
5	umc1535	2.05	AT	CAAGGCACCCACACACATACATA	GGCAGAGAGATGAAAAAGAATGGA	57
6	umc1717	3.04	GAAA	ACGACGAATTCCTAACACAACGA	TTATCAGAGGAAGGGTTACGTTGG	57
7	umc2002	3.04	-	TGACCTCAACTCAGAAATGCTGTTG	CACAAAATCCTCGAGTCTTGATTG	58
8	umc1273	3.08	AAG	GTTCGCTGCTGCTTCTATATGCT	AATTGGCGCAGGCTATAGACATTT	53
9	bnlg1257	3.09	AG	CGGACGATCTTATGCAAACA	ACGGTCTCGCAGGATATT	51
10	bnlg1784	4.06	AG	GCAACGATCTGTCAGACGAA	TTGGCATTGGTAATGGGTCT	51
11	umc2360	4.08	GCC	TAGCAGTAGCTTCAGTCACAGGC	CAGATCGGACTACTGGTGGCTAAG	62
12	umc1418	4.08	GGAAG	TCACACACACTACACTCGCAAT	GAGCCAAGAGCCAGAGCAAAG	57
13	umc2137	4.08	CGC	ACCACTGCAACCTAGAGCTGTACC	CACTTGGGTTGTTCCACAGGAG	59
14	umc1597	5.03	CCT	AGAGATTAGCGGAGCGAGGG	ACAACCGCTGCGTAAACGAAT	54
15	umc2373	5.04	GCT	ACCCAAGTGAGGTGAAGTGAAGC	TATGGTACAGGCACAGCAGCAGTA	60
16	umc1792	5.08	CGG	CATGGGACAGCAAGAGACACAG	ACCTTCATCACCTGCAACTACGAC	59
17	umc1376	6.01	GAC	GAGGACGAGGAGGAAGACGAGAT	CATGGGAACGTGCTCCACAC	57
18	phi 452693	6.04	AGCC	CAAGTGCTCCGAGATCTTCCA	CGCGAACATATTCAGAAGTTTG	53
19	umc1795	6.05	GCGCG	CCCTCTCTCTAGGTTTCATCGTT	CAGCGCGCTTGAAGAGTAG	57
20	umc1545	7.00	AAGA	GAAAACATGCATCAACAACAAGCTG	ATTGGTTGGTCTTGCTTCCATTA	55
21	umc1695	7.00	CA	CAGGTAATAACGACGCAGCAGAA	GTCTTAGGTTACATGCGTTGCTCT	52
22	bnlg1456	7.03	AG	GCCACAGCTCACTAGCTCAAAAGT	CTCTGTGTGTTGCTTGATTGCTT	51
23	umc2334	7.05	GGA	ATGGCCTCCGTGCTGAAGAT	CATCTGATGGTGTGTAGCAGCAG	55
24	umc2042	8.01	GCC	GCAGTCTCTCACTACCAGAGCAT	AACAGAGGAGTACGAGGAGGAGC	61
25	umc2355	8.03	CCT	CTACTCCCCAAGCCGCTAAG	CGGGTTGTTGTTGGAGTAGGAC	59
26	umc1172	8.04	CCA	ATGAAGCAGAGGCAGTCTTTCTTG	CTCTCCATCCAACACTGAACC	59
27	phi080	8.08	AGGAG	CACCCGATGCAACTTGCGTAGA	TCGTCACGTTCCACGACATCAC	59
28	umc2393	9.00	ACG	CAACTCGATCCAGACCACACATAG	CTCTTGGTTGTTGTTTCCCTTGCT	57
29	umc1596	9.01	GGC	TCTTGAGCTGAACACTGATCTTGG	CGGCGAGGATAACATGCAGTA	56
30	umc1492	9.04	GCT	GAGACCAACCAAACTAATAATCTCTT	CTGCTGCAGACCATTGAAATAAC	57
31	umc2089	9.07	CGC	CAGGAAGAGGAAGAAGGTCCTC	GCCAGTCTACGGCCTATGAC	60
32	bnlg1518	10.04	AG	AGCTGTACACGAGTAGGCA	GGCTCTGTTAATTCGATCGC	53
33	umc1506	10.05	AACA	AAAAGAAACATGTTTCAGTCGAGCG	ATAAAGGTTGGCAAAACGTAGCCT	57
34	bnlg1839	10.07	AG	AGCAGACGGAGGAACAAGA	TCTCCTCTCCCTCTTGACA	53

## 5. Materijal i metod rada

---

Radi procene informativnosti korišćenih markera, za svaki SSR marker, izračunata je i PIC vrednost (engl. *Polymorphism Information Content*, PIC) (Botstein et al., 1980):

$$PIC = 1 - \sum(p_i^2)$$

gde je:

pi – broj alela/broj genotipova.

### SNP markeri

U istraživanju je korišćena DNK iz ćelija lista ispitivanih inbred linija kukuruza. U tu svrhu, za svaku inbred liniju je naklijavano deset zrna, a klijanci su uzgajani do faze 3-4 lista nakon čega su listovi samleveni u uzorak iz kojeg će se vršiti izdvajanje DNK. U tom cilju je korišćen *GeneJET Plant Genomic DNA Purification Kit* namenjen za brzu i visokokvalitetnu ekstrakciju i purifikaciju genomske DNK iz biljnih tkiva. Ovaj kit za ekstrakciju DNK koristi silikagel membransku tehnologiju koja isključuje potrebu za primenom toksičnih hemikalija kao što su fenoli i hloroform.

Primenjen je standardni protokol za ekstrakciju koji je izdvojio svu DNK veličine preko 30kb, što je omogućilo da prikupi i do 32 µg DNK iz 100 mg tkiva lista. Primenom standardizovanih rastvora za precipitaciju iz uzorka su odstranjeni proteini, polisaharidi i ostale nečistoće. Ovako izolovanu DNK visoke čistoće je bilo moguće direktno aplicirati u genski čip korišćen za genotipizaciju inbred linija.

Genotipizacija ispitivanih linija kukuruza je izvršena primenom genskog čipa *Maize 25K XT array* koji sadrži 23908 SNPs ravnomerno raspoređenih po celom genomu kukuruza. Svi koraci u genotipizaciji su izvedeni od strane TraitGenetics GmbH, Nemačka. Snipovi koji su neuspešno prizvani u više od 5% linija (miss rate > 5%), kao i oni koji imaju frekvenciju minor alela ispod 5% (MAF < 5%) bili su isključeni iz daljih analiza. Ukupno 18889 visoko informativnih i kvalitetnih markera (SNPs) je korišćeno u bioinformatičkoj analizi i u tu svrhu je korišćen program STRUCTURE 2.3.4. (Pritchard i sar, 2000). STRUCTURE se bazira na primeni Bajesove statistike koristeći algoritam koji analizira razlike u frekvenciji alela i razvrstava ispitivane genotipove na osnovu sličnog obrasca alelne varijacije. Genetička distanca između linija i pripadajući dendrogram su dobijeni analizom u programu TASSEL (Bradbury i sar., 2007). Primenom TASSEL softvera sprovedena je klaster analiza primenom UPGMA metoda na osnovu podataka dobijenih za SNP markere.

6. REZULTATI I DISKUSIJA

6.1. SREDNJE VREDNOSTI KVANTITATIVNIH OSOBINA HIBRIDA I INBRED LINIJA KUKURUZA

6.1.1. Prinos zrna

Pomoću analize varijanse (ANOVA) ispitana je značajnost uticaja faktora godine, lokacije, genotipa i njihovih interakcija na variranje prinosa zrna hibrida i linija kukuruza. Rezultati (Tabela 6) pokazuju da su sva tri faktora veoma značajno uticala na prinos zrna hibrida i linija (godina, lokacija i genotip), kao i interakcije godina x lokacija i godina x genotip, dok ostale interakcije nisu bile značajne. U odnosu na pokazatelje varijabilnosti inbred linije i hibridi su podjednako varirali.

Tabela 6. Značajnost uticaja faktora na variranje prinosa zrna (t/ha) hibrida i linija kukuruza prema rezultatima ANOVA

Izvor variranja	Stepeni slobode	Linije	Stepeni slobode	Hibridi
Godina	1	**	1	**
Lokacija	2	**	2	**
Ponavljjanje	2	ns	1	ns
Genotip	6	**	20	**
Godina x Lokacija	2	**	2	**
Godina x Genotip	6	**	20	**
Lokacija x Genotip	12	ns	40	ns
Godina x Lokacija x Genotip	12	ns	40	ns

\*,\*\* - značajno pri  $p < 0,05$ , odnosno  $p < 0,01$ ; ns-nije statistički značajno

Srednje vrednosti prinosa zrna kukuruza za linije i hibride prikazane su po godinama i lokacijama (Tabela 7). Test najmanje značajne rezlike (LSD) je rangirao srednje vrednosti inbred linija i hibrida od najvećih do najmanjih. Test je rađen posebno za linije i posebno za hibride na nivou značajnosti 0,05.

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 7. Srednje vrednosti linija i hibrida i test najmanje značajne razlike ( $p < 0,05$ ) za prinos zrna kukuruza (t/ha)

GODINA	2017			2018			SREDINA	RANG
	LOKACIJA			LOKACIJA				
GENOTIP	ZP	NS	ŠD	ZP	NS	ŠD		
ZPL 1	3,35	3,28	2,98	4,12	4,71	3,00	<b>3,57</b>	<b>BC</b>
ZPL 2	3,38	2,75	3,00	4,49	5,12	3,30	<b>3,67</b>	<b>BC</b>
ZPL 3	3,98	2,96	3,43	4,31	4,43	3,41	<b>3,75</b>	<b>B</b>
ZPL 4	3,82	2,73	3,35	5,36	5,23	4,50	<b>4,16</b>	<b>A</b>
ZPL 5	3,44	2,76	3,05	4,01	4,07	3,05	<b>3,40</b>	<b>C</b>
ZPL 6	4,26	3,42	4,21	4,66	4,67	3,83	<b>4,17</b>	<b>A</b>
ZPL 7	4,30	2,43	3,85	4,19	4,10	3,49	<b>3,73</b>	<b>B</b>
<b>LSD 0,28</b>								
ZPL 1 x ZPL 2	8,71	5,17	8,66	8,10	6,13	4,83	<b>6,94</b>	<b>H</b>
ZPL 1 x ZPL 3	13,30	10,62	13,30	9,09	7,19	7,58	<b>10,18</b>	<b>B</b>
ZPL 1 x ZPL 4	13,65	9,61	13,65	10,58	9,18	8,04	<b>10,79</b>	<b>A</b>
ZPL 1 x ZPL 5	10,77	9,13	10,77	8,76	6,92	5,97	<b>8,72</b>	<b>EF</b>
ZPL 1 x ZPL 6	13,62	9,04	13,62	10,27	6,40	6,72	<b>9,94</b>	<b>BC</b>
ZPL 1 x ZPL 7	12,82	10,01	12,81	8,52	7,27	6,93	<b>9,73</b>	<b>BC</b>
ZPL 2 x ZPL 3	11,95	11,29	11,95	9,70	6,86	7,21	<b>9,82</b>	<b>BC</b>
ZPL 2 x ZPL 4	14,33	9,54	14,33	10,89	8,99	8,83	<b>11,15</b>	<b>A</b>
ZPL 2 x ZPL 5	12,90	8,87	12,90	10,16	8,17	5,64	<b>9,77</b>	<b>BC</b>
ZPL 2 x ZPL 6	11,35	11,52	11,35	9,79	6,52	6,74	<b>9,54</b>	<b>CD</b>
ZPL 2 x ZPL 7	13,29	8,79	13,29	9,42	6,77	6,73	<b>9,72</b>	<b>C</b>
ZPL 3 x ZPL 4	12,24	8,22	12,24	8,34	7,21	6,50	<b>9,12</b>	<b>DE</b>
ZPL 3 x ZPL 5	10,35	7,09	10,35	8,47	6,00	5,42	<b>7,95</b>	<b>G</b>
ZPL 3 x ZPL 6	7,97	4,77	7,97	8,33	4,32	5,48	<b>6,47</b>	<b>I</b>
ZPL 3 x ZPL 7	8,75	7,88	8,75	8,58	5,88	5,99	<b>7,64</b>	<b>G</b>
ZPL 4 x ZPL 5	11,22	9,13	11,22	8,70	4,58	6,52	<b>8,56</b>	<b>F</b>
ZPL 4 x ZPL 6	11,21	8,64	11,21	8,06	7,13	6,62	<b>8,81</b>	<b>EF</b>
ZPL 4 x ZPL 7	10,78	9,10	10,78	9,01	6,30	7,23	<b>8,87</b>	<b>EF</b>
ZPL 5 x ZPL 6	9,56	9,40	9,56	7,37	5,00	6,12	<b>7,83</b>	<b>G</b>
ZPL 5 x ZPL 7	8,31	5,80	8,31	5,67	4,68	5,10	<b>6,31</b>	<b>I</b>
ZPL 6 x ZPL 7	11,55	8,92	11,55	6,98	5,66	6,15	<b>8,47</b>	<b>F</b>
<b>LSD 0,46</b>								

## 6. Rezultati i diskusija

---

Uzimajući u obzir srednje vrednosti, najveći prinos zrna kukuruza su imale inbred linije ZPL6 (4,17 t/ha) i ZPL4 (4,16 t/ha), a najmanji inbred linija ZPL5 (3,40 t/ha). Gledajući pojedinačno, u 2017. godini inbred linije su ostvarile najveći prinos na lokaciji Zemun Polje, a u 2018. godini na lokaciji Novi Sad. Najprinosnija inbred linija na svim lokacijama tokom 2018. godine je bila ZPL4 sa minimalnim prinosom od 4,50 t/ha (Školsko Dobro) i maksimalnim prinosom od 5,36 t/ha (Zemun Polje).

Tokom 2017. godine inbred linija ZPL7 je ostvarila najveći prinos na lokaciji Zemun Polje (4,30 t/ha), dok je na lokaciji Novi Sad imala najmanji prinos (2,43 t/ha). U 2018. godini najmanji prinos je imala inbred linija ZPL1 na lokaciji Školsko Dobro (3,00 t/ha).

Najprinosniji hibridi su bili ZPL2 x ZPL4 i ZPL1 x ZPL4 čije su prosečne vrednosti iznosile 11,15 t/ha i 10,79 t/ha. Oba hibrida predstavljaju Lancaster x BSSS heterotični par, koji se intenzivno upotrebljava u programima oplemenjivanja zahvaljujući velikoj genetičkoj udaljenosti. Iste činjenice u svojim istraživanjima navode Čamdžija (2014) i Mladenović i sar. (2020). Najmanje srednje vrednosti prinosa su imali hibridi ZPL5 x ZPL7 (6,31 t/ha) i ZPL3 x ZPL6 (6,47 t/ha). U 2017. godini najviši prinos je imao hibrid ZPL2 x ZPL4 na lokaciji Zemun Polje i Školsko Dobro (14,33 t/ha), a najmanji prinos hibrid ZPL3 x ZPL6 na lokaciji Novi Sad (4,77 t/ha). U 2018. godini takođe je najveći prinos ostvario hibrid ZPL2 x ZPL4 (10,89 t/ha) na lokaciji Zemun Polje, a najmanji prinos hibrid ZPL3 x ZPL6 (4,32 t/ha) na lokaciji Novi Sad.

U 2017. godini su hibridi postizali veći prinos zrna nego u 2018. U 2018. godini su padavine bile neravnomerno raspoređene tokom vegetacionog perioda. U aprilu, maju, julu, avgustu i septembru ih je bilo malo, dok je u junu bilo ekstremno mnogo padavina što je donekle ometalo biljke u fazi polinacije. Holzkamper i sar. (2013) navode da su temperatura i padavine glavni klimatski faktori koji utiču na fiziološke procese tokom perioda oplodnje i nalivanja zrna. Madić i sar. (2021) su ispitujući ZP hibride različitih FAO grupa zrenja došli do zaključka da je 2018. godina bila povoljnija od 2017. i da su u toj godini hibridi imali dva do tri puta veći prinos u odnosu na 2017. godinu. Prinos zrna hibrida kukuruza u velikoj meri zavisi i od vremenskih uslova u vegetacionom periodu (Starčević i Latković, 2006). Ramadoss i sar. (2004) tvrde da su razlike u prosečnim vrednostima prinosa između godina očekivane i da ukazuju na veliki uticaj klimatskih faktora tokom vegetacije na formiranje visine prinosa zrna. Visok potencijal rodnosti hibrida kukuruza najbolje se ispoljava u uslovima kada su u vegetacionom periodu biljke snabdevene sa 550-700 mm vodenih taloga (Filipović i sar., 2015.). Pavlov i sar. (2011) ističu da je u poslednjih 25 godina prinos pod uticajem ekstremnih klimatskih događaja u toku vegetacionog perioda. Pored velikog značaja genetičkog potencijala hibrida, prinos zrna kukuruza mnogo zavisi i od plodnosti zemljišta, nivoa primenjene agrotehnike i agroklimatskih faktora u toku gajenja (Ngoune i sar., 2020).

### 6.1.2. Visina biljke

Analizom varijanse (ANOVA) ispitana je značajnost uticaja tri faktora (godine, lokacije i genotipa) kao i njihovih interakcija na variranje visine biljke hibrida i inbred linija kukuruza (Tabela 8). Na variranje visine biljke kod inbred linija značajno su uticali sledeći faktori: lokacija, genotip i godina x lokacija. Kod hibrida su na variranje ove osobine uticali godina, lokacija, ponavljanje, genotip i godina x lokacija. Za ovu osobinu hibridi su pokazali veću varijabilnost nego inbred linije.

Tabela 8. Značajnost uticaja faktora na variranje visine biljke (cm) hibrida i linija kukuruza prema rezultatima ANOVA

Izvor variranja	Stepeni slobode	Linije	Stepeni slobode	Hibridi
Godina	1	ns	1	*
Lokacija	2	**	2	**
Ponavljjanje	2	ns	1	**
Genotip	6	**	20	**
Godina x Lokacija	2	**	2	**
Godina x Genotip	6	ns	20	ns
Lokacija x Genotip	12	ns	40	ns
Godina x Lokacija x Genotip	12	ns	40	ns

\*,\*\* - značajno pri  $p < 0,05$ , odnosno  $p < 0,01$ ; ns-nije statistički značajno

Na visinu biljaka genotipova nije uticala godina, a jeste lokacija, što je suprotno od ANOVA kod prinosa. Na formiranje prinosa deluju neaditivni geni koji su pod uticajem spoljašnje sredine, dok na visinu biljke utiču aditivni geni koji ne zavise toliko od klimatskih uslova. Lokacija je mogla da utiče na visinu biljke jedino zbog različitog sastava i različite pripremljenosti zemljišta.

Srednje vrednosti inbred linija i hibrida po godinama i lokacijama rangirane su pomoću testa najmanje značajne razlike (LSD) na nivou značajnosti 0,05 (Tabela 9).



## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 9. Srednje vrednosti linija i hibrida i test najmanje značajne razlike ( $p < 0,05$ ) za visinu biljke kukuruza (cm)

GODINA	2017			2018			SREDINA	RANG
	LOKACIJA			LOKACIJA				
GENOTIP	ZP	NS	ŠD	ZP	NS	ŠD		
<b>ZPL 1</b>	203,67	195,90	194,53	205,33	197,90	184,47	<b>196,97</b>	<b>B</b>
<b>ZPL 2</b>	216,83	209,23	204,50	229,67	208,07	194,83	<b>210,52</b>	<b>A</b>
<b>ZPL 3</b>	189,50	182,00	176,67	191,17	162,33	175,33	<b>179,50</b>	<b>CD</b>
<b>ZPL 4</b>	216,50	206,63	205,00	226,50	207,97	198,00	<b>210,10</b>	<b>A</b>
<b>ZPL 5</b>	218,17	210,63	208,50	231,83	210,30	206,83	<b>214,38</b>	<b>A</b>
<b>ZPL 6</b>	183,00	168,70	175,50	192,33	165,70	170,17	<b>175,90</b>	<b>D</b>
<b>ZPL 7</b>	193,83	186,87	182,17	201,17	186,53	177,17	<b>187,96</b>	<b>BC</b>
<b>LSD 11,01</b>								
<b>ZPL 1 x ZPL 2</b>	233,75	239,45	227,00	243,75	233,95	224,25	<b>233,69</b>	<b>H</b>
<b>ZPL 1 x ZPL 3</b>	245,50	245,85	240,50	246,00	240,35	234,75	<b>242,16</b>	<b>FGH</b>
<b>ZPL 1 x ZPL 4</b>	264,25	253,85	260,00	265,50	253,10	257,50	<b>259,03</b>	<b>ABCDEFHG</b>
<b>ZPL 1 x ZPL 5</b>	270,00	263,75	266,25	274,25	263,00	263,75	<b>266,83</b>	<b>ABCD</b>
<b>ZPL 1 x ZPL 6</b>	260,25	250,00	253,50	259,00	247,15	244,20	<b>252,35</b>	<b>BCDEFGH</b>
<b>ZPL 1 x ZPL 7</b>	240,20	235,45	231,50	242,20	237,45	231,50	<b>236,38</b>	<b>H</b>
<b>ZPL 2 x ZPL 3</b>	249,50	243,40	249,00	265,25	242,15	244,75	<b>249,01</b>	<b>DEFGH</b>
<b>ZPL 2 x ZPL 4</b>	235,00	236,90	236,50	245,75	258,15	230,25	<b>240,43</b>	<b>GH</b>
<b>ZPL 2 x ZPL 5</b>	278,25	266,20	277,00	299,00	266,95	274,25	<b>276,94</b>	<b>A</b>
<b>ZPL 2 x ZPL 6</b>	254,25	250,00	250,50	265,75	252,00	226,00	<b>249,75</b>	<b>CDEFGH</b>
<b>ZPL 2 x ZPL 7</b>	271,25	260,50	265,00	285,75	260,75	261,50	<b>267,46</b>	<b>ABCD</b>
<b>ZPL 3 x ZPL 4</b>	278,00	270,85	263,75	281,75	251,35	267,50	<b>268,87</b>	<b>ABC</b>
<b>ZPL 3 x ZPL 5</b>	257,25	248,00	237,25	252,00	230,50	240,00	<b>244,17</b>	<b>FGH</b>
<b>ZPL 3 x ZPL 6</b>	234,25	233,20	228,00	248,00	237,95	222,75	<b>234,03</b>	<b>H</b>
<b>ZPL 3 x ZPL 7</b>	245,00	232,35	230,75	248,25	232,60	229,00	<b>236,33</b>	<b>H</b>
<b>ZPL 4 x ZPL 5</b>	291,00	282,60	277,50	285,50	218,10	270,75	<b>270,91</b>	<b>AB</b>
<b>ZPL 4 x ZPL 6</b>	267,00	262,80	255,50	281,75	242,05	255,00	<b>260,68</b>	<b>ABCDEF</b>
<b>ZPL 4 x ZPL 7</b>	264,25	267,00	253,50	263,00	245,25	242,75	<b>255,96</b>	<b>BCDEFG</b>
<b>ZPL 5 x ZPL 6</b>	256,55	253,30	247,25	256,30	229,05	239,75	<b>247,03</b>	<b>EFGH</b>
<b>ZPL 5 x ZPL 7</b>	260,75	276,15	256,75	264,25	269,40	255,75	<b>263,84</b>	<b>ABCDE</b>
<b>ZPL 6 x ZPL 7</b>	244,75	243,55	252,50	243,50	243,30	216,00	<b>240,60</b>	<b>GH</b>
<b>LSD 13,18</b>								

Srednje vrednosti za visinu biljke za inbred linije su se kretale od 175,90 cm (ZPL6) do 214,38 cm (ZPL5). Visoke srednje vrednosti su još imale inbred linije ZPL2 (210,52 cm) i ZPL4 (210,10 cm). Uzimajući u obzir pojedinačne vrednosti po lokacijama i godinama, inbred linija ZPL5 koja pripada Nezavisnom izvoru, je imala najvišu vrednost osobine visina biljke na lokaciji Zemun Polje (231,83 cm) u 2018. godini, dok je inbred linija ZPL3 (BSSS izvor) imala najmanju vrednost za visinu biljke na lokaciji Novi Sad (162,33 cm) u 2018. godini.

Srednje vrednosti hibrida za visinu biljke su se kretale u rangu od 234,03 cm (ZPL3 x ZPL6) do 276,94 cm (ZPL2 x ZPL5). Zamir i sar. (2010) su u svojim istraživanjima zabeležili najvišu srednju vrednost za visinu biljke od 221,00 cm pri različitim gustinama setve.

Najveću vrednost za visinu biljke je imao hibrid ZPL2 x ZPL5 (299,00 cm) na lokaciji Zemun Polje tokom 2018. godine. Najmanju vrednost za visinu biljke je imao hibrid ZPL3 x ZPL6 (222,75 cm) na lokaciji Školsko Dobro u 2018. godini. Kako su inbred linije ZPL5 i ZPL2 imale najveću vrednost za osobinu visina biljke, samim tim je i hibridna kombinacija ove dve linije (ZPL2 x ZPL5) pokazala najveću vrednost pomenute osobine. Ovde je utvrđeno da BSSS heterotična grupa u kombinaciji sa Nezavisnim izvorom daje hibride nižeg stabla, dok Nezavisni izvor u kombinaciji sa *Lancaster* heterotičnom grupom daje biljke višeg habitusa. Ovde se dobija još jedan zaključak, a to je da se *Lancaster* heterotična grupa karakteriše višim habitusom kod biljaka. Takođe je zapaženo da je hibridna kombinacija ZPL3 x ZPL6 pored najmanje srednje vrednosti za visinu biljke imala i najniži prinos zrna. Međutim, nije pravilo da biljke sa najvišim stablom imaju najveći prinos. Ali i sar. (2012) navode da su niža biljka i srednje postavljen klip pogodni za otpornost na poleganje i za mehanizovanu proizvodnju, pa samim tim imaju i stabilniji prinos.

Visina biljke zavisi isključivo od genotipa, međutim, na nju mogu uticati i meteorološki uslovi kao i način pripremljenosti zemljišta. Konuskan (2000) je utvrdio da postoji značajna varijabilnost u visini biljke između genotipova kukuruza. Duvick i sar. (2004) navode da na osobine hibrida utiču samo genetički faktori ako se oni gaje isključivo u optimalnim uslovima spoljnje sredine, što u proizvodnim uslovima nikako ne može biti slučaj.

### 6.1.3. Visina gornjeg klipa

U ovom delu je prikazana značajnost uticaja faktora na variranje visine gornjeg klipa (Tabela 10). Na visinu gornjeg klipa kod inbred linija veoma statistički značajno su uticali lokacija, genotip i interakcija godina x lokacija. Kod hibrida su visoku statističku značajnost imali lokacija, genotip, godina x lokacija i lokacija x genotip. Veća varijabilnost je bila kod hibrida nego kod linija za visinu gornjeg klipa.

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 10. Značajnost uticaja faktora na variranje visine gornjeg klipa (cm) hibrida i linija kukuruza prema rezultatima ANOVA

Izvor variranja	Stepeni slobode	Linije	Stepeni slobode	Hibridi
Godina	1	ns	1	ns
Lokacija	2	**	2	**
Ponavljanje	2	ns	1	ns
Genotip	6	**	20	**
Godina x Lokacija	2	**	2	**
Godina x Genotip	6	ns	20	ns
Lokacija x Genotip	12	ns	40	**
Godina x Lokacija x Genotip	12	ns	40	ns

\*,\*\* - značajno pri  $p < 0,05$ , odnosno  $p < 0,01$ ; ns-nije statistički značajno

Inbred linije ZPL5, ZPL2 i ZPL4 su imale najviše srednje vrednosti za osobinu visina gornjeg klipa (85,22 cm, 81,94 cm i 81,67 cm, redom) (Tabela 11). Pojedinačno gledano linija ZPL5 je imala najvišu vrednost za visinu klipa na lokaciji Zemun Polje tokom 2018. godine (94,00 cm), linija ZPL2 takođe na lokaciji Zemun Polje u 2018. godini (99,33 cm), što je ujedno bila i najviša vrednost i linija ZPL4 kod koje je najviša vrednost bila na lokaciji Zemun Polje u 2017. godini (90,17). Najnižu srednju vrednost za ovu osobinu je imala inbred linija ZPL6 (58,32 cm), a pojedinačno je najniža vrednost bila kod te linije na lokaciji Školsko Dobro u 2018. godini (46,17 cm).

Kod hibrida su se najviše istakle kombinacije ZPL4 x ZPL5 i ZPL2 x ZPL5 sa srednjim vrednostima 107,96 cm i 106,96 cm. Ovde se jasno vidi da su sastavne komponente ovih hibrida linije koje su imale najviše vrednosti za visinu klipa.

Najvišu pojedinačnu vrednost je imao hibrid ZPL4 x ZPL5 u 2017. godini na lokaciji Zemun Polje (125,25 cm). Najnižu srednju vrednost je imao hibrid ZPL3 x ZPL6 (79,88 cm), a kada se uzme u obzir pojedinačna vrednost ovaj hibrid je imao najmanju visinu klipa na lokaciji Školsko Dobro tokom 2017. godine (66,90 cm). Visina gornjeg klipa je bila u pozitivnoj korelaciji sa visinom biljke i rezultati pokazuju da hibridi koji su imali visoko stablo takođe imali i visoko postavljen klip (ZPL2 x ZPL5, ZPL4 x ZPL5, ZPL3 x ZPL4), kao i obratno gde je nisko stablo imalo i nizak klip (ZPL1 x ZPL2, ZPL1 x ZPL7, ZPL3 x ZPL6, ZPL3 x ZPL7, ZPL6 x ZPL7).

Gyenes-Hegyí i sar. (2005) ističu da je visina biljke u korelaciji sa visinom gornjeg klipa kao i da hibridi imaju veće vrednosti za ove dve osobine kada je i heterozis između roditelja veći. Oni su takođe u svojim istraživanjima zabeležili stepen heterozisa od 193% za visinu biljke i 194% za visinu gornjeg klipa.

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 11. Srednje vrednosti linija i hibrida i test najmanje značajne razlike ( $p < 0,05$ ) za visinu gornjeg klipa (cm)

GODINA	2017			2018			SREDINA	RANG
	LOKACIJA			LOKACIJA				
GENOTIP	ZP	NS	ŠD	ZP	NS	ŠD		
ZPL 1	73,83	69,20	64,40	80,50	66,37	56,33	<b>68,44</b>	<b>B</b>
ZPL 2	86,33	79,37	75,67	99,33	79,10	71,83	<b>81,94</b>	<b>A</b>
ZPL 3	78,67	69,03	65,00	79,33	65,87	60,67	<b>69,76</b>	<b>B</b>
ZPL 4	90,17	82,83	75,00	92,17	83,50	66,33	<b>81,67</b>	<b>A</b>
ZPL 5	89,67	81,70	82,67	94,00	81,97	81,33	<b>85,22</b>	<b>A</b>
ZPL 6	64,67	58,13	58,17	66,00	56,80	46,17	<b>58,32</b>	<b>C</b>
ZPL 7	78,00	70,70	65,00	79,33	69,70	59,67	<b>70,40</b>	<b>B</b>
<b>LSD 8,66</b>								
ZPL 1 x ZPL 2	89,50	85,50	80,50	97,00	83,50	80,50	<b>86,08</b>	<b>EFG</b>
ZPL 1 x ZPL 3	94,50	86,25	90,50	95,25	84,50	88,50	<b>89,92</b>	<b>CDEFG</b>
ZPL 1 x ZPL 4	106,25	101,00	100,00	104,75	100,50	97,50	<b>101,67</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 1 x ZPL 5	109,00	96,75	107,25	109,00	96,75	105,25	<b>104,00</b>	<b>ABC</b>
ZPL 1 x ZPL 6	104,00	93,50	94,00	102,00	90,60	87,33	<b>95,24</b>	<b>ABCDE</b>
ZPL 1 x ZPL 7	89,25	84,80	80,75	99,25	85,80	80,75	<b>86,77</b>	<b>EFG</b>
ZPL 2 x ZPL 3	96,50	86,25	93,00	112,00	85,00	91,00	<b>93,96</b>	<b>ABCDEFG</b>
ZPL 2 x ZPL 4	91,60	94,50	85,50	102,25	99,25	80,25	<b>92,23</b>	<b>BCDEFG</b>
ZPL 2 x ZPL 5	105,50	97,25	108,50	123,75	97,50	109,25	<b>106,96</b>	<b>A</b>
ZPL 2 x ZPL 6	98,50	93,85	89,75	106,75	96,35	86,75	<b>95,33</b>	<b>ABCDE</b>
ZPL 2 x ZPL 7	104,50	94,50	100,25	119,50	95,25	101,25	<b>102,54</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 3 x ZPL 4	111,00	102,60	95,00	123,25	103,85	95,75	<b>105,24</b>	<b>AB</b>
ZPL 3 x ZPL 5	103,00	95,25	89,75	100,50	87,00	90,25	<b>94,29</b>	<b>ABCDEF</b>
ZPL 3 x ZPL 6	78,50	78,60	66,90	100,25	85,85	69,15	<b>79,88</b>	<b>G</b>
ZPL 3 x ZPL 7	97,25	87,25	87,25	96,25	87,25	79,75	<b>89,17</b>	<b>DEFG</b>
ZPL 4 x ZPL 5	125,25	108,25	106,75	123,00	80,75	103,75	<b>107,96</b>	<b>A</b>
ZPL 4 x ZPL 6	100,25	94,60	93,25	111,00	89,35	91,25	<b>96,62</b>	<b>ABCDE</b>
ZPL 4 x ZPL 7	86,25	90,10	79,25	106,00	102,85	77,00	<b>90,24</b>	<b>CDEFG</b>
ZPL 5 x ZPL 6	96,25	89,85	87,50	95,75	83,35	87,75	<b>90,08</b>	<b>CDEFG</b>
ZPL 5 x ZPL 7	101,00	107,75	102,25	103,25	105,00	88,75	<b>101,33</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 6 x ZPL 7	83,00	79,75	84,00	82,00	87,50	68,00	<b>80,71</b>	<b>FG</b>
<b>LSD 9,67</b>								

### 6.1.4. Ukupan broj listova

Prema rezultatima ANOVA na linije su veoma značajno uticali lokacija, genotip i godina x lokacija, dok su na hibride veoma značajno uticali lokacija, genotip i interakcija lokacija x genotip (Tabela 12). Za ovu osobinu su veću varijabilnost imale inbred linije nego hibridi.

Tabela 12. Značajnost uticaja faktora na variranje ukupnog broja listova hibrida i linija kukuruza prema rezultatima ANOVA

Izvor variranja	Stepeni slobode	Linije	Stepeni slobode	Hibridi
Godina	1	ns	1	ns
Lokacija	2	**	2	**
Ponavljanje	2	**	1	ns
Genotip	6	**	20	**
Godina x Lokacija	2	**	2	ns
Godina x Genotip	6	ns	20	ns
Lokacija x Genotip	12	ns	40	**
Godina x Lokacija x Genotip	12	ns	40	ns

\*,\*\* - značajno pri  $p < 0,05$ , odnosno  $p < 0,01$ ; ns-nije statistički značajno

U nastavku su prikazane srednje vrednosti linija i hibrida za ukupan broj listova (Tabela 13). Inbred linija ZPL4 je imala najvišu srednju vrednost (13,14) za ovu osobinu, a inbred linija ZPL1 najnižu (10,27).

Takođe, inbred linija ZPL4 je imala najvišu vrednost (13,97) na lokaciji Zemun Polje u 2017. godini, a inbred linija ZPL1 najnižu vrednost (9,77) na lokaciji Školsko Dobro u 2017. godini.

Kravić i sar. (2015) su izvršili evaluaciju dvadeset tri inbred linije kukuruza različite tolerantnosti na stres suše i koje su sejane u različitim gustinama, gde se ukupan broj listova varirao od 16,6 do 18,8. U takvim uslovima je došlo da smanjenja ukupnog broja listova za 10,2%.

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 13. Srednje vrednosti linija i hibrida i test najmanje značajne razlike ( $p < 0,05$ ) za ukupan broj listova

GODINA	2017			2018			SREDINA	RANG
	LOKACIJA			LOKACIJA				
GENOTIP	ZP	NS	ŠD	ZP	NS	ŠD		
ZPL 1	11,03	10,07	9,77	11,00	9,97	9,80	<b>10,27</b>	<b>C</b>
ZPL 2	13,77	12,30	11,70	13,67	12,13	11,53	<b>12,52</b>	<b>AB</b>
ZPL 3	13,00	11,90	11,90	12,80	11,73	11,63	<b>12,16</b>	<b>AB</b>
ZPL 4	13,97	13,03	12,53	13,83	13,00	12,47	<b>13,14</b>	<b>A</b>
ZPL 5	13,10	12,00	12,17	13,00	11,83	11,93	<b>12,34</b>	<b>AB</b>
ZPL 6	12,67	12,17	11,10	12,80	11,90	11,07	<b>11,95</b>	<b>B</b>
ZPL 7	11,47	9,97	9,93	11,20	9,87	10,03	<b>10,41</b>	<b>C</b>
<b>LSD 1,01</b>								
ZPL 1 x ZPL 2	12,35	11,75	11,30	12,15	11,50	11,25	<b>11,72</b>	<b>FG</b>
ZPL 1 x ZPL 3	12,60	11,75	11,30	12,65	11,50	11,60	<b>11,90</b>	<b>FG</b>
ZPL 1 x ZPL 4	13,30	12,40	12,85	13,10	12,30	12,70	<b>12,78</b>	<b>BCDEFG</b>
ZPL 1 x ZPL 5	12,80	12,50	12,15	12,70	12,50	12,35	<b>12,50</b>	<b>CDEFG</b>
ZPL 1 x ZPL 6	12,00	12,10	12,05	12,00	11,55	11,40	<b>11,85</b>	<b>FG</b>
ZPL 1 x ZPL 7	11,95	11,90	11,10	12,10	12,00	11,00	<b>11,68</b>	<b>G</b>
ZPL 2 x ZPL 3	14,00	12,75	13,75	14,00	12,55	13,70	<b>13,46</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 2 x ZPL 4	12,20	12,20	12,60	12,25	12,30	11,00	<b>12,09</b>	<b>EFG</b>
ZPL 2 x ZPL 5	14,35	12,65	13,70	14,30	12,60	13,55	<b>13,53</b>	<b>ABC</b>
ZPL 2 x ZPL 6	13,30	12,75	12,50	13,30	12,85	12,25	<b>12,83</b>	<b>ABCDEF</b>
ZPL 2 x ZPL 7	14,50	13,00	13,30	14,35	12,85	13,50	<b>13,58</b>	<b>ABC</b>
ZPL 3 x ZPL 4	13,55	12,95	14,40	13,65	13,00	14,40	<b>13,66</b>	<b>AB</b>
ZPL 3 x ZPL 5	12,05	12,75	12,75	12,30	12,95	12,75	<b>12,59</b>	<b>BCDEFG</b>
ZPL 3 x ZPL 6	12,05	12,95	12,45	11,85	12,75	12,25	<b>12,38</b>	<b>DEFG</b>
ZPL 3 x ZPL 7	11,65	13,10	11,75	11,75	13,15	11,10	<b>12,08</b>	<b>EFG</b>
ZPL 4 x ZPL 5	14,15	12,60	14,25	14,00	12,40	14,25	<b>13,61</b>	<b>ABC</b>
ZPL 4 x ZPL 6	13,95	13,85	13,95	14,20	13,65	13,80	<b>13,90</b>	<b>A</b>
ZPL 4 x ZPL 7	13,15	13,95	12,75	13,00	13,75	12,50	<b>13,18</b>	<b>ABCDE</b>
ZPL 5 x ZPL 6	14,05	13,80	13,15	14,00	13,70	13,25	<b>13,66</b>	<b>AB</b>
ZPL 5 x ZPL 7	12,85	13,40	11,90	12,80	13,20	12,15	<b>12,72</b>	<b>BCDEFG</b>
ZPL 6 x ZPL 7	12,15	12,60	11,25	12,40	12,60	11,10	<b>12,02</b>	<b>FG</b>
<b>LSD 0,76</b>								

## 6. Rezultati i diskusija

Hibrid koji se istakao sa najvišom srednjom vrednošću je bio ZPL4 x ZPL6 (13,90), a najnižu srednju vrednost za ukupan broj listova je imao hibrid ZPL1 x ZPL7 (11,68). Pojedinačne vrednosti su pokazale da je hibrid ZPL2 x ZPL7 imao najvišu vrednost (14,50) za ovu osobinu tokom 2017. godine na lokaciji Zemun Polje iako nije imao najvišu ukupnu srednju vrednost, dok je hibrid ZPL1 x ZPL7 imao najnižu vrednost (11,00) tokom 2018. godine na lokaciji Školsko Dobro.

### 6.1.5. Broj listova iznad gornjeg klipa

Lokacija, genotip i godina x lokacija su veoma značajno uticali na variranje broja listova iznad gornjeg klipa kod linija, dok su kod hibrida na ovu osobinu veoma značajno uticali genotip i lokacija x genotip (Tabela 14). Takođe su inbred linije imale veću varijabilnost za broj listova iznad klipa.

Tabela 14. Značajnost uticaja faktora na variranje broja listova iznad gornjeg klipa hibrida i linija kukuruza prema rezultatima ANOVA

Izvor variranja	Stepeni slobode	Linije	Stepeni slobode	Hibridi
Godina	1	ns	1	ns
Lokacija	2	**	2	ns
Ponavljjanje	2	**	1	**
Genotip	6	**	20	**
Godina x Lokacija	2	**	2	ns
Godina x Genotip	6	ns	20	ns
Lokacija x Genotip	12	ns	40	**
Godina x Lokacija x Genotip	12	ns	40	ns

\*,\*\* - značajno pri  $p < 0,05$ , odnosno  $p < 0,01$ ; ns-nije statistički značajno

U nastavku su prikazane srednje vrednosti za osobinu broj listova iznad gornjeg klipa za inbred linije i hibride (Tabela 15).

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 15. Srednje vrednosti linija i hibrida i test najmanje značajne razlike ( $p < 0,05$ ) za broj listova iznad klipa

GODINA	2017			2018			SREDINA	RANG
	LOKACIJA			LOKACIJA				
GENOTIP	ZP	NS	ŠD	ZP	NS	ŠD		
ZPL 1	5,07	4,77	4,47	5,00	4,77	4,60	<b>4,78</b>	<b>C</b>
ZPL 2	6,23	5,80	5,53	6,17	5,77	5,23	<b>5,79</b>	<b>B</b>
ZPL 3	6,13	5,57	5,80	6,07	5,43	5,67	<b>5,78</b>	<b>B</b>
ZPL 4	6,47	5,83	6,10	6,37	5,77	5,83	<b>6,06</b>	<b>AB</b>
ZPL 5	6,27	5,97	6,07	6,33	5,93	6,03	<b>6,10</b>	<b>AB</b>
ZPL 6	6,93	6,63	6,13	6,80	6,43	5,97	<b>6,48</b>	<b>A</b>
ZPL 7	5,27	5,10	4,77	5,20	4,97	4,83	<b>5,02</b>	<b>C</b>
<b>LSD 0,51</b>								
ZPL 1 x ZPL 2	5,70	5,90	5,25	5,50	5,75	5,40	<b>5,58</b>	<b>FG</b>
ZPL 1 x ZPL 3	5,95	5,90	5,45	5,90	5,80	5,60	<b>5,77</b>	<b>EFG</b>
ZPL 1 x ZPL 4	5,80	5,75	5,80	5,75	5,65	5,70	<b>5,74</b>	<b>EFG</b>
ZPL 1 x ZPL 5	6,15	5,90	5,50	5,95	5,90	5,45	<b>5,81</b>	<b>DEFG</b>
ZPL 1 x ZPL 6	6,05	5,80	6,00	5,85	5,80	5,40	<b>5,82</b>	<b>DEFG</b>
ZPL 1 x ZPL 7	5,60	5,90	5,45	5,55	5,75	5,25	<b>5,58</b>	<b>FG</b>
ZPL 2 x ZPL 3	6,70	6,05	6,05	6,45	5,90	6,00	<b>6,19</b>	<b>BCDE</b>
ZPL 2 x ZPL 4	5,35	6,00	5,25	5,40	5,90	5,10	<b>5,50</b>	<b>G</b>
ZPL 2 x ZPL 5	6,90	6,05	6,50	6,70	6,00	6,30	<b>6,41</b>	<b>ABC</b>
ZPL 2 x ZPL 6	6,35	6,30	5,80	6,35	6,15	5,85	<b>6,13</b>	<b>CDEF</b>
ZPL 2 x ZPL 7	6,65	7,05	6,20	6,50	6,85	6,30	<b>6,59</b>	<b>ABC</b>
ZPL 3 x ZPL 4	6,35	6,40	6,90	6,35	6,25	6,85	<b>6,52</b>	<b>ABC</b>
ZPL 3 x ZPL 5	5,75	6,10	6,75	5,70	6,25	6,55	<b>6,18</b>	<b>BCDE</b>
ZPL 3 x ZPL 6	5,30	6,05	5,75	5,40	5,85	5,90	<b>5,71</b>	<b>EFG</b>
ZPL 3 x ZPL 7	5,65	6,25	5,20	5,40	6,30	5,20	<b>5,67</b>	<b>EFG</b>
ZPL 4 x ZPL 5	6,35	5,90	7,05	6,20	5,75	6,95	<b>6,37</b>	<b>BCD</b>
ZPL 4 x ZPL 6	6,85	6,40	6,90	7,00	6,50	6,80	<b>6,74</b>	<b>AB</b>
ZPL 4 x ZPL 7	6,25	6,35	6,25	6,00	6,20	6,40	<b>6,24</b>	<b>BCDE</b>
ZPL 5 x ZPL 6	6,90	7,20	6,85	7,15	7,00	6,80	<b>6,98</b>	<b>A</b>
ZPL 5 x ZPL 7	6,05	6,55	6,10	6,20	6,35	6,15	<b>6,23</b>	<b>BCDE</b>
ZPL 6 x ZPL 7	6,40	6,20	6,00	6,25	6,20	5,95	<b>6,17</b>	<b>BCDE</b>
<b>LSD 0,39</b>								



## 6. Rezultati i diskusija

Linija ZPL6 je imala najvišu srednju vrednost (6,48) za osobinu broj listova iznad klipa, a linija ZPL1 je imala najnižu srednju vrednost (4,78) za ovu osobinu. Pojedinačno je inbred linija ZPL6 imala najveći broj listova iznad klipa (6,93) na lokaciji Zemun Polje u 2017. godini, a inbred linija ZPL1 najmanji broj listova (4,47) na lokaciji Školsko Dobro u 2017. godini. U istraživanjima od strane Kravić i sar. (2015) broj listova iznad klipa kod inbred linija se kretao od 4,1 do 6,5.

Hibrid ZPL5 x ZPL6 je imao najveću srednju vrednost broja listova iznad klipa (6,98), a hibrid ZPL2 x ZPL4 najmanju srednju vrednost (5,50) za ovu osobinu. Najviša vrednost broja listova iznad klipa je bila na lokaciji Novi Sad u 2017. godini kod hibrida ZPL5 x ZPL6 (7,20), a najniža na lokaciji Školsko Dobro u 2018. godini kod hibrida ZPL2 x ZPL4 (5,10). Pošto je inbred linija ZPL5 imala najvišu vrednost za broj listova iznad klipa, ona je i u ukrštanjima dala hibride sa visokim vrednostima za ovu osobinu.

Bode i sar. (2012) su ispitivali morfološke osobine kod 18 inbred linija i hibrida kukuruza gde su za broj listova iznad klipa dobili ukupnu srednju vrednost 6,1.

### 6.1.6. Dužina klipa

U nastavku je prikazan uticaj faktora na variranje dužine klipa kod različitih genotipova (Tabela 16). Kod inbred linija na variranje dužine klipa utiču godina, genotip, godina x lokacija i godina x genotip. Kod hibrida su na variranje dužine klipa na nivou  $p < 0,01$  uticali godina, lokacija, genotip, godina x lokacija, godina x genotip, a na nivou  $p < 0,05$  su na dužinu klipa uticali lokacija x genotip kao i godina x lokacija x genotip. Hibridi su imali veću varijabilnost dužine klipa nego inbred linije.

Tabela 16. Značajnost uticaja faktora na variranje dužine klipa (cm) hibrida i linija kukuruza prema rezultatima ANOVA

Izvor variranja	Stepeni slobode	Linije	Stepeni slobode	Hibridi
Godina	1	**	1	**
Lokacija	2	ns	2	**
Ponavljanje	2	ns	1	ns
Genotip	6	**	20	**
Godina x Lokacija	2	**	2	**
Godina x Genotip	6	**	20	**
Lokacija x Genotip	12	ns	40	*
Godina x Lokacija x Genotip	12	ns	40	*

\*,\*\* - značajno pri  $p < 0,05$ , odnosno  $p < 0,01$ ; ns-nije statistički značajno

## 6. Rezultati i diskusija

---

Rezultati pokazuju da su srednje vrednosti za dužinu klipa kod inbred linija bile u opsegu od 12,16 cm (ZPL6) do 16,56 cm (ZPL7) (Tabela 17).

Inbred linija ZPL7 je imala visoke vrednosti dužine klipa na svim lokacijama i u obe godine, osim u Novom Sadu tokom 2017. godine (15,20 cm). Najviša vrednost za ovu liniju je bila na lokaciji Školsko Dobro u 2018. godini (17,30 cm). Linija ZPL5 ima najnižu vrednost za dužinu klipa na lokaciji Novi Sad u 2017. godini (10,13 cm).

Srednje vrednosti dužine klipa kod hibrida su se kretale od 15,40 cm do 21,91 cm. Hibrid ZPL2 x ZPL7 je imao najveću srednju vrednost za ovu osobinu (21,91 cm) kao i pojedinačnu na lokaciji Zemun Polje u 2018. godini (22,25 cm).

Hibrid ZPL5 x ZPL6 je imao najmanju srednju vrednost za dužinu klipa (15,40 cm), a pojedinačno gledano najmanja vrednost je bila na lokaciji Novi Sad tokom 2017. godine (13,65 cm). Lashkari i sar. (2011) su merili dužinu klipa hibrida kukuruza pri različitim gustinama setve i zabeležili da se ona kretala od 17,9 cm pri gušćoj setvi do 19,6 cm pri ređoj setvi.

Inbred linija ZPL7 je imala najviše vrednosti, a inbred linija ZPL5 najniže vrednosti za osobinu dužina klipa i shodno tome su u ukrštanjima sa drugim linijama dale visoke i niske vrednosti ove osobine.

Spasić i sar. (2018) navode da je među proučavanim genotipovima bilo značajnih variranja u dužini klipa po godinama. Takođe navode da je vodni režim tokom vegetacionog perioda značajno uticao na dužinu klipa koja je imala prosečnu vrednost od 26,9 cm.

Branković-Radojčić (2006) u svojim istraživanjima navodi da su klipovi u različitim uslovima sredine imali različitu dužinu klipa, gde je klip kukuruza kod svih ispitivanih hibrida bio kraći u stresnoj godini. Srednje vrednosti su se kretale od 19,27 cm u sušnoj godini do 21,15 cm u godini sa povoljnijim uslovima.

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 17. Srednje vrednosti linija i hibrida i test najmanje značajne razlike ( $p < 0,05$ ) za dužinu klipa (cm)

GODINA	2017			2018			SREDINA	RANG
	LOKACIJA			LOKACIJA				
GENOTIP	ZP	NS	ŠD	ZP	NS	ŠD		
ZPL 1	13,30	14,40	14,37	17,77	15,57	15,83	<b>15,21</b>	<b>AB</b>
ZPL 2	14,70	10,50	12,93	16,37	15,87	15,97	<b>14,39</b>	<b>BC</b>
ZPL 3	15,60	14,87	15,63	16,50	15,83	15,53	<b>15,66</b>	<b>AB</b>
ZPL 4	11,80	12,23	12,17	16,47	15,80	15,37	<b>13,97</b>	<b>BCD</b>
ZPL 5	12,90	10,13	12,07	15,17	14,53	14,20	<b>13,17</b>	<b>CDEFG</b>
ZPL 6	11,40	10,43	11,30	14,43	12,90	12,50	<b>12,16</b>	<b>DEFG</b>
ZPL 7	17,10	15,20	16,47	17,10	16,20	17,30	<b>16,56</b>	<b>A</b>
							<b>LSD 1,84</b>	
ZPL 1 x ZPL 2	19,55	17,40	18,55	20,75	20,35	18,20	<b>19,13</b>	<b>BCDEFGH</b>
ZPL 1 x ZPL 3	21,05	20,00	20,70	20,70	20,40	21,40	<b>20,71</b>	<b>ABC</b>
ZPL 1 x ZPL 4	19,85	19,60	19,60	21,80	20,60	20,75	<b>20,37</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 1 x ZPL 5	18,60	19,80	19,35	20,95	19,45	19,30	<b>19,58</b>	<b>BCDEFG</b>
ZPL 1 x ZPL 6	18,75	19,00	18,95	19,40	18,50	18,40	<b>18,83</b>	<b>DEFGH</b>
ZPL 1 x ZPL 7	20,70	21,05	21,00	22,10	20,70	19,30	<b>20,81</b>	<b>AB</b>
ZPL 2 x ZPL 3	20,00	19,90	19,80	20,65	20,25	20,25	<b>20,14</b>	<b>ABCDE</b>
ZPL 2 x ZPL 4	19,45	19,75	19,70	21,90	19,95	20,90	<b>20,28</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 2 x ZPL 5	18,60	19,75	19,15	21,15	19,90	19,55	<b>19,68</b>	<b>BCDEF</b>
ZPL 2 x ZPL 6	19,20	19,15	19,25	21,45	19,30	20,25	<b>19,77</b>	<b>BCDE</b>
ZPL 2 x ZPL 7	22,05	21,45	21,90	22,25	22,05	21,75	<b>21,91</b>	<b>A</b>
ZPL 3 x ZPL 4	19,05	18,55	18,85	20,10	20,40	21,10	<b>19,68</b>	<b>BCDEF</b>
ZPL 3 x ZPL 5	16,60	14,70	15,80	22,40	17,35	17,90	<b>17,46</b>	<b>H</b>
ZPL 3 x ZPL 6	15,85	16,90	16,50	22,00	16,90	18,95	<b>17,85</b>	<b>FGH</b>
ZPL 3 x ZPL 7	19,85	19,00	19,35	22,00	19,25	19,55	<b>19,83</b>	<b>BCDE</b>
ZPL 4 x ZPL 5	17,80	18,25	18,05	18,95	18,35	18,50	<b>18,32</b>	<b>EFGH</b>
ZPL 4 x ZPL 6	14,85	18,15	16,55	19,85	18,15	19,15	<b>17,78</b>	<b>GH</b>
ZPL 4 x ZPL 7	20,35	20,55	20,25	21,00	20,50	19,80	<b>20,41</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 5 x ZPL 6	14,50	13,65	14,25	16,25	16,80	16,95	<b>15,40</b>	<b>I</b>
ZPL 5 x ZPL 7	18,80	18,95	18,90	20,45	18,20	19,65	<b>19,16</b>	<b>BCDEFGH</b>
ZPL 6 x ZPL 7	18,75	18,95	18,65	19,55	19,15	18,20	<b>18,88</b>	<b>CDEFGH</b>
							<b>LSD 1,26</b>	

### 6.1.7. Broj redova zrna

Prikazani su rezultati analize varijanse za osobinu broj redova zrna kod inbred linija i hibrida kukuruza (Tabela 18). Kod inbred linija su svi faktori uticali značajno i veoma značajno osim interakcija lokacija x genotip i godina x lokacija x genotip. Kod hibrida jedino interakcija godina x lokacija x genotip nije statistički značajno uticala na variranje broja redova zrna.

Tabela 18. Značajnost uticaja faktora na variranje broja redova zrna hibrida i linija kukuruza prema rezultatima ANOVA

Izvor variranja	Stepeni slobode	Linije	Stepeni slobode	Hibridi
Godina	1	**	1	**
Lokacija	2	**	2	**
Ponavljanje	2	*	1	ns
Genotip	6	**	20	**
Godina x Lokacija	2	**	2	**
Godina x Genotip	6	**	20	**
Lokacija x Genotip	12	ns	40	**
Godina x Lokacija x Genotip	12	ns	40	ns

\*,\*\* - značajno pri  $p < 0,05$ , odnosno  $p < 0,01$ ; ns-nije statistički značajno

Linija sa najvećom srednjom vrednošću za broj redova zrna je bila ZPL6 (19,24), a sa najmanjom srednjom vrednošću za broj redova zrna ZPL2 (12,79) (Tabela 19).

Na lokaciji Novi Sad u 2017. godini linija ZPL2 je imala najmanji broj redova zrna (11,93), a linija ZPL6 na lokaciji Zemun Polje u 2018. godini najveći broj redova zrna (20,07).

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 19. Srednje vrednosti linija i hibrida i test najmanje značajne razlike ( $p < 0,05$ ) za broj redova zrna

GODINA	2017			2018			SREDINA	RANG
	LOKACIJA			LOKACIJA				
GENOTIP	ZP	NS	ŠD	ZP	NS	ŠD		
ZPL 1	13,20	14,80	14,47	15,10	13,87	15,07	<b>14,42</b>	<b>C</b>
ZPL 2	12,27	11,93	12,50	13,53	13,00	13,53	<b>12,79</b>	<b>D</b>
ZPL 3	14,80	14,60	15,00	15,07	14,40	14,33	<b>14,70</b>	<b>C</b>
ZPL 4	14,20	13,40	14,13	17,20	16,11	16,00	<b>15,17</b>	<b>C</b>
ZPL 5	15,47	16,00	16,20	17,53	17,00	17,27	<b>16,58</b>	<b>B</b>
ZPL 6	19,27	18,47	19,27	20,07	19,07	19,33	<b>19,24</b>	<b>A</b>
ZPL 7	12,77	13,40	13,47	14,33	12,87	13,40	<b>13,37</b>	<b>D</b>
<b>LSD 0,98</b>								
ZPL 1 x ZPL 2	13,70	13,50	13,70	13,40	12,80	13,40	<b>13,42</b>	<b>J</b>
ZPL 1 x ZPL 3	17,50	17,60	17,40	15,60	16,00	14,80	<b>16,48</b>	<b>DEF</b>
ZPL 1 x ZPL 4	18,60	18,70	18,90	18,40	18,80	15,80	<b>18,20</b>	<b>B</b>
ZPL 1 x ZPL 5	18,65	18,20	18,40	17,70	17,60	16,40	<b>17,83</b>	<b>BC</b>
ZPL 1 x ZPL 6	18,50	17,70	18,65	16,30	16,00	15,20	<b>17,06</b>	<b>BCDE</b>
ZPL 1 x ZPL 7	16,60	16,70	16,50	15,40	15,40	15,00	<b>15,93</b>	<b>EFGH</b>
ZPL 2 x ZPL 3	15,00	15,10	15,20	14,80	13,80	14,80	<b>14,78</b>	<b>HI</b>
ZPL 2 x ZPL 4	14,60	14,30	14,50	15,70	15,30	14,50	<b>14,82</b>	<b>HI</b>
ZPL 2 x ZPL 5	15,20	15,50	15,40	15,70	15,60	15,30	<b>15,45</b>	<b>FGHI</b>
ZPL 2 x ZPL 6	16,30	16,40	16,30	16,60	16,10	15,40	<b>16,18</b>	<b>EFG</b>
ZPL 2 x ZPL 7	14,10	13,90	14,15	14,90	14,60	14,70	<b>14,39</b>	<b>IJ</b>
ZPL 3 x ZPL 4	18,20	18,00	18,00	17,70	18,20	16,50	<b>17,77</b>	<b>BC</b>
ZPL 3 x ZPL 5	17,40	17,40	17,20	16,00	17,00	15,70	<b>16,78</b>	<b>CDE</b>
ZPL 3 x ZPL 6	18,60	19,00	19,00	15,50	18,10	16,60	<b>17,80</b>	<b>BC</b>
ZPL 3 x ZPL 7	14,90	15,00	15,15	16,30	14,70	14,50	<b>15,09</b>	<b>GHI</b>
ZPL 4 x ZPL 5	17,60	17,20	17,50	17,90	17,60	16,70	<b>17,42</b>	<b>BCD</b>
ZPL 4 x ZPL 6	19,40	20,50	20,00	19,00	19,70	18,40	<b>19,50</b>	<b>A</b>
ZPL 4 x ZPL 7	16,50	16,60	16,50	16,50	15,80	16,23	<b>16,35</b>	<b>DEF</b>
ZPL 5 x ZPL 6	19,00	19,80	19,50	19,00	19,40	19,80	<b>19,42</b>	<b>A</b>
ZPL 5 x ZPL 7	16,30	16,50	16,60	16,50	15,70	15,50	<b>16,18</b>	<b>EFG</b>
ZPL 6 x ZPL 7	17,10	17,50	17,10	16,60	16,80	17,10	<b>17,03</b>	<b>BCDE</b>
<b>LSD 0,81</b>								

## 6. Rezultati i diskusija

Kombinacije sa najvećim brojem redova zrna su bile ZPL4 x ZPL6 (19,50) i ZPL5 x ZPL6 (19,42). Pojedinačno gledano hibrid ZPL4 x ZPL6 je imao najveću vrednost za ovu osobinu na lokaciji Novi Sad tokom 2017. godine. Najmanju srednju vrednost je imala kombinacija ZPL1 x ZPL2 (13,42), kao i pojedinačno gledano na lokaciji Novi Sad u 2018. godini (12,80). Linije ZPL1 i ZPL2 pripadaju *Lancaster* heterotičnoj grupi i karakterišu se dužim klipom sa manjim prečnikom, tj. manjim brojem redova zrna. BSSS i Nezavisni izvor imaju klipove sa većim brojem redova zrna. Ovde se takođe ističe inbred linija ZPL6 sa najvišim vrednostima ove osobine, pojedinačno kao i u hibridu. Čamdžija i sar. (2012) su u svojim istraživanjima zabeležili da se broj redova zrna kretao od 13,61 do 17,25. Takođe su istakli da najviše vrednosti za broj redova zrna imaju hibridi grupe zrenja FAO 500. Duvick (2005) tvrdi da se u savremenom oplemenjivanju teži ka stvaranju hibrida sa većim brojem redova zrna na klipu. Branković-Radojčić (2006) u svom istraživanju ističe da prosečne vrednosti za broj redova zrna nisu mnogo varirale između godina (16,3-16,5), kao ni između lokaliteta (15,9-16,9).

### 6.1.8. Broj zrna u redu

U nastavku je prikazana značajnost faktora za inbred linije i hibride na variranje broja zrna u redu (Tabela 20). Kod inbred linija su na variranje ove osobine značajno uticali godina, genotip, godina x lokacija i godina x genotip. Kod hibrida su svi faktori uticali značajno i veoma značajno na variranje broja zrna u redu. Kod hibrida je bila veća varijabilnost za broj zrna u redu nego kod inbred linija.

Tabela 20. Značajnost uticaja faktora na variranje broja zrna u redu hibrida i linija kukuruza u prema rezultatima ANOVA

Izvor variranja	Stepeni slobode	Linije	Stepeni slobode	Hibridi
Godina	1	**	1	**
Lokacija	2	ns	2	**
Ponavljanje	2	ns	1	ns
Genotip	6	**	20	**
Godina x Lokacija	2	**	2	**
Godina x Genotip	6	**	20	*
Lokacija x Genotip	12	ns	40	*
Godina x Lokacija x Genotip	12	ns	40	*

\*,\*\* - značajno pri  $p < 0,05$ , odnosno  $p < 0,01$ ; ns-nije statistički značajno

Srednje vrednosti za linije i hibride za broj zrna u redu prikazane u nastavku (Tabela 21).

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 21. Srednje vrednosti linija i hibrida i test najmanje značajne razlike ( $p < 0,05$ ) za broj zrna u redu

GODINA	2017			2018			SREDINA	RANG
	LOKACIJA			LOKACIJA				
GENOTIP	ZP	NS	ŠD	ZP	NS	ŠD		
ZPL 1	20,67	23,53	22,51	37,20	33,15	34,33	<b>28,57</b>	A
ZPL 2	18,77	22,08	20,98	30,80	32,43	33,00	<b>26,34</b>	AB
ZPL 3	20,87	20,92	21,38	32,22	29,83	28,90	<b>25,69</b>	AB
ZPL 4	16,40	16,47	17,00	31,02	29,42	28,45	<b>23,13</b>	AB
ZPL 5	20,70	18,93	20,16	31,20	29,23	27,57	<b>24,63</b>	AB
ZPL 6	19,30	17,67	18,93	27,93	25,48	23,73	<b>22,17</b>	B
ZPL 7	22,77	19,85	21,80	30,55	28,57	31,48	<b>25,84</b>	AB
							<b>LSD 5,71</b>	
ZPL 1 x ZPL 2	40,63	35,38	38,20	46,15	44,00	41,28	<b>40,94</b>	ABCDEF
ZPL 1 x ZPL 3	40,33	40,63	40,30	42,38	45,50	46,38	<b>42,58</b>	ABCD
ZPL 1 x ZPL 4	39,58	39,13	39,56	49,30	44,98	45,33	<b>42,98</b>	ABC
ZPL 1 x ZPL 5	40,88	42,70	41,74	49,53	44,43	44,80	<b>44,01</b>	ABC
ZPL 1 x ZPL 6	37,75	35,63	36,40	41,88	40,60	41,13	<b>38,90</b>	BCDEFG
ZPL 1 x ZPL 7	38,25	38,88	38,66	47,35	42,55	39,05	<b>40,79</b>	ABCDEF
ZPL 2 x ZPL 3	39,38	39,43	39,35	44,38	42,75	45,90	<b>41,86</b>	ABCDE
ZPL 2 x ZPL 4	38,63	39,10	38,86	47,05	42,98	42,75	<b>41,56</b>	ABCDEF
ZPL 2 x ZPL 5	40,95	42,70	41,78	49,35	46,40	47,55	<b>44,79</b>	AB
ZPL 2 x ZPL 6	40,43	36,65	38,75	46,10	42,98	44,25	<b>41,53</b>	ABCDEF
ZPL 2 x ZPL 7	43,88	42,58	43,43	47,73	50,33	49,23	<b>46,19</b>	A
ZPL 3 x ZPL 4	31,88	29,90	30,89	39,23	40,63	40,88	<b>35,56</b>	FGHI
ZPL 3 x ZPL 5	30,70	28,03	29,31	46,73	32,05	34,95	<b>33,63</b>	GHI
ZPL 3 x ZPL 6	27,35	28,88	28,06	45,48	30,90	37,98	<b>33,11</b>	GHI
ZPL 3 x ZPL 7	36,30	34,15	35,43	45,18	38,60	42,88	<b>38,75</b>	BCDEFG
ZPL 4 x ZPL 5	33,35	35,20	34,28	39,80	37,45	39,18	<b>36,54</b>	DEFGH
ZPL 4 x ZPL 6	27,65	28,53	28,20	36,90	34,83	36,65	<b>32,13</b>	HI
ZPL 4 x ZPL 7	34,33	44,48	39,61	43,18	41,08	39,35	<b>40,34</b>	ABCDEF
ZPL 5 x ZPL 6	26,18	26,65	26,61	32,30	33,03	34,50	<b>29,88</b>	I
ZPL 5 x ZPL 7	34,10	36,18	35,35	43,45	37,68	40,45	<b>37,87</b>	CDEFGH
ZPL 6 x ZPL 7	32,73	34,03	33,15	39,30	40,03	35,80	<b>35,84</b>	EFGHI
							<b>LSD 4,26</b>	

## 6. Rezultati i diskusija

Najveću srednju vrednost je imala inbred linija ZPL1 (28,57), a najmanju linija ZPL6 (22,17), dok vrednosti ostalih linija nisu mnogo varirale. Najveći broj zrna u redu je imala linija ZPL1 na lokaciji Zemun Polje u 2018. godini (37,20), a najmanju vrednost linija ZPL4 na lokaciji Zemun Polje u 2017. godini (16,40).

Srednje vrednosti hibrida za broj zrna u redu su se kretale od 29,88 (ZPL5 x ZPL6) do 46,19 (ZPL2 x ZPL7). Gledano po lokacijama i godinama, sa najvećim brojem zrna u redu istakla se hibridna kombinacija ZPL2 x ZPL7 (50,33) na lokaciji Novi Sad u 2018. godini, a sa najmanjim brojem zrna u redu kombinacija ZPL5 x ZPL6 u 2017. godini na lokaciji Zemun Polje (26,18). Broj zrna u redu je direktno povezan sa dužinom klipa, što je isto u svojim istraživanjima dobila Branković-Radojčić (2006). Čamdžija i sar. (2012) su ispitivali prinos i komponente prinosa hibrida različitih grupa zrenja i u svojim istraživanjima zabeležili da se broj zrna u redu kretao od 37,64 do 47,88. Stojaković (2006) ističe da je prilikom oplemenjivanja kukuruza na veći prinos poželjno da na klip u bude manji broj zrna u redu. Orlyan i sar. (1999) su utvrdili da su najvažnije osobine koje utiču na prinos zrna kao kompleksnu osobinu ustvari broj redova zrna i broj zrna u redu.

### 6.1.9. Dubina zrna

Prema rezultatima ANOVA (Tabela 22) prikazana je značajnost uticaja faktora na variranje dubine zrna za ispitivane genotipove. Kod inbred linija statistički značajan uticaj su imali godina, lokacija, genotip, godina x lokacija i lokacija x genotip, a kod hibrida su statistički značajan uticaj imali godina, lokacija, genotip, godina x lokacija i godina x genotip.

Tabela 22. Značajnost uticaja faktora na variranje dubine zrna (cm) hibrida i linija kukuruza prema rezultatima ANOVA

Izvor variranja	Stepeni slobode	Linije	Stepeni slobode	Hibridi
Godina	1	**	1	**
Lokacija	2	*	2	**
Ponavljanje	2	ns	1	ns
Genotip	6	**	20	**
Godina x Lokacija	2	**	2	**
Godina x Genotip	6	ns	20	**
Lokacija x Genotip	12	**	40	ns
Godina x Lokacija x Genotip	12	ns	40	ns

\*,\*\* - značajno pri  $p < 0,05$ , odnosno  $p < 0,01$ ; ns-nije statistički značajno



## 6. Rezultati i diskusija

Srednje vrednosti genotipova i test najmanje značajne razlike za osobinu dubina zrna prikazani su u nastavku (Tabela 23). Srednje vrednosti inbred linija su rangirane od 1,39 cm (ZPL7) do 1,75 cm (ZPL6). Linija ZPL7 je imala vidno niže vrednosti u 2017. godini u odnosu na 2018. godinu na sve tri lokacije. Linija ZPL2 je imala najvišu vrednost na lokaciji Zemun Polje tokom 2018. godine (1,93 cm).

Tabela 23. Srednje vrednosti linija i hibrida i test najmanje značajne razlike ( $p < 0,05$ ) za dubinu zrna (cm)

GODINA	2017			2018			SREDINA	RANG
	LOKACIJA			LOKACIJA				
GENOTIP	ZP	NS	ŠD	ZP	NS	ŠD		
ZPL 1	1,16	1,31	1,37	1,90	1,65	1,44	<b>1,47</b>	<b>BC</b>
ZPL 2	1,37	1,52	1,35	1,93	1,56	1,59	<b>1,55</b>	<b>ABC</b>
ZPL 3	1,34	1,18	1,30	1,69	1,41	1,56	<b>1,41</b>	<b>C</b>
ZPL 4	1,39	1,39	1,64	1,72	1,94	1,80	<b>1,65</b>	<b>AB</b>
ZPL 5	1,37	1,41	1,44	1,82	1,64	1,68	<b>1,56</b>	<b>ABC</b>
ZPL 6	1,74	1,56	1,67	1,91	1,78	1,83	<b>1,75</b>	<b>A</b>
ZPL 7	1,14	1,13	1,19	1,64	1,60	1,61	<b>1,39</b>	<b>C</b>
<b>LSD 0,23</b>								
ZPL 1 x ZPL 2	1,61	1,56	1,74	2,26	2,05	1,87	<b>1,85</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 1 x ZPL 3	1,91	1,79	2,10	2,29	1,69	2,06	<b>1,97</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 1 x ZPL 4	2,09	2,01	2,05	2,38	2,11	2,10	<b>2,12</b>	<b>A</b>
ZPL 1 x ZPL 5	1,95	1,68	2,07	2,46	2,04	2,21	<b>2,07</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 1 x ZPL 6	1,93	1,89	1,89	2,10	1,90	1,98	<b>1,95</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 1 x ZPL 7	1,58	1,61	1,49	2,08	1,92	1,84	<b>1,75</b>	<b>D</b>
ZPL 2 x ZPL 3	1,66	1,78	1,67	2,35	1,90	2,13	<b>1,91</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 2 x ZPL 4	2,11	2,03	2,12	2,16	1,84	1,77	<b>2,00</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 2 x ZPL 5	1,94	2,04	1,84	2,53	1,91	2,04	<b>2,05</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 2 x ZPL 6	2,11	1,92	2,06	2,36	2,11	2,00	<b>2,09</b>	<b>AB</b>
ZPL 2 x ZPL 7	1,80	1,69	1,94	2,51	2,26	2,34	<b>2,09</b>	<b>ABC</b>
ZPL 3 x ZPL 4	1,74	1,87	2,00	2,14	1,97	2,03	<b>1,96</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 3 x ZPL 5	1,67	1,55	1,51	2,19	1,84	1,86	<b>1,77</b>	<b>CD</b>
ZPL 3 x ZPL 6	1,82	1,81	1,96	2,20	1,88	1,76	<b>1,90</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 3 x ZPL 7	1,56	1,48	1,77	2,15	1,84	1,85	<b>1,77</b>	<b>CD</b>
ZPL 4 x ZPL 5	1,85	1,95	1,90	2,19	2,01	2,01	<b>1,98</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 4 x ZPL 6	1,92	2,07	2,19	2,27	2,07	2,11	<b>2,10</b>	<b>A</b>
ZPL 4 x ZPL 7	1,88	1,82	1,85	2,19	2,07	2,04	<b>1,97</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 5 x ZPL 6	1,69	1,80	1,95	1,88	1,77	1,83	<b>1,82</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 5 x ZPL 7	1,64	1,74	1,89	2,08	1,83	1,74	<b>1,82</b>	<b>ABCD</b>
ZPL 6 x ZPL 7	1,72	1,59	1,45	2,07	1,93	1,92	<b>1,78</b>	<b>BCD</b>
<b>LSD 0,22</b>								

## 6. Rezultati i diskusija

Kod hibrida su najviše srednje vrednosti za dubinu zrna imale hibridne kombinacije ZPL1 x ZPL4 (2,12 cm) i ZPL4 x ZPL6 (2,10 cm). Najnižu srednju vrednost je imala kombinacija ZPL1 x ZPL7 (1,75 cm). Uzimajući u obzir pojedinačne vrednosti, hibrid ZPL1 x ZPL4 je imao najveću vrednost za dubinu zrna na lokaciji Zemun Polje u 2018. godini, a hibrid ZPL6 x ZPL7 najmanju vrednost za dubinu zrna na lokaciji Školsko Dobro u 2017. godini.

Čamdžija (2014) je u svom istraživanju zabeležio srednje vrednosti za dubinu zrna koje su se kretale od 0,94 do 1,23 cm.

### 6.1.10. Masa 1000 zrna

Na variranje mase 1000 zrna kod inbred linija su statistički značajno uticali godina, lokacija, ponavljanje, genotip i godina x lokacija. Kod hibrida su statistički značajno uticali godina, lokacija, ponavljanje, genotip, godina x lokacija i godina x genotip (Tabela 24). Kod hibrida je bilo veće variranje faktora za ovu osobinu nego kod inbred linija.

Tabela 24. Značajnost uticaja faktora na variranje mase 1000 zrna (g) hibrida i linija kukuruza prema rezultatima ANOVA

Izvor variranja	Stepeni slobode	Linije	Stepeni slobode	Hibridi
Godina	1	**	1	**
Lokacija	2	**	2	**
Ponavljanje	2	*	1	**
Genotip	6	**	20	**
Godina x Lokacija	2	**	2	**
Godina x Genotip	6	ns	20	**
Lokacija x Genotip	12	ns	40	ns
Godina x Lokacija x Genotip	12	ns	40	ns

\*,\*\* - značajno pri  $p < 0,05$ , odnosno  $p < 0,01$ ; ns-nije statistički značajno

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 25. Srednje vrednosti linija i hibrida i test najmanje značajne razlike ( $p < 0,05$ ) za masu 1000 zrna (kg)

GODINA	2017			2018			SREDINA	RANG
	LOKACIJA			LOKACIJA				
GENOTIP	ZP	NS	ŠD	ZP	NS	ŠD		
ZPL 1	0,15	0,23	0,24	0,35	0,29	0,24	<b>0,25</b>	<b>B</b>
ZPL 2	0,23	0,23	0,27	0,41	0,28	0,26	<b>0,28</b>	<b>AB</b>
ZPL 3	0,24	0,20	0,26	0,37	0,27	0,32	<b>0,28</b>	<b>AB</b>
ZPL 4	0,28	0,27	0,31	0,40	0,32	0,33	<b>0,32</b>	<b>A</b>
ZPL 5	0,23	0,25	0,26	0,35	0,25	0,25	<b>0,26</b>	<b>AB</b>
ZPL 6	0,25	0,23	0,28	0,35	0,24	0,29	<b>0,27</b>	<b>AB</b>
ZPL 7	0,26	0,28	0,27	0,40	0,33	0,32	<b>0,31</b>	<b>AB</b>
<b>LSD 0,06</b>								
ZPL 1 x ZPL 2	0,25	0,28	0,28	0,44	0,39	0,31	<b>0,32</b>	<b>AB</b>
ZPL 1 x ZPL 3	0,29	0,25	0,29	0,46	0,28	0,34	<b>0,32</b>	<b>AB</b>
ZPL 1 x ZPL 4	0,30	0,29	0,31	0,41	0,39	0,32	<b>0,34</b>	<b>AB</b>
ZPL 1 x ZPL 5	0,24	0,26	0,24	0,43	0,31	0,32	<b>0,30</b>	<b>AB</b>
ZPL 1 x ZPL 6	0,25	0,26	0,26	0,39	0,31	0,31	<b>0,30</b>	<b>AB</b>
ZPL 1 x ZPL 7	0,25	0,26	0,28	0,41	0,32	0,33	<b>0,31</b>	<b>AB</b>
ZPL 2 x ZPL 3	0,30	0,31	0,32	0,47	0,36	0,31	<b>0,35</b>	<b>AB</b>
ZPL 2 x ZPL 4	0,38	0,36	0,38	0,41	0,33	0,31	<b>0,36</b>	<b>A</b>
ZPL 2 x ZPL 5	0,28	0,29	0,29	0,44	0,31	0,31	<b>0,32</b>	<b>AB</b>
ZPL 2 x ZPL 6	0,34	0,29	0,33	0,40	0,30	0,37	<b>0,34</b>	<b>AB</b>
ZPL 2 x ZPL 7	0,31	0,28	0,31	0,41	0,40	0,42	<b>0,35</b>	<b>AB</b>
ZPL 3 x ZPL 4	0,31	0,31	0,34	0,41	0,32	0,34	<b>0,34</b>	<b>AB</b>
ZPL 3 x ZPL 5	0,25	0,20	0,25	0,40	0,35	0,36	<b>0,30</b>	<b>AB</b>
ZPL 3 x ZPL 6	0,25	0,25	0,27	0,42	0,28	0,37	<b>0,31</b>	<b>AB</b>
ZPL 3 x ZPL 7	0,28	0,21	0,26	0,39	0,35	0,36	<b>0,31</b>	<b>AB</b>
ZPL 4 x ZPL 5	0,28	0,30	0,31	0,40	0,33	0,37	<b>0,33</b>	<b>AB</b>
ZPL 4 x ZPL 6	0,30	0,30	0,32	0,41	0,33	0,37	<b>0,34</b>	<b>AB</b>
ZPL 4 x ZPL 7	0,31	0,29	0,31	0,40	0,32	0,39	<b>0,34</b>	<b>AB</b>
ZPL 5 x ZPL 6	0,25	0,23	0,27	0,30	0,28	0,31	<b>0,27</b>	<b>B</b>
ZPL 5 x ZPL 7	0,26	0,25	0,26	0,37	0,29	0,35	<b>0,30</b>	<b>AB</b>
ZPL 6 x ZPL 7	0,28	0,25	0,26	0,36	0,30	0,33	<b>0,30</b>	<b>AB</b>
<b>LSD 0,06</b>								

## 6. Rezultati i diskusija

---

Test najmanje značajne razlike je na osnovu ranga pokazao da se srednje vrednosti između genotipova za masu 1000 zrna nisu mnogo razlikovale i da su se kod inbred linija kretale od 0,250 kg (ZPL1) do 0,320 kg (ZPL4) (Tabela 25).

Kod hibrida je bila slična situacija gde su se srednje vrednosti kretale od 0,270 kg (ZPL5 x ZPL6) do 0,360 kg (ZPL2 x ZPL4) (Tabela 24). Cvijanović i sar. (2018) su proučavali masu 1000 zrna različitih hibrida u različitim sistemima proizvodnje i dobili da se ona kretala od 0,350-0,390 kg. Wang i sar. (1999) su ispitivali karakteristike 16 hibridnih kombinacija i utvrdili da se broj semena po klipu kretao 542 do 763, a masa 1000 zrna je bila od 0,180 do 0,248 kg.

Odhambo i Compton (1987) su proučavali uticaj sredine na krupnoću semena kukuruza i uticaj krupnoće semena na prinos kukuruza. Time su utvrdili da je selekcija na sitno seme uticala na povećanje broja semena po klipu ali i na smanjenje prinosa, dok selekcija na krupno seme nije značajno uticala na povećanje prinosa. Đukić i sar., (2011) navode da u godinama sa nepovoljnim vremenskim uslovima može doći do redukcije mase 1000 zrna čak i do 30% kod pojedinih genotipova.

Duvick (2005) navodi da se u svetu teži stvaranju hibrida moderne arhitekture, tj. da biljka ima niži habitus, uspravan položaj listova, da klip ima veći broj redova zrna, a manji broj zrna u redu kao i da brzo otpušta vlagu u periodu sazrevanja.

## 6. Rezultati i diskusija

### 6.2. INTERVAL METLIČENJA I SVILANJA (ASI)

Prikazani su rezultati srednjih vrednosti za interval metličjenja i svilanja (ASI) ispitivanih inbred linija i hibrida za obe godine, koji su izraženi u danima (Tabela 26).

Tabela 26. ASI za ispitivane inbred linije i hibride po godinama (dan)

<b>Genotip</b>	<b>ASI 2017</b>	<b>ASI 2018</b>	<b>Prosek</b>
ZPL 1	1	2	1,5
ZPL 2	1	2	1,5
ZPL 3	1	-1	0
ZPL 4	0	1	0,5
ZPL 5	1	1	1
ZPL 6	1	1	1
ZPL 7	1	1	1
<b>Genotip</b>	<b>ASI 2017</b>	<b>ASI 2018</b>	<b>Prosek</b>
ZPL 1 x ZPL 2	1	1	1
ZPL 1 x ZPL 3	2	2	2
ZPL 1 x ZPL 4	2	2	2
ZPL 1 x ZPL 5	1	2	1,5
ZPL 1 x ZPL 6	1	1	1
ZPL 1 x ZPL 7	2	1	1,5
ZPL 2 x ZPL 3	2	2	2
ZPL 2 x ZPL 4	1	2	1,5
ZPL 2 x ZPL 5	2	2	2
ZPL 2 x ZPL 6	1	1	1
ZPL 2 x ZPL 7	2	1	1,5
ZPL 3 x ZPL 4	1	2	1,5
ZPL 3 x ZPL 5	2	1	1,5
ZPL 3 x ZPL 6	2	1	1,5
ZPL 3 x ZPL 7	1	2	1,5
ZPL 4 x ZPL 5	2	1	1,5
ZPL 4 x ZPL 6	2	2	2
ZPL 4 x ZPL 7	2	1	1,5
ZPL 5 x ZPL 6	2	2	2
ZPL 5 x ZPL 7	1	1	1
ZPL 6 x ZPL 7	2	2	2

## 6. Rezultati i diskusija

---

Za ispitivane inbred linije ASI se kretao od 0 do 2 dana u obe godine. U 2017. godini razlika između metličanja i svilanja kod inbred linija je bila 1 dan, a jedino se kod inbred linije ZPL4 u 2017. godini metličanje i svilanje desilo isti dan. U 2018. godini ASI se kretao od -1 do 2. Inbred linija ZPL3 je jedina imala negativnu vrednost jer je izbijanje metlica na biljkama bilo dan ranije u odnosu na izbijanje svile. To se može smatrati negativnom osobinom u oplemenjivanju jer je poželjnije da svila „čeka“ metlicu. Kod savremenih hibrida svila se zapravo pojavljuje pre nego što osipanje polena počne. Ovo je takođe i najranija linija koja je pre svih cvetala. Na osnovu srednjih vrednosti se može uočiti da je najmanje dana između metličanja i svilanja prošlo kod inbred linija ZPL3 i ZPL4 koje pripadaju BSSS izvoru, najviše dana kod inbred linija ZPL1 i ZPL2 koje su potekle iz *Lancaster* izvora, dok se inbred linije ZPL5, ZPL6 i ZPL7 po vrednostima nalaze između ove dve grupe prethodno pomenute i pripadaju Nezavisnom izvoru.

Kod hibrida ASI se kretao od 1 do 2 dana razlike. Vrednosti kod hibrida ne odstupaju mnogo od vrednosti ASI kod inbred linija. Kod inbred linije ZPL3 nije bilo razlike između metličanja i svilanja, dok je kod inbred linije ZPL4 vrednost bila negativna, ali su one u kombinaciji sa ostalim linijama dale pozitivne vrednosti i razliku od 1,5 i 2 dana. Negativnih vrednosti nije bilo kod hibrida.

Kod svih ispitivanih genotipova interval metličanja i svilanja nije prelazio 2 dana što veoma pogoduje u formiranju prinosa, a naročito u godinama praćenim sušom. Edme i Gallaher, (1993) i Čamdžija (2014) navode da je period između metličanja i svilanja koji je veći od 5 dana kritičan u periodu oplodnje kukuruza.

Tvrđnja od strane Bolanos i sar. (1993) da selekcija na manji interval metličanja i svilanja može dovesti do povećanog prinosa zrna se pokazala tačnom u ovom slučaju. Institut za kukuruz Zemun Polje poklanja dosta pažnje selekciji inbred linija na manji interval metličanja i svilanja i tako uspeva da razvije veoma prinodne hibride kukuruza.

Artlip i sar. (1995) ističu da veliki razmak između pojave svile i otpuštanja polena na metlicama može dovesti do manjeg broja formiranih zrna po klipu. S obzirom da su rezultati ASI dosta ujednačeni i da nije bilo velikog razmaka u cvetanju biljaka, ozrnenost klipa nije zavisila od ove osobine.

Čamdžija (2014) je u svojim istraživanjima zabeležio da se ASI kod inbred linija kretao od 0 do 3,8 dana, dok je kod hibrida bio smanjen (0,5 – 2,5 dana) zbog ukrštanja linija sa nižim i višim vrednostima ovog intervala.

### 6.3. HETEROZIS U ODNOSU NA BOLJEG RODITELJA

U ovom delu prikazan je heterozis u odnosu na boljeg roditelja za ispitivane hibride tokom 2017. i 2018. godine (Tabela 27 i 28).

Posmatrajući uporedo obe godine može se uočiti da je tokom 2017. godine heterozis za prinos zrna bio izraženiji nego u 2018. godini. Heterozis za prinos zrna je u 2017. godini bio značajan za sve kombinacije, a u 2018. jedino kombinacija ZPL5 x ZPL6 nije bila značajna jer roditelji pripadaju istoj heterotičnoj grupi i heterozis je mali. Heterozis za prinos zrna je negde izraženiji, a negde nije zbog toga što su u istraživanju korišćeni veoma prinosni komercijalni hiridi ali i oni koji to nisu već su eksperimentalni i deo su ovog istraživanja. Ali svakako su u obe godine najviše vrednosti heterozisa bile za osobinu prinos zrna.

Nivo heterozisa se razlikuje za različite osobine. Vrednosti heterozisa za osobinu visina biljke su bile značajne za sve kombinacije u obe godine. Vrednosti za visinu klipa u 2017. godini nisu bile značajne za 4 kombinacije, a u 2018. nisu bile značajne za 3 kombinacije. Najmanje vrednosti heterozisa u obe godine su bile kod osobina ukupan broj listova i broj listova iznad klipa. Heterozis za ukupan broj listova je imao 4 značajne vrednosti kombinacija u 2017. godini, dok je u 2018. godini bilo značajno 7 kombinacija od kojih su 2 imale značajne negativne vrednosti. Kod broja listova iznad klipa u 2017. godini su bile značajne samo vrednosti heterozisa za 4 kombinacije od kojih su dve bile negativne, a u 2018. godini je bilo značajno 8 kombinacija i od toga su 3 bile sa značajnim negativnim vrednostima. Dužina klipa je u 2017. godini imala 3 kombinacije čije vrednosti nisu bile statistički značajne, dok su u 2018. sve vrednosti bile značajne. Broj redova zrna je imao značajne vrednosti heterozisa za 9 kombinacija u 2017. godini i od toga je jedna imala negativnu vrednost, dok su u 2018. godini vrednosti za 11 kombinacija bile značajne, a od toga su 8 bile sa negativnim vrednostima heterozisa. Za broj zrna u redu su u 2017. godini sve vrednosti kombinacija bile značajne, a u 2018. godini jedino nije bila značajna jedna vrednost kombinacije. Za dubinu zrna značajne vrednosti heterozisa u 2017. godini nisu imale 5 kombinacija, a u 2018. godini 6 kombinacija nisu imale značajne vrednosti. Kod mase 1000 zrna vrednosti 8 kombinacija su bile statistički značajne u 2017. godini, a u 2018. značajne su bile vrednosti 10 kombinacija.

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 27. Heterozis u odnosu na boljeg roditelja za 2017. godinu

Hibrid	PR	VB	VK	BLU	BLK	DK	BRZ	BZR	DZ	M1000
ZPL 1 x ZPL 2	134,54**	11,04**	5,86	-6,27	-4,08	31,93**	-3,69	71,18**	15,82*	9,22*
ZPL 1 x ZPL 3	259,13**	23,19**	27,53**	-3,13	-1,14	33,95**	18,24**	81,75**	50,91**	18,53**
ZPL 1 x ZPL 4	272,91**	23,87**	23,89**	-2,49	-5,71	40,37**	32,34**	77,27**	38,80**	4,30
ZPL 1 x ZPL 5	277,44**	25,53**	23,21**	0,49	-4,10	37,28**	15,91**	87,84**	34,71**	0,91
ZPL 1 x ZPL 6	199,92**	28,56**	40,53**	0,60	-9,39	34,79**	-3,77	64,55**	14,63	0,33
ZPL 1 x ZPL 7	190,10**	19,03**	19,23**	11,42**	12,00**	28,67**	17,27**	73,56**	20,02*	-0,78
ZPL 2 x ZPL 3	239,53**	17,66**	14,25**	7,24	7,02	29,50**	2,03	87,05**	20,73*	27,47**
ZPL 2 x ZPL 4	285,88**	12,34**	9,52*	-6,41	-9,78*	54,46**	3,99	88,56**	41,41**	29,55**
ZPL 2 x ZPL 5	269,79**	28,90**	22,52**	7,77*	6,28	50,79**	-3,29	102,85**	37,25**	16,36*
ZPL 2 x ZPL 6	197,75**	19,69**	16,88**	2,07	-6,35	51,05**	-14,04**	87,32**	22,32*	26,25**
ZPL 2 x ZPL 7	227,87**	26,35**	23,98**	8,03*	13,28**	34,11**	6,35	101,62**	28,16*	12,03*
ZPL 3 x ZPL 4	215,49**	29,37**	24,44**	3,46	6,79	22,45**	22,07**	46,70**	26,87*	11,41*
ZPL 3 x ZPL 5	99,74**	16,51**	13,37**	0,76	1,64	2,17	9,09*	39,38*	11,71	-4,87
ZPL 3 x ZPL 6	113,65**	26,87**	5,31	1,77	-13,20**	6,83	-0,70	33,44*	12,12	1,99
ZPL 3 x ZPL 7	162,76**	25,80**	27,16**	-0,82	-2,29	19,34*	1,46	64,36**	25,61*	-7,03
ZPL 4 x ZPL 5	213,83**	33,55**	33,94**	3,71	4,89	49,45**	9,72*	71,96**	28,79**	2,71
ZPL 4 x ZPL 6	158,05**	25,02**	16,17**	5,61	2,28	36,88**	5,09	50,95**	24,13*	6,48
ZPL 4 x ZPL 7	198,52**	24,93**	3,06	0,80	2,45	25,39**	18,85**	83,83**	25,23*	5,90
ZPL 5 x ZPL 6	88,74*	18,80**	7,70	10,02**	6,35	20,80**	2,28	32,85*	9,21	-1,33
ZPL 5 x ZPL 7	169,66**	24,53**	22,42**	2,37	2,19	15,55	3,64	63,98**	24,48*	-2,97
ZPL 6 x ZPL 7	169,38**	31,61**	15,47**	0,19	-5,58	15,50*	-9,30	55,09**	-4,40	-1,56
<b>Prosek</b>	197,37	23,48	18,88	2,25	0,17	30,57	6,36	69,81	24,31	7,38

\* - značajno pri  $p < 0,05$ ; \*\* - značajno pri  $p < 0,01$ ; PR-prinos; VB-visina biljke; VK-visina klipa; BLU-ukupan broj listova; BLK-broj listova iznad klipa; DK-dužina klipa; BRZ-broj redova zrna; BZR-broj zrna u redu; DZ-dubina zrna; M1000-masa 1000 zrna.



## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 28. Heterozis u odnosu na boljeg roditelja za 2018. godinu

Hibrid	PR	VB	VK	BLU	BLK	DK	BRZ	BZR	DZ	M1000
ZPL 1 x ZPL 2	47,84*	10,97*	4,29	-6,52*	-3,01	20,61**	-10,06**	25,55*	21,48**	19,45**
ZPL 1 x ZPL 3	96,42**	22,70**	30,30**	-1,15	0,78	27,12**	5,39*	28,25*	20,92**	12,88*
ZPL 1 x ZPL 4	84,28**	22,71**	25,10**	-3,05	-4,82	28,44**	7,48*	33,36**	20,55**	6,55
ZPL 1 x ZPL 5	97,72**	23,43**	20,87**	2,13	-5,46	21,42**	-0,19	32,55**	30,35**	20,54**
ZPL 1 x ZPL 6	72,59**	27,68**	37,76**	-2,28	-11,20**	14,51*	-18,76**	18,07*	8,09	15,14*
ZPL 1 x ZPL 7	83,01**	21,01**	27,36**	12,86**	10,33**	22,73**	4,02	23,18*	16,91*	0,83
ZPL 2 x ZPL 3	84,23**	18,90**	15,08**	7,81*	6,89*	26,87**	-0,91	38,23**	25,41**	19,03**
ZPL 2 x ZPL 4	90,27**	16,06**	12,58*	-9,54*	-8,72*	30,19**	-7,73*	37,97**	5,54	0,12
ZPL 2 x ZPL 5	78,65**	29,47**	28,45**	8,35*	3,83	25,73**	-10,04**	48,91**	25,97**	10,80*
ZPL 2 x ZPL 6	74,11**	17,58**	15,82**	2,86	-4,43	26,56**	-17,73**	38,54**	17,05*	11,98*
ZPL 2 x ZPL 7	85,86**	27,73**	26,27**	9,02*	14,47**	30,53**	8,87*	53,04**	39,67**	16,27**
ZPL 3 x ZPL 4	46,17*	26,58**	33,41**	4,45	8,26*	28,69**	6,26	32,74**	12,22*	2,02
ZPL 3 x ZPL 5	49,24*	11,33*	7,95	3,35	1,09	20,44**	-5,98	25,04*	14,40*	16,28**
ZPL 3 x ZPL 6	55,42*	34,01**	23,99**	1,89	-10,68**	20,86**	-14,14**	25,73*	5,55	12,22*
ZPL 3 x ZPL 7	63,79**	25,67**	26,14**	-0,46	-1,55	20,16**	3,88	39,25**	20,21*	439
ZPL 4 x ZPL 5	44,52*	19,32**	19,51**	3,44	3,28	17,14*	0,77	30,98**	13,50*	5,36
ZPL 4 x ZPL 6	49,37*	23,14**	20,50**	5,98	5,73	19,98*	-2,34	21,92*	16,51*	5,83
ZPL 4 x ZPL 7	31,19*	18,74**	18,12**	-0,13	3,53	21,15**	-1,59	36,42**	15,17*	5,23
ZPL 5 x ZPL 6	17,35	11,73*	3,71	11,38**	9,11*	13,90*	-0,46	13,44	-0,78	0,56
ZPL 5 x ZPL 7	56,91*	21,64**	15,43*	3,76	2,19	15,22*	-7,92*	34,19**	9,82	-3,68
ZPL 6 x ZPL 7	42,76*	24,42**	13,80*	0,93	-4,17	12,45*	-13,63**	27,07**	7,00	-6,06
<b>Prosek</b>	64,37	21,66	20,31	2,62	0,74	22,13	-3,56	31,64	16,45	8,37

\* - značajno pri  $p < 0,05$ ; \*\* - značajno pri  $p < 0,01$ ; PR-prinos; VB-visina biljke; VK-visina klipa; BLU-ukupan broj listova; BLK-broj listova iznad klipa; DK-dužina klipa; BRZ-broj redova zrna; BZR-broj zrna u redu; DZ-dubina zrna; M1000-masa 1000 zrna

Najvišu vrednost heterozisa za prinos zrna je imao hibrid ZPL2 x ZPL4 u 2017. godini (285,88%), a najnižu vrednost hibrid ZPL4 x ZPL7 u 2018. godini (31,19%). Hibrid ZPL2 x ZPL4 koji se pokazao kao najprinosniji i sa visokim heterozisom je komercijalni hibrid Instituta za kukuruz „Zemun Polje“. Božović (2018) je u svom istraživanju ispitivao isti taj hibrid koji je takođe imao visok heterozis (150%). Heterozis u odnosu na boljeg roditelja za prinos zrna u istraživanjima Mladenović Drnić i sar. (2012) je varirao od 100,70% do 212,60%. Niži heterozis je bio kod onih hibrida čije roditeljske inbred linije potiču iz istih heterotičnih grupa i obrnuto.

## 6. Rezultati i diskusija

---

Najvišu vrednost heterozisa za visinu biljke imao je hibrid ZPL3 x ZPL6 u 2018. godini (34,01%), a najnižu hibrid ZPL1 x ZPL2 u 2018. godini (10,97%). Negativnih vrednosti nije bilo u obe godine. Alam i sar. (2008) su dobili vrednosti heterozisa za visinu biljke od -10,58% do 11,33%. Negativne vrednosti su poželjne kako bi biljke bile nižeg habitusa. Zhang (2009) je ukrštao roditelje iz dve raličite populacije i dobio prosečan heterozis za visinu biljke 21%.

Najvišu vrednost heterozisa za visinu gornjeg klipa je imao hibrid ZPL1 x ZPL6 (40,53%), a najnižu hibrid ZPL2 x ZPL4 (9,52%) u 2017. godini. Visina klipa obično zavisi od visine biljke i što je biljka niža i klip je niže pozicioniran, jer su ove dve osobine u korelaciji. Alam i sar. (2008) su dobili vrednosti heterozisa za visinu klipa od -8,67% do 10,83%.

Hibrid ZPL1 x ZPL7 je ostvario najvišu vrednost heterozisa za ukupan broj listova u 2018. godini (12,86%), a najmanju hibrid ZPL2 x ZPL3 u 2018. godini (7,81%). U toj istoj godini je bilo i dve kombinacije sa značajnom negativnom vrednošću za ukupan broj listova, ZPL1 x ZPL2 (-6,52%) i ZPL2 x ZPL4 (-9,54%). Iako je hibrid ZPL2 x ZPL4 imao negativnu vrednost za ukupan broj listova, ipak je ostvario najviši prinos s obzirom da je poznato da se sunčeva svetlost preko listova putem fotosinteze pretvara u hranljive materije.

Kod osobine broj listova iznad klipa najvišu vrednost heterozisa je imao hibrid ZPL2 x ZPL7 u 2018. godini (14,47%), a najnižu hibrid ZPL2 x ZPL3 (6,89%) takođe u 2018. godini. Najvišu negativnu vrednost heterozisa za ovu osobinu je imao hibrid ZPL3 x ZPL6 u 2017. godini (-13,20%).

Za dužinu klipa najvišu vrednost heterozisa je imao hibrid ZPL2 x ZPL4 (54,46%) u 2017. godini, a najmanju vrednost je imao hibrid ZPL6 x ZPL7 (12,45%) u 2018. godini. Zhang (2009) je zabeležio u svom istraživanju srednju vrednost heterozisa za dužinu klipa od 30%. Ojo i sar. (2007) su za osobinu dužina klipa dobili vrednosti heterozisa od 0,74 do 43,2%.

Za broj redova zrna najvišu pozitivnu vrednost heterozisa je ostvario hibrid ZPL1 x ZPL4 (32,34%) u 2017. godini, dok je hibrid ZPL1 x ZPL6 ostvario najvišu negativnu vrednost heterozisa u 2018. godini (-18,76%). Najvišu vrednost heterozisa za broj zrna u redu je ostvario hibrid ZPL2 x ZPL5 (102,85%) u 2017. godini, a najmanju hibrid ZPL1 x ZPL6 (18,07%) u 2018. godini. Tesfaye i Sime (2021) su dobili heterozis u odnosu na boljeg roditelja za broj zrna u redu 23,2% do 58,9%.

Za osobinu dubina zrna najvišu vrednost heterozisa je imao hibrid ZPL1 x ZPL3 (50,91%) u 2017. godini, a najmanju hibrid ZPL4 x ZPL5 (13,50%) u 2018. godini. Zhang (2009) je za dubinu zrna dobio vrednost heterozisa 5%.

Vrednosti mase 1000 zrna su bile najviše kod hibrida ZPL2 x ZPL4 (29,55%), a najniže kod hibrida ZPL1 x ZPL2 (9,22%) u 2017. godini. Alam i sar. (2008) su dobili vrednosti heterozisa za masu 1000 zrna od -26,39% do 3,16%.

U istraživanjima Gissa i sar. (2013) svi hibridi su pokazali pozitivne vrednosti heterozisa u odnosu na boljeg roditelja za dužinu klipa, broj zrna u redu i prinos zrna. Niže vrednosti heterozisa su bile kod broja redova zrna i dubine zrna. Ovi autori još navode da su hibridi sa negativnim vrednostima heterozisa za visinu biljke i visinu klipa poželjni jer daju biljku nižeg rasta, što se smatra poželjnom osobinom.

## 6. Rezultati i diskusija

Dosta negativnih vrednosti heterozisa u obe godine je bilo za osobine ukupan broj listova, broj listova iznad klipa, broj redova zrna i masa 1000 zrna. Po ovim rezultatima se vidi da je na prinos uticala manja ozrjenost klipova. Ona nije toliko zavisila od intervala metličenja i svilanja koliko od vremenskih uslova u periodu polinacije.

Sumalini i sar. (2015) su dobili značajne negativne vrednosti heterozisa za broj redova zrna i broj zrna u redu, tako da heterozis za prinos zrna nije bio značajan. Kod ovih autora vrednosti heterozisa za visinu biljke nisu bile značajne dok vrednosti heterozisa za visinu klipa jesu, tako da ove dve vrednosti nisu bile u korelaciji.

### 6.4. KOMBINACIONE SPOSOBNOSTI INBRED LINIJA KUKURUZA

#### 6.4.1. Analiza varijanse kombinacionih sposobnosti samooplodnih linija kukuruza

U ANOVI su izračunate sredine kvadrata opštih (OKS) i posebnih (PKS) kombinacionih sposobnosti ispitivanih inbred linija u 2017. i 2018. godini za sve proučavane osobine (Tabele 29 i 30), kao i njihov odnos (OKS/PKS) koji ukazuje na udeo aditivne i neaditivne komponente genetičke varijanse u ukupnom fenotipskom variranju. U obe godine su za sve osobine zabeležene veoma značajne vrednosti za opšte i posebne kombinacione sposobnosti kod ispitivanih linija.

Tabela 29. Sredine kvadrata opštih (OKS) i posebnih (PKS) kombinacionih sposobnosti ispitivanih linija u 2017. godini izračunate u ANOVI

IZVOR	S. SL.	PR	VB	VK	BLU	BLK	DK	BRZ	BZR	DZ	M1000
OKS	6	15,84**	3081,92**	727,15**	8,98**	2,00**	24,60**	9,63**	88,30**	0,12**	0,01**
PKS	21	30,07**	2829,87**	355,89**	5,80**	1,43**	18,51**	14,89**	111,87**	0,19**	0,00**
GREŠKA	27	1,03	15,83	12,59	0,09	0,03	0,29	0,07	2,16	0,01	0,00
OKS/PKS		0,53	1,09	2,04	1,55	1,40	1,33	0,65	0,79	0,63	0,00

PR-prinos; VB-visina biljke; VK-visina klipa; BLU-ukupan broj listova; BLK-broj listova iznad klipa; DK-dužina klipa; BRZ-broj redova zrna; BZR-broj zrna u redu; DZ-dubina zrna; M1000-masa 1000 zrna

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 30. Sredine kvadrata opštih (OKS) i posebnih (PKS) kombinacionih sposobnosti ispitivanih linija u 2018. godini izračunate u ANOVI

IZVOR	S. SL.	PR	VB	VK	BLU	BLK	DK	BRZ	BZR	DZ	M1000
OKS	6	15,85**	3070,45**	726,89**	8,51**	1,90**	18,59**	11,65**	93,20**	0,12**	0,01**
PKS	21	30,08**	2720,29**	368,43**	5,85**	1,43**	16,97**	12,17**	94,91**	0,19**	0,00**
GREŠKA	27	1,03	29,26	10,13	0,09	0,02	0,19	0,08	0,80	0,00	0,00
OKS/PKS		0,53	1,13	1,97	1,45	1,33	1,09	0,96	0,98	0,63	0,00

PR-prinos; VB-visina biljke; VK-visina klipa; BLU-ukupan broj listova; BLK-broj listova iznad klipa; DK-dužina klipa; BRZ-broj redova zrna; BZR-broj zrna u redu; DZ-dubina zrna; M1000-masa 1000 zrna

Vrednosti odnosa opštih i posebnih kombinacionih su bile približne u obe godine za sve ispitivane osobine.

Analiza varijanse je utvrdila veoma značajne vrednosti opštih (OKS) i posebnih (PKS) kombinacionih sposobnosti za osobinu prinos zrna u obe godine ispitivanja. Odnos OKS i PKS koji je manji od 1 u obe godine ispitivanja ukazuje na preovlađujući uticaj neaditivne (dominacija i epistaza) komponente genetičke varijanse u nasleđivanju ove osobine. Do istih zaključaka su došli Amiruzzaman i sar. (2010), Zelleke (2015), Kalla i sar. (2001), Haydar (2020). Za razliku od ostalih Mason i Zuber (1976) su zabeležili uticaj aditivnih gena u formiranju prinosa zrna kukuruza, dok je Pavlov (2013) zabeležio podjednak uticaj aditivnih i neaditivnih gena. Živanović i sar. (2010) navode da je prinos zrna kukuruza uslovljen aditivnim i neaditivnim delovanjem gena uz preovladavanje neaditivnog delovanja gena (dominacija i epistaza). Oni su dobili vrednost odnosa OKS/PKS 0,31.

Analiza varijanse za osobine visina biljke i visina gornjeg klipa su imale veoma značajne vrednosti OKS i PKS kao i njihovog odnosa koji je bio veći od 1, što ukazuje da su na ispoljavanje ovih osobina presudan značaj imali aditivni geni. Ovakvi rezultati za osobinu visina biljke su u saglasnosti sa rezultatima Islam (2017), Onejeme i sar. (2020), Ahmed i sar. (2007). Drugi istraživači poput Alam i sar. (2008), Hassan i sar. (2019) su dobili da je odnos OKS/PKS bio manji od 1 što znači da su na ovu osobinu uticali neaditivni geni (dominacija i epistaza).

Za osobinu visina gornjeg klipa Ahmed i sar. (2008) su zaključili da su na ispoljavanje osobine uticali aditivni geni, dok su Alam i sar. (2008) i Onejeme i sar. (2020) došli do zaključka da su na ovu osobinu uticali neaditivni geni, odnosno da je vrednost OKS/PKS bio manji od 1. Kod Talukder i sar. (2016) je odnos OKS/PKS za visinu biljke i visinu klipa bio manji od jedinice što znači da su na ove osobine uticali dominantni geni.

Utvrđena je značajnost OKS i PKS za osobine ukupan broj listova i broj listova iznad klipa. Odnos OKS i PKS je bio iznad 1 ukazujući na uticaj aditivnih gena u nasleđivanju. Do istih zaključaka su u svojim istraživanjima došli Pavlov (2013) i Grčić (2016).

Vrednosti OKS i PKS za osobinu dužina klipa su bile veoma značajne, dok je odnos OKS i PKS bio nešto iznad 1 opet ukazujući na preovlađujući uticaj aditivnih gena u nasleđivanju ove osobine. Iste rezultate su dobili i Kinfe i sar. (2015), Onejeme i sar. (2020), Uddin i sar. (2008) gde su na ispoljavanje osobine uticali aditivni geni. S druge strane Abdel-Moneam i sar. (2009), Hassan i sar. (2019), Islam i sar. (2016) su utvrdili uticaj neaditivnih gena. Ojo i sar. (2007) su u svojim istraživanjima dobili da je vrednost OKS bila manja od vrednosti PKS za dužinu klipa, što znači da su vodeću ulogu imali neaditivni geni.

Sledeće osobine: broj redova zrna, broj zrna u redu, dubina zrna i masa 1000 zrna su imale značajne vrednosti kako opštih tako i posebnih kombinacionih sposobnosti u obe godine ispitivanja i uočljivo je da su posebne kombinacione sposobnosti imale više vrednosti. Odnos OKS i PKS za ove četiri osobine je bio ispod 1 što znači da je u nasleđivanju ovih osobina učestvovala neaditivna komponenta genetičke varijanse (dominacija i epistaza). Amiruzzaman i sar. (2010) i Talukder i sar. (2016), Sultan i sar. (2010) i Hassan i sar. (2019) su u svojim istraživanjima dobili da je masa 1000 zrna bila pod kontrolom neaditivnih gena. Islam i sar. (2016), Kinfe i sar. (2015), Alam i sar. (2008) i Onejeme i sar. (2020) su zaključili da je masa 1000 zrna bila pod kontrolom aditivnih gena.

Za osobine broj redova zrna i broj zrna u redu Kinfe i sar. (2015), Uddin i sar. (2008) su utvrdili da je odnos OKS/PKS bio veći od 1 odnosno da su na ispoljavanje osobina učestvovali aditivni geni, dok su Abdel-Moneam i sar. (2009), Sultan i sar. (2010), Hassan i sar. (2019) dobili da je odnos OKS/PKS bio manji od 1, tj. da su učešće imali neaditivni geni.

Za osobinu dubina zrna Kinfe i sar. (2015) i Uddin i sar. (2008) su utvrdili preovlađujuću ulogu aditivnih gena, dok su Abdel-Moneam i sar. (2009) i Sultan i sar. (2010) utvrdili preovlađujuću ulogu neaditivnih gena.

Odnos OKS/PKS pokazuje da dominantno (neaditivno) delovanje gena ima preovlađujuću ulogu u nasleđivanju prinosa i komponenti prinosa (broj redova zrna, broj zrna u redu, dubina zrna i masa 1000 zrna) koje veoma variraju u zavisnosti od genotipa jer na njih utiče spoljna sredina, dok na morfološke osobine (visina biljke, visina klipa, ukupan broj listova i broj listova iznad klipa) deluju aditivni geni koji nisu pod uticajem spoljne sredine.

### **6.4.2. Ocena opštih kombinacionih sposobnosti (OKS) samooplodnih linija kukuruza**

Vrednosti opštih kombinacionih sposobnosti (OKS) su izračunate kod sedam inbred linija za deset ispitivanih osobina u 2017. i 2018. godini (Tabele 31 i 32).

Pomoću opštih kombinacionih sposobnosti (OKS) može se na osnovu dobijenog potomstva ustanoviti doprinos određene linije u ukrštanju sa drugim linijama. Kada jedna inbred linija ima veoma značajne pozitivne ili negativne vrednosti OKS za određenu osobinu smatra se da u ukrštanju sa drugom linijom može dati superiorno potomstvo. Borojević (1981) je ustanovio da se od roditelja sa dobrom OKS mogu dobiti pespektivne linije u kasnijim generacijama.

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 31. Vrednosti opštih kombinacionih sposobnosti (OKS) ispitivanih linija u 2017. godini

Genotip	PR	VB	VK	BLU	BLK	DK	BRZ	BZR	DZ	M1000
ZPL1	0,242	-23,246**	-8,865**	-1,747**	-0,959**	-0,620*	-1,403**	-0,317	-0,176**	-0,042**
ZPL2	0,395*	9,693**	4,482*	0,619**	0,216**	1,014**	-1,342**	3,888**	0,080*	0,026**
ZPL3	-0,116	-0,067	0,401	0,388*	0,129	0,751**	0,648**	-0,211	0,002	0,000
ZPL4	0,610**	16,526**	7,295**	0,986**	0,359**	0,406	0,824**	-0,284	0,170**	0,039**
ZPL5	-0,491**	19,526**	11,002**	0,759**	0,433**	-0,582*	1,118**	0,243	0,072	-0,004
ZPL6	-0,256	-27,255**	-14,548**	-0,923**	-0,189*	-3,078**	0,459**	-6,016**	-0,069	-0,026**
ZPL7	-0,384*	4,828*	0,233	-0,082	0,012	2,109**	-0,305*	2,698**	-0,079	0,007
<b>0.05</b>	0,310	3,849	3,432	0,297	0,157	0,521	0,264	1,421	0,079	0,014
<b>0.01</b>	0,419	5,197	4,635	0,400	0,212	0,703	0,356	1,919	0,107	0,019

PR-prinos; VB-visina biljke; VK-visina klipa; BLU-ukupan broj listova; BLK-broj listova iznad klipa; DK-dužina klipa; BRZ-broj redova zrna; BZR-broj zrna u redu; DZ-dubina zrna; M1000-masa 1000 zrna

Tabela 32. Vrednosti opštih kombinacionih sposobnosti (OKS) ispitivanih linija u 2018. godini

Genotip	PR	VB	VK	BLU	BLK	DK	BRZ	BZR	DZ	M1000
ZPL1	0,242	-22,028**	-9,389**	-1,709**	-0,940**	-1,134**	-1,786**	-0,872*	-0,158**	-0,030**
ZPL2	0,396*	13,499**	7,211**	0,568**	0,151*	1,133**	-0,925**	3,975**	0,121**	0,019*
ZPL3	-0,116	-0,678	0,329	0,381*	0,114	0,841**	0,043	0,921*	-0,004	0,015*
ZPL4	0,610**	14,889**	7,200**	0,913**	0,320**	0,803**	1,290**	0,597	0,115**	0,023**
ZPL5	-0,490**	18,310**	8,930**	0,801**	0,465**	-0,204	1,359**	0,315	0,052*	-0,004
ZPL6	-0,256	-28,340**	-14,582**	-0,898**	-0,159*	-2,642**	0,332*	-6,473**	-0,159**	-0,042**
ZPL7	-0,384*	4,348	0,301	-0,056	0,050	1,203**	-0,313*	1,538**	0,034	0,019**
<b>0.05</b>	0,310	5,232	3,078	0,294	0,140	0,418	0,271	0,865	0,043	0,014
<b>0.01</b>	0,419	7,065	4,157	0,397	0,189	0,564	0,365	1,169	0,058	0,019

PR-prinos; VB-visina biljke; VK-visina klipa; BLU-ukupan broj listova; BLK-broj listova iznad klipa; DK-dužina klipa; BRZ-broj redova zrna; BZR-broj zrna u redu; DZ-dubina zrna; M1000-masa 1000 zrna

## 6. Rezultati i diskusija

---

Rezultati su pokazali približno slične vrednosti OKS za sve osobine u obe godine ispitivanja.

Krajnji cilj u oplemenjivnju predstavlja visok prinos zrna. Stoga je neophodno utvrditi oplemenjivačke sposobnosti inbred linija kako bi se u napred znalo da li one mogu dati hibrid visokog prinosa zrna. Za to su veoma pogodne opšte kombinacione sposobnosti. Značajne i veoma značajne pozitivne vrednosti OKS za prinos zrna su imale inbred linije ZPL2 i ZPL4 (0,396 i 0,610), dok su značajne negativne vrednosti OKS imale linije ZPL5 i ZPL7, u obe godine ispitivanja (-0,490 i -0,384). Inbred linije ZPL2 i ZPL4 su ujedno i komponente najprinosnijeg hibrida (ZPL2 x ZPL4), dok je hibrid ZPL5 x ZPL7 imao najniži prinos. Ostale inbred linije nisu imale značajne vrednosti OKS. Međutim, linije koje nisu imale značajne vrednosti OKS u kombinaciji sa značajnim linijama su dale visok prinos zrna. Takav je bio hibrid ZPL1 x ZPL4. Hibrid ZPL1 x ZPL3 je takođe bio prinosan iako njegove roditeljske komponente nisu imale značajne vrednosti OKS.

Visina biljke i visina klipa su osobine koje su obično u korelaciji, jer što je viša biljka viši je klip i obrnuto. Za ove dve osobine je u oplemenjivačkoj praksi poželjno da imaju značajne negativne vrednosti OKS, tj. da je biljka niža i da je klip niže pozicioniran, čime se pozitivno utiče na prinos. U obe godine su najviše značajne negativne vrednosti OKS za visinu biljke i visinu klipa zabeležene kod inbred linija ZPL1 i ZPL6, a značajne pozitivne vrednosti su bile kod linija ZPL2, ZPL4 i ZPL5. Hibridi koji su imali najvišu vrednost za visinu biljke su bili ZPL2 x ZPL5 i ZPL4 x ZPL5 i to je bilo u saglasnosti sa vrednostima OKS. Hibrid ZPL2 x ZPL4 je pokazao odstupanje jer je imao nizak habitus, a obe roditeljske komponente su imale značajne pozitivne OKS vrednosti za visinu biljke. Inbred linije ZPL1 i ZPL6 koje su imale negativne vrednosti OKS za visinu biljke su u kombinacijama sa ostalim linijama uspele na smanje visinu biljke i tu nije postojalo nekih značajnih odstupanja. Ovde je takođe potvrđeno da je visina klipa u korelaciji sa visinom biljke. Najviši hibridi su imali visoko postavljen klip i obrnuto.

Ukupan broj listova i broj listova iznad klipa su osobine koje veoma značajno utiču na prinos i u pozitivnoj su korelaciji sa njim. Sa najvećom značajnom pozitivnom vrednošću OKS za ukupan broj listova su se istakle inbred linije ZPL4 i ZPL5, a zatim ZPL2 i ZPL3, dok su značajne negativne vrednosti OKS imale inbred linije ZPL1 i ZPL6. Za osobinu broj listova iznad klipa sa značajnim pozitivnim vrednostima OKS su se istakle inbred linije ZPL4 i ZPL5, a sa negativnim linija ZPL1. Ovim je potvrđeno da biljke sa većim brojem listova imaju viši prinos. Takođe, biljke koje imaju viši habitus imaju i veći ukupan broj listova. Pavlov (2013) u svom istraživanju navodi da je ukupan broj listova osobina sa visokom heritabilnošću ali da na njihovo formiranje utiču i drugi faktori kao što su temperature u ranim fazama porasta i dostupnost đubriva u zemljištu. Rezultati za broj listova iznad gornjeg klipa se podudaraju sa rezultatima za ukupan broj listova.

U veoma značajne komponente prinosa ubrajaju se dužina klipa, broj redova zrna i broj zrna u redu. Što je klip duži ima i veći broj zrna u redu pa su zbog toga ove dve osobine u pozitivnoj korelaciji. U savremenom oplemenivanju je poželjno da klip ima veliki broj redova zrna i broj zrna u redu kao i da je zrno sitnije jer je takav hibrid povoljniji za semensku proizvodnju. Značajne pozitivne OKS vrednosti za dužinu klipa su imale inbred linije ZPL2, ZPL3 i ZPL7 u 2017. godini, a u 2018. godini inbred linije ZPL2, ZPL3, ZPL4 i ZPL7. Značajne negativne vrednosti OKS za dužinu klipa su imale inbred linije ZPL1, ZPL5 i ZPL6.

Za osobinu broj redova zrna inbred linije koje su imale značajne pozitivne vrednosti u 2017. godini su bile ZPL3, ZPL4, ZPL5 i ZPL6, a u 2018. godini inbred linije ZPL4, ZPL5 i ZPL6.

Značajne negativne vrednosti OKS u obe godine su imale inbred linije ZPL1, ZPL2 i ZPL7. Značajne pozitivne vrednosti OKS za broj zrna u redu su imale inbred linije ZPL2 i ZPL7, a negativne inbred linije ZPL1 i ZPL6. Kod osobine dubina zrna zabeležene su značajne pozitivne vrednosti OKS kod inbred linija ZPL2, ZPL4 i ZPL5 i značajne negativne vrednosti OKS kod inbred linija ZPL1 i ZPL6. Za masu 1000 zrna značajne pozitivne vrednosti OKS su imale inbred linije ZPL2 i ZPL4 u 2017. godini i linije ZPL2, ZPL3, ZPL4 i ZPL7 u 2018. godini. Značajne negativne vrednosti OKS za ovu osobinu su imale inbred linije ZPL1 i ZPL6 u obe godine.

U skladu sa rezultatima OKS inbred linije sa najvišim vrednostima za dužinu klipa bile su ZPL7 i ZPL2, dok je inbred linija ZPL1 imala visoku vrednost za ovu osobinu, a vrednost OKS je bila negativna. Najveći broj redova zrna su imale inbred linije ZPL5 i ZPL6 opet u skladu sa OKS i moglo bi se zaključiti da su ove linije imale veći prečnik klipa od ostalih, a manju dužinu klipa. Najveći broj zrna u redu je imala inbred linija ZPL1 dok je ovde pokazala negativnu vrednost OKS. Veliki broj zrna u redu daje i veću dužinu klipa. Ova inbred linija pripada Lancaster heterotičnoj grupi koja se karakteriše većim brojem zrna u redu, a manjim brojem redova zrna. Zbog toga se najčešće inbred linije iz ove grupe koriste kao očevi u oplemenjivanju. Dubina zrna je bila najviša kod inbred linija ZPL6 i ZPL4, iako je inbred linija ZPL6 pokazala negativne OKS vrednosti. Masa 1000 zrna je bila najveća kod inbred linije ZPL4 koja je ujedno imala i najvišu vrednost OKS.

### 6.4.3. Ocena posebnih kombinacionih sposobnosti (PKS) dialelnih ukrštanja kukuruza

Posebne kombinacione sposobnosti ukazuju na određene kombinacije inbred linija koje su se izdvojile po svojim superiornim osobinama.

Pikazane su vrednosti posebnih kombinacionih sposobnosti (PKS) ispitivanih hibrida za svaku godinu posebno (Tabele 33 i 34).



## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 33. Posebne kombinacije sposobnosti ispitivanih hibrida u 2017. godini

<b>Genotip</b>	<b>PR</b>	<b>VB</b>	<b>VK</b>	<b>BLU</b>	<b>BLK</b>	<b>DK</b>	<b>BRZ</b>	<b>BZR</b>	<b>DZ</b>	<b>M1000</b>
ZPL1 X ZPL2	-0,783	16,802**	3,680	0,863*	0,556*	1,354	0,718**	3,820*	0,091	0,014
ZPL1 X ZPL3	1,323**	37,112**	13,016**	1,179**	0,792**	3,702**	2,598**	10,268**	0,464**	0,051**
ZPL1 X ZPL4	1,913**	35,934**	18,117**	1,546**	0,578**	3,147**	3,658**	9,346**	0,410**	0,036**
ZPL1 X ZPL5	1,543**	40,239**	16,325**	1,408**	0,574**	3,700**	3,049**	11,169**	0,363**	0,030
ZPL1 X ZPL6	1,084*	36,233**	9,455*	1,410**	0,655**	3,054**	2,713**	9,342**	0,395**	0,028
ZPL1 X ZPL7	0,856*	23,982**	7,693	1,413**	0,795**	2,674**	2,652**	5,540**	0,175	0,033
ZPL2 X ZPL3	1,139**	7,523	1,169	0,428	0,118	1,383*	0,137	5,028*	-0,017	0,017
ZPL2 X ZPL4	2,061**	-20,236**	-7,109	-1,334**	-0,462*	1,458*	-0,674	4,581*	0,195	0,043*
ZPL2 X ZPL5	1,273**	14,450**	2,398	0,122	0,034	1,987**	-0,067	6,999**	0,143	-0,004
ZPL2 X ZPL6	0,997*	38,995**	18,228**	1,089**	0,321	4,512**	1,561**	10,063**	0,379**	0,053**
ZPL2 X ZPL7	1,476**	20,912**	9,167*	0,998*	0,600**	1,925**	0,041	6,030**	0,169	-0,005
ZPL3 X ZPL4	0,356	24,255**	9,306*	0,197	0,260	0,906	0,936*	0,710	0,058	0,015
ZPL3 X ZPL5	0,147	-2,105	-1,271	-0,697	-0,164	-1,221	-0,092	-1,357	-0,139	-0,027
ZPL3 X ZPL6	0,690	31,991**	2,943	0,950*	-0,043	1,990**	2,106**	3,647	0,287**	0,015
ZPL3 X ZPL7	0,629	1,118	4,077	-0,206	-0,243	-0,212	-0,979**	2,128	0,042	-0,029
ZPL4 X ZPL5	0,648	17,502**	9,251*	-0,139	-0,159	1,459*	-0,163	3,641	0,017	-0,007
ZPL4 X ZPL6	0,657	42,348**	17,415**	1,787**	0,743**	2,440**	3,026**	3,750*	0,318**	0,026
ZPL4 X ZPL7	-0,130	10,074	-8,196	0,316	0,112	1,118	0,355	6,386**	0,113	-0,013
ZPL5 X ZPL6	-0,605	29,948**	8,878	1,769**	0,939**	1,043	2,202**	1,577	0,172	0,014
ZPL5 X ZPL7	0,535	10,050	6,562	-0,027	-0,017	0,606	-0,004	1,594	0,122	-0,010
ZPL6 X ZPL7	0,402	39,21**	10,696*	0,939*	0,575**	3,002**	1,425**	5,943**	0,093	0,017
<b>0.05</b>	0,822	10,182	9,081	0,784	0,415	1,378	0,698	3,760	0,210	0,036
<b>0.01</b>	1,110	13,75	12,263	1,059	0,560	1,860	0,942	5,078	0,284	0,049

PR-prinos; VB-visina biljke; VK-visina klipa; BLU-ukupan broj listova; BLK-broj listova iznad klipa; DK-dužina klipa; BRZ-broj redova zrna; BZR-broj zrna u redu; DZ-dubina zrna; M1000-masa 1000 zrna

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 34. Posebne kombinacije sposobnosti ispitivanih hibrida u 2018. godini

<b>Genotip</b>	<b>PR</b>	<b>VB</b>	<b>VK</b>	<b>BLU</b>	<b>BLK</b>	<b>DK</b>	<b>BRZ</b>	<b>BZR</b>	<b>DZ</b>	<b>M1000</b>
ZPL1 X ZPL2	-0,784	14,573*	2,540	0,779*	0,613**	1,606**	0,411	3,118**	0,201**	0,055**
ZPL1 X ZPL3	1,323**	35,135**	11,838**	1,251**	0,870**	2,963**	1,708**	7,117**	0,281**	0,038*
ZPL1 X ZPL4	1,912**	37,898**	16,467**	1,503**	0,594**	3,216**	2,661**	9,226**	0,346**	0,046*
ZPL1 X ZPL5	1,542**	42,777**	17,491**	1,431**	0,520**	3,073**	2,162**	9,223**	0,445**	0,048*
ZPL1 X ZPL6	1,084**	33,573**	13,666**	1,386**	0,562**	2,389**	2,046**	6,239**	0,374**	0,024
ZPL1 X ZPL7	0,857*	26,789**	11,051**	1,472**	0,680**	2,466**	1,870**	4,735**	0,173**	0,030
ZPL2 X ZPL3	1,139**	9,952	1,823	0,474	0,124	0,246	-0,153	1,860	0,117*	0,009
ZPL2 X ZPL4	2,061**	-11,614	-7,133	-1,623**	-0,727**	0,814	-0,695	2,104	-0,208**	-0,029
ZPL2 X ZPL5	1,273**	20,314**	7,386	0,124	-0,007	1,106*	-0,399	5,891**	0,096	0,003
ZPL2 X ZPL6	0,997*	34,814**	17,354**	1,138**	0,402*	3,679**	1,123**	9,354**	0,302**	0,041*
ZPL2 X ZPL7	1,477**	23,542**	11,181**	1,061**	0,623**	1,514**	0,473	5,993**	0,319**	0,030
ZPL3 X ZPL4	0,355	24,713**	13,454**	0,399	0,320	0,721	0,631	1,143	0,037	-0,015
ZPL3 X ZPL5	0,147	-4,739	-3,311	-0,504	-0,140	0,418	-0,668	-0,915	0,021	0,022
ZPL3 X ZPL6	0,690	37,306**	12,702**	0,805	0,034	2,921**	0,860*	6,083**	0,217**	0,045*
ZPL3 X ZPL7	0,630	5,004	0,483	-0,317	-0,260	0,056	-0,065	2,172	0,024	-0,006
ZPL4 X ZPL5	0,647	-3,021	-0,267	-0,156	-0,211	-0,164	-0,750*	0,314	0,006	0,015
ZPL4 X ZPL6	0,657	45,109**	17,946**	1,878**	0,883**	2,724**	1,907**	4,417**	0,297**	0,057
ZPL4 X ZPL7	-0,129	3,152	1,147	0,236	0,104	0,259	-0,302	1,481	0,055	-0,009
ZPL5 X ZPL6	-0,605	23,788**	7,965	1,755**	0,954**	1,346*	2,208**	1,849	0,041	0,005
ZPL5 X ZPL7	0,536	12,536	3,132	-0,022	-0,005	0,266	-0,646	1,088	-0,097	-0,017
ZPL6 X ZPL7	0,403	29,651**	7,814	0,932*	0,569**	2,409**	1,346**	5,711**	0,214**	0,021
<b>0.05</b>	0,822	13,843	8,145	0,778	0,370	1,105	0,716	2,290	0,113	0,037
<b>0.01</b>	1,110	18,639	10,998	1,050	0,500	1,492	0,967	3,092	0,153	0,050

PR-prinos; VB-visina biljke; VK-visina klipa; BLU-ukupan broj listova; BLK-broj listova iznad klipa; DK-dužina klipa; BRZ-broj redova zrna; BZR-broj zrna u redu; DZ-dubina zrna; M1000-masa 1000 zrna

Vrednosti posebnih kombinacionih sposobnosti (PKS) za prinos zrna su bile statistički značajne i pozitivne za prvih 10 hibridnih kombinacija (ZPL1 x ZPL3, ZPL1 x ZPL4, ZPL1 x ZPL5, ZPL1 x ZPL6, ZPL1 x ZPL7 i ZPL2 x ZPL3, ZPL2 x ZPL4, ZPL2 x ZPL5, ZPL2 x ZPL6, ZPL2 x ZPL7). Ovde se uočava da se inbred linije ZPL1 i ZPL2 koje pripadaju Lancaster heterotičnoj grupi dobro kombinuju sa ostalim inbred linijama koje su dobijene iz BSSS i Nezavisnog izvora. Kanyamasoro (2012) navodi da značajne pozitivne vrednosti PKS ukazuju na to da su inbred linije iz različitih heterotičnih izvora, dok negativne vrednosti PKS ukazuju na sličnost između roditelja.

## 6. Rezultati i diskusija

---

Najveću pozitivnu PKS vrednost za prinos zrna je imala hibridna kombinacija ZPL2 x ZPL4 (2,061), a najmanju vrednost hibridna kombinacija ZPL1 x ZPL7 (0,857). U ovom istraživanju vrednosti PKS za prinos zrna su bile u saglasnosti sa visinom prinosa. Ponekad postoje odstupanja, tj. da su PKS i heterozis značajni, a da prinos nije toliko visok. Do sličnog zaključka su došli Abebe i sar. (2018).

Inbred linije ZPL2 i ZPL4 su takođe imale i najviše pozitivne vrednosti OKS i samim tim su dale hibrid sa najvišim prinosom zrna. Nije uvek pravilo da obe inbred linije moraju da imaju najviše OKS vrednosti da bi dale superioran hibrid, već je dovoljno da samo jedna roditeljska komponenta ima visoke vrednosti OKS. Atanaw i sar. (2003) tvrde da se značajne vrednosti PKS za prinos zrna dobijaju ukrštanjem jednog pozitivnog i jednog negativnog opšteg kombinatora.

Vrednosti PKS za visinu biljke u 2017. godini su bile pozitivne i veoma značajne za 16 hibridnih kombinacija. Najveću vrednost je imao hibrid ZPL4 x ZPL6 (42,348), a najmanju hibrid ZPL2 x ZPL5 (14,450). Jedini hibrid koji je imao značajnu negativnu vrednost PKS je bio ZPL2 x ZPL4 (-20,236). Ovaj hibrid sa najmanjom visinom biljke je ujedno imao najviši prinos, što u ovom slučaju pokazuje da biljke sa nižim habitusom ostvaruju bolji prinos. U 2018. godini 14 hibridnih kombinacija je imalo značajne pozitivne vrednosti PKS za visinu biljke. Najvišu pozitivnu vrednost PKS je imao hibrid ZPL4 x ZPL6 (45,109), a najmanju hibrid ZPL1 x ZPL2 (14,573). Hibrid ZPL4 x ZPL6 koji je u obe godine imao najvišu vrednost za visinu biljke nije imao statistički značajnu vrednost PKS za prinos zrna. Andayani i sar. (2018) su ispitivali vrednosti PKS za visinu biljke ukrštajući 7 inbred linija sa testerima koje su se kretale u opsegu od -4,554 do 4,554. U njihovo slučaju je hibrid sa najvišom vrednošću PKS za visinu biljke imao najmanju PKS vrednost za prinos zrna i obrnuto.

Visina klipa je osobina koja je u korelaciji sa visinom biljke i to rezultati pokazuju. Takođe su to isto u svojim istraživanjima dobili Andayani i sar. (2018). Kod onih hibrida koji imaju izraženu visinu biljke klip je takođe više postavljen i obrnuto. U 2017. godini najvišu značajnu pozitivnu vrednost PKS za visinu klipa je imao hibrid ZPL2 x ZPL6 (18,228), a najmanju hibrid ZPL2 x ZPL7 (9,167). U 2018. godini najvišu vrednost PKS za ovu osobinu imao je hibrid ZPL4 x ZPL6 (17,946), a najmanju hibrid ZPL1 x ZPL7 (11,051). Na osnovu vrednosti OKS inbred linija ZPL6 je imala značajne negativne vrednosti, dok je u kombinaciji sa inbred linijama ZPL2 i ZPL4 dala najviše značajne pozitivne vrednosti PKS.

Od ukupnog broja kombinacija u 2017. godini je 13, a u 2018. godini je 12 kombinacija imalo statistički značajne vrednosti PKS za osobinu ukupan broj listova. U obe godine najvišu značajnu vrednost PKS je imao hibrid ZPL4 x ZPL6 (1,787 i 1,878), a najmanju hibrid ZPL1 x ZPL2 (0,836 i 0,779). Kako je opšte poznato da biljka sa većom lisnom masom daje i veći prinos zrna, zanimljivo je da je hibrid ZPL2 x ZPL4 koji je bio najprinosniji imao značajne negativne vrednosti PKS za ukupan broj listova. Takođe, vrednosti OKS za inbred linije ZPL2 i ZPL4 su u obe godine bile statistički značajne i pozitivne.

Broj listova iznad klipa je u pozitivnoj korelaciji sa ukupnim brojem listova i sve kombinacije koje su imale značajne vrednosti PKS za ukupan broj listova takođe su imale i značajne vrednosti PKS za broj listova iznad klipa.

## 6. Rezultati i diskusija

---

U 2017. godini najvišu vrednost PKS za broj listova iznad klipa je imala kombinacija ZPL5 x ZPL6 (0,939), a najmanju vrednost kombinacija ZPL1 x ZPL2 (0,556). Jedino je kombinacija ZPL2 x ZPL4 imala značajnu negativnu vrednost PKS za ovu osobinu (-0,462).

U 2018. godini je najvišu vrednost PKS imala takođe kombinacija ZPL5 x ZPL6 (0,954), dok je najmanju vrednost imala kombinacija ZPL2 x ZPL6 (0,402). Hibrid ZPL2 x ZPL4 je opet imao značajnu negativnu vrednost (-0,727).

Značajne pozitivne vrednosti PKS za dužinu klipa su imali 14 hibrida u 2017. godini, a 13 hibrida u 2018. godini. Najveću pozitivnu vrednost u 2017. godini je imao hibrid ZPL2 x ZPL6 (4,512), a najmanju hibrid ZPL2 x ZPL3 (1,383). Inbred linija ZPL2 je imala značajne pozitivne vrednosti OKS, dok je inbred linija ZPL6 imala značajne negativne vrednosti OKS. Ovde se takođe pokazala tačnom ona tvrdnja da jedna linija sa pozitivnom i jedna sa negativnom OKS daje visoko značajnu vrednost PKS. U 2018. godini najveću vrednost PKS je imao hibrid ZPL2 x ZPL6 (3,679), a najmanju hibrid ZPL2 x ZPL5 (1,106). Za dužinu klipa nije bilo značajnih negativnih vrednosti PKS. Iako su inbred linije ZPL1, ZPL5 i ZPL6 imale negativne vrednosti OKS, u ukrštanjima sa ostalim linijama su dale pozitivne vrednosti za dužinu klipa.

U 2017. godini 13 hibridnih kombinacija je imalo statistički značajne vrednosti PKS za osobinu broj redova zrna od kojih je jedna bila negativna, ZPL3 x ZPL7 (-0,979). Najveću značajnu pozitivnu vrednost je imao hibrid ZPL1 x ZPL4 (3,658), a najmanju ZPL3 x ZPL4 (0,936). U 2018. godini 11 hibridnih kombinacija je imalo statistički značajne vrednosti PKS za broj redova zrna od kojih je jedna imala negativne vrednosti, ZPL4 x ZPL5 (0,750). Najveću značajnu pozitivnu vrednost PKS je imao hibrid ZPL1 x ZPL4 (2,661), a najmanju hibrid ZPL3 x ZPL6 (0,860). U saglasnosti sa ovim rezultatima hibrid ZPL1 x ZPL4 je imao visok prinos, dok je kod hibrida ZPL3 x ZPL6 prinos bio nizak.

Broj zrna u redu je u pozitivnoj korelaciji sa dužinom klipa. U 2017. godini 14 kombinacija je imalo značajne pozitivne vrednosti PKS. Najviša značajna vrednost je bila kod hibrida ZPL1 x ZPL5 (11,169), a najniža kod ZPL4 x ZPL6 (3,750). U 2018. godini je 12 kombinacija imalo značajne pozitivne vrednosti PKS od kojih je najviša bila kod ZPL2 x ZPL6 (9,354), a najniža kod ZPL1 x ZPL2 (3,118). Rezultati za dužinu klipa su bile u saglasnosti sa brojem zrna u redu. Dešava se da hibridi sa značajnom vrednošću za dužinu klipa imaju mali broj zrna u redu što može biti posledica slabe ozrjenosti klipa.

Za osobinu dubina zrna su zabeležene značajne pozitivne PKS vrednosti, kod 7 kombinacija u 2017. godini gde je najviša vrednost bila kod ZPL1 x ZPL3 (0,464), a najniža kod ZPL3 x ZPL6 (0,287) i kod 13 kombinacija u 2018. godini gde je najviša vrednost bila kod ZPL1 x ZPL5 (0,445), a najniža kod ZPL2 x ZPL3 (0,117).

Masa 1000 zrna u 2017. godini je bila statistički značajna kod 4 kombinacije, a u 2018. kod 6 kombinacija. Značajne vrednosti PKS su se kretale od 0,036 (ZPL1 x ZPL4) do 0,053 (ZPL2 x ZPL6) u 2017. godini i od 0,038 (ZPL1 x ZPL3) do 0,055 (ZPL1 x ZPL2) u 2018. godini. Inbred linija ZPL1 je imala značajne negativne vrednosti OKS za masu 1000 zrna, dok je inbred linija ZPL4 imala značajne pozitivne vrednosti PKS. Njihova kombinacija je dala hibrid sa najvišom značajnom vrednošću PKS. Hibridi koji su imali značajne pozitivne vrednosti PKS za masu 1000 zrna su imali niži prinos. Iste rezultate su dobili Ahmed i sar. (2017).

### 6.5. KORELACIJA PRINOSA I KOMPONENTI PRINOSA

Korelacioni koeficijenti za prinos i komponente prinosa inbred linija su prikazani iznad dijagonale (Tabela 35). Podaci ukazuju na najveću zavisnost prinosa sa brojem zrna u redu (0,50), dubinom zrna (0,45), masom 1000 zrna (0,35) i dužinom klipa (0,32). Prema Jatto i sar. (2015) prinos je bio u korelaciji sa brojem redova zrna i masom 1000 zrna. Devasree i sar. (2020) su u svojim istraživanjima dobili da je prinos bio u korelaciji sa visinom biljke, visinom klipa, dužinom klipa, brojem redova zrna, brojem zrna u redu i masom 1000 zrna. Yahaya i sar. (2021) su dobili da je prinos bio u korelaciji sa visinom biljke, dužinom klipa i masom 1000 zrna.

Zatim je postojala značajna zavisnost visine biljke sa visinom klipa (0,85) i ukupnim brojem listova (0,49). Visina klipa je pokazala međuzavisnost sa ukupnim brojem listova (0,51), ukupan broj listova sa brojem listova iznad klipa (0,79), broj listova iznad klipa sa brojem redova zrna (0,49), dok je sa dužinom klipa broj listova bio u značajnoj negativnoj korelaciji (-0,32). Dužina klipa je bila u korelaciji sa brojem zrna u redu (0,65) i masom 1000 zrna (0,39), broj redova zrna sa dubinom zrna (0,49), broj zrna u redu sa dubinom zrna (0,47) i masom 1000 zrna (0,44), a dubina zrna u korelaciji sa masom 1000 zrna (0,53).

Kod inbred linija je najveća zavisnost bila između visine biljke i visine klipa (0,85). Beavis (1991) je u svojim istraživanjima došao do zaključka da je visina biljke blisko povezana sa prinosom zrna kao i sa visinom klipa. Prema Carpici i Celik (2010) visina biljke je bila u korelaciji sa visinom klipa, ukupnim brojem listova, brojem listova iznad klipa i dubinom zrna. Azam i sar. (2014) su utvrdili da je visina biljke bila u korelaciji sa visinom klipa i u negativnoj korelaciji sa brojem redova zrna. Jatto i sar. (2015), Srećkov (2009) i Boćanski (1995) su takođe dobili da je visina biljke bila u korelaciji sa visinom klipa.

Koeficijenti korelacije za prinos i komponente prinosa hibrida su prikazani ispod dijagonale (Tabela 35). Iako su komponente prinosa uticale na sam prinos između njih nije utvrđena značajna zavisnost. Jedino je između prinosa i mase 1000 zrna utvrđena negativna zavisnost (-0,22), što znači da ona nije uticala na povećanje prinosa. Kod Abadassi (2016) prinos je bio u pozitivnoj korelaciji sa masom 1000 zrna.

## 6. Rezultati i diskusija

Tabela 35. Korelacija prinosa i komponenti prinosa roditeljskih komponenti (iznad dijagonale) i hibrida (ispod dijagonale)

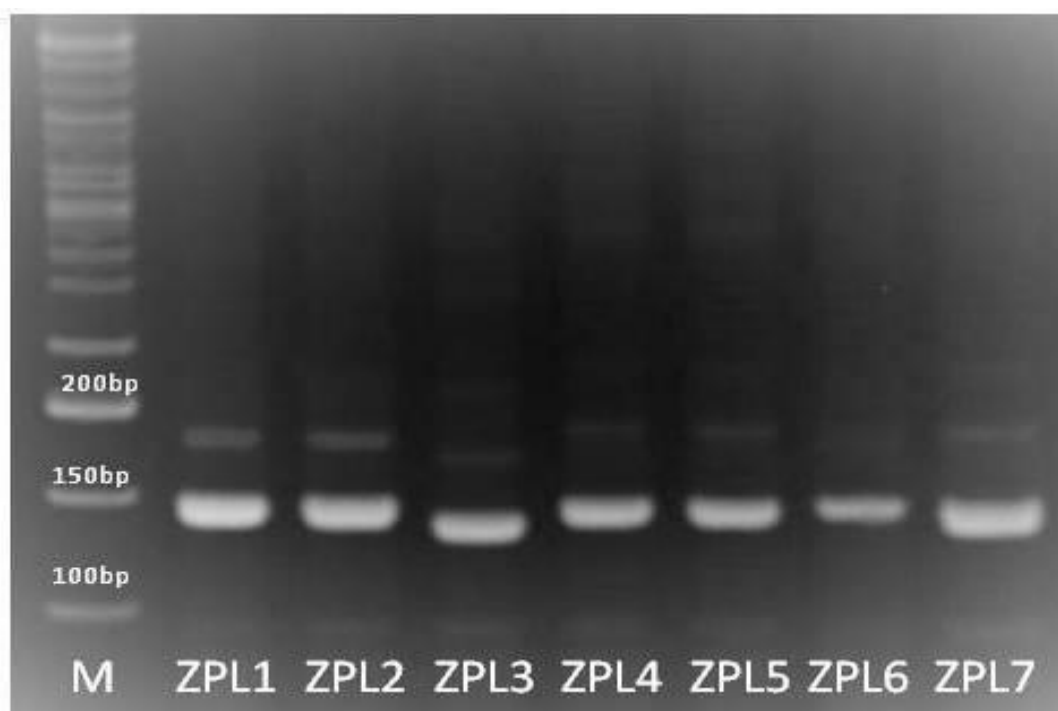
	<b>PR</b>	<b>VB</b>	<b>VK</b>	<b>BLU</b>	<b>BLK</b>	<b>DK</b>	<b>BRZ</b>	<b>BZR</b>	<b>DZ</b>	<b>M1000</b>
<b>PR</b>	<b>1,00</b>	0,11	0,09	0,12	0,13	0,32*	0,26	0,50**	0,45**	0,35*
<b>VB</b>	0,17	<b>1,00</b>	0,85**	0,49**	0,22	0,01	-0,19	0,08	0,14	0,19
<b>VK</b>	0,14	0,83**	<b>1,00</b>	0,51**	0,17	0,06	-0,26	0,02	0,06	0,23
<b>BLU</b>	0,05	0,57**	0,50**	<b>1,00</b>	0,79**	-0,18	0,18	-0,12	0,27	0,11
<b>BLK</b>	-0,09	0,41**	0,27*	0,74**	<b>1,00</b>	-0,32*	0,49**	-0,19	0,30	0,04
<b>DK</b>	0,14	0,10	0,20	-0,13	-0,29*	<b>1,00</b>	-0,30	0,65**	0,07	0,39**
<b>BRZ</b>	0,08	0,18	0,09	0,24*	0,30*	-0,48**	<b>1,00</b>	0,01	0,49**	0,07
<b>BZR</b>	-0,02	0,13	0,24*	-0,12	0,28*	0,82**	-0,53**	<b>1,00</b>	0,47**	0,44**
<b>DZ</b>	-0,04	0,32*	0,39**	0,23*	0,02	0,38**	0,03	0,49**	<b>1,00</b>	0,53**
<b>M1000</b>	-0,22*	0,13	0,23*	0,08	-0,06	0,49**	-0,26*	0,54**	0,67**	<b>1,00</b>

\* - značajno pri  $p < 0,05$ ; \*\* - značajno pri  $p < 0,01$ ; PR-prinos; VB-visina biljke; VK-visina klipa; BLU-ukupan broj listova; BLK-broj listova iznad klipa; DK-dužina klipa; BRZ-broj redova zrna; BZR-broj zrna u redu; DZ-dubina zrna; M1000-masa 1000 zrna

Visina biljke je bila u pozitivnoj korelaciji sa visinom klipa (0,83), ukupnim brojem listova (0,57), brojem listova iznad klipa (0,41) i dubinom zrna (0,32). Visina klipa je bila u korelaciji sa ukupnim brojem listova (0,50), brojem listova iznad klipa (0,27), brojem zrna u redu (0,24), dubinom zrna (0,39) i sa masom 1000 zrna (0,23). Ukupan broj listova je bio u međusobnoj zavisnosti sa brojem listova iznad klipa (0,74), brojem redova zrna (0,24) i dubinom zrna (0,23). Broj listova iznad klipa je bio u korelaciji sa brojem redova zrna (0,30), brojem zrna u redu (0,28) i u negativnoj korelaciji sa dužinom klipa (-0,29). Dužina klipa je bila u pozitivnoj korelaciji sa brojem zrna u redu (0,82), dubinom zrna (0,38) i masom 1000 zrna (0,49) i u negativnoj korelaciji sa brojem redova zrna (-0,48). Broj redova zrna je bio u negativnoj korelaciji sa brojem zrna u redu (-0,53) i masom 1000 zrna (-0,26), dok je broj zrna u redu bio u pozitivnoj korelaciji sa dubinom zrna (0,49) i masom 1000 zrna (0,54). Dubina zrna je takođe bila u pozitivnoj korelaciji sa masom 1000 zrna (0,67). Kod hibrida je najveća zavisnost bila između visine biljke i visine klipa (0,83), kao i između dužine klipa i broja zrna u redu (0,82). Rafique i sar. (2004) su takođe dobili da je visina biljke u korelaciji sa visinom klipa. Azam i sar. (2014) su u svojim istraživanjima dobili da je dužina klipa bila u korelaciji sa brojem zrna u redu. Inamullah i sar. (2011) su dobili u svojim istraživanjima da je prinos bio u korelaciji sa dužinom klipa i masom 1000 zrna. Boćanski (1995) je dobio visoko značajnu vezu između ukupnog broja listova i broja listova iznad klipa. Anđelković (2000) je dobila značajne negativne vrednosti koeficijenta korelacije između mase 1000 zrna i broja redova zrna, dok su Alvi i sar., (2003) dobili pozitivne vrednosti koeficijenta korelacije za te osobine.

### 6.6. SSR I SNP MOLEKULARNI MARKERI I NJIHOVO POREĐENJE

**SSR molekularni markeri** - Genetički polimorfizam sedam ispitivanih inbred linija kukuruza je utvrđen primenom SSR markera. U analizi je korišćeno 34 markera raspoređenih na 10 hromozoma kukuruza koji su identifikovali ukupno 118 alela, sa prosekom od 3,47 alela po markeru (Tabela 36). Najveći broj alela (deset) dobijen je pomoću markera umc 2002, dok je najmanji broj alela (dva) dobijen sa markerima umc2083, umc2360, umc1418, umc2137, umc1597, umc1792, umc2334, umc1172. Grčić (2016) je ispitivao 6 inbred linija pomoću 21 SSR prajmera i dobio ukupno 92 alela sa prosekom od 4,38 alela po prajmeru. Pavlov (2013) je proučavao dve grupe po šest inbred linija pomoću 21 SSR prajmera na osnovu kojih je dobio ukupno 90 alela sa prosekom od 4,74 alela po prajmeru. Čamdžija (2014) je koristio 21 SSR prajmer za proučavanje 18 inbred linija i na taj način je dobijeno 96 alela sa prosekom 4,60 alela po prajmeru. Kumar i sar. (2016) su proučavali 13 inbred linija korišćenjem 22 SSR prajmera i identifikovali ukupno 59 alela sa prosečnom vrednošću od 2,62 alela po lokusu. Patel i sar. (2017) su proučavali osam inbred linija kukuruza i identifikovali ukupno 76 alela sa prosečnom vrednošću 4,47 pomoću 17 SSR prajmera. Na slici je prikazan DNK profil sedam inbred linija za prajmer umc2393 (Slika 3).



Slika 3. DNK profili sedam linija kukuruza za prajmer umc2393, M – 50bp DNK marker

Tabela 36. Prajmer, broj alela po prajmeru i PIC vrednosti

R. broj	Prajmer	Broj alela	PIC
1	bnlg1083	4	0,80
2	umc2083	2	0,25
3	umc2230	3	0,57
4	umc1265	4	0,70
5	umc1535	3	0,62
6	umc1717	4	0,74
7	umc2002	8	0,40
8	umc1273	5	0,70
9	bnlg1257	3	0,58
10	bnlg1784	3	0,66
11	umc2360	2	0,50
12	umc1418	2	0,25
13	umc2137	2	0,50
14	umc1597	2	0,25
15	umc2373	3	0,62
16	umc1792	2	0,25
17	umc1376	3	0,18
18	phi 452693	3	0,58
19	umc1795	4	0,70
20	umc1545	4	0,50
21	umc1695	6	0,16
22	bnlg1456	3	0,57
23	umc2334	2	0,40
24	umc2042	3	0,62
25	umc2355	4	0,56
26	umc1172	2	0,50
27	phi080	5	0,78
28	umc2393	3	0,54
29	umc1596	4	0,53
30	umc1492	3	0,58
31	umc2089	4	0,74
32	bnlg1518	5	0,68
33	umc1506	5	0,78
34	bnlg1839	3	0,66
	$\Sigma$	118	/
	Prosek	3,47	0,54



## 6. Rezultati i diskusija

PIC (*Polymorphism Information Content*) vrednosti SSR lokusa su bile u rangi od 0,16 do 0,80 sa prosečnom vrednošću 0,54 (Tabela 36). 14 SSR lokusa (bnlg1083, umc1265, umc1535, umc1717, umc1273, bnlgl1784, umc2373, umc1795, umc2042, phi080, umc2089, bnlgl1518, umc1506, bnlgl1839) je ispoljilo PIC vrednosti veće od 0,60 što ukazuje na njihov informacijski potencijal za otkrivanje razlika između inbred linija. Do istog zaključka su došli Legesse i sar. (2007) koji su ispitivali 56 inbred linija pomoću seta od 27 SSR prajmera i identifikovali ukupno 104 alela. Oni su dobili PIC vrednosti SSR lokusa u opsegu od 0,31 do 0,71, sa prosečnom vrednošću od 0,55. Cholastova i sar. (2011) su ispitivali 30 hibrida kukuruza pomoću 43 SSR prajmera i dobili prosečno 4,08 alela po lokusu. PIC vrednosti su bile nešto veće i kretale su se od 0,47 do 0,91 sa srednjom vrednošću od 0,71. Vaz Patto i sar. (2004) su koristili 15 SSR prajmera kao bi identifikovali 104 inbred linije. Oni su dobili vrednosti PIC od 0,33 do 0,89 sa prosekom od 0,56.

Rezultati ispitivanja genetičke distance (GD) između samooplodnih linija dobijeni su primenom SSR molekularnih markera (Tabela 37).

Tabela 37. Genetička sličnost *simple matching* koeficijenta između inbred linija kukuruza dobijena na osnovu SSR molekularnih markera

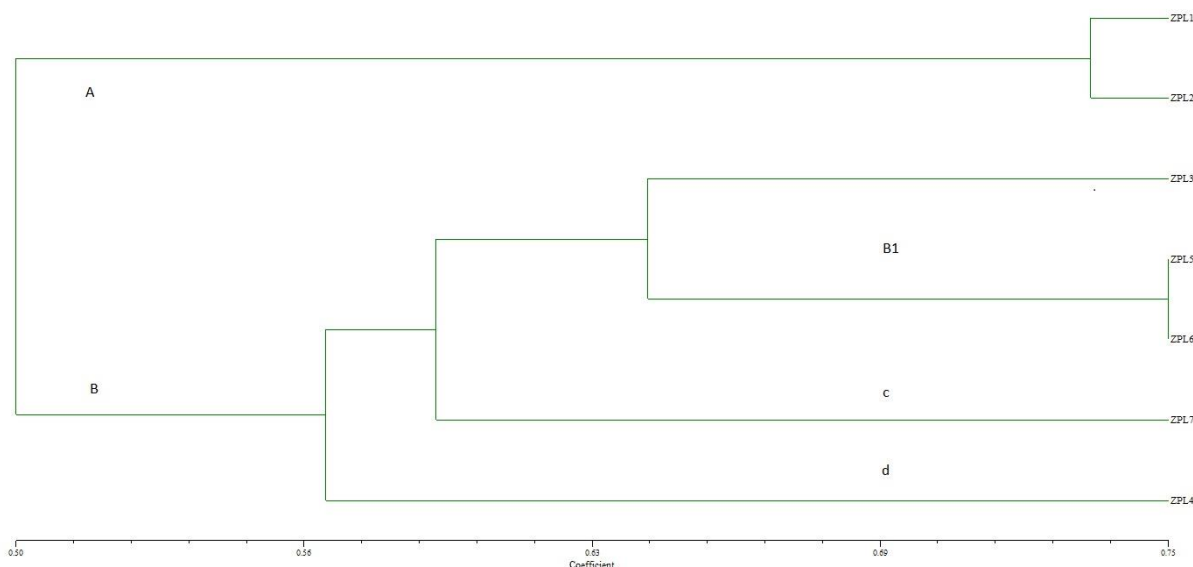
	ZPL1	ZPL2	ZPL3	ZPL4	ZPL5	ZPL6	ZPL7
ZPL1	1						
ZPL2	<b>0,74</b>	1					
ZPL3	0,50	0,55	1				
ZPL4	0,56	0,53	0,58	1			
ZPL5	0,48	0,47	0,65	0,60	1		
ZPL6	0,47	<b>0,45</b>	0,63	0,56	<b>0,75</b>	1	
ZPL7	0,52	0,47	0,60	0,53	0,59	0,58	1

Najveća genetička sličnost (GS), odnosno najmanja genetička distanca je zabeležena kod inbred linija ZPL5 i ZPL6 koje potiču iz Nezavisnog izvora. Njihova kombinacija je imala najveću vrednost GS koja je iznosila 0,75 (Tabela 37). Sledeća najveća sličnost je bila između inbred linija ZPL1 i ZPL2 koje potiču iz *Lancaster* heterotične grupe. Kombinacija ove dve inbred linije je takođe imala veliku vrednost GS koja je iznosila 0,74.

Najmanja sličnost, odnosno najveća genetička distanca je zabeležena između inbred linija ZPL2 i ZPL6 (0,45), zatim između inbred linija ZPL2 i ZPL5 (0,47), ZPL1 i ZPL6 (0,47) i ZPL1 i ZPL5 (0,48). Ove inbred linije koje pokazuju najmanju međusobnu sličnost pripadaju *Lancaster* i Nezavisnom heterotičnom izvoru.

## 6. Rezultati i diskusija

Na dendrogramu su inbred linije raspoređene u skladu sa njihovom genetičkom distancom (Slika 4). Slika jasno pokazuje da su inbred linije ZPL1 i ZPL2 veoma slične jer pripadaju *Lancaster* heterotičnoj grupi i da su odvojene od ostalih inbred linija u poseban subklaster (**A**). Ostale inbred linije nalaze se u drugom brojnijem subklasteru (**B**). Ovaj subklaster dalje je podeljen u grupu **B1** koju čine srodne inbred linije ZPL5 i ZPL6 (Nezavisni izvor) i linija ZPL3 (BSSS izvor), kao i dve grane **c** (inbred linija ZPL7 (Nezavisni izvor)) i **d** (inbred linija ZPL4 (BSSS izvor)).



Slika 4. Dendrogram genetičke sličnosti između ispitivanih inbred linija na osnovu *simple matching* koeficijenta, dobijen pomoću SSR markera

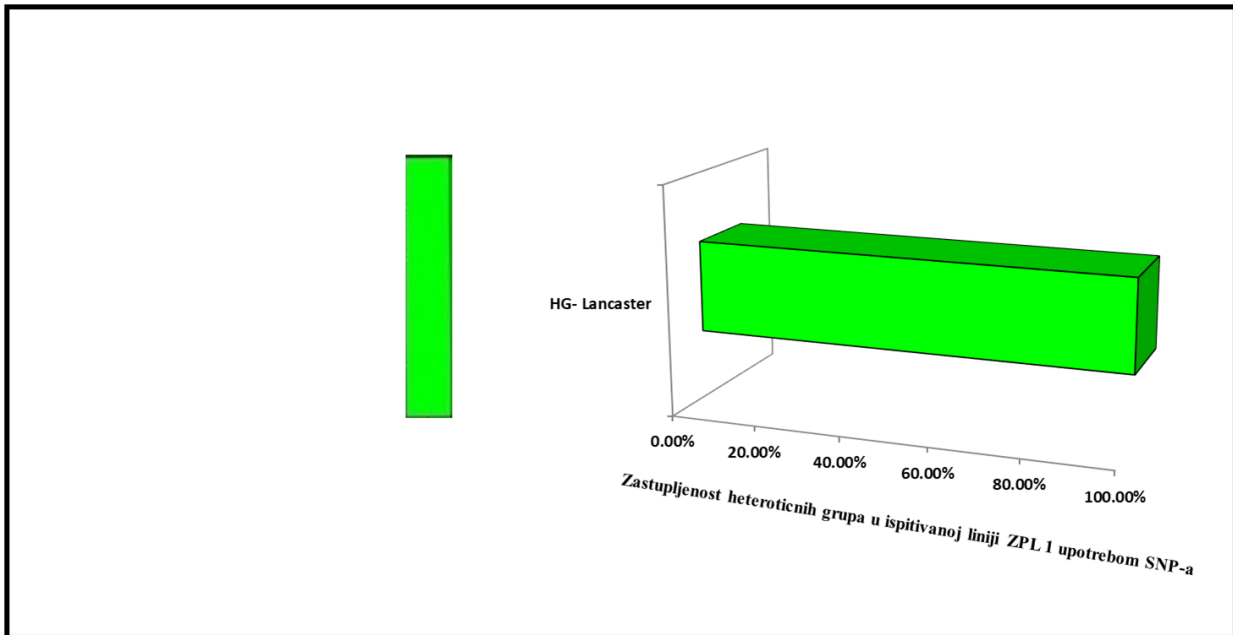
**SNP molekularni markeri** – Na grafikonima je prikazana populaciona struktura sedam inbred linija kukuruza dobijena pomoću 18889 informativnih SNP molekularnih markera, gde je zabeležena veoma visoka informativnost SNP-ova. Heterotične grupe su obeležene različitim bojama. Zelena boja se odnosi na *Lancaster* izvor, plava boja na BSSS izvor dok žuta, crvena i roze boja predstavljaju Nezavisni izvor 1, 2 i 3 (Grafik 6-12).

Yan i sar. (2010) su izvršili genotipizaciju 154 različite inbred linije pomoću 975 SNP markera, gde je uspešno zabeleženo oko 90% SNP-ova sa visokom informativnošću.

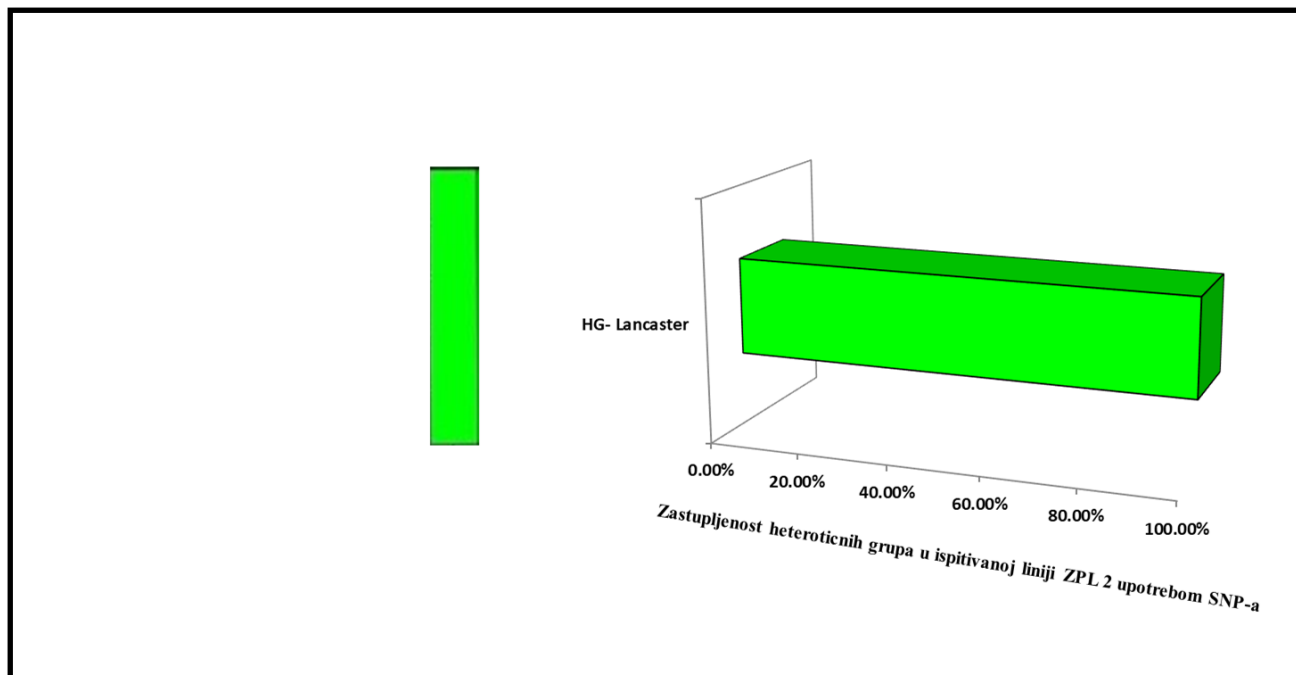
Mammadov i sar. (2011) su vršili genotipizaciju 86 inbred linija na osnovu čega su dobili 13 882 informativna SNP markera sa prosečnom informativnošću od 76,4%.

## 6. Rezultati i diskusija

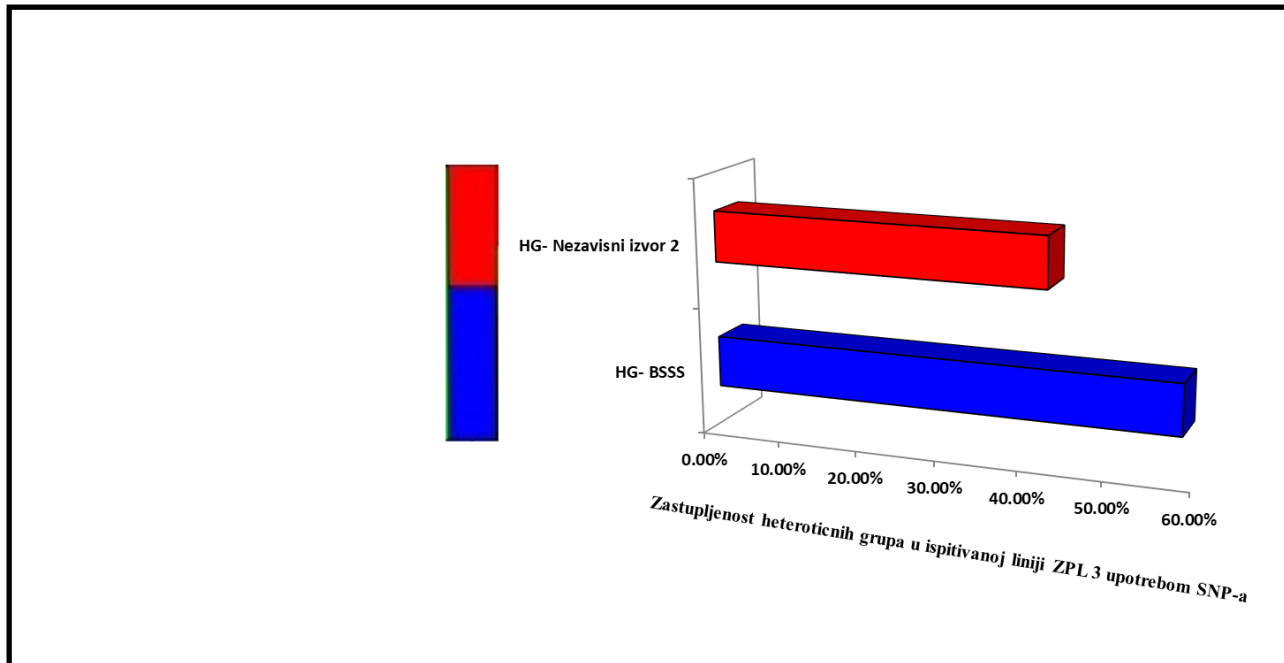
Inbred linije ZPL1 i ZPL2 sadrže u sebi samo *Lancaster* heterotičnu grupu, inbred linija ZPL5 sadrži samo *BSSS* izvor, dok su inbred linije ZPL3, ZPL4, ZPL6 i ZPL7 mešavina *BSSS* i Nezavisnog izvora.



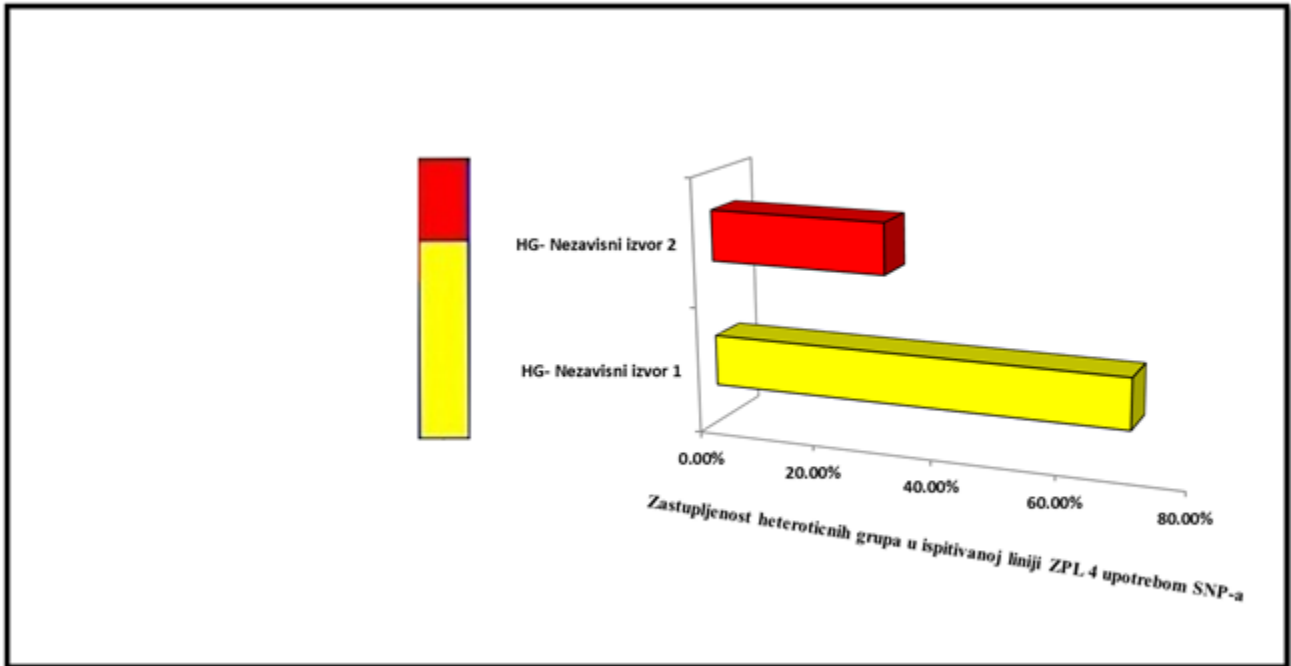
Grafik 6. Populaciona struktura inbred linije ZPL1 na osnovu SNP markera



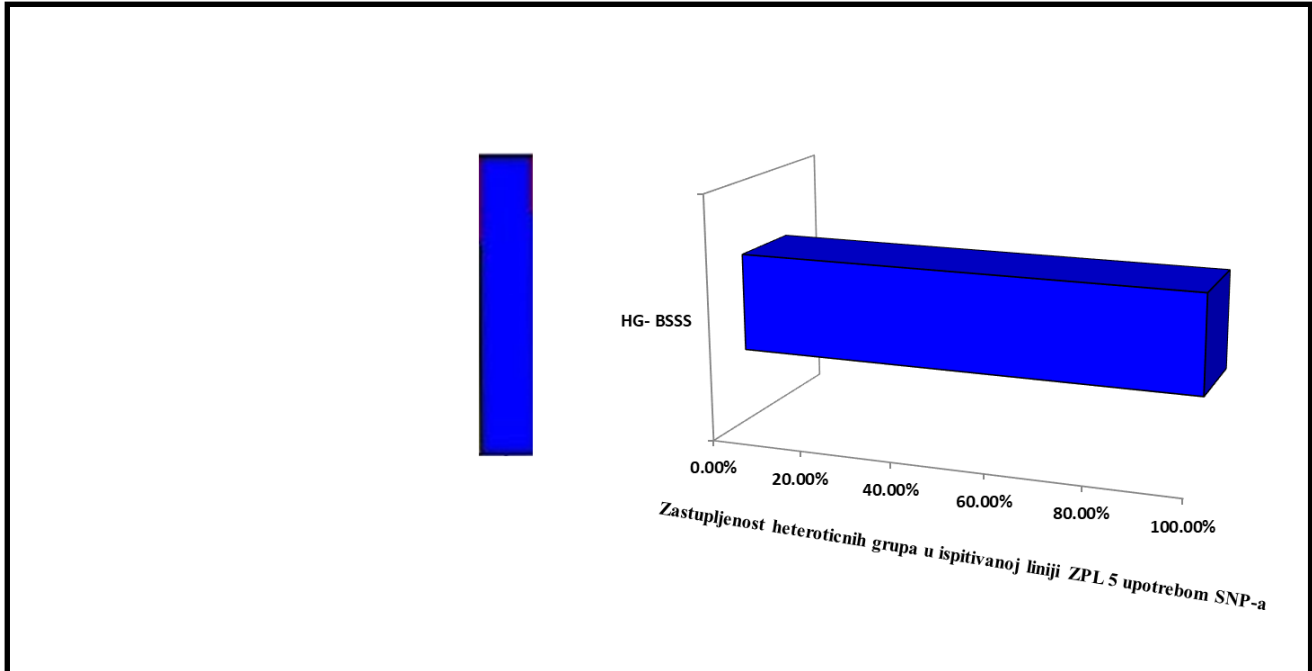
Grafik 7. Populaciona struktura inbred linije ZPL2 na osnovu SNP markera



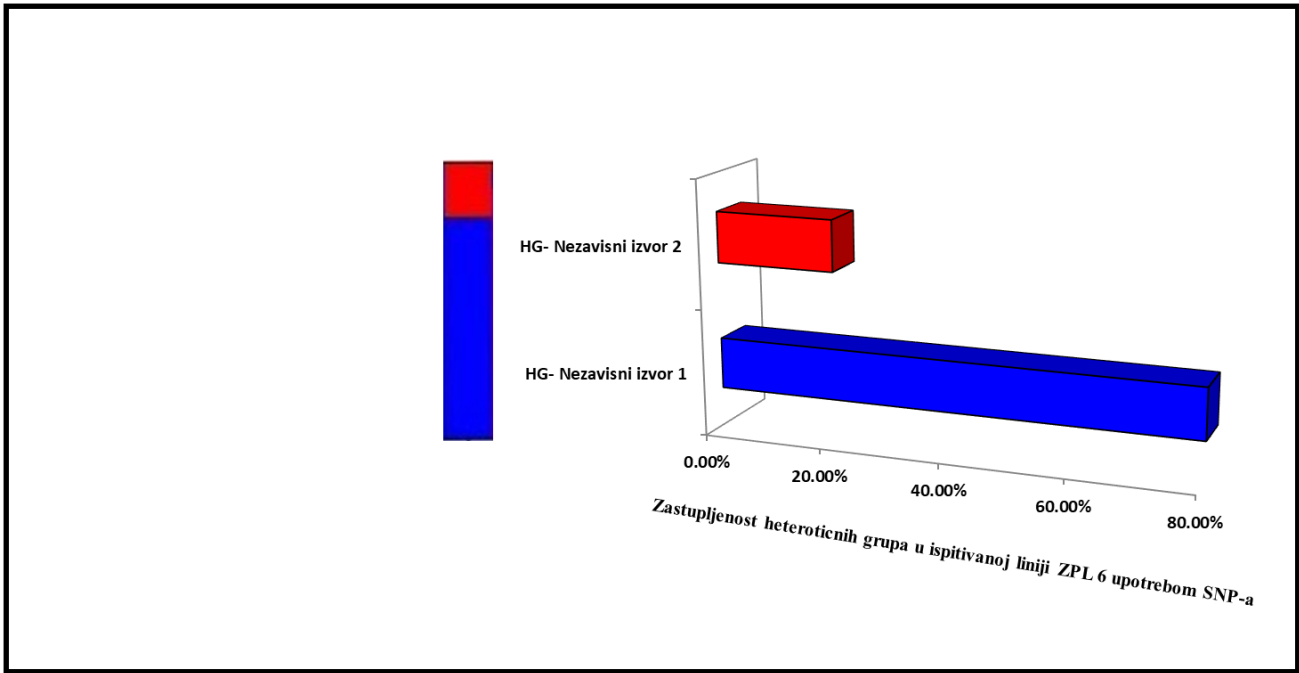
Grafik 8. Populaciona struktura inbred linije ZPL3 na osnovu SNP markera



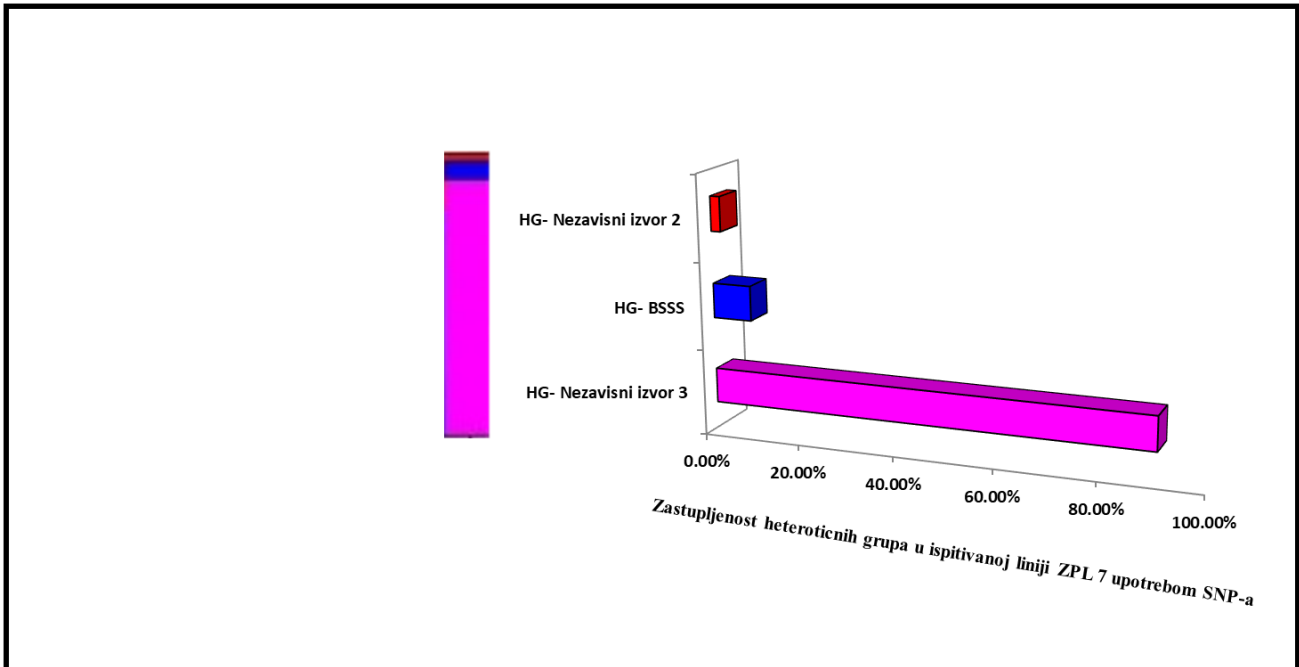
Grafik 9. Populaciona struktura inbred linije ZPL4 na osnovu SNP markera



Grafik 10. Populaciona struktura inbred linije ZPL5 na osnovu SNP markera



Grafik 11. Populaciona struktura inbred linije ZPL6 na osnovu SNP markera



Grafik 12. Populaciona struktura inbred linije ZPL7 na osnovu SNP markera

## 6. Rezultati i diskusija

Rezultati ispitivanja genetičke distance (GD) između samooplodnih linija su dobijeni primenom SNP molekularnih markera (Tabela 38). Kako je korišćen velik broj SNP markera, rezultati su bili veoma precizni, a genetička distanca je bila u saglasnosti sa prinosom zrna. Beyene i sar. (2013) su ispitivali prinos kod 45 hibrida u stresnim uslovima suše i u uslovima navodnjavanja na osnovu genetičke distance njihovih roditeljskih dihaploidnih inbred linija. Genotipizacija 45 inbred linija je urađena pomoću 163 080 SNP-ova. Inbred linije su podeljene u dva klastera koji su pokazali da je genetička distanca bila u saglasnosti sa njihovim poreklom, a prosečna udaljenost je iznosila 0,36.

Najniža vrednost genetičke distance je bila između inbred linija ZPL1 i ZPL2 koje su iz istog *Lancaster* heterotičnog izvora (0,191), kao i između inbred linija ZPL5 i ZPL6 koje pripadaju Nezavisnom izvoru (0,196). Mala genetička distanca je bila i između inbred linija ZPL3 i ZPL5, ZPL3 i ZPL6.

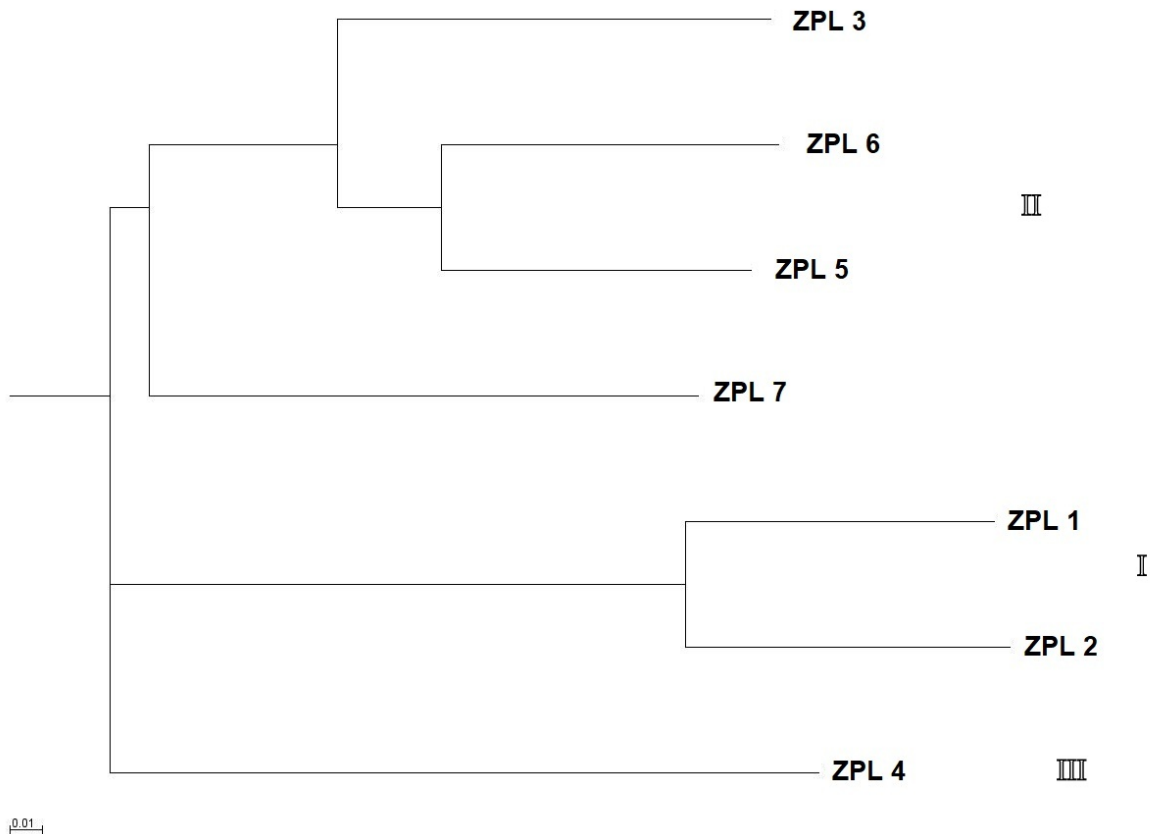
Tabela 38. Genetička distanca između ispitivanih inbred linija kukuruza na osnovu SNP molekularnih markera

Genotype	ZPL1	ZPL2	ZPL3	ZPL4	ZPL5	ZPL6
ZPL2	<b>0,191</b>					
ZPL3	0,472	0,477				
ZPL4	<b>0,482</b>	<b>0,487</b>	0,408			
ZPL5	0,471	0,479	0,246	0,396		
ZPL6	0,439	0,473	0,275	0,420	<b>0,196</b>	
ZPL7	0,439	0,446	0,356	0,398	0,359	0,341

Najviša vrednost genetičke distance je zabeležena između inbred linija ZPL2 i ZPL4 (0,487), a zatim i između inbred linija ZPL1 i ZPL4 (0,482). Na osnovu SNP molekularnih markera je potvrđeno da je *Lancaster* x BSSS heterotični par najeksploatisaniji i da se njihovim kombinovanjem dobijaju najveće genetičke distance, pa samim tim i najviši prinosi zrna. Visoke vrednosti genetičke distance su imale i sledeće kombinacije: ZPL1 i ZPL3 (0,472), ZPL1 i ZPL5 (0,471), ZPL2 i ZPL3 (0,477), ZPL2 i ZPL5 (0,479), ZPL2 i ZPL6 (0,473).

## 6. Rezultati i diskusija

Dendrogram je podelio inbred linije u tri subklastera (Slika 5.). Prvi subklaster čine inbred linije ZPL1 i ZPL2, drugi inbred linije ZPL5, ZPL6, ZPL3 i ZPL7, dok se inbred linija ZPL4 odvojila u poseban, treći subklaster.



Slika 5. Dendrogram genetičke sličnosti između ispitivanih inbred linija na osnovu SNP markera



**Poređenje molekularnih markera (SSR i SNP)** - Na osnovu poređenja dve tehnike molekularnih markera (SSR i SNP) može se zaključiti da su dale slične rezultate. SSR molekularni markeri su pokazali da je najmanja genetička distanca bila između inbred linija ZPL5 i ZPL6 pa zatim između inbred linija ZPL1 i ZPL2. SNP markeri su pokazali da su inbred linije ZPL1 i ZPL2 bile na prvom mestu po najmanjoj genetičkoj distanci, a zatim inbred linije ZPL5 i ZPL6. Iako su obe tehnike molekularnih markera pokazale iste rezultate, hibridi dobijeni kombinacijom ovih inbred linija nisu imale najniži prinos, tako da tu postoji odstupanje u odnosu između genetičke udaljenosti inbred linija i heterozisa za prinos zrna kod hibrida.

Najveću genetičku distancu na osnovu SSR markera su imale inbred linije ZPL2 i ZPL6, ZPL2 i ZPL5, ZPL1 i ZPL6, ZPL1 i ZPL5 dok su na osnovu SNP markera najveću genetičku distancu imale kombinacije inbred linija ZPL2 i ZPL4, ZPL1 i ZPL4. Ovo su ujedno i kombinacije inbred linija koje potiču iz dva heterotična izvora (*Lancaster* i *BSSS*) koji se najbolje kombinuju i daju izražen heterozis. U ovom delu su molekularni markeri pokazali različite rezultate. Kada se uzme u obzir prinos zrna, prednjačile su sledeće kombinacije: ZPL2 x ZPL4 (11,15 t/ha) i ZPL1 x ZPL4 (10,79 t/ha). Ovakvi rezultati su bili u skladu sa informacijama koje su dali SNP molekularni markeri.

Na osnovu svega navedenog se može zaključiti da su SNP molekularni markeri ipak bili precizniji i informativniji uzimajući u obzir da koriste mnogo veći broj prajmera nego SSR markeri. Do istog zaključka su došli Jones i sar. (2007), Gupta i sar. (2001), Šimić i sar. (2009) koji tvrde da SNP tehnologija obezbeđuje povećan kvalitet i kvantitet podataka o markerima u poređenju sa SSR tehnologijom. S druge strane Yang i sar. (2011) i Hamblin i sar. (2007) su u svojim istraživanjima zaključili da su SSR markeri sa umerenom gustinom prajmera prilikom mapiranja genoma ipak bili informativniji od SNP markera koji su imali daleko veću gustinu prajmera. Yu i sar. (2009) su utvrdili da je snaga 1000 SNP-ova slična snazi od 100 SSR-ova za procenu strukture populacije i njihove međusobne sličnosti. Korišćenje SNP-ova visoke gustine može kompenzovati ovaj nedostatak (Yan i sar., 2010).

### 6.7. MEĐUZAVISNOST GENETIČKE DISTANCE, POSEBNIH KOMBINACIONIH SPOSOBNOSTI I HETEROZISA U ODNOSU NA BOLJEG RODITELJA

U ovom poglavlju su prikazani rezultati Spearman-ovog koeficijenta korelacije ranga za genetičku distancu između roditeljskih komponenti, prinos zrna, posebne kombinacione sposobnosti i heterozis u odnosu na boljeg roditelja (Tabela 39).

Tabela 39. Spearman-ov koeficijent korelacije ranga za genetičku distancu između inbred linija (GD), prinos zrna (PR), posebne kombinacione sposobnosti (PKS) i heterozis u odnosu na boljeg roditelja (HPH)

	PR	PKS	HPH
GD	0,92**	0,85**	0,91**
PR		0,85 **	0,93**
PKS			0,86**

GD-genetička distanca, PR-prinos zrna (t/ha), PKS-posebne kombinacione sposobnosti, HPH-heterozis u odnosu na boljeg roditelja

Vrednosti Spearman-ovog koeficijenta korelacije ranga između genetičke distance inbred linija zasnovane na molekularnim markerima i prinosa zrna, posebnih kombinacionih sposobnosti i heterozisa u odnosu na boljeg roditelja su bile veoma statistički značajne i iznosile su 0,92\*\*, 0,85\*\* i 0,91\*\*, redom. Uglavnom je u većini slučajeva genetička distanca u pozitivnoj korelaciji sa heterozisom (Paterniani i sar., 2008).

Pozitivne i statistički značajne vrednosti između genetičke distance, posebnih kombinacionih sposobnosti i heterozisa za prinos zrna su zabeležene od strane Grčić i sar. (2018), koji su istraživanje vršili na šest inbred linija kukuruza.

Pavlov i sar. (2016) su dobili slične rezultate primenjujući istu metodologiju kod šest inbred linija i 15 hibrida dobijenih njihovim ukrštanjem.

Koeficijent korelacije između prinosa zrna, posebnih kombinacionih sposobnosti i heterozisa u odnosu na boljeg roditelja je iznosio 0,85\*\* i 0,93\*\*, redom i bio je statistički značajan. Koeficijent korelacije između posebnih kombinacionih sposobnosti i heterozisa u odnosu na boljeg roditelja je iznosio 0,86\*\* i takođe je bio statistički značajan.

Dhliwayo i sar. (2009) su proučavali 20 elitnih inbred linija poreklom iz CIMMYT-a i IITA-e i ustanovili da genetička distanca nije bila u značajnoj korelaciji sa prinosom zrna, heterozisom u odnosu na srednju vrednost roditelja i posebnim kombinacionim sposobnostima.

## 6. Rezultati i diskusija

---

Fernandes i sar. (2015) su ispitivali koeficijent korelacije kod 48 tropskih inbred linija i došli su do zaključka da nije postojala značajna korelacija između genetičke distance i heterozisa za prinos zrna.

Kustanto i sar. (2012) su utvrdili pozitivnu korelaciju između genetičke distance, posebnih kombinacionih sposobnosti i heterozisa za prinos zrna kod 33 inbred linije kukuruza.

Barbosa i sar. (2003) su utvrdili da je koeficijent korelacije između genetičke distance i prinosa zrna kod 18 inbred linija bio pozitivan i značajan.

Xu i sar. (2004) su u istraživanju 15 elitnih inbred linija poreklom iz Kine dobili da je koeficijent korelacije između genetičke distance dobijene na osnovu SSR markera i heterozisa za prinos zrna bio veoma značajan i pozitivan.

### 7. ZAKLJUČAK

- Rezultati analize varijanse (ANOVA) su ukazali na veoma značajan uticaj svih osnovnih faktora (godina, lokacija, genotip) u variranju prinosa zrna inbred linija i hibrida.
- Najprinosnije inbred linije *per se* su bile ZPL6 i ZPL4 u dvogodišnjem periodu ispitivanja sa prosečnim prinosom na svim lokacijama od 4,17 t/ha i 4,16 t/ha.
- Najprinosniji hibridi su bili ZPL2 x ZPL4 i ZPL1 x ZPL4 sa prosečnim prinosima na svim lokacijama od 11,15 t/ha i 10,79 t/ha. Ovi hibridi su kao očinsku komponentu imali inbred linije ZPL1 i ZPL2 koje pripadaju *Lancaster* heterotičnoj grupi, dok je druga komponenta (ZPL4) bila zajednička kod oba najprinosnija hibrida i pripada BSSS izvoru.
- Najvišu vrednost heterozisa u odnosu na boljeg roditelja za prinos zrna je ispoljavao hibrid ZPL2 x ZPL4 koji je u 2017. godini iznosio 285,88, što je u saglasnosti sa genetičkom distancom dobijenom pomoću SNP molekularnih markera, dok kod SSR markera to nije bio slučaj. Generalno gledano, nije postojalo odstupanje heterozisa za prinos zrna u odnosu na genetičku distancu.
- Grupisanje podataka pomoću hijerarhijske klaster analize za ispitivane kvantitativne osobine je bilo u saglasnosti sa grupisanjem na osnovu molekularnih markera.
- Ispitivanje kombinacionih sposobnosti kao i određivanje odnosa opštih (OKS) i posebnih (PKS) kombinacionih sposobnosti ukazuje na delovanje gena kod određene osobine, tj. određuje udeo aditivne i neaditivne genetičke varijanse u ukupnom fenotipskom variranju. Odnos OKS/PKS je bio manji od 1 za osobine prinos zrna (0,53), broj redova zrna (0,65), broj zrna u redu (0,79) i dubina zrna (0,63) što znači da su ove osobine bile pod uticajem neaditivnih gena (dominacija i epistaza). S druge strane, odnos OKS/PKS je bio veći od 1 za osobine visina biljke (1,09), visina klipa (2,04), ukupan broj listova (1,55), broj listova iznad klipa (1,40) i dužina klipa (1,33) što ukazuje na preovlađujući uticaj aditivnih gena.
- Inbred linija ZPL4 je imala značajne vrednosti OKS za većinu ispitivanih osobina i to je čini dobrim opštim kombinatorom, osim što su vrednosti za visinu biljke i visinu klipa bile takođe značajne, a to nije poželjna osobina u oplemenjivanju.
- Najviše vrednosti PKS za sve osobine su imale hibridne kombinacije ZPL2 x ZPL4 i ZPL1 x ZPL4. Iako je inbred linija ZPL4 imala značajne pozitivne vrednosti za visinu biljke i visinu klipa, ona je u kombinaciji sa inbred linijom ZPL2 ispoljila značajne negativne vrednosti za ove dve osobine.
- Na osnovu koeficijenta korelacije utvrđena je međuzavisnost kod ispitivanih osobina. Kod inbred linija najveća zavisnost prinosa je bila sa brojem zrna u redu (0,50), dubinom zrna (0,45), masom 1000 zrna (0,35) i dužinom klipa (0,32). Kod hibrida nije utvrđena značajna zavisnost prinosa i komponenti prinosa.

- Genetički diverzitet sedam inbred linija kukuruza različitog porekla i različitih grupa zrenja ispitan je primenom dve vrste molekularnih markera, SSR i SNP. U analizi je korišćeno 34 SSR markera koji su identifikovali ukupno 118 alela, sa prosekom od 3,47 alela po markeru. Vrednosti genetičke distance dobijene na osnovu SSR markera su bile u saglasnosti sa podacima o poreklu inbred linija. Inbred linije su u okviru klastera podeljene u dva posebna subklastera. Prvi subklaster (A) činile su dve inbred linije koje su pripadale *Lancaster* heterotičnoj grupi, a drugi subklaster (B) su činile dve inbred linije iz BSSS izvora i tri inbred linije iz Nezavisnog izvora. Na osnovu SNP molekularnih markera inbred linije su podeljene u tri subklastera. Prvi subklaster su činile dve inbred linije koje su pripadale *Lancaster* heterotičnoj grupi, drugi subklaster su činile četiri inbred linije iz BSSS i Nezavisnog izvora, a u treći subklaster se odvojila jedna inbred linija iz BSSS izvora. Vrednosti genetičke distance dobijene na osnovu SNP markera su takođe bile u saglasnosti sa podacima o poreklu inbred linija.

- Poređenjem dve tehnike molekularnih markera (SSR i SNP) dobijeni su slični rezultati. Obe tehnike su pokazale da je najmanja genetička distanca bila između inbred linija ZPL1 i ZPL2 koje pripadaju *Lancaster* heterotičnoj grupi i između inbred linija ZPL5 i ZPL6 koje pripadaju Nezavisnoj osnovi. Kada se uzme u obzir najveća genetička distanca tu se javlja razlika između SSR i SNP markera. Najveću genetičku distancu na osnovu SSR markera su imale inbred linije ZPL2 i ZPL6, ZPL2 i ZPL5, ZPL1 i ZPL6, ZPL1 i ZPL5 dok su na osnovu SNP markera najveću genetičku distancu imale kombinacije inbred linija ZPL2 i ZPL4, ZPL1 i ZPL4.

- Vrednosti Spearman-ovog koeficijenta korelacije ranga između genetičke distance inbred linija zasnovane na molekularnim markerima i prinosa zrna, posebnih kombinacionih sposobnosti i heterozisa u odnosu na boljeg roditelja su bile pozitivne i veoma statistički značajne.

8. LITERATURA

Abadassi, J. (2016): Correlations among grain yield and its components in maize populations. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 3(6): 142-146.

Abdel-Moneam, M.A., Attia, A.N., EL-Emery, M.I., Fayed, E.A. (2009): Combining ability and heterosis for some agronomic traits of crosses of maize. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 12 (5): 433-438.

Abebe, A., Wolde, L., Gebreselassie, W. (2018). Combining ability and heterosis of maize inbred lines.

Abuali A.I., Abdelmulla A.A., Khalafalla M.M., Idris A.E., Osman A.M. (2012): Combining Ability and Heterosis for Yield and Yield Components in Maize (*Zea mays* L.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 6(10): 36-41.

Ahmed, S., Khatun, F., Uddin, M.S., Banik, B.R., Ivy, N.A. (2008): Combining ability and heterosis in maize (*Zea mays* L.). *Bangladesh J. Pl. Breed. Genet.*, 21(2): 27-32.

Ahmed, S., Begum, S., Islam, M.A., Ratna, M., Karim, M.R. (2017): COMBINING ABILITY ESTIMATES IN MAIZE (*ZEAMAYS* L.) THROUGH LINE  $\times$  TESTER ANALYSIS. *Bangladesh J. Agril. Res.* 42(3): 425-436.

Alam, A.K.M.M., Ahmed, S., Begum, M., Sultan, M.K. (2008): Heterosis and combining ability for grain yield and its contributing characters in maize. *Bangladesh J. Agril. Res.* 33(3): 375-379.

Ali Q, Ali A, Awan MF, Tariq M, Ali S, Samiullah TR and Hussain T, 2014. Combining ability analysis for various physiological, grain yield and quality traits of *Zea mays* L. *Life. Sci. J.* 11(8): 540-551.

Alvi, M.B., Rafique, M., Tariq, M.S., Hussain, A., Mahmood, T., Sarwar, M. (2003): Character association and path coefficient analysis of grain yield and yield components maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Biol. Sci.* 6:136-138.

Amiruzzaman, M., Islam, M.A., Hassan, L., Rohman, M.M. (2010): Combining Ability and Heterosis for Yield and Component Characters in Maize. *Academic Journal of Plant Sciences* 3 (2): 79-84.

Annapurna, D., Khan, K. H. A. and Shaik Mohammad, 1998, Genotypic, phenotype correlations and path coefficient analysis between seed yield and other associated characters in tall genotypes of maize. *Crop Res.*, 16: 205-209.

Andayani, N.N., Aqil, M., Roy Efendi, Azrai, M. (2018): Line  $\times$  tester analysis across equatorial environments to study combining ability of Indonesian maize inbred. *Asian J Agri & Biol.* 6(2):213-220.

- Anđelković, V. (2000): Identifikacija pokazatelja otpornosti kukuruza (*Zea mais* L.) prema suši kod top-cross potomstva sa egzotičnom germplazmom. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- Anđelković, V., Babić, V., Kravić, N. (2017): Genetički resursi u oplemenjivanju kukuruza. Selekcija i semenarstvo, Vol. XXIII, (1) 37-48.
- Artlip, T.S., Madison, J.T., Setter, T.L. (1995): Water deficit in developing endosperm of maize: cell division and nuclear DNA endoreduplication. *Plant, Cell and Environment* 18: 1034–1040.
- Atanaw A., Nayakar N.Y., Wali M.C. (2003): Combining Ability, Heterosis and per se Performance of Height Characters in Maize. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 16(1): 131-133.
- Azam, G.M., Maniruzzam, U.S., Banik, B.R. (2014). GENETIC VARIABILITY OF YIELD AND ITS CONTRIBUTING CHARACTERS ON CIMMYT MAIZE INBREDS UNDER DROUGHT STRESS. *Bangladesh J. Agril. Res.* 39(3): 419-426.
- Babic, V., Babic, M., Delic, N. (2006): Stability parameters of commercial maize (*Zea mays* L.) hybrids – *Genetika*, Vol. 38/3, 235- 240.
- Balestre, M., J.C. Machado, J.L. Lima, J.C. Souza, L. Nobrega Filho (2008): Genetic distance estimates among single cross hybrids and correlation with specific combining ability and yield in corn double cross hybrids. *Genet. Mol. Res.* 7 (1): 65-73.
- Barah, B.C., Binswanger, H.P., Rana, B.S., Rao, G.P. (1981) The use of risk aversion in plant breeding: concept and application. *Euphytica*. 30: 451-458.
- Barbosa, A.M.M., I.O. Geraldi, L.L. Benchimol, A.A.F. Garcia, C.L. Souza JR., A.P. Souza (2003): Relationship of intra- and inter-population maize single crosses hybrid performance and genetic distances computed from AFLP and SSR markers. *Euphytica* 130, 87–99.
- Basra, A. S. (1999): Heterosis and hybrid seed production in agronomic crops. Food Products Press. ISBN 1-56022-876-8.
- Bauman, L.F. (1981): Review of methods used by breeders to develop superior inbreds. *Proc. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf.*, 36: 199.
- Beadle, G.W. (1932): Studies of *Euchlaena* and its hybrids with *Zea*. I. Chromosome behavior in *Euchlaena mexicana* and its hybrids with *Zea mays*. *Z. Abst. Vererb.* 62: 291-304.
- Beavis, W.D., Grant, D., Albertsen, M., Fincher, R. (1991): Quantitative trait loci for plant height in four maize populations and their associations with qualitative genetic loci. *Theoretical and Applied Genetics* 1991; 83: 141–145.
- Beck D.L., Vasal, S.K., Crossa, J. (1990): Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* L.) germplasm. *Maydica* 35:279–285.

- Becker, H.C. (1981): Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica*, Volume 30, pages 835–840.
- Betran, F.J., Ribaut, J.M., Beek, D. and Gonzalez de Leon, D. (2003): Genetic diversity, specific combining ability and heterosis in tropical maize under stress and nonstress environments. *Crop Science*, 43: 797-806.
- Beyene, Y., Mugo, S., Semagn, K., Asea, G., Trevisan, W., Tarekegne, A., Tefera, T., Gethi, J., Kiula, B., Gakunga, J., Karaya, H., Chavangi, A. (2013): Genetic distance among doubled haploid maize lines and their testcross performance under drought stress and non-stress conditions. *Euphytica*, 192(3), 379-392.
- Bhatangar, S., Betran, F.J., Rooney, L.W. (2004): Combining Abilities of Quality Protein Maize Inbreds. *Crop Breeding, Genetics & Cytology*. Pages 1997-2005.
- Bode, D., Elezi, F., Gixari, B., Shehu, D., Hobdari, V. (2012): EVALUATION OF SOME MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS IN MAIZE (*ZEA MAYS* L.). *Agriculture & Forestry*, Vol. 58. Issue 2: 65-73.
- Boćanski, J. (1995) Genetička i fenotipska međuzavisnost morfoloških osobina i žetvenog indeksa kod BSSS populacija kukuruza (*Zea mays* L.). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Boćanski, J., Srećkov, Z., Nastasić, A. (2005): GENETIČKA ANALIZA MASE OKLASKA I PRINOSA ZRNA KUKURUZA (*Zea mays* L.). *Letopis naučnih radova*, Godina 29, broj 1, strana 113–121.
- Bolanos, J., Edmeades, G.O. (1993): Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. II. Responses in reproductive behavior. *Field Crop Res*, 31:253-268.
- Borojević, S. (1981): Principi i metode oplemenjivanja bilja. Naučna knjiga, Beograd.
- Božović, D. (2018): Stabilnost prinosa i komponenti rodosti kukuruza u uslovima stresa pod dejstvom sulfonilurea. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet Beograd.
- Branković Radojčić, D. (2016): Interakcija genotip x sredina i stabilnost prinosa i komponenta prinosa zrna komercijalnih hibrida kukuruza. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Čamdžija, Z., Filipović M., Stevanović, M., Mladenović Drinić, S., Vančetović, J., Babić, M. (2012): Prinos i komponente prinosa komercijalnih ZP hibrida kukuruza različitih grupa zrenja. *Selekcija i semenarstvo*, Vol. XVIII, 41-48.
- Čamdžija, Z. F. (2014): Kombinacione sposobnosti za prinos zrna i agronomska svojstva ZP inbred linija kukuruza (Doctoral dissertation). University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade.
- Čvarković, R., G. Branković, I. Čalić, N. Delić, T. Živanović and G. Šurlan-Momirović (2009): Stability of yield and yield components in maize hybrids. *Genetika*, 41 (2), 215-224.



- Caixeta, D.S., Fritsche-Neto, R., Batista, L.G., Carvalho, H.F., DoVale, J.C., Malta de Lanes, E.C., Miranda, G.V. (2013): Relationship between heterosis and genetic divergence for phosphorus use efficiency and its components in tropical maize. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.1, p.60-65.
- Carena, M.J., Hallauer, A.R. (2001): Expression of heterosis in Leaming and Midland Corn Belt populations. *J Iowa Acad Sci* 108, 73-78.
- Carpici, E. B., Celik, N. (2010): Determining Possible Relationships between Yield and Yield-Related Components in Forage Maize (*Zea mays* L.) Using Correlation and Path Analyses. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj* 38 (3): 280-285.
- Ching, A., Cladwell, K.S., Jung, M., Dolan, M., Smith, O.S., Tingey, S., Morgante, M., Rafalski, A.J. (2002): SNP frequency, haplotype structure and linkage disequilibrium in elite maize inbred lines. *BMC Genet.* 3:19-33.
- Cholastova, T., Soldanova, M., Pokorny, R. (2011): Random amplified polymorphic DNA (RAPD) and simple sequence repeat (SSR) marker efficacy for maize hybrid identification. *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(24), pp. 4794-4801.
- Collard, B.C.Y., Jahufer, M.Z.Z., Brouwer, J.B., Pang, E.C.K. (2005): An introduction to markers, quantitative trait loci (QTL) mapping and marker-assisted selection for crop improvement: The basic concepts. *Euphytica* 142: 169–196.
- Cvijanović, G., Udvardi, I., Stepić, V., Đurić, N., Cvijanović, V., Đukić, V., Dozet, G. (2018): MASA 1000 ZRNA I VISINA PRINOSA KUKURUZA GAJENOG U KONVENCIONALNOJ I ORGANSKOJ PROIZVODNJI. *Radovi sa XXXII savetovanja agronoma, veterinarara, tehnologa i agroekonomista*. Vol. 24. br. 1-2.
- Devasree, S., Ganesan, K.N., Ravikesavan, R., Senthil, N., Paranidharan, V. (2020): Relationship between yield and its component traits for enhancing grain yield in single cross hybrids of maize (*Zea mays* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, Vol 11(3):796-802.
- Deza, E., M. Deza (2009): *Encyclopedia of Distances*.
- Dhliwayo, T., Pixley, K., Menkir, A., Warburton, M. (2009): Combining Ability, Genetic Distances, and Heterosis among Elite CIMMYT and IITA Tropical Maize Inbred Lines. *Crop Science*, Vol. 49.
- DOWSWELL, C.R., R.L. PALIWAL AND P.C. RONALD (1996): *Maize in the Third World*. Westview Press, Inc., pp. 1–19.
- Drinic Mladenovic S., M. Kostadinovic, D. Ristic, M. Stevanovic, Z. Čamdžija, M. Filipović, D. Kovačević (2012): Correlation of yield and heterosis of maize hybrids and their parental lines with genetic distance based on SSR markers. *Genetika*, Vol 44, No. 2, 399 - 408.
- Drinić, G., G. Stanković, Z. Pajić, J. Vančetović, D. Ignjatović Micić (2007): Sixty years of ZP maize breeding. *Maydica*, 52: 281-288.

- Duvick D.N. (1999): Heterosis: feeding people and protecting resources. In: Coors JG, Pandey S (eds) *The genetics and exploitation of heterosis in crops*. ASSA/CSSA/SSA, Madison, WI, pp 19–29.
- Duvick, D.N., Smith, J.S.C., Cooper, M. (2004): Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program. *Plant Breed. Rev.* 24:109-151.
- Duvick, D.N. (2005): Genetic progress in yield of United States maize (*Zea mays* L.) *Maydica* 50: 193-202.
- Dwivedi, S., Upadhyaya, H., Subudhi, P., Gehring, C., Bajic, V., Ortiz, R. (2010): Enhancing Abiotic Stress Tolerance in Cereals Through Breeding and Transgenic Interventions. *Plant Breeding Reviews*, Volume 33, 31-114.
- Đokić A., Mihaljev, J. (1995): Uloga genetike u stvaranju visokoprinoshnih sorti biljaka u povećanju proizvodnje hrane. *Selekcija i semenarstvo* 2: 177-189.
- Đukić, V., Balešević–Tubić, S., Đorđević, V., Tatić, M., Dozet, G., Jaćimović, G., Petrović, K. (2011): Prinos i semenski kvalitet soje u zavisnosti od uslova godine Ratar. *Povrt. / Field Veg. Crop Res.* 48: 37-142.
- East E.M. (1908): Inbreeding in corn. *Rep. Conn. Agric. Exp. Stn.* 419–428.
- East, E.M., Hayes, H.E. (1912): Heterozygosis in evolution and in plantbreeding. *U. S. Dept. Agr. Biol. Plant. Ind. Bull.* 243, 7.
- Edme S., Gallaher R.N. (1993): Breeding tropical corn for drought tolerance. *Proceedings of the 1993 Southern conservation tillage conference for sustainable agriculture*. Monroe, Louisiana June 15-17, pp 5-7.
- Edmeades, G.O., Bolanos, J., Elings, A., Ribaut, J.M., Banziger, M., Westgate, M.E. (2000): The role and regulation of the anthesis-silking interval in maize. In *Physiology and Modeling Kernel Set in Maize* (eds M.E. Westgate & K. Boote), pp. 43– 73. *Crop Science Society of America*, Madison, WI, USA.
- Fan, X. M., H. M. Chen, J. Tan, C. X. Xu, Y. D. Zhang, L. M. Luo, Y. X. Huang and M. S. Kang (2008): Combining abilities for yield and yield components in maize. *Maydica*, 53: 39-46.
- Falconer, D.S. (1960): *Introduction to Quantitative Genetics*. 1st ed. Oliver and Boyd. London, UK. pp. 1–365.
- Fasoulas, A.C. (1993): *Principles of crop breeding*. A.C. Fasoulas, P.O. Box 19555, Thessaloniki, Greece. pp. 1–128.
- Fernandes, E.H., Schuster, I., Scapim, C.A., Vieira, E.S.N., Coan M.M.D. (2015): Genetic diversity in elite inbred lines of maize and its association with heterosis. *Genetics and Molecular Research* 14 (2): 6509-6517.

- Filipović M., Jovanović Ž., Tolimir M. (2015). Pravci selekcije novih ZP hibrida. XX Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem (zbornik radova). Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet Čačak, 13. -14. mart 2015. 7-15.
- Fujimoto, R., K., Uezono, S., Ishikura, K., Osabe, W.J., Peacock, E.S., Dennis (2007): Recent research on the mechanism of heterosis is important for crop and vegetable breeding systems. *Breeding Science* 68: 145–158.
- Gardner, C.O. (1963): Estimation of genetic parameters in cross-pollinated plants and their implications in plant breeding. In: *Statistical Genetics and Plant Breeding* (Hanson W.D., Robinson H.F., eds.). NASNRS Washington D. C. Publication 982: 228-24.
- Gauch, H.G., Zobel, R.W. (1996): AMMI analysis of yield trials. In: Kang MS, Gouch HG (eds.), *Genotype by environment interaction*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp 85-122.
- Gissa, D.W., Zelleke, H., Labuschagne, M.T., Hussien, T., Singh, H. (2013): Heterosis and combining ability for grain yield and its components in selected maize inbred lines. *S. Afr. 1. Plant Soil*, 24(3).
- Glamočlija, Đ. (2004): *Posebno ratarstvo*, Izdavačka kuća Draganić.
- Glover, M.A., Willmot, D.B., Darrah, L.L., Hibbard, B.E., Zhu, X. (2005): Diallel Analyses of Agronomic Traits Using Chinese and U.S. Maize Germplasm. *Plant Genetic Resource*. Vol 45, Pages 1096-1102.
- Grant RF, Jackson BS, Kiniry JR, Arkin GF (1989): Water deficit timing effects on yield components in maize. *Agron. J.* 81:61–65.
- Grčić, N. (2016): Genetička analiza nasleđivanja kvantitativnih osobina kukuruza primenom metoda dialela i generacijskih proseka. *Doktorska disertacija*. Poljoprivredni fakultet Zemun.
- Grčić, N., N., Delić, M., Stevanović, J., Pavlov, M., Crevar, M., Mladenović, N., Nišavić (2018): Genetic distance of maize inbred lines based on SSR markers for prediction of heterosis and combining ability. *Genetika*, Vol 50, No.2, 359-368.
- Griffing, J.B. (1956a): Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences* 9: 463-493.
- Guedes, F. L., Souza, J. C., Costa, E. F. N., Reis, M. C., Cardoso, G. A. and Ematné, H. J. (2011): Evaluation of maize top crosses under two nitrogen levels. *Ciencia e Agrotecnologia*, 35, 1115-1121.
- Gyenes-Hegyí, Z., Pók, I., Kizmus, L. (2005): Plant height and height of the main ear in maize (*Zea mays* L.) at different locations and different plant densities. *Acta Agronomica Hungarica* Vol 50 (1).

Hadživuković, S. (1973): Statistički metodi s primenom u poljoprivrednim i biološkim istraživanjima, izdavač Radnički univerzitet Radivoj Ćirpanov.

Hagos, H., Abay, F. (2013): AMMI and GGE biplot analysis of bread wheat genotypes in the northern part of Ethiopia. *Journal of Plant Breeding and Genetics*, 01, 12-18.

HALLAUER, A. R., MIRANDA F.J.B. (1988): *Quantitative genetics in maize breeding* 2nd ed. Iowa State University Press, Ames.

Hallauer, A.R. (1990) *Methods used in developing maize inbreds*. *Maydica* 55: 1-16.

Hallauer, A.R., Miranda Filho, J.B. (1995): *Quantitative genetics in maize*. Iowa State University Press, Ames.

Hallauer, A.R., Carena, M.J. (2009): Maize breeding. p. 3-98. In Carena MJ (ed.) *Handbook of plant breeding: Cereals*. Springer, New York.

Hallauer, A.R., Carena, M.J., Miranda Filho, J.B. (2010): *Quantitative genetics in maize breeding*. Springer, New York, USA.

Hamblin, M.T., M.L., Warburton, E.S., Buckler (2007): Empirical comparison of simple sequence repeats and single nucleotide polymorphisms in assessment of maize diversity and relatedness. *PLoS ONE* 12: e1367.

Haydar, F.M.A. (2020): Inheritance of Yield Related Traits in a Half Diallel Crosses of Some Maize (*Zea mays* L.) Genotypes. *The Agriculturists* 18(1): 18-25.

Hassan A.A., (2000): Effect of plant population density on yield and yield components of 8 Egyptian maize hybrids. *Faculty Agriculture. Univerzitate Cairo.*, 51: str.1-16.

Hassan, A.A., Ali Jama, A., Mohamed, O.H., Biswas, B.K. (2019): Study on Combining Ability and Heterosis in Maize (*Zea mays* l.) Using Partial Diallel Analysis. *International Journal of Plant Breeding and Crop Science* Vol. 6(2), pp. 520-526.

Holzämper, A., Calanca, P., Fuhrer, J. (2013): Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach. *Agricultural and Forest Meteorology*, 168(1): 149-159.

Ilić, T. (2002): Dinamika razvoja i formiranja prinosa kukuruza u zavisnosti od hibrida, agrotehničkih mera i vremenskih uslova. *Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Priština*.

Inamullah, N. Rehman, N.H. Shah, M. Arif, M. Siddiq and I. Mian. 2011. Correlations among grain yield and yield attributes in maize hybrids in various nitrogen levels. *Sarhad J. Agric.* 27(4): 531-538.

- Ipsilandis, C.G., Tokatlidis, I.S., Vafias, B., Stefanis, D. (2006): Criteria for developing second-cycle hybrid in maize. *Asian J. Plant Sci.* 5:680–685.
- Islam Matin Mohammad Quamrul, Md. Golam Rasul, A. K. M. Aminul Islam, M. A. Khaleque Mian, Nasrin Akter Ivy, Jalal Uddin Ahmed (2016): Combining Ability and Heterosis in Maize (*Zea mays* L.). *American Journal of BioScience*. Vol. 4, No. 6, 2016, pp. 84-90.
- Ivanović, M., Trifunović, B.V., Deliće, N. (2000): Heterozis kao osnova u dosadašnjem povećanju prinosa kukuruza i izazov za XXI vek. in: Nauka, praksa i promet u agraru, savetovanje (I), Vrnjačka banja, Zbornik radova, 33-37.
- Jatto, M.I., Aisha, M., Kadams, A.M., Fakura, N.M. (2015): Correlation among yield and yield components in maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Advanced Research*, Volume 3, Issue 10, 413 – 416.
- Jevtić, S. (1977): Kukuruz. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Jelovac, D., Muminović, J., Radović, G. (2000): Comparison of methods for maize genetic resource classification. In: “Quantitative genetics and breeding methods: The Way Ahead”. EUCARPIA XIth Meeting of the Section Biometrics in Plant Breeding, Paris, 30 August-1 september. p. 134.
- Jocković, Đ., M. Stojaković, M. Ivanović, G. Bekavac, R. Popov, I. Đalović (2010): NS hibridi kukuruza: danas i sutra. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 47: 325-333.
- Jocković, Đ., Ivanović, M., Bekavac, G., Stojaković, M., Đalović, I. Nastasić, A., Purar, B., Mitrović, B., Stanisavljević, B. (2011): Zbornik referata sa 45. Savetovanja agronoma Srbije.
- Jones, D. F. (1918): The effects of inbreeding and crossbreeding upon development. *Connectical Agric. Exp, Stn. Bull.* 207: 5-100.
- Jones, E.S., Sullivan, H., Bhatramakki, D. (2007): A comparison of simple sequence repeat and single nucleotide polymorphism marker technologies for the genotypic analysis of maize (*Zea mays* L.). *Theor Appl Genet* 115, 361–371.
- Johnson, S. W. (1891): How crops grow. New York: Orange judd and company.
- Kalla, V., Kumar, R., Basandrai, A.K. (2001): Combining ability analysis and gene action estimates of yield and yield contributing characters in maize. *Crop Research*. Hisar, 22: 102-106.
- Kanneberg, L.W. (1995): Diversification of the Short-season Maize Germplasm Base: “Oplemenjivanje, proizvodnja i iskorišćavanje kukuruza”. 50 godina Instituta zakukuruz “Zemun Polje”, 28-29 septembar, Beograd, 105-120.
- Kanyamasoro, M. G., Karungi, J., Asea, G., & Gibson, P. (2012). Determination of the heterotic groups of maize inbred lines and the inheritance of their resistance to the maize weevil. *African Crop Science Journal*, 20(1), 99–104.

- Kim, C.H., Moon, J., Kim, J.Y., Song, K., Kim, K., Lee, B. (2017): Evaluation of Drought Tolerance using Anthesis-silking Interval in Maize. *Korean J. Crop Sci.* 62(1): 24-31.
- Kinfe, H., Alemayehu, G., Wolde, L., Tsehaye, Y. (2015): Combining Ability and Gene Action Estimation in Elite Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines at Bako, Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* Vol.5, No.15, 2015.
- Konuskan, O. (2000): Effects of plant density on yield and yield related characters of some maize hybrids grown in hatay conditions as second crop. M.Sc. Thesis, Science Institute. M.K.U., pp: 71.
- Kravić, N., Babić, V., Ristić, D., Srđić, J., Anđelković, V. (2015): Prinos i fenotipske karakteristike inbred linija kukuruza u promenljivim uslovima spoljašnje sredine. *SELEKCIJA I SEMENARSTVO*, Vol. XXI, broj 2.
- Kumar, R., Chattopadhyay, T., Lajjavati, Mandal S.S., Smriti (2016): Diversity analysis of maize inbred lines on the basis of morphological and simple sequence repeat markers. *Ecology Environment and Conservation* 22: S147-S153.
- Kustanto, H., Sugiharto, A.N., Basuki, N., Kasno, A. (2012): Study on Heterosis and Genetic Distance of S6 Inbred Lines of Maize. *J. Agric. Food. Tech.*, 2(8)118-125.
- Lashkari, M., Madani, H., Ardakani, M.R., Golzardi, F., Zargari, K. (2011): Effect of Plant Density on Yield and Yield Components of Different Corn (*Zea mays* L.) Hybrids. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 10 (3): 450-457.
- Lee, M. (2006): The Phenotypic and Genotypic Eras of Plant Breeding. Chapter 15, *Plant Breeding: The Arnel R. Hallauer International Symposium*, Blackwell Publishing Ltd, 213- 218.
- Legesse, B.W., Myburg, A.A., Pixley, V., Botha, A.M. (2007): Genetic diversity of African maize inbred lines revealed by SSR markers. *Hereditas*, vol. 144 (1): 10-17.
- Liu, B., Zhang, B., Yang, Z., Liu, Y., Yang, S., Shi, Y., Jiang, C., Qin, F. (2021): Manipulating ZmEXPA4 expression ameliorates the drought-induced prolonged anthesis and silking interval in maize. *The Plant Cell*, Vol. 33: 2058–2071.
- Lu, H., Bernardo, R. (2001): Molecular marker diversity among current and historical maize inbreds. *Theor Appl Genet* 103:613 – 617
- Lu, Y., J., Yan, C.T., Guimaraes, S., Taba, Z., Hao, S., Gao, S., Chen, J., Li, S., Zhang, B.S., Vivek, C., Magorokosho, S., Mugo, D., Makumbi, S.N., Parentoni, T., Shah, T., Rong, J.H., Crouch, Y., Hu (2009): Molecular characterization of global maize breeding germplasm based on genome-wide single nucleotide polymorphisms. *Theor Appl Genet* 120:93–115.
- Madić, M., Tomić, D., Paunović, A., Stevović, V., Đurović, D. (2021): Prinos zrna hibrida kukuruza različitih FAO grupa zrenja. “XXVI SAVETOVANJE O BIOTEHNOLOGIJI” Zbornik radova.

- Malik, H.N., Malik, S.I., Hussain, M., Chughtai, S.R., Javed, H.I. (2005): Genetic correlation among various quantitative characters in maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Journal of Agriculture & Social Sciences* 1(3): 262-265.
- Malik, T., Khan, M.A., Abbas, S.J., Abbas, Z., Malik, M., Malik, K. (2011): Genotypic and phenotypic relationship among maturity and yield traits in maize hybrids (*Zea mays* L.). *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 1(8): 339-343.
- Mammadov, J.A., Chen, W., Ren, R. (2010): Development of highly polymorphic SNP markers from the complexity reduced portion of maize (*Zea mays* L.) genome for use in marker-assisted breeding. *Theor Appl Genet* **121**, 577–588.
- Mammadov, J., Chen, W., Mingus, J., Thompson, S., Kumpatla, S. (2011): Development of versatile gene-based SNP assays in maize (*Zea mays* L.). *Mol Breeding* 29:779–790.
- Mason, L., Zuber, S.M. (1976): Diallel analysis of maize for leaf angle, leaf area, yield and yield components. *Crop. Sci.*, 21: 78-79.
- Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M.M., Sanchez, J., Buckler, E.S., Doebley, J.F. (2002): A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99: 6080-6084.
- M. Koutsika-Sotiriou, A.L. Tsivelikas, Ch. Gogas, I.G. Mylonas, I. Avdikos and E. Trakamavrona, 2013. Breeding Methodology Meets Sustainable Agriculture. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 7: 1-20.
- MITROVIĆ, B., (2013): Genetička varijabilnost i multivariaciona analiza važnijih agronomskih osobina populacije kukuruza uske genetičke osnove. Doktorska disertacija.
- Mladenović Drinić, S., Ignjatović Micić, D., Erić, I., Anđelković, V., Jelovac, D., Konstantinov, K. (2004): Biotechnology in maize breeding. *Genetika*, 36 (2): 93-109.
- Mladenović Drinić, S., Dragičević, V., Filipović, M., Čamdžija, Z., Stevanović, M., Kovačević, D. (2013): Variranje sadržaja proteina, ulja i skroba u ZP inbred linijama kukuruza. *Selekcija i semenarstvo*, Vol. XIX, br. 2: 61-69.
- Mladenović, M., N. Grčić, M. Stevanović, O. Đorđević Melnik, M. Nikolić, S. Kolašinac, S. Prodanović (2020): Evaluation of grain yield and its components of some experimental, registered and commercial ZP maize (*Zea mays* L.) hybrids. IX International Symposium on Agricultural Sciences AgroRe S 2020 PROCEEDINGS, 25-37.
- Muhammad, Y., Muhammad, S. (2001): Correlation Analysis of S1 Families of Maize for Grain Yield and its Components. *International Journal of agriculture & biology*, 387–388.
- Murtadha, M.A., O.J., Ariyo, S.S., Alghamdi (2016): Analysis of combining ability over environments in diallel crosses of maize (*Zea mays*). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 17, 69-78.

Ngoune TL and Mutengwa CS (2020): Estimation of maize (*Zea mays* L.) yield per harvest area: appropriate methods. *Agronomy*, 10(1): 29.

OBILANA, A.T., HALLAUER, A.R. (1974): Estimation of variability of quantitative traits in BSSS By using unselected maize inbred lines. *Crop Science*, 14: 99-103.

Odhiambo, M.O. and W.A Compton (1987): Twenty cycles of divergent mass selection for seed size in corn. *Crop Sci* 27, 1113-1116.

Ojo, G.O.S., Adedzwa, D.K., Bello, L.L. (2007): Combining Ability Estimates and Heterosis for Grain Yield and Yield Components in Maize (*Zea mays* L.). *J. of Sustainable Development in Agriculture & Environment* Vol. 3:49-57.

Onejeme, F.C., Okporie, E.O., Eze, C.E. (2020): Combining Ability and Heterosis in Diallel Analysis of Maize (*Zea mays* L.) Lines. *International Annals of Science*, Volume 9, Issue 1, pp. 188-200.

ORLYAN, N.A., D.G. ZUBKO, N.A. ORLYAN AND G.G. GOLEVA (1999): Correlation analysis in breeding ultra early maturing maize hybrids. *Kukuruza i Sorgo*, 6: 9-12.

Ortiz, R., Taba, S., Tovar, V.H.C., Mezzalama, M., Xu, Y., Yan, J., Crouch, J. H. (2010): Conserving and enhancing maize genetic resources as global public goods – a perspective from CIMMYT. *Crop Science*, 50 (1): 13–28.

Pan, Q., Ali, F., Yang, X., Li, J., Yan, J. (2012): Exploring the Genetic Characteristics of Two Recombinant Inbred Line Populations via High-Density SNP Markers in Maize. *PLoS ONE* 7(12): e52777.

Pandurović, Ž., (2008): Uticaj gustine useva i azota na prinos i randman zrna kukuruza. *Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet Zemun*.

Patel, K.A., Khanorkar, S.M., Azadchandra, S.D., Parmar, H.K. (2017): Microsatellite based molecular characterization and genetic diversity analysis of maize (*Zea mays* L.) inbred lines. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*. 10(6):773-777.

Paterniani, M.E.A.G.Z., P.S., Guimaraes, R.R., Luders, P.B., Gallo, A.P., Souza, P.R., Laborda, K.M., Oliveira (2008): Capacidade combinatória, divergência genética entre linhagens de milho e correlação com heterose. *Bragantia*, v. 67, n. 3, p. 639-648.

Pavličić, J., Trifunović, V. (1966): Prilog poznavanju nekih značajnijih ekotipova kukuruza gajenih u Jugoslaviji i njihova klasifikacija. *Arhiv za poljoprivredne nauke* 19: 44-62.

Pavlov J., Delić N., Stevanović M., Čamdžija Z., Grčić N., Crevar M. (2011). Grain yield of ZP maize hybrids in the maize growing areas in Srbija. *Proceedings. 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture*, (editor M. Pspišil) University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Opatija, Croatia 395-398.



- Pavlov J. (2013): Uticaj Sestrinskih Ukrštanja Na Prinos i Agronomske Osobine Kukuruzna (*Zea Mays* L.). Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Zemun.
- Pavlov J., N. Delić, K. Marković, M. Crevar, Z. Čamdžija, and M. Stevanović (2015): Path analysis for morphological traits in maize (*Zea mays* L.)- Genetika, Vol 47, No. 1, 295-301.
- Pavlov, J., N. Delić, T. Živanović, D. Ristić, Z. Čamdžija, M. Stevanović, M. Tolimir (2016): Relationship between genetic distance, specific combining abilities and heterosis in maize (*Zea mays* L.). Genetika, Vol 48, No. 1, 165-172.
- Pinto R.M.C., C.L. De Souza J.R., Carlini-Garcia L.A, Garcia A.A.F., Pereira De Souza A. (2003): Comparison between molecular markers and diallel crosses in the assignment of maize lines to heterotic groups. Maydica 48: 63-73.
- Prodanović S., Sabljarević, V., Šurlan Momirović, G., Zorić, D., Petrović, D., Živanović, T. (1996): Genetic values of yield components and protein content in F1 generation of maize (*Zea mays* L. hybrids. EUCARPIA, 17th Conference on genetics, biotechnology and breeding of maize and sorghum. Thessaloniki, Greece, 20-25.10. 1996. Abstract, pp 126.
- Prodanović, S., Šurlan Momirović, G., Zorić, D., Savić, M. (2017): Genetički i molekularni marker u oplemenjivanju. Poljoprivredni fakultet. Beograd.
- Qi-Lun, Y., Ping, F., Ke-Cheng, K., Guang-Tang, P. (2008): Genetic diversity based on SSR markers in maize (*Zea mays* L.) landraces from Wuling mountain region in China. Journal of Genetics, Vol. 87, No. 3.
- Radić, Đ. (1872): Sve o kukuruzu. Društvo za poljsku privredu, Beograd.
- Radanović, S., Živanović, T., Sečanski, M., Jovanović, S., Prodanović, S., Šurlan Momirović, G. (2015): Genetička osnova nasleđivanja visine biljke kukuruza. Journal of Agricultural Sciences 60 (2): 97-107.
- Rafique, M., Hussain, A., Mahmood, T., Alvi, A.W., Alvi, M.B. (2004): Heritability and Interrelationships Among Grain Yield and Yield Components in Maize (*Zea mays* L.). Int. J. Agri. Biol., Vol. 6, No. 6.
- RAMADOSS M., C.J. BIRCH, P.S. CARBERRY AND M. ROBERTSON (2004): Water and high temperature stress effects on maize production. Proceedings of the 4th International Crop.
- Rawlings, J.O., Thompson, D.L. (1962): Performance level as criterion for the choice of maize testers. Crop Sci 2: 217-220.
- Revilla, P., Rodriguez, V.M., Ordas, A., Rincent, R., Charcosset, A. (2016): Association mapping for cold tolerance in two large maize inbred panels. BMC Plant Biology, BioMedCentral, 16, pp.1-10.

- Richard, C., Osiru, D., Mwala, M., Lubberstedt, T. (2016): Genetic diversity and heterotic grouping of the core set of southern African and temperate maize (*Zea mays* L) Inbred lines using SNP markers. *Maydica*, vol. 61(1).
- ROBINSON, H. F., R.E. COMSTOCK AND P.H. HARVEY (1951): Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection, *Agron. J.*, 43: 282-287.
- San Vicente, Felix M. (1992): Inbreeding depression rates for two groups of maize (*Zea mays* L.) inbred lines. *Retrospective Theses and Dissertations*. 9949.
- Sečanski, M., Todorović G., G. Šurlan-Momirović, T. Živanović, M. Babić (2010): Inbred lines of different cycles of selection as donors of favourable alleles for the improvement of F-1 maize hybrids. *Genetika*, 42 (2), 339-348.
- Shull, G.H. (1908): The composition of a field of maize. *Report of American breeders association* 4: 296-301.
- Smith, S., D., Bubeck, B., Nelson, J., Stanek, J., Gerke (2015): Genetic Diversity and Modern Plant Breeding. In: Ahuja M., Jain S. (eds) *Genetic Diversity and Erosion in Plants. Sustainable Development and Biodiversity*, vol 7. Springer, Cham.
- Sokal R.R., Michener C.D., 1958, *A Statistical Methods for Evaluating Relation-ships*. University of Kansas Science Bulletin, 38: 1409-1448.
- Spasić, M., Glamočlija, Đ., Đurić, N., Maksimović, J., Mihajlović, B. (2018): Morfološke i proizvodne osobine različitih genotipove kukuruza. *Radovi sa XXXII savetovanja agronoma, veterinara, tehnologa i agroekonomista*. Vol. 24. br. 1-2.
- Sprague, G.F. and L.A. Tatum (1942): General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.*, 34, 923-932.
- Srdić, J., Z. Pajić and S. Drinić-Mladenović (2007): Inheritance of maize grain yield components. *Maydica*, 52 (3), 261-264.
- Srećkov, Z. (2009): Genetički potencijal visokouljane populacije kukuruza NSU1. Biblioteka ACADEMIA, Zadužbina Andrejević. Beograd.
- Srdić, J., A. Nikolić, Z. Pajić, S. Mladenović Drinić, M. Filipović (2011): Genetic similarity of sweet corn inbred lines in correlation with heterosis, *Maydica* 56,1740.
- Starčević, L.Đ., Latković, D. (2006): Povoljna godina za rekordne prinose kukuruza. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 42 (2), 299-310.
- Stevanović, M., Mladenović Drinić, S., Stanković, S., Kandić, V., Čamdžija, Z., Grčić, N., Crevar, M. (2012): Analyses of variance and correlation among yield and yield components of maize hybrids and their parental inbred lines. 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture, Opatija, Croatia (327– 330).

Stojaković, M., Jocković, Đ., Ivanović, M., Bekavac, G., Vasić, N., Purar, B., Nastasić, A., Starčević, Lj., Boćanski, J., Latković, D. (2006): Oplemenjivanje kukuruza na prinos i kvalitet. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad 42: 41-54.

Sultan, M.S., Abdel-Monaem, M.A., Hafez, S.H. (2010): COMBINING ABILITY AND HETEROSIS ESTIMATES FOR YIELD, YIELD COMPONENTS AND QUALITY TRAITS IN MAIZE UNDER TWO PLANT DENSITIES. J. Plant Prod. Mansoura Univ. Vol. 1 (10):1419 – 1430.

Sumalini, K., Pradeep, T., Sravani, D., Rajanikanth, E. (2015): Gene action and heterosis for yield and yield traits in maize (*Zea mays* L.). Maize Journal 4(1&2): 21-26.

Šarić, T., Savić, R., Jakovljević, L. (1980): Selekciona vrednost gajenih sorata, populacija i ekotipova kukuruza u Vojvodini. Međunarodni simpozijum „Proizvodnja, prerada i upotreba kukuruza“, Zbornik radova, 71-79.

Šimić, D., T., Ledenčan, A., Jambrović, Z., Zdunić, J., Brkić, A., Brkić, S., Mladenović Drinić, a I., Brkić (2009): SNP and SSR marker analysis and mapping of a maize population. - Genetika, Vol. 41, No. 3, 237 -246.

Taba, S., Eberhart, S.A., Pollak, L.M. (2004): Germplasm resources. In: Smith CW, Betrán J, Runge ECA (eds). Corn: origin, history, technology and production. Wiley, Hoboken.

Talukder, M.Z.A., Karim, A.N.M.S., Ahmed, S., Amiruzzaman, M. (2016): COMBINING ABILITY AND HETEROSIS ON YIELD AND ITS COMPONENT TRAITS IN MAIZE (*Zea mays* L.). Bangladesh J. Agril. Res. 41(3): 565-577.

Taramino, G., Tingey, S. (1996): Simple sequence repeats for germplasm analysis and mapping in maize. *Genome* 39: 277–287.

Tesfaye, S. and Sime, B. (2021): Heterosis of Highland Maize (*Zea mays* L) Hybrids for Grain Yield and Yield Related Components. EAS Journal of Biotechnology and Genetics. v03i02.003.

Tomkowiak, A., Bocianowski, J., Radzikowska, D., Kowalczewski, P.Ł. (2019): Selection of Parental Material to Maximize Heterosis Using SNP and SilicoDarT Markers in Maize. *Plants*. 8(9):349.

Torriani D, Calanca P, Lips M, Ammann H, Beniston M, Fuhrer J (2007): Regional assessment of climate change impacts on maize productivity and associated production risk in Switzerland. *Reg. Environ. Chang.* 7: 209-221

Trifunović, V. (1986): Četrdeset godina moderne selekcije kukuruza u Jugoslaviji. *Genetika i oplemenjivanje kukuruza*, 5-46. Beograd, 11 i 12. XII.

Troyer, A.F. (2004): Background of U.S. Hybrid Corn II: Breeding, Climate, and Food. *Crop. Sci*, 44: 370-380.

- Troyer A.F. (2006): Adaptedness and Heterosis in Corn and Mule Hybrids. *Crop Sci.* 46:528–543.
- Uddin, M.S., Amiruzzaman, M., Bagum, S.A., Hakim, M.A., Ali, M.R. (2008): Combining ability and heterosis in maize. *Bangladesh J. Genet Pl. Breed.*, 21(1): 21-28.
- Van Ginkel, M., Calhoun, D., Gebeyehu, G., Miranda, A., Tian-you, C., Pargas, L., Trethowan, R., Sayre, K., Crossa, J., Rajaram, S. (1998): Plant traits related to yield of wheat in early, late, or continuous drought conditions. *Euphytica* 100, 109–121.
- Van Inghelandt, D., A.E., Melchinger, C., Lebreton, B., Stich (2010): Population structure and genetic diversity in a commercial maize breeding program assessed with SSR and SNP markers. *Theor. Appl. Genet.* 120, 1289-1299.
- Vasal, S.K., Srinivasan, G., Gonzalez, F.C., Han, G.C., Pandey, S., Beck, D.L., Crossa, J. (1992): Heterosis and Combining Ability of CIMMYT's Tropical × Subtropical Maize Germplasm. *Crop Breeding, Genetics & Cytology*. Pages 1483-1489.
- Vaz Patto, M.C., Satovic, Z., Pego, S., Fevereiro, P. (2004): Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germplasm using microsatellite markers. *Euphytica* 137: 63–72.
- Venugopal, M., N. A. Ansari and T. Rajanikanth. 2003. Correlation and path analysis in maize (*Zea mays* L.). *Crop Res.*, Hisar. 25: 525-529.
- Weber, J.L. (1990): Informativeness of human (dC-dA)<sub>n</sub> (dG-dT)<sub>n</sub> polymorphisms. *Genomics* 7:524-530.
- Videnović, Ž., Dumanović, Z., Simić, M., Srdić, J., Babić, M., Dragičević, V. (2012): Genetic potential and maize production in Serbia. *Genetika*, Vol. 45, No. 3:667- 677.
- Wang, G., M.S. Kang, O. Moreno (1999): Genetic analyses of grain-filling rate and duration in maize. *Field Crops Research* 61, 211-222.
- Wegary, D., Vivek, B., Labuschagne, M. (2012): Association of parental genetic distance with heterosis and specific combining ability in quality protein maize. *Euphytica*, 191:205–216.
- XU, S.X., J. Liu, G.S. Liu (2004): The use of SSRs for predicting the hybrid yield and yield heterosis in 15 key inbred lines of Chinese maize. *Hereditas* 141, 207–215.
- Yahaya, M.S., Bello, I., Unguwanrimi, A.Y. (2021): CORRELATION AND PATH-COEFFICIENT ANALYSIS FOR GRAIN YIELD AND AGRONOMIC TRAITS OF MAIZE (*ZEA MAYS* L.). *Science World Journal* Vol. 16(No 1).
- Yan, J., Yang, X., Shah, T., Sanchez-Villeda, H., Li, J., Warburton, M., Zhou, Y., Crouch, J.H., Xu, Y. (2010): High-throughput SNP genotyping with the GoldenGate assay in maize. *Mol Breeding* 25:441–451.
- Yang, X., Xu, Y., Shah, T., Li, H., Han, Z., Li, J., Yan, J. (2011): Comparison of SSRs and SNPs in assessment of genetic relatedness in maize. *Genetica* 139, 1045.

YOU, L. J., J.P. DONG, Y.Z. GU, L.L. MA AND S. ZHAO (1998): Target characteristics to develop for improved seed production in maize hybrids. *J. Henan Agrisci.*, 10: 3-4.

Yu, J.M., Zhang, Z.W., Zhu, C.S., Tabanao, D.A., Pressoir, G., Tuinstra, M.R., Kresovich, S., Todhunter, R.J., Buckler, E.S. (2009): Simulation appraisal of the adequacy of number of background markers for relationship estimation in association mapping. *The Plant Genome* 2:63–77.

Zamir, M.S.I., Ahmad, A.H., Javeed, H.M.R., Latif, T. (2010): GROWTH AND YIELD BEHAVIOUR OF TWO MAIZE HYBRIDS (*ZEA MAYS* L.) TOWARDS DIFFERENT PLANT SPACING. *Cercetări Agronomice în Moldova* Vol. XLIV, No. 2 (146).

Zamir M. S. I., A. H. Ahmad, H. M. R. Javed and T. Latif (2011): Growth and yield behaviour of two maize hybrids (*Zea mays* L.) towards different plant spacing. *Cercetari Agronomice in Moldova*. 14 (2): str. 33-40.

Zelleke, H. (2015): Heterosis and combining ability for grain yield and yield component traits of maize in Eastern Ethiopia. *Science Technology and Research Journal*, 4(3):32-37.

Zhang, B. (2009): Heterosis Is Prevalent for Multiple Traits in Diverse Maize Germplasm. *PLoS One*. 4(10): e7433.

Zhong, Y., Jiao, R., Xu, Y., Dai, X., Hou, Z., Liu, X. (2017): An analysis on the relationship between maize heterosis and genetic distance. *Asian Agricultural Research* 9 (3): 77-7.

Živanović, T., Vračarević, M., Krstanović, S., Šurlan-Momirović, G. (2004): Selekcija na uniformnost i stabilnost prinosa kukuruza. *Journal of Agricultural Sciences*, vol. 49, br. 1, str. 117-130.

Živanović T., G. Branković, and S. Radanović (2010): Combining abilities of maize inbred lines for grain yield and yield components. *Genetika*, Vol 42, No. 3,565-574.

## BIOGRAFIJA KANDIDATA

Sanja Perić je rođena 04.10.1991. godine u Beogradu. Završila je opšti smer Gimnazije u Staroj Pazovi. Osnovne akademske studije na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu upisala je 2010. godine na studijskom programu Biljna proizvodnja, modul Ratarstvo i povrtarstvo, a završila je 2015. godine sa prosečnom ocenom 9,32. Završni rad je radila na Institutu za kukuruz Zemun Polje u laboratoriji za ispitivanje semena. Naziv teme je glasio: „Morfološke osobine, produktivnost i kvalitet semena ZP hibrida i linija kukuruza”. Master akademske studije je završila 2016. godine na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu na studijskom programu Biljna proizvodnja, modul Ratarstvo i povrtarstvo sa prosečnom ocenom 10,00. Master rad je radila na Institutu za kukuruz Zemun Polje na odseku Selekcija. Naziv teme je glasio: „Kvalitet semena prostih i recipročnih ZP SC hibrida kukuruza i njihovih roditeljskih komponenti”.

Kao stipendista Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj bila je angažovana na projektu TR 31005 pod nazivom „Savremeni biotehnološki pristup rešavanja problema suše u poljoprivredi Srbije”. Služi se engleskim i ruskim jezikom.

## Изјава о ауторству

Име и презиме аутора \_\_\_\_\_ Сања Перић \_\_\_\_\_

Број индекса \_\_\_\_\_ 16/43 \_\_\_\_\_

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

**„Утицај фенотипске и генетичке удаљености инбред линија на испољавање хетерозиса код диалелних хибрида кукуруза“**

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Сања Перић

Број индекса 16/43

Студијски програм Пољопривредне науке - Ратарство и повртарство

Наслов рада „Утицај фенотипске и генетичке удаљености инбред линија на испољавање хетерозиса код диалелних хибрида кукуруза“

Ментор проф. др Славен Продановић

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



образац изјаве о коришћењу

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**„Утицај фенотипске и генетичке удаљености инбред линија на испољавање хетерозиса код диалелних хибрида кукуруза“**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прераде (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. Ауторство - Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.