

Analiza F3 potomstva četiri kombinacije križanja inbred-linija kukuruza

Pilipović, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:941420>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-21**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**Analiza F3 potomstva četiri kombinacije križanja
inbred – linija kukuruza**

DIPLOMSKI RAD

Petra Pilipović

Zagreb, rujan, 2017.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:
Agroekologija

**Analiza F3 potomstva četiri kombinacije križanja
inbred – linija kukuruza**

DIPLOMSKI RAD

Petra Pilipović

Mentor: prof. dr. sc. Jerko Gunjača

Zagreb, rujan, 2017.

IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Petra Pilipović**, JMBAG 0178080267, rođen/a 02.02.1991. u Puli, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

Analiza F3 potomstva četiri kombinacije križanja inbred – linija kukuruza

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA**

Diplomski rad studentice **Petre Pilipović**, JMBAG 0178080267, naslova

Analiza F3 potomstva četiri kombinacije križanja inbred – linija kukuruza

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. prof. dr. sc. Jerko Gunjača mentor

2. prof. dr. sc. Hrvoje Šarčević član

3. prof. dr. sc. Snježana Kereša član

Sadržaj

Sažetak.....	1
Summary	1
Uvod	1
2. Cilj rada.....	3
3. Pregled literature	4
3.1. Sistematika kukuruza.....	4
3.2. Rasprostranjenost i primjena kukuruza	5
3.3. Morfologija kukuruza	5
3.4. Fiziologija i ekologija.....	6
3.4.1. Sjetva i berba kukuruza	6
3.5. Agrotehnika i obrada.....	7
3.6. Štetnici kukuruza	7
3.7. Zaštita kukuruza	8
3.8. Oplemenjivanje kukuruza.....	8
3.8.1. Inbred linije kukuruza.....	8
3.8.2. Križanje inbred linija i hibridi kukuruza	9
3.8.3. Pedigre metoda	9
4. Materijali i metode.....	11
5. Rezultati.....	12
5.1. Varijabilnost svojstava.....	12
5.2. Korelacija	12
5.3. Analiza varijance.....	14
6. Rasprava	15
7. Zaključak.....	16
8. Literatura	17

Popis tablica

Tablica 1 Srednje vrijednosti i standardne devijacije (\pm) analiziranih svojstava	12
Tablica 2 Korelacija između svojstava kod križanja 1x8	12
Tablica 3 Korelacija između svojstava kod križanja 3x1	13
Tablica 4 Korelacija između svojstava kod križanja 4x2	13
Tablica 5 Korelacija između svojstava kod križanja 8x3	13
Tablica 6 Analiza varijance: F-vrijednosti sa pripadajućom oznakom signifikantnosti.....	14

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice Petre Pilipović, naslova

Analiza F3 potomstva četiri kombinacije križanja inbred- linija kukuruza

Kukuruz (*Zea Mays L.*) je jednogodišnja, kulturna biljka. Zbog razdvojenosti generativnih organa i različitog vremena sazrijevanja muških i ženskih cvjetova na istoj biljci, kukuruz je izrazito stranooplodna biljka. Inbred linije su homozigotne oplemenjivačke linije koje se upotrebljavaju kao roditelji hibridnih kultivara u stranooplodnim vrstama. Takve linije nastaju samooplođnjom, križanjem u srodstvu, povratnim križanjem ili metodom dihaploida. Budući da se homozigotnost najlakše postiže samooplođnjom, upravo se taj postupak najčešće koristi u razvoju inbred linija. Sorte stranooplodnih biljnih vrsta moraju proći postupak samooplođnje kako bi se kod potomstva smanjila heterozigotnost i stvorio određen broj različitih homozigotnih linija. Križanje inbred linija, ovisno o broju roditelja, može biti dvojno, trojno, četverolinijsko ili povratno. Najčešća metoda razvoja novih linija samooplođnog bilja je pedigree metoda, te se ista koristi i kod stranooplođnog bilja. Linije razvijene metodom pedigreea su homozigotne i homogene, ali s novim genskim kombinacijama. Postupak započinje nakon odabira pojedinačnih biljaka koje se križaju da se dobije F₁ generacija, koja je genotipski i fenotipski uniformna i u njoj nema izbora. Nakon samooplođnje biljaka F₁ generacije obrano sjeme se sije i uzgaja u F₂ generaciji, te se postupak ponavlja dok se u jednom redu ne postigne uniformnost biljaka; to je obično u F₅ – F₇ generaciji. U istraživanju provedenom tijekom 2008. godini prikupljeni su podatci o svojstvima F3 potomstva četiri kombinacije križanja inbred linija. Korištene su deskriptivne statističke metode radi procjene varijabilnosti analiziranih svojstava (duljina klipa, promjer klipa, masa klipa, broj redova na klipu) za potomstva pojedinih kombinacija križanja. Analizom varijabilnosti i korelacije, utvrđene su značajne razlike u odstupanjima i povezanosti pojedinih svojstava, unutar i između kombinacija križanja. Razlike između potomstava, koje su se pokazale značajno signifikantne, različitih kombinacija križanja za sva analizirana svojstva istražene su uz pomoć analize varijance.

Ključne riječi: hibrid, samooplođnja, analiza varijabilnosti, korelacija, analiza varijance

Summary

Of the master's thesis – student Petra Pilipović, entitled

The analysis of F3 progeny of four hybridization combinations of corn inbred lines

Corn (*Zea Mays L.*) is annual, cultivated plant. Due to separation of generative organs, and the different time of maturing of male and female flowers on the same plant, corn is very open pollinated plant. Inbred lines are homozygous breeding lines that are used as parents of hybrid cultivars in open fertilized species. Such lines are formed by self-fertilization, inbreeding, backcrossing or by dihaploid method. Since homozygosity is best achieved by self-fertilization, this procedure is most often used in the development of an inbred line. Varieties of open fertilized plant species must undergo self-fertilization to reduce heterozygosity in the progeny and to create a certain number of different homozygous lines. The crossing of inbred lines, depending on the number of parents, can be single cross, triple cross, double cross or backcross. The most common method of developing new lines of self-fertilizing plants is the pedigree method, and the same is used in the open fertilized plants. The lines developed by the pedigree method are homozygous and homogeneous, but with new gene combinations. The procedure begins after the selection of individual plants for crossing to obtain F1 generation, which is genotypically and phenotypically uniform and there is no choice in it. After self-fertilization of the F1 generation plants, the skimmed seed is sown and grown in the F2 generation, and the procedure is repeated until in one line is achieved plant uniformity; this is usually in the F5 - F7 generation. In a study conducted during 2008, the data of the F3 progeny properties were collected. Descriptive statistical methods were used to estimate the variability of the analyzed properties (piston length, piston diameter, piston mass, number of piston rows) for the progeny of certain hybridization combinations. By analysis of variability and correlation, significant differences were found in the deviations and correlations of certain properties, both within and between the crossing combinations. The differences between the progeny, which proved to be significantly significant, of different combinations of crossings for all analyzed properties were examined with the help of analysis of variance.

Keywords: hybrid, self-fertilization, variability analysis, correlation, variance analysis

Uvod

Kukuruz je jednogodišnja biljka koja pripada porodici trava, a od istih se razlikuje po čvrstoj stabljici ispunjenoj parenhimom (Cvetković i sur., 1962).

Treći je najvažniji usjev u svijetu, uz rižu i pšenicu – ne samo po površinama na kojima se uzgaja već i zbog biološkog potencijala te mogućnosti raznovrsnog korištenja. Ima velik gospodarski značaj budući da gotovo svi dijelovi biljke kukuruza mogu poslužiti za preradu. Uzgojem u plodoredu, kukuruz daje veći prinos, isti se povećava ukoliko je veći vremenski razmak u kojem se kukuruz vraća na istu površinu (Jurišić, 2004).

Najčešća metoda razvoja novih linija samooplodnog bilja je pedigre metoda. Koristi se u stranooplodnom bilju, s ciljem razvoja inbred linija. U samooplodnom bilju se odvija prirodno, a u stranooplodnom bilju se mora provesti putem izolacije. Linije razvijene metodom pedigrea su homozigotne i homogene, ali s novim genskim kombinacijama. Postupak počinje izborom dva ili više roditelja koji posjeduju željena svojstva koja oplemenjivač želi kombinirati u novom kultivaru. Inbred linije su homozigotne oplemenjivačke linije koje se upotrebljavaju kao roditelji hibridnih kultivara u stranooplodnim vrstama. Takve linije nastaju samooplodnjom, križanjem u srodstvu, povratnim križanjem ili metodom dihaploida. Budući da se homozigotnost najlakše postiže samooplodnjom, upravo se taj postupak najčešće koristi u razvoju inbred linija. Iz početnog genetičkog materijala odabiru se biljke odgovarajućih svojstava u kojima se provodi samooplodnja, dok se sljedeće godine sjeme svake biljke sije u posebnu parcelu. Za svaku odabranu biljku vodi se evidencija samooplodnje. Početna heterozigotna samooplođena biljka označava se kao P_0 , njezino potomstvo kao F_1 (prva samooplođena generacija), u ovoj generaciji se ocjenjuje način nasljeđivanja pojedinih svojstava, tj. moguće je vidjeti koja se svojstva nasljeđuju dominantno, recesivno ili intermedijarno, zatim dolazi druga generacija kao F_2 - prva generacija u kojoj dolazi do razdvajanja svojstava, poželjno je da bude što veća i brojnija, kako bi se dobio što veći broj biljaka s različitim svojstvima što uvelike olakšava mogućnost izbora pogodnih, željenih genotipova. Na ovakav način se nastavlja s obilježavanjem do kraja postupka. Kako samooplodnja napreduje tako se i povećava raznolikost između linija, dok se potomstvo unutar linija ujednačava sve do formiranja homozigotnih linija (Beljo, 2012).

Prema Grafiusu (1960) krajnji cilj oplemenjivačkih programa na kukuruzu je stvaranje hibrida s povećanim prinosom, gdje se pod svojstvom prinosa podrazumijeva kompleksnost, povezanost i međuzavisnost različitih komponenti prinosa. Osim povećanja prinosa, pažnja se pridaje i ispitivanju parametara stabilnosti prinosa ispitivanih hibrida. Za komercijalni hibrid je bitno da visok prinos bude praćen maksimalnom stabilnošću prinosa kako u agroekološko povoljnim, tako i nepovoljnim uvjetima (Babić, 2006).

2. Cilj rada

U programima oplemenjivanja kukuruza križanjem inbred-linija, te samooplodnjom potomstva nastoje se stvoriti nove, rekombinantne inbred linije kao potencijalni roditelji hibrida s povoljnijim kombinacijama alela. Odabir unutar potomstva nastoji se provoditi već u ranim generacijama, radi identifikacije i odbacivanja neperspektivnih genotipova s ciljem što učinkovitijeg iskorištenja raspoloživih resursa.

Cilj ovog rada je pomoću deskriptivnih statističkih metoda istražiti i procijeniti varijabilnost analiziranih svojstava (duljina klipa, promjer klipa, masa klipa, broj redova na klipu) za potomstvo pojedinih kombinacija križanja, te izračunati korelaciju između gore navedenih svojstava.

3. Pregled literature

3.1. Sistematika kukuruza

Kukuruz je jednogodišnja biljka koja pripada porodici trava, a od istih se razlikuje po čvrstoj stabljici ispunjenoj parenhimom. Porijeklom je iz Srednje Amerike, te se u 15. st prenosi na ostale kontinente, tako da se danas uzgaja u cijelom svijetu te je po zasijanim površinama treća svjetska kultura. Na temelju različitih arheoloških nalaza i genetičkih istraživanja, Meksiko se smatra pradomovinom kukuruza (Cvetković i sur., 1962).

Sistematska podjela kukuruza *Zea mays* (Knežević, 2006):

CARSTVO (Regnum): Plantae

PODCARSTVO (Subregnum): Viridiplantae

ODJELJAK (Phylum): Magnoliophyta (Spermatophyta)

PODODJELJAK (Subphylum): Magnoliophytina (Angiospermae)

RAZRED (Classis): Liliopsida (Liliatae, Monocotyledoneae)

PODRAZRED (Subclassis): Commelinidae

RED (Ordo): Cyperales

PORODICA (Familia): Poaceae (Gramineae)

PODPORODICA (Subfamilia) Panicoideae

PLEME (Tribus) Maydeae

ROD (Genus): *Zea*

VRSTA (Species): *Zea mays*

3.2. Rasprostranjenost i primjena kukuruza

Kukuruz je treći najvažniji usjev u svijetu, uz rižu i pšenicu – ne samo po površinama na kojima se uzgaja već i zbog biološkog potencijala te mogućnosti raznovrsnog korištenja. Danas se proizvodi više od 500 različitih industrijskih preradevina od kukuruza, a mi ćemo nabrojati samo neke od njih (Jurišić, 2004).

- a) **prehrambeni proizvodi:** hrana za dojenčad, sredstva za zgušnjavanje hrane, za popravljavanje kvalitete kruha, za specijalni kruh, juhe i ostalo;
- b) **ljekarski proizvodi;**
- c) **farmaceutska i kozmetička sredstva;**
- d) **razni napici:** alkohol, kiseline (mliječna, limunska);
- e) **tekstilni proizvodi:** umjetno vlakno;
- f) **kemijski proizvodi:** boje, politure, azbest, nitroceluloza, furfuroli, sirovina za industriju papira i plastičnih masa.

Kukuruz može dati visok prinos po jedinici površine. Sve dijelove biljke kukuruza, osim korijena, moguće je iskoristiti. Cijele stabljike, s listom i klipom, koriste se za silažu ili prehranu domaćih životinja, dok se pojedini dijelovi koriste u prehrani ljudi. Na većim površinama, kukuruz se često koristi kao predkultura drugim kulturama, što mu pridaje agrotehničku važnost s obzirom da se na istom izvodi duboka obrada i gnojidba (Jurišić, 2004).

3.3. Morfologija kukuruza

Kukuruz je jednogodišnja, stranooplodna kulturna biljka. Od drugih predstavnika porodice trava razlikuje se izrazito visokom i krupnom stabljikom, velikim listovima te krupnim zrnom (Kovačević i Rastija, 2009).

Kukuruz se ubraja u prosolike žitarice. S obzirom na vrijeme formiranja, karakter rasta i ulogu razlikuju se pet tipova korijena (Jurišić, 2004):

1. Primarni ili glavni klicin korijen,
2. Primarni (klicin) hipokotilni korijen ili bočno klicino korijenje,
3. Klicino mezokotilno (epikotilno) korijenje,
4. Sekundarno (adventivno) ili podzemno-nodijalno korijenje,
5. Zračno ili nadzemno - nodijalno korijenje.

Stabljika je sastavljena od članaka i koljenaca, ispunjena je parenhimom (koji joj daje čvrstoću), visoka je i relativno debela. Kod nas se visina stabljike kreće od jedan metar do dva i pol metra ovisno o hibridu i namjeni uzgoja. Članci stabljike pokriveni su rukavcima listova u čijim se pazusima zameću pupovi. Iz ovih bočnih pupova često se mogu razviti sekundarni izdanci koji su slične građe kao i glavna stabljika. Osim što je to karakteristika nekih hibrida, na samu pojavu i formiranje sekundarnih izdanaka mogu utjecati i neki drugi čimbenici (uvjeti tla, gustoća sjetve, način sjetve, rok sjetve, duljina dana, intenzitet osvjetljenja). Iz preostalih

pazušnih pupova formiraju se začeci klipova od kojih se obično jedan do pet potpuno razvije, a nalaze se oko sredine visine stabljike. Listovi se nazivaju prema mjestu gdje se zameću i nalaze te prema značaju i dijele se na (Jurišić, 2004):

1. Klicini listovi,
2. Pravi listovi ili listovi stabljike,
3. Listovi omotača klipa ili listovi komušine.

Cvat i cvijet kukuruza: kukuruz je jednodomna biljka čiji su ženski i muški cvjetovi razdvojeni u posebne cvatove. Muški cvjetovi su skupljeni u cvat metlicu, te se nalazi na vrhu stabljike, dok su ženski listovi skupljeni u cvat, koji se naziva klip te je smješten u pazuhu listova. Plod je zrno (caryopsis), koje sa formiranjem započinje nakon oplodnje. Sastoji se od tri osnovna dijela: omotača ploda (perikarp); endosperma, koji se nalazi ispod perikarpa, te klice kao najvažnijeg dijela (Jurišić, 2004).

3.4. Fiziologija i ekologija

Zbog razdvojenosti generativnih organa i različitog vremena sazrijevanja muških i ženskih cvjetova na istoj biljci, kukuruz je izrazito stranooplodna biljka. Ženski cvat (klip) se nalazi u pazuhu srednjeg lista i obavijen je komušinom. Klip se razvija najčešće na petom do sedmom nodiju, iz pupa koji se nalazi u osnovi lisnog rukavca. Sastoji se od člankovite drške iz kojih izrastaju zaštitni listovi komušine. Na dršku klipa nastavlja se oklasak na kojem su poredani klasići u redovima i uvijek ih ima paran broj. Klasić obuhvaća i dvije slabo razvijene pljeve, a u svakom klasiću razvija se jedan plodni cvijet (zrno). U cvijetu se razvija samo tučak, a prašnici su zakržljali. Tučak se sastoji od plodnice, dugačkog vrata i njuške koja dijelom izlazi iz vrha klipa i predstavlja svilu. Metlica se nalazi na vrhu stabljike, građena je od centralne osi i bočnih grančica na čijem vrhu se razvijaju klasići. Najznačajnija uloga metlice je da polinacija bude što duža i da polen metlice ostane što duže plodan (odnosno vitalan). Prvo cvjetaju i prosipaju polen primarne pa onda sekundarne, tercijarne grane. Najznačajnija uloga svile je ta da bude što tolerantnija na visoke temperature jer je cvatnja i oplodnja kukuruza obično u sedmom mjesecu kada imamo visoke temperature i malu relativnu vlagu zraka što u pojedinim godinama značajno utječe na oplodnju i prinos zrna. Klica se nalazi na donjem dijelu zrna (bazi), a sastoji se od primarnog korjenčića (radicula), primarnog stabla (plumula), klicinog listića (coleoptila) i klicinog štitića (scutelum) (Kovačević i Rastija, 2009.)

3.4.1. Sjetva i berba kukuruza

Prema Jurišić (2004.), sjetvu kukuruza najbolje je obaviti u optimalnom agrotehničkom roku. Za sjeverozapadni dio Hrvatske, taj rok se smatra od polovice travnja do kraja travnja, dok za istočni dio Hrvatske to je razdoblje od 10. travnja do 25. travnja. U slučaju pojave loših okolišnih uvjeta, kao što je kiša ili hladno vrijeme, sjetva se ne može obaviti u optimalnom agrotehničkom roku. Sa sjetvom treba započeti kada se temperatura sjetvenog sloja podigne na 10 °C. Kukuruz je kultura koja jednolično sazrijeva pa se berba obavlja u punoj zriobi. Berbu

bi trebalo odraditi čim prije, kako bi smanjili moguće gubitke prinosa. Kukuruz se bere u tehnološkoj zrelosti, a ona nastupa u različito vrijeme, ovisno o načinu korištenja.

3.5. Agrotehnika i obrada

Plodored

Kukuruz se sije na velikim površinama, pa u suženoj strukturi proizvodnje dolazi u užem plodoredu ili čak u monokulturi. Uzgojem u plodoredu, kukuruz daje veći prinos, isti se povećava ukoliko je veći vremenski razmak u kojem se kukuruz vraća na istu površinu. Kukuruz je poželjno uzgajati u plodoredu, jer se takvim načinom bolje koristi plodnost tla te se smanjuje napad bolesti, štetnika i korova (Jurišić, 2004).

Ponovljeni i dugotrajni uzgoj kukuruza te monokultura

Zbog visokog stupnja tolerancije, koju kukuruz pokazuje u plodoredu, omogućuje se njegovo češće ponavljanje i klasičnu monokulturu. Pri uzgoju kukuruza u ponovljenom uzgoju treba suzbiti sve moguće negativne utjecaje na pad prinosa kao što su pravilan izbor hibrida, gnojidba, obrada tla, a osobito važnu ulogu ima racionalna i efikasna zaštita bilja (Jurišić, 2004).

Obrada i priprema tla za sjetvu

U osnovnoj obradi tla, osim optimalne dubine obrade važnost imaju i alati za izvođenje iste. Dopunskom obradom stvara se povoljni supstrat za samu sjetvu. Osnovna obrada tla trebala bi biti obavljena u ljetno-jesenskom razdoblju. Obradom tla do određene dubine, razbijanjem nepropusnog sloja, rahljenjem i miješanjem tlo postaje prozračnije i toplije, što uvjetuje normalan rast i funkcioniranje korijenovog sustava. Sama dubina osnovne obrade ne prelazi 30cm, budući da se glavnina korijenovog sustava nalazi do 30cm dubine. Uz povoljan vodni režim tla i prirodno duboko i propusno tlo, svaka će obrada do 30cm dubine biti dostatna (Jurišić, 2004).

3.6. Štetnici kukuruza

Tijekom vegetacije na kukuruzu se javlja veliki broj kukaca i drugih životinjskih organizama. Osim niže navedenih, ekonomski značajni štetnici kukuruza su žičnjaci i sovica pozemljuše (Ćosić i sur. 2008).

Siva kukuruzna pipa (*Tanymecus dilaticollis*)

Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera*)

Kukuruzna lisna uš (*Rhopalosiphon maidis*)

Kukuruzni moljac (plamenac) (*Ostrinia nubilalis*)

Kukuruzna sovica (*Helicoverpa armigera*)

3.7. Zaštita kukuruza

Zaštita bilja (kukuruza) može se provoditi konvencionalnim, integriranim ili ekološkim (organskim) načinom. Naglasak treba staviti na integriranu zaštitu jer zagovara primjenu nekemijskih (ne pesticidnih) sredstava. Cilj joj je spriječiti masovnu pojavu štetnika i moguće štete stalnim praćenjem njihove pojave na određenim usjevima, kako bi se na vrijeme i odgovarajućom mjerom spriječila ekonomska šteta. Integrirana zaštita uključuje sljedeće mjere: agrotehničke, mehaničke, fizikalne, biološke, biotehničke i kemijske (IRRE, 2012).

3.8. Oplemenjivanje kukuruza

3.8.1. Inbred linije kukuruza

Inbred linije su homozigotne oplemenjivačke linije koje se upotrebljavaju kao roditelji hibridnih kultivara u stranooplodnim vrstama. Takve linije nastaju samooplodnjom, križanjem u srodstvu, povratnim križanjem ili metodom dihaploida. Budući da se homozigotnost najlakše postiže samooplodnjom, upravo se taj postupak najčešće koristi u razvoju inbred linija. Kod samooplodnih biljnih vrsta nema poteškoća u samom razvoju inbred linija, budući da su sorte u takvim biljnim vrstama najčešće čiste linije ili imaju visok stupanj homozigotnosti, pa se individualnom selekcijom lako prevode u inbred linije. Odabrane biljke stranooplodnih biljnih vrsta moraju proći postupak samooplodnje kako bi se kod potomstva smanjila heterozigotnost i stvorio određen broj različitih homozigotnih linija. Iz početnog genetičkog materijala odabiru se biljke odgovarajućih svojstava u kojima se provodi samooplodnja, dok se sljedeće godine sjeme svake biljke sije u posebnu parcelu. Za svaku odabranu biljku vodi se evidencija samooplodnje.

Početna heterozigotna samooplođena biljka označava se kao S0, njezino potomstvo kao S1 (prva samooplođena generacija), druga generacija kao S2 i tako se nastavlja obilježavanjem do kraja postupka. Nakon samooplodnje doći će do razdvajanja svojstava budući da su roditelji za većinu svojstava bili heterozigotni. Stoga se tijekom vegetacije iz te S1 generacije odabiru najbolje biljke na kojima se dalje po istom principu provodi samooplodnja. Postupak se ponavlja sljedećih nekoliko generacija. Kako samooplodnja napreduje tako se i povećava raznolikost između linija, dok se potomstvo unutar linija ujednačava sve do formiranja homozigotnih linija. Ako je postupak samooplodnje započet s genetički dovoljno heterogenim materijalom, na kraju postupka ostvari se veći broj različitih inbred linija. Tijekom samooplodnje poželjno bi bilo inbred linije podvrgnuti manje optimalnim uvjetima uzgoja, kao što su gušći sklop, visoke ili niske temperature te suša. Na taj način izdvajaju se linije koje će bolje podnositi nepovoljne vanjske uvjete i biti prilagodljivije u različitim okolinama. Samooplodnjom se neželjeni recesivni aleli mogu zamjeniti dominantnima i nestati u potomstvu, ali mogu i postati homozigotni, što dovodi do gubitka vigora. Zapaženo je da za vrijeme inbridinga najveći gubitak vigora u prvim generacijama samooplodnje, te se taj gubitak smanjuje kako inbred linije povećavaju homozigotnost. S inbridingom se prekida kada se utvrdi da gubitak vigora više nema (Beljo, 2012).

3.8.2. Križanje inbred linija i hibridi kukuruza

Dvolinijsko križanje: je najjednostavnija i najčešća metoda križanja. U ovakvom se tipu križanja za formiranje populacije koriste dva roditelja $P_1 \times P_2$, te se takav način naziva jednostavno ili jednostruko križanje (single cross). Potomstvo ovakvog križanja upotrebljava se izravno kao novi kultivar (F_1 hibrid), kao početni materijal za križanje s drugim kultivarima ili populacijama, te kao populacija za izbor novih genotipova. Kod ovakvog načina križanja, svaki roditelj prenosi potomstvu po 50% gena. Izborom u generacijama cijepanja, relativno će se brzo razviti novi kultivar, ukoliko su kombinirani roditelji s dobrim svojstvima (Hallauer i sur.1988).

Trolinijsko križanje: u ovakvom se tipu križanja za formiranje populacije koriste tri roditelja: $(P_1 \times P_2) \times P_3$. Ova metoda hibridizacije primjenjuje se ako se u dva roditelja ne može naći dovoljno varijabilnosti za određeno svojstvo. U ovom slučaju roditelji P_2 i P_3 obično su kvalitetni kultivari, ali im nedostaje neko korisno svojstvo koje treba prenijeti iz roditelja P_1 . Potomstvo trolinijskog križanja može se upotrijebiti izravno kao novi komercijalni kultivar. Zbog manje razine heterozisa nego kod dvolinijskih kultivara, ovakvi hibridi se rjeđe koriste u komercijalnoj proizvodnji (Hallauer i sur.1988).

Četverolinijsko ili dvostruko križanje (double cross): ovaj način križanja se koristi kako bi se postigla dovoljna varijabilnost u populaciji. Križanje se provodi na dva načina. U prvom se međusobno križaju dva dvolinijska hibrida $[(P_1 \times P_2) \times P_3] \times P_4$. U ovom slučaju svaki roditelj prenosi 25% gena na potomstvo. Drugi način križanja je postupno križanje, $[(P_1 \times P_2) \times P_3] \times P_4$, postupno se uvode novi roditelji kako bi se formirala populacija. Takvo križanje provodi se u tri generacije. P_1 i P_2 unose u populaciju po 12,5% svoje germplazme, P_3 unosi 25%, a zadnji roditelj P_4 50%. U ovakvom načinu križanja također je veoma važno da se u križanju kao zadnji roditelj upotrijebi kultivar sa što više pozitivnih svojstava (Hallauer i sur., 1988).

Povratno križanje: križanje potomstva F_1 generacije s jednim od roditelja: $(P_1 \times P_2) \times P_1$. Ovaj način se najčešće koristi kada se u neki, dobar, kultivar treba unijeti samo jedno svojstvo, a ostala svojstva tog istog kultivara trebaju se zadržati. Genotip u kojeg se traženi gen prenosi se u toku križanja koristi više puta. Način izvođenja povratnog križanja dijelom je određen genetikom svojstva koje se dodaje. Ako je svojstvo dominantno, potomstvo se odabire na pojedinačnoj bazi, a ako je recesivno, nužno je testiranje potomstva (Hallauer i sur.1988).

3.8.3. Pedigre metoda

Pedigre metoda temelji se na odabiru među biljkama i linijama u toku ranih generacija selekcije dok se još održava dovoljno genetičkog variranja. Ovaj postupak omogućuje praćenje odabranog materijala od početka izbora u F_2 generaciji do trenutka umnožavanja sjemena za sortne pokuse. Linije razvijene metodom pedigreea su homozigotne i homogene, ali s novim genskim kombinacijama. Postupak počinje izborom dva ili više roditelja koji posjeduju željena svojstva koja oplemenjivač želi kombinirati u novom kultivaru. Pojedinačne biljke se križaju da se dobije F_1 generacija, koja je genotipski i fenotipski uniformna i u njoj nema izbora. Nakon samooplodnje biljaka F_1 generacije obrano sjeme se sije i uzgaja u F_2 generaciji. U F_2 generaciji

bira se velik broj biljaka koje vizualno odgovaraju kultivaru sa željenim svojstvima. Osnovni je kriterij izbora, procjena koje će biljke imati najbolje potomstvo. Potomstvo svake odabrane F₂ biljke sije se u F₃ generaciji u pojedinačne redove. U F₃ generaciji pokazuje se ujednačenost svojstva, budući da je postotak homozigotnih biljaka 75, no i u ovoj generaciji dolazi do cijepanja. Sjeme biljaka odabranih u F₃ generaciji sije se sljedeće sezone u F₄ generaciji, također u zaseban red. U F₄ generaciji homozigotnost je povećana na 87.5%. U ovoj generaciji započinje sužavanje izbora; samo najbolje i najuniformnije linije prevode se u sljedeću generaciju. Izbor se u F₄ generaciji obavlja između familija tako da se odaberu najbolje familije, unutar familija najbolji redovi i unutar redova najbolje biljke. Sjeme tih biljaka, sljedeće sezone, se uzgaja kao F₅ generacija na isti način kao što se to činilo u F₄ generaciji. Postupak se ponavlja dok se u jednom redu ne postigne uniformnost biljaka; to je obično u F₅ – F₇ generaciji. Tada se sve biljke u jednom redu oberu, sjeme pomiješa, te provede eventualna selekcija u laboratoriju. To sjeme služi kao izvorni materijal za preliminarnu pokuse.

Svojstva i vrijednost novih genotipova, nakon selekcijskog postupka, ispituju se u uvjetima okoline u kojima bi se trebali normalno uzgajati. Prvo se provodi ocjena u preliminarnim pokusima. Oni se obično izvode jednu do dvije godine. Novi genotipovi se potom uspoređuju sa standardom. Cilj ovakvih pokusa je izbor linija koje će se dalje ispitivati u usporednim pokusima. Svojstva visoke heritabilnosti ocjenjuju se vizualno i već u preliminarnim pokusima moguće je izdvojiti genotipove čija su svojstva zadovoljavajuća. Nakon preliminarnih pokusa izvode se usporedni sortni pokusi u kojima će se testirati prinos, kvaliteta i sva druga svojstva značajna za vrednovanje novog kultivara. Pokusi se izvode na više lokacija i više godina da bi se odredila veličina interakcije genotip x okolina i stabilnost kultivara u različitim okolinama. Uvjeti u kojima se izvode poljski pokusi nisu nikad savršeni; u pokusnim podacima uvijek su prisutne stanovite pogreške. Kako bi smanjili pogrešku pokusa, parcela mora biti reprezentativne veličine, sklop mora biti ujednačen, a svi članovi pokusa moraju biti jednako tretirani i imati što sličnije mogućnosti za optimalnu realizaciju svojih genetičkih potencijala. U svakom pokusu prisutan je jedan ili dva standardna kultivara s kojima se novi genotipovi uspoređuju. Standardni ili kontrolni kultivari obično su najbolji kultivari koji su rašireni u praksi, ispitani su za sva važnija svojstva i poznato je njihovo reagiranje na uvjete okoline u kojima se pokus provodi (Beljo, 2012).

4. Materijali i metode

Podaci korišteni u ovom diplomskom radu, prikupljeni su u istraživanju provedenom tijekom 2008. godine. Analizirani su podatci prikupljeni za potomstvo F3 generacije četiri različite kombinacije križanja. Korištene su deskriptivne statističke metode radi procjene varijabilnosti analiziranih svojstava (duljina klipa, promjer klipa, masa klipa, broj redova na klipu) za potomstva pojedinih kombinacija križanja.

Povezanost između analiziranih svojstava istražena je metodom korelacije, uz pomoć Pearsonovog koeficijent korelacije koji se koristi za varijable na intervalnoj ili omjernoj ljestvici (brojčani podatci) koje su u linearnom odnosu (Dawson i sur, 2004).

Razlike između potomstava različitih kombinacija križanja za sva analizirana svojstva istražene su uz pomoć analize varijance.

5.Rezultati

5.1. Varijabilnost svojstava

Kao što je vidljivo u Tablici 1., potomstva križanja 4x2 u prosjeku imaju najveću duljinu klipa te znatno odskaku od ostala tri križanja. Potomstva križanja 1x8 i 3x1 su relativno ujednačena, dok su potomstva križanja 8x3 i 4x2 znatno varijabilnija. Kod svojstva promjer klipa također se izdvaja križanje 4x2, koje za ovo svojstvo ima nižu prosječnu vrijednost u odnosu na ostala tri. Najneujednačenija su potomstva križanja 8x3, čija je varijabilnost gotovo četiri puta veća u usporedbi s ostalima.

Tablica 1 Srednje vrijednosti i standardne devijacije (\pm) analiziranih svojstava

Svojstvo	Kombinacije križanja			
	1x8	3x1	4x2	8x3
DULJINA KLIPA (cm)	15,33 \pm 2,65	15,69 \pm 2,37	18,38 \pm 6,25	15,85 \pm 5,97
PROMJER KLIPA (mm)	44,45 \pm 3,70	41,55 \pm 3,54	37,49 \pm 3,11	45,62 \pm 12,95
MASA KLIPA (g)	153,70 \pm 46,88	137,51 \pm 39,95	133,39 \pm 64,59	166,12 \pm 52,07
BROJ REDOVA NA KLIPU	14,81 \pm 2,14	15,47 \pm 2,45	12,70 \pm 1,34	16,27 \pm 2,13

Križanja 3x1 i 4x2 imaju u prosjeku manju masu klipa od dvaju preostalih, pri čemu je 3x1 ujedno i najujednačenije, a 4x2 najvarijabilnije. Križanje 4x2 također se izdvaja od ostalih i na temelju preostalog svojstva, u prosjeku ima najmanje redova i najmanje je varijabilno.

5.2. Korelacija

Iz rezultata vidljivih u Tablici 2 možemo vidjeti kako je najjača korelacija kod potomstava križanja 1x8 ustanovljena između duljine klipa i mase klipa. Ova dva svojstva nalaze se u jakoj pozitivnoj korelaciji.

Tablica 2 Korelacija između svojstava kod križanja 1x8

	Duljina klipa	Promjer klipa	Masa klipa
Promjer klipa	0,243 ^{ns}		
Masa klipa	0,728 ^{**}	0,642 ^{**}	
Broj redova na klipu	-0,064 [*]	0,491 ^{**}	0,199 ^{**}

($r > 0.05^*$; $r > 0.01^{**}$; n.s.- nije signifikantno)

Masa klipa je također u jakoj korelaciji s promjer klipa, a broj redova je najslabije povezan s ostalim svojstvima (osim eventualno s promjerom klipa).

Tablica 3 Korelacija između svojstava kod križanja 3x1

	Duljina klipa	Promjer klipa	Masa klipa
Promjer klipa	0,396**		
Masa klipa	0,774**	0,635**	
Broj redova na klipu	0,118 ^{ns}	0,433**	0,285**

($r > 0.05^*$; $r > 0.01^{**}$; n.s.- nije signifikantno)

Odnosi između svojstava kod kombinacije križanja 3x1 (Tablica 3.) slični su ranije opisanima kod križanja 1x8. Najjača korelacija je ostvarena između svojstva duljina klipa i masa klipa, koja je također u jakoj korelaciji s promjerom klipa, a broj redova je slabo povezan s ostalim svojstvima (osim promjera).

Tablica 4 Korelacija između svojstava kod križanja 4x2

	Duljina klipa	Promjer klipa	Masa klipa
Promjer klipa	0,105**		
Masa klipa	0,198**	0,418**	
Broj redova na klipu	0,033 ^{ns}	0,460**	0,212**

($r > 0.05^*$; $r > 0.01^{**}$; n.s.- nije signifikantno)

U potomstvima križanja 4x2 (Tablici 4.) korelacije između svojstava su općenito slabije u odnosu na prethodno opisane. Srednje su jačine samo dvije korelacije: između promjera i mase, odnosno promjera i broja redova, dok su sve ostale vrlo slabe.

Tablica 5 Korelacija između svojstava kod križanja 8x3

	Duljina klipa	Promjer klipa	Masa klipa
Promjer klipa	0,037 ^{ns}		
Masa klipa	0,415**	0,155**	
Broj redova na klipu	-0,053 ^{ns}	0,063 ^{ns}	0,178**

($r > 0.05^*$; $r > 0.01^{**}$; n.s.- nije signifikantno)

Jednako slabe korelacije između svojstava zabilježene su i u potomstvima križanja 8x3 (Tablica 5.). Jedina korelacija srednje jačine ustanovljena je između duljine i mase klipa, dok su sve ostale vrlo slabe.

5.3. Analiza varijance

Analizom varijance utvrđeno je da postoje signifikantne razlike između kombinacija križanja za sva analizirana svojstva.

Tablica 6 Analiza varijance: F-vrijednosti sa pripadajućom oznakom signifikantnosti

Svojstvo	Fexp
Duljina klipa	101,74**
Promjer klipa	295,04**
Masa klipa	80,90**
Broj redova na klipu	388,35**

(* - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; n.s.- nije signifikantno)

6. Rasprava

Na temelju rezultata analize varijance, obzirom na značajne razlike između kombinacija križanja za sva svojstva, kombinacije križanja s većim prosječnim vrijednostima mogu se smatrati interesantnijima za odabir potomstava s poboljšanim vrijednostima svojstava.

Potomstva križanja 4x2, koje s preostalima ne dijeli ni jednog zajedničkog roditelja, u svim se svojstvima izdvojilo od ostalih. Klipovi potomstava ovog križanja u prosjeku su dulji od ostalih, ali imaju manju masu, promjer i broj redova. Također su ujednačeniji od ostalih za promjer i broj redova, a varijabilniji za duljinu i masu klipa. Povezanost svojstava je u ovoj kombinaciji križanja slaba.

Ostala su križanja različite kombinacije sparivanja triju roditeljskih linija, te ih uglavnom karakteriziraju slične prosječne vrijednosti i varijabilnost svojstava. Ipak se, za sva svojstva osim broja redova, kombinacija 8x3 može razlikovati od ostalih dvaju zbog nešto većih prosječnih vrijednosti, a naročito zbog znatno veće varijabilnosti. Zbog toga bi ovo križanje moglo biti potencijalno interesantno za odabir dobrih potomstava, ali ipak ima i važan nedostatak – korelacije između svojstava su vrlo slabe.

Većina istraživačkih radova koristi korelaciju svojstava za dobivanje informacija o prinosu, korelacijom najvažnijih svojstava biljke sa prinosom po biljci dobivaju informaciju koja svojstva treba uzeti u obzir u svrhu dobivanja što većeg prinosa, a koja svojstva su manje bitna za prinos. Prema drugim autorima (Boćanski, 2009.; Rafiq, 2010.; Qadir, 1991.; Čamdžija i sur 2011.), dobivena je pozitivna korelacija između prinosa i duljine klipa, što ukazuje da selekcija na veću duljinu klipa ima pozitivan utjecaj na povećanje prinosa. U ovom je istraživanju križanje s najvećom prosječnom duljinom klipa imalo međutim i najmanju prosječnu masu klipa, te je korelacija između tih dvaju svojstava bila tek srednje jačine. S druge strane relativno velika varijabilnost uočena kod oba svojstva ostavlja mogućnost odabira potencijalno dobrih potomstava.

7. Zaključak

U skladu s postavljenim ciljevima, zaključak nakon provedenog istraživanja je:

1. Kod svakog od analiziranih svojstava se na temelju prosječne vrijednosti ili standardne devijacije u pravilu može izdvojiti kombinacija križanja koja se razlikuje od ostalih,
2. Veze između svojstava su općenito slabe, a u različitim se kombinacijama križanja rijetke srednje do jake korelacije pojavljuju između različitih svojstava.

8. Literatura

1. Babić V., Babić M., Delić N. (2006). Stability parameters of commercial maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Genetika* 38: 235- 240.
2. Beljo J. (2012). Tehnike oplemenjivanja bilja – skripta
<<http://studentski.hr/system/materials/1/1d6524732c78dbd2998797e636a2f6175ff6f2d1.zip?...>>. Pristupljeno 05. rujna 2017.
3. Boćanski J., Srećkov Z., Nastasić A., (2009). Genetic and phenotypic relationship between grain yield and components of grain yield of maize (*Zea Mays* L.). *Genetika* 42: 145-154
4. Cvetković V., Rosić K., Trifunović V. (1962). *Kukuruz i unapređenje njegove proizvodnje*. Zadruga knjiga, Beograd.
5. Čamdžija Z., Mladenović Drinić S., Filipović M., Stevanović M., Pavlov J., Božinović S., (2011). Genetic variability among maize hybrids for yield and yield components. 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. 388-390
6. Ćosić J. i sur. (2008). Najznačajniji štetnici, bolesti i korovi u ratarskoj proizvodnji <http://www.obz.hr/hr/pdf/poljoprivredni_info_pult/2010/Najzna%C4%8Dajniji%20%C5%A1tetnici,%20bolesti%20i%20korovi%20u%20ratarskoj%20proizvodnji.pdf >
Pristupljeno 03. rujna 2017.
7. Dawson B., Trapp RG. (2004). *Basic and Clinical Biostatistics*. [online]
<<http://accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=356§ionid=40086287>> Pristupljeno 02. rujna 2017.
8. Grafius, J E (1960): Does overdominance exist in corn? *Agron J.* 52: 361.
9. Hallauer, A.R. (1988). *Corn breeding*. U: *Corn and Corn Improvement* (Sprague G.F., Dudley J.W., ur.). Amer. Soc. of Agronomy. Inc., Crop Sci. Soc. of Am. Inc., Soil Sci. of Am. Inc., Madison Wisconsin: 469-565.
10. IRRE (2012). Institut za ruralni razvoj i ekologiju
<http://www.bilje.hr/POLJOPRIVREDA/AgBase_4/PDF/integrirana-zastita-bilja.pdf
>. Pristupljeno 07. rujna 2017.
11. Jurišić M. (2004). *Kukuruz (Zea Mays L.)*
<http://www.obz.hr/vanjski/CD_AGBASE2/index.htm>. Pristupljeno 05.rujna 2017.
12. Knežević M. (2006). *Atlas korovne, ruderalne i travnjačke flore*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet, Osijek. 11,25.

13. Kovačević V., Rastija M., (2009). Osnove proizvodnje žitarica – interna skripta, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
14. Rafiq Ch.M., Rafique M., Hussain A., Altaf M., (2010). Studies on heritability, correlation and path analysis in maize (*Zea Mays L.*). Journal of agricultural research 48: 35-38
15. Qadir A., Saleem M., (1991). Correlation and PATH coefficient analysis in maize (*Zea Mays L.*). Pak.J Agri. 28

Životopis

Petra Pilipović rođena je u Puli, 02.02.1991. godine. Od 2005. Do 2009. godine je pohađala Opću gimnaziju u Puli. Od 2009. do 2013. godine pohađala je Agronomski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, preddiplomski studij i stekla titulu Prvostupnice inženjerke Agroekologije. Od 2013. do 2017. godine pohađa diplomski studij Agrroekologije na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Od 2015. do 2017. godine radi u „ID Guardian d.o.o“, Zagreb, kao projekt menadžer i financijski menadžer, a trenutno radi u „Salvia d.o.o.“, Zagreb, kao administrativni pomoćnik. Iskusni je korisnik u razumijevanju, govoru i pisanju engleskog jezika (C2 razina) i temeljni korisnik u razumijevanju, govoru i pisanju talijanskog i njemačkog jezika (A1 razina). Digitalno kompetentna i iskusni korisnik mrežnih sistema, vješto barata sa operativnim sustavima Microsoft Office i Apple iOS. Poznaje osnove softverskih programa: Adobe Illustrator, Adobe Photoshop i SAP finance.