

Razlike u visini biljke parentalne, F1 i F2 generacije graška

Mikulić, Marta - Martina

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:048170>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-25**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marta Martina Mikulić

Preddiplomski sveučilišni studij

Smjer Bilinogojstvo

Razlike u visini biljke parentalne, F₁ i F₂ generacije graška

Završni rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marta Martina Mikulić

Preddiplomski sveučilišni studij

Smjer Bilinogojstvo

Razlike u visini biljke parentalne, F₁ i F₂ generacije graška

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. izv.prof.dr.sc. Sonja Petrović, mentor
2. prof.dr.sc. Sonja Vila, član
3. izv.prof.dr.sc. Andrijana Rebekić, član

Osijek, 2018.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij smjera Bilinogojstvo
Marta Martina Mikulić

Završni rad

Razlike u visini biljke parentalne, F₁ i F₂ generacije graška

Sažetak: Grašak (*Pisum sativum* L.) jednogodišnja je zeljasta kultura iz porodice *Fabaceae* (*Leguminosae*). Postoje četiri grupe sorata graška klasificirane prema dužini stabljike: niski, poluniski, srednje visoki i visoki. Grašak se koristi u istraživanjima jer se lako uzgaja, samooplodna je biljka. Jedan od glavnih razloga zbog kojeg je Mendel odabrao grašak je kratko vrijeme između dvije generacije što mu je omogućilo brz uzgoj više generacija. U istraživanju su korišteni podaci o visini biljaka jedne kombinacije križanja graška. Uspoređene su visine biljke roditelja u križanju, svih biljaka dobivenih u F₁ i F₂ generaciji nakon čega je izrađeni su grafovi distribucija frekvencija visine biljaka. Može se zaključiti kako postoje velike razlike u visini između parentalne i potomaka F₁ i F₂ generacije. Distribucije visina parentalne, F₁ i F₂ generacije ukazuju na moguće transgresivno razdvajanje kao način djelovanja gena odgovornih za kontrolu svojstva visine graška.

Gljučne riječi: grašak, visina, parentalna generacija, F₁, F₂
20 stranica, 3 tablice, 5 grafikona, 7 slika, 12 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
BScThesis
Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Plant production
Marta Martina Mikulić

Differences in plant height between parental, F₁ and F₂ pea generations

Summary: Peas (*Pisum sativum* L.) is an annual crop from the *Fabaceae* family (*Leguminosae*). There are four cultivation groups of peas classified by the plant height: short, medium short, middle high and high. Peas are used in experiments because they are easily grown, and autogamous. One of the main reasons why Mendel chose peas is the short time between two generations which enabled fast growth of multiple generations. The data used in this experiment is based on plant height values gathered from one crossing combination. Based on plant height differences among and between F₁ generation, and F₂ generation plants frequency distribution graphs were made. Results showed large differences and high variability between parental and F₁ and F₂ progenies. Plant height distribution of parental, F₁ i F₂ generations might indicate possible transgressive segregation as type of gene action that are controlling the plant height in peas.

Key words: pea, height, parental generations, F₁, F₂

20 pages, 3 table, 5 graph, 7 pictures, 12 references

Final work is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. MATERIJAL I METODE.....	4
3. REZULTATI I RASPRAVA	10
3.1. Varijabilnost visine biljaka parentalne, F₁ i F₂ generacije.....	10
4. ZAKLJUČAK	19
5. POPIS LITERATURE	20

1. UVOD

Grašak (*Pisum sativum* L.) je jednogodišnja zeljasta kultura iz porodice *Fabaceae* (*Leguminosae*). Uz soju, grah i slanutak grašak se ubraja među četiri najvažnije mahunarke.

Sistematika graška:

Carstvo: Plantae

Koljeno: Magnoliophyta

Potkoljeno: Magnoliophytina

Razred: Magnoliopsida

Podrazred: Magnoliidae

Red: Fabales

Podred: Fabineae

Porodica: *Fabaceae*

Potporodica: *Faboideae*

Rod: *Pisum* Vrsta: *Pisum sativum* L.



Slika 1. Grašak (*Pisum sativum* L.)

(Izvor: M.M.Mikulić)

Korijen graška razvija se nakon sjetve iz klicinog korjenčića. Korijen je vretenast i dobro razvijen. Primarni korijen prodire u tlo do 1,2 m, dok se većina korijenovog sustava razvija u plićim dijelovima. Korijen graška ima jaku usisnu moć te veliku sposobnost usvajanja teško pristupačnih hraniva iz tla, posebno fosfora i kalija. (Čupić i sur., 2012.) Stabljika graška podložna je polijeganju jer je zeljasta, šuplja i uglata. Može biti različitih visina, razlikujemo niske (25-40 cm), poluniske (45– 65cm), srednje visoke (70–90 cm) i visoke (preko 95 cm). Stabljika je slabo razgranata, svijetlozelene boje te je prekrivena

svijetlosivom voštanom prevlakom (Matotan, 2004.). Grašak se javlja s puno varijeteta koji se razlikuju po morfološkim svojstvima.

Grašak ima parno peraste listove, glavna peteljka završava sa viticom kojoj se sa strane razvija jedan do dva para listića s peteljkama. Stabljiku obuhvaćaju zalisci koji se nalaze u osnovi lista. Boja listova varira od žutozelene do plavozelene, a uvjetovana je genotipom. Listovi imaju voštanu presvlaku. Razvijaju se po dva cvijeta u pazuhu listova. Cvjetovi graška i ostalih mahunarki vrlo su slične građe te su dvospolni, a najčešće su bijele boje. Grašak je samooplodna biljka. Obzirom na visinu i tip rasta razlikujemo determinirani i indeterminirani tip. Visoki rast te aktivni vegetacijski vrh, dok traju optimalni uvjeti, je obilježje indeterminiranog tipa rasta. Determinirani tip biljke graška je niskoga rasta i grmolikog oblika, cvjetovi se pojavljuju na vrhu kada glavna stabljika dosegne svoju maksimalnu visinu (Stjepanović, 2011.). Plod graška je mahuna koja ovisno o sorti može biti različitog oblika i veličine, a unutar nje se nalazi više sjemenki ili zrna. Mahuna može biti žuta, zelena, bijela ili tamna. Masa 1000 zrna ovisi o sorti, tlu, agrotehnici i vremenskim uvjetima te varira od 100 do 500 grama (Gagro, 1997.).

Visina graška najčešće je korišteno svojstvo koje se koristi prilikom procjene voluminoznog potencijala krmnih kultura, a ujedno predstavlja jedan od neizostavnih morfoloških markera (Čupić i sur., 2009.). Svojstvo visine ovisi o broju članaka i njihovoj duljini. Prema Makashev (1983.) postoje četiri grupe sorata graška klasificirane prema dužini stabljike: niski (manji od 50 cm), poluniski (od 51 do 80 cm), srednje visoki (od 81 do 150 cm) i visoki (više od 151 cm). Visina biljke s agronomskog stajališta ima velik utjecaj na urod biljke, usko je povezana s prinosom biljke. Visina je kvantitativno je svojstvo, kontrolirano minor genima, pod velikim je utjecajem okoline i načinom uzgoja. Visina može biti kontrolirana i samim sklopom biljaka, gdje u gustom sklopu su biljke niže, a u rijetkom sklopu više. Grašak se lako uzgaja, samooplodna je biljka, prašnici i njuška tučka zatvoreni su i zaštićeni od polena drugih oprašivača što omogućuje kontrolirana križanja. Mendel je za svoja istraživanja izabrao grašak iz više razloga. Jedan od glavnih razloga je kratko vrijeme između dvije generacije što mu je omogućilo brz uzgoj više generacija. Mendel je pratio ukupno sedam svojstava graška: visinu biljke, oblik zrna, boju trna, oblik mahune, boju mahune, boju cvijeta i položaj cvijeta te postavio temelje zakona o nasljeđivanju (Klug i sur., 2012.). Mendel je svom istraživanju koristeći kontrolirana križanja između dvije samooplodne biljke pratio i dokazao kako se svako svojstvo javlja u dva karakteristična oblika, kao što su npr. visoke i niske biljke. Svako

križanje započinjao je test križanjem pomoću kojega je otkrivao genotip dominantnog fenotipa biljke. Ako je jedinka dominantnog fenotipa homozigotna onda će svi potomci u F_1 generaciji pokazivati isti dominantni fenotip, a ako je jedinka dominantnog fenotipa heterozigot onda će test križanje dati dva fenotipa te će se potomci razlikovati u svojstvu 1 (visoke) : 1 (niske). Zaključio je da visoke biljke graška imaju dominantni fenotip, dok su niske biljke recesivnog fenotipa. Prikazao je i dokazao omjere monohibridnog križanja u prvoj i drugoj filijalnoj generaciji. Križanjem dvije čiste linije koje su se razlikovale u visini biljke (visoke i niske) u F_1 generaciji je dobio samo visoke potomke, dok se potomci u F_2 generaciji fenotipski razdvojili u omjeru 3 (visoke) : 1 (niske biljke), pri čemu su niske bile recesivni homozigoti (Klug i sur., 2012.).

Cilj ovog istraživanja je utvrditi razlike u visini biljaka graška roditeljskih komponenti te biljaka F_1 i F_2 razdvajajuće generacije.

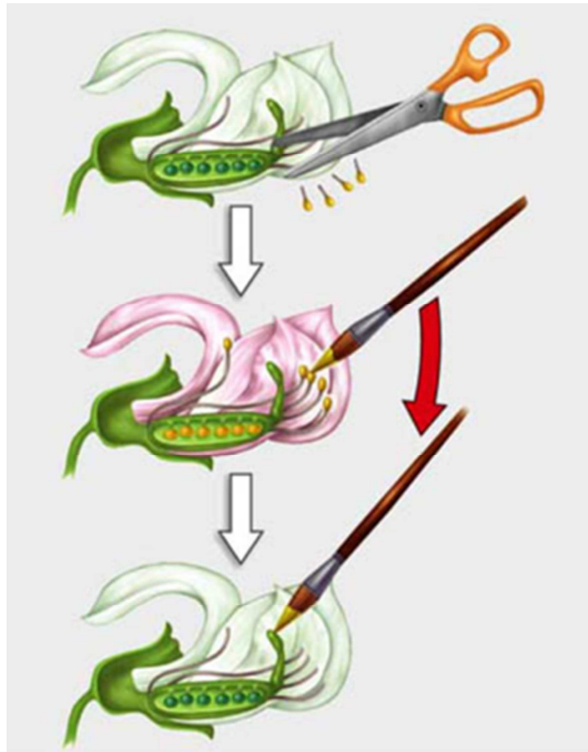
2. MATERIJAL I METODE

Materijali koji su korišteni prilikom istraživanja su majčinske Eiffel i očinske Baccara jare sorte graška podrijetlom iz Francuske. Obje sorte se odlikuju se visokim genetskim potencijalom za prinos, vrlo su stabilne, a Baccara je ujedno i standardna sorta koja se koristi u ispitivanjima u Komisiji za priznavanje novih sorata graška. U široj proizvodnji u RH najzastupljenija je sorta Baccara (Čupić i sur., 2003.). Podaci o visinama parentalne i F_1 generacije preuzeti su iz baze podataka Poljoprivrednog instituta u Osijeku, Odjela za genetiku i oplemenjivanje krmnog bilja. Sorte Eiffel i Baccara su posijane 2016. u svrhu križanja i dobivanja mahuna odnosno zrna F_1 generacije. Godine 2017. u proljeće je posijana su zrna F_1 generacija, izmjerena je visina biljaka, a sjeme je sačuvano za sjetvu sljedeće godine. Navedeni podaci mjerenja su preuzeti od Odjela za genetiku i oplemenjivanje krmnoga bilja. U proljeće 2018. godine opet su posijani roditelji radi usporedbe agronomskih svojstava i posijana je F_2 , a mjerenje visine je obavljeno sredinom svibnja iste godine. Nasumično su odabrane biljke F_2 generacije na kojima je provedeno mjerenje visine za ovo istraživanje.



Slika 2. Odabir majčinskih i očinskih biljaka za križanje

(Izvor: M. M. Mikulić)



Slika 3. Križanje graška

Izvor: <http://www.genetika.biol.pmf.unizg.hr/pogl2.html>

Križanje je započelo odabirom majčinske biljke (Slika 2.). Birane su linije s krupnijim cvjetovima. Na koljencu se nalaze dva ili više cvjetova, odabran je jedan, a ostali su odstranjeni. Zatim se obavljalo kastriranje cvijeta majke tako da su se pomoću sterilne pincete kidali prašnici. Pincetom se cvijet otvori po trbušnoj strani i uhvati ispod antera koje se otkinu i izbace. Puknu li antere cvijet se odbacuje da ne bi došlo do samooplodnje. Nakon što se kastrirao cvijet majke odabran je očinski cvijet koji je stiskan prstima kako bi polen bio nanesen na tučak očinskog cvijeta. Tučkom očinskog cvijeta polen je nanošen na tučak majčinskog cvijeta (Slika 3). Postotak križanja ovisi o umijeću osobe, vremenskim prilikama i insektima.

Kod samooplodnih kultura u heterozigotnom stanju ne može se koristiti rekombinacija gena zbog toga što se udio homozigotnosti povećava samooplodnjom. Križanjem parentalnih biljki na biljkama majke formira se sjeme F_1 generacije graška. Iz sjemena dobivene su biljke F_1 generacije (Slika 4.) koje su maksimalno heterozigotne. Međusobno su križane i dobiveno je sjeme F_2 generacije iz kojeg su dobivene biljke F_2 generacije.

Jedna od najčešće korištenih metoda u oplemenjivanju samooplodnog bilja je pedigre metoda s individualnom selekcijom. Pedigre metoda je metoda individualne selekcije u praćenju porijekla do homozigotne linije i odabiranju biljaka u generacijama razdvajanja. Temelji se na izboru pojedinih biljaka i njihovih daljnjih potomaka. Testiranje odabranih biljaka na agronomski važna svojstva u uvjetima koji su najbliži širokoj proizvodnji su prednosti pedigre metode. Veliki nedostatak metode su velike količine biljnog materijala koji se analizira i zahtjeva velike površine za sjetvu materijala te mnogo rada u individualnom odabiru biljaka (Čupić i sur., 2003).



Slika 4. Majčinska biljka s F₁ mahunama graška
(Izvor: M. M. Mikulić)



Slika 5. Biljke F₂ generacije graška
(Izvor: M. M. Mikulić)

Nakon završene zriobe pristupilo se odabiru biljaka F₂ generacije (Slika 5.). Biljke su odrezane pri zemlji, nakon čega su bile povezane sa špagom na kojoj je bila odgovarajuća etiketa na kojoj je pisalo o kojoj se liniji radi. Mjerenje visine F₂ biljaka (Slika 6.) je obavljeno na Poljoprivrednom institutu u prostorijama gdje se odlažu i mjere biljke nakon žetve. Mjerenje je obavljeno tako da se na stol, na kojem je prethodno bio pripremljeni metar, polegla odabrana biljka graška i pritom zabilježila visina u centimetrima (Slika 7.) . Visine su zabilježene ručno u prethodno pripremljene tablice u koje se upisivao naziv linije i biljke te izmjerena visina. Vrijednosti visina su zatim unesene u Microsoft Excel nakon čega je slijedila obrada podataka.



Slika 6. Uzorci F_2 biljakaza mjerenje
(Izvor: M. M. Mikulić)



Slika 7. Mjerenje visine biljke
(Izvor: M. M. Mikulić)

Nakon prikupljenih podataka pristupilo se analizi svojstva visine. Izračunata je aritmetička sredina svojstva visine za pet nasumično odabranih biljaka majčinske (sorta Baccara) i pet nasumično odabranih biljaka očinske komponente (Eiffel) nakon čega su vrijednosti međusobno uspoređene.

Aritmetička sredina (\bar{x}) je statistički parametar koji prikazuje srednju vrijednost rezultata, a računa se tako da zbroj svih pojedinačnih mjerenja podijeli s ukupnim brojem mjerenja.

Formula aritmetičke sredine je:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

gdje je $\sum x$ zbroj svih pojedinačnih mjerenja, a n broj pojedinačnih mjerenja.

Srednje vrijednosti visina su izračunate i za obje filijalne generacije. Radi bolje preglednosti rezultata također su prikazane i izračunate učestalosti svojstva visine u obje parentalne generacije.

3. REZULTATI I RASPRAVA

Grana genetika koja proučava kvantitativna svojstva naziva se kvantitativna genetika. Kvantitativna svojstva su sva mjerna svojstva. Geni koji određuju kvantitativna svojstva su minor geni. Oni imaju slabiji efekt, ali doprinose razvoju i ekspresiji nekog određenog svojstva. Visina je kvantitativno svojstvo. Određena je minor genima (poligeni). Kvantitativna svojstva u populaciji prikazuju kontinuiranu varijabilnost s normalnom distribucijom. Do kontinuiranih varijabilnosti kvantitativnih svojstava u populaciji dolazi zbog razdvajanja kromosomskih parova i interakcija s vanjskom sredinom. Najveći broj varijanata kod kvantitativnih svojstava nalazi se oko srednje vrijednosti, a manji broj ispod i iznad srednje vrijednosti (Borojević i sur., 1976.).

Poligeni mogu djelovati: aditivno, dominantno i epistatično. Epistatično djelovanje gena je posljedica interlokusnih interakcija. Ako križanjem roditelja s različitim svojstvima u potomstvu dobijemo potomke koji su niži od nižeg roditelja ili viši od višeg roditelja odnosno koji su izvan distribucije frekvencije oba roditelja dolazi do pojave koja se naziva transgresija ili transgresivno razdvajanje. Transgresija proizlazi iz interakcije gena sa epistatičnim djelovanjem te predstavlja jednu od značajnijih mogućnosti za dobivanje novih osobina koje roditelji nisu posjedovali (Borojević i Borojević, 1981.).

3.1. Varijabilnost visine biljaka parentalne, F₁ i F₂ generacije

Odabrano je pet majčinskih biljaka koje su križane sa pet očinskih biljaka. U Tablici 1. prikazani su podaci o visinama parentalnih biljaka graška, odnosno majčinskih Eiffel biljaka i očinskih Baccara biljaka.

Tablica 1. Visina majčinske komponente križanja sorta Eiffel

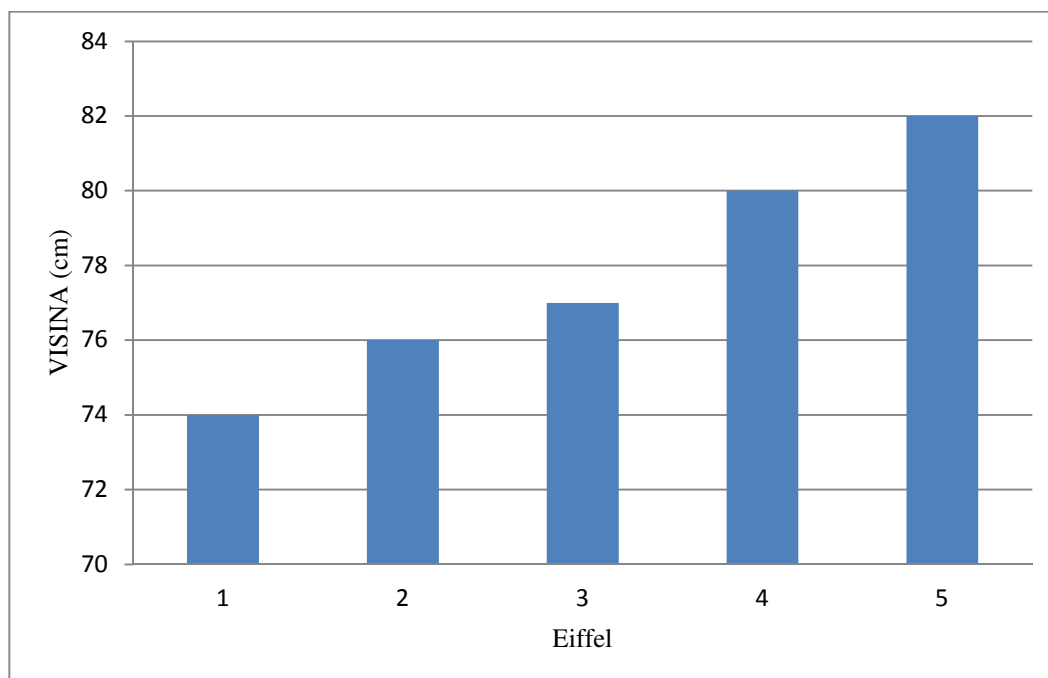
P ₁ GENERACIJA	VISINA (cm)
Eiffel	83
Eiffel	90
Eiffel	85
Eiffel	81
Eiffel	80
\bar{x}	83,8

Visina majčinskih biljaka kretala u rasponu od 80 do 85 cm pri čemu je srednja vrijednost visine iznosi 83,8 cm. Najniža biljka je za 3,8 cm niža od srednje vrijednosti, a najviša je za 1,2 cm viša od srednje vrijednosti.

Tablica 2. Visina očinske komponente križanja sorta Baccara

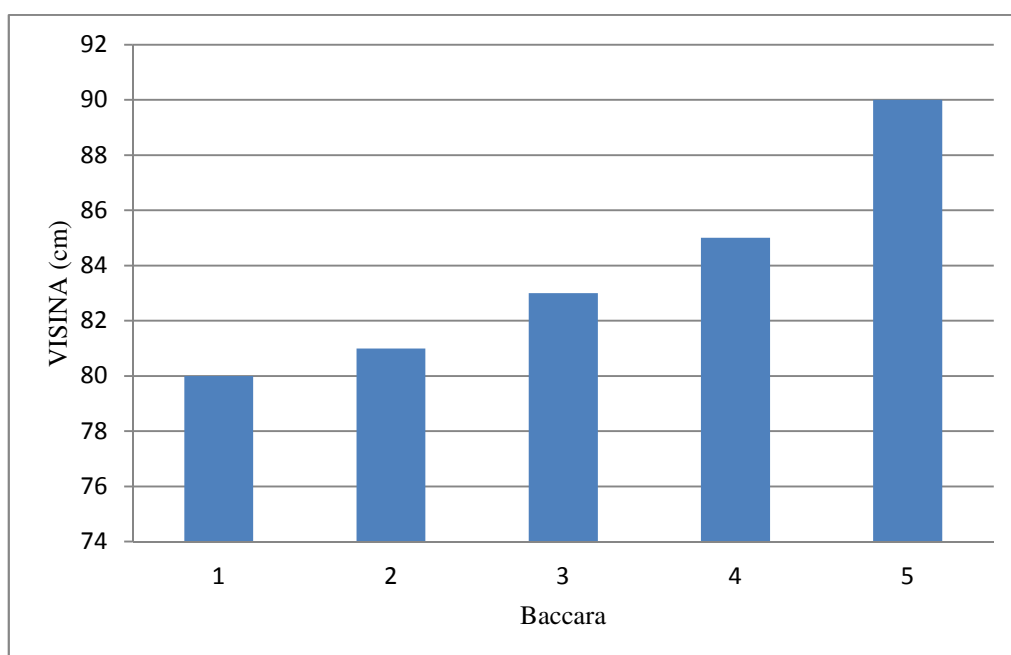
P ₁ GENERACIJA	VISINA (cm)
Baccara	76
Baccara	80
Baccara	82
Baccara	77
Baccara	74
\bar{x}	77,8

Iz Tablice 2. vidimo da se visina očinskih biljaka kretala u rasponu od 74 do 82 cm pri čemu srednja vrijednost visine iznosi 77,8 cm. Najniža biljka je za 3,8 cm niža od srednje vrijednosti visine oca, a najviša je za 4,2 cm viša od srednje vrijednosti.



Grafikon 1. Raspon visine majčinskih biljaka graška sorte Eiffel

Odabrano je pet majčinskih biljaka u rasponu od 70 do 82 cm (Grafikon 1.). Visina biljke ovisi o utjecaju okoline, tlu, oborinama, napadima bolesti štetnika. Uzorkovanje visine treba provesti pravilno i voditi računa o tome da uzorak odnosno broj biljaka, u ovom slučaju, predstavlja promatranu populaciju sorata. Prema Matotanu (2004.) i svrstavanju biljaka u četiri kategorije sve majčinske biljke pripadaju srednje visokim (70-90 cm) sortama graška.



Grafikon 2. Raspon visine očinskih biljaka graška sorte Baccara.

Odabrano je pet očinskih biljaka različitih veličina raspona od 80 do 90 cm (Grafikon 2.). Kod ovakvih svojstava najčešće je raspodjela mjerenja slična krivulji normalne distribucije odnosno najveći broj varijacija se nalazi oko srednje vrijednosti dok se manji broj nalazi ispod srednje vrijednosti i iznad srednje vrijednosti. Izračun srednja vrijednost nekoga kvantitativnog svojstva je točnija što je veći broj analiziranih jedinki dok ako je broj analiziranih jedinki manji srednja vrijednost opterećena je većom pogreškom (Borojević i Borojević, 1981.). Obzirom da je ovdje odabrano samo pet biljaka za mjerenje roditeljskih komponenti ne možemo očekivati normalnu distribuciju. Prema Matotanu (2004.) i svrstavanju biljaka u četiri kategorije sve očinske biljke pripadaju srednje visokim (70-90 cm) sortama graška. Srednja vrijednost obje roditeljske komponente iznosila je 80,8 cm.

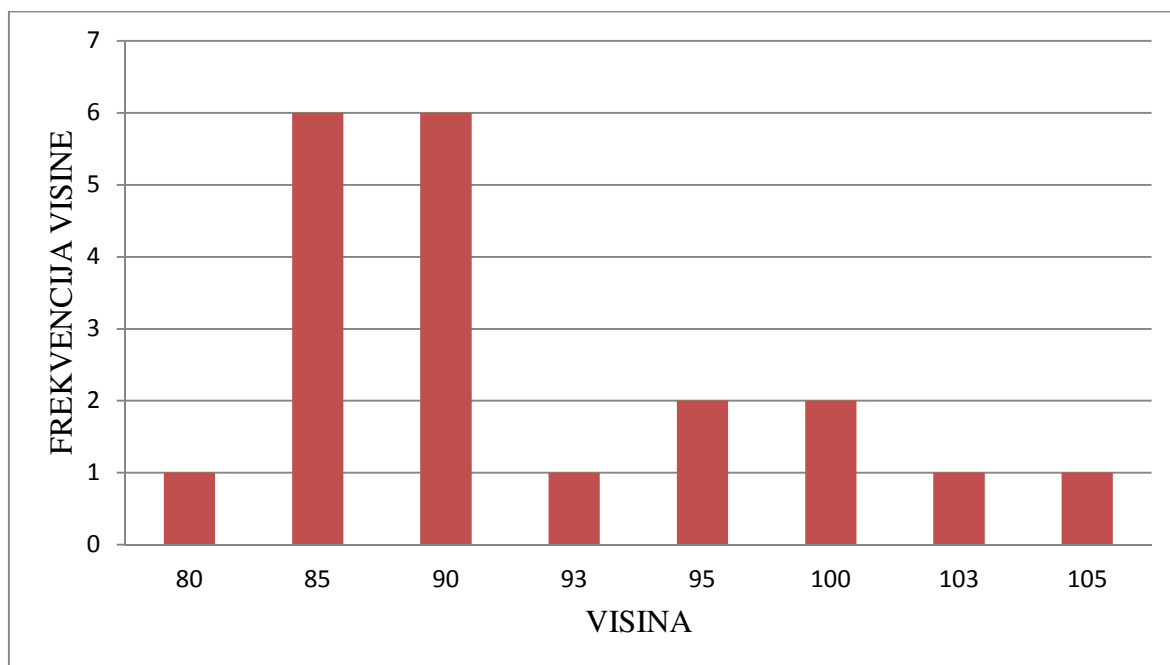
Nakon zriobe biljaka F₁ generacije pristupilo se mjerenju visine. Izmjereno je ukupno 20 biljaka. U Tablici 2. prikazani su podaci o izmjerenim visinama biljaka F₁ generacije graška.

Tablica 2. Visine biljaka F₁ generacije graška i srednje vrijednosti parentalne generacije

F ₁ GENERACIJA	VISINA (cm)
Biljka 1	85
Biljka 2	90
Biljka 3	100
Biljka 4	85
Biljka 5	80
Biljka 6	85
Biljka 7	90
Biljka 8	85
Biljka 9	90
Biljka 10	93
Biljka 11	85
Biljka 12	85
Biljka 13	105
Biljka 14	90
Biljka 15	90
Biljka 16	95
Biljka 17	90
Biljka 18	95
Biljka 19	100
Biljka 20	103
\bar{x}	91,05
\bar{x} oba roditelja	80,80
\bar{x} Eiffel	83,80
\bar{x} Baccara	77,80

Ukupno je izmjereno 20 nasumično odabranih biljaka F₁ generacije, visine su se kretale od 80 cm do 105 cm. Srednja vrijednost visine iznosila je 91,05 cm, što je za 10,25 cm više od srednje vrijednosti oba roditelja, 7,25 cm više od majčinske i čak za 13,25 cm više od očinske komponente. U F₁ generaciji graška samo je jedna biljka, biljka 5, imala visinu nižu od prosjeka oba roditelja. Najveći broj biljaka (12) se kretao u rasponu od 85 cm do 90 cm. Ukupno tri biljke su imale visinu od 93 do 95 cm, odnosno 100 do 103 cm. U samo jedne bilje je zabilježena visina od 105 cm, što je za 24,2 cm više od prosjeka oba roditelja. Biljke 3, 13, 16, 18, 19 i 20 su pripadale su visokim sortama (preko 95 cm), ostale biljke F₁

generacije svrstane su u srednje visoke sorte (70-90 cm) prema kategorizaciji visina (Matotan, 2004.).



Grafikon 3. Prikaz distribucija visine F_1 generacije graška.

Prikazana je distribucija visine F_1 generacije graška (Grafikon 3.) u kojem ne primjećujemo normalnu distribuciju izmjerenih visina F_1 generacije. Razlog tome može biti genetski ili uzrokom okoline. Najčešće je zbog okolišnih čimbenika. Prema 1. Mendelovom zakonu u F_1 generaciji očekivana je uniformnost, pri čemu je srednja vrijednost F_1 generacije jednaka prosjeku oba roditelja. Najveći broj biljaka bi trebao biti oko srednje vrijednosti roditelja (80,80 cm). Izmjereno je ukupno 19 biljaka koje su bile više najvišeg roditelja sorte Eiffel (83,80 cm) te samo jedna biljka, biljka broj 5, koja je bila visoka 80 cm. Prema Borojević i sur., (1976.) ovakva distribucija visine u F_1 generaciji ukazuje na punu dominaciju djelovanja gena koji su uključeni u nasljeđivanje visine biljke. No treba svakako uzeti u obzir broj biljaka koji je uključen u mjerenje te uvjete okoline odnosno pokusa.

U istraživanju genetskog potencijala i utjecaja različitih komponenti prinosa u dvoje kombinacije križanja Meena i sur. (2017.) su između ostalih svojstava istraživali i visinu biljke. U recipročnim i povratnim križanjima dvije kombinacije križanja prikazao je

varijabilnost visine u F_1 generacijama. Recipročno je križao je sortu stočnog graška IM 9214-10 visine 60 cm i sortu Rachna visine 76 cm. U F_1 generaciji dobivene su biljke visine 79,67 cm te zaključuje da su sve biljke imale višu stabljiku od najvišeg roditelja, što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja, dok su u recipročnom križanju bile visoke 63,44 cm što je niže od srednje vrijednosti roditelja. U križanju sorte IM 9214-10 visine 63,20 cm sa sortom Ambika visine 88,67 cm, u F_1 generaciji dobivene su biljke visina 96,20 cm, što je opet više i od srednje vrijednosti oba roditelja (76,01 cm) te više od višeg roditelja (Ambike). U recipročnom križanju srednja vrijednost visine F_1 generacije iznosila je 65,33 cm što je niže od srednje vrijednosti roditelja.

U istraživanju Kosev (2014.) sve vrijednosti visina F_1 generacije, u četiri kombinacije križanja, su bile više od srednjih vrijednosti parentalnih generacija.

Nakon postignute zriobe krajem svibnja 2018. godine pristupilo se mjerenju biljaka F_2 generacije. U Tablici 3. prikazani su podaci o izmjenjenim visinama F_2 generacije graška.

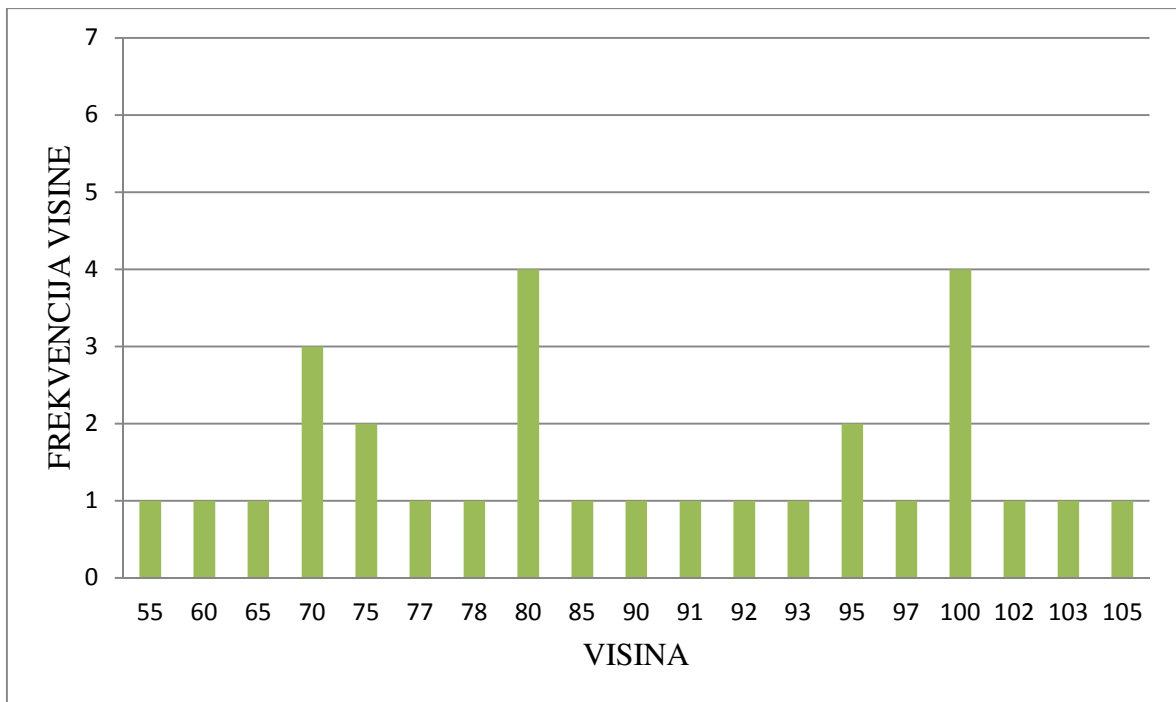
Izmjereno je ukupno 30 nasumično odabranih biljaka F_2 generacije, visine su se kretale od 55 cm do 105 cm. Prosječna visina F_2 generacije iznosila je 83,93 cm. Raspon visina kretao se od 55 cm do 105 cm. U ukupno 10 biljaka (33,33%) zabilježene su vrijednosti visine biljaka, od 55 cm (dvije biljke) do 77 cm, koje su niže od nižeg roditelja u križanju (sorta Baccara = 77,80 cm) i niže od srednje vrijednosti roditelja koja iznosi 80,80 cm. Četrnaest biljaka (50 %) su bile visoke od 85 do 105 cm što je u prosjeku više od najvišeg roditelja (sorta Eiffel = 83,80 cm) za od 1,2 cm do čak 21,20 cm. U ukupno sedam biljaka, što čini 23,33% F_2 generacije, zabilježena je visina od 100 do 105 cm. Samo četiri biljke (biljka broj 1, 2, 4 i 24) su bile visoke 80 cm što je približno ista visina kao izračunata srednja vrijednost visine oba roditelja. (Tablica 3.).

U istraživanju procjene heterozisa te analize nasljeđivanja nekih kvantitativnih svojstava graška Kosev (2014.) je prikazao rezultate poljskih pokusa provedenih tijekom 2011. - 2013. godine u Bugarskoj. Koristio je četiri kombinacije križanja te njihove F_1 i F_2 generacije. Visine roditelja u sve četiri kombinacije križanja su se kretale od 34 cm (sorta Shtambovii), 78 cm (sorta Pleven 10), 98 cm (sorta Pleven 4), do čak 134 cm (sorta Rosacrono). Raspon visina u F_2 generacijama svih kombinacija križanja se kretao od 92,20 cm do 106,5 cm. U križanju dvije najniže sorte, Shtambovii i Pleven 10, srednja vrijednost F_2 generacije iznosila je 102,15 cm što je čak za 48,45 cm više od izračunate srednje

vrijednosti visina roditelja (56 cm). Najniža srednja vrijednost F₂ generacije od 92,90 cm dobivena je kombinacijom križanja sorata Rosacrono × Pleven 4 čija je srednja vrijednost visina iznosila 116 cm.

Tablica 3. Visine biljaka F₂ generacije graška i srednje vrijednosti parentalne generacije

F ₂ GENERACIJA	VISINA (cm)
Biljka 1	80
Biljka 2	80
Biljka 3	70
Biljka 4	80
Biljka 5	105
Biljka 6	100
Biljka 7	85
Biljka 8	75
Biljka 9	100
Biljka 10	75
Biljka 11	55
Biljka 12	60
Biljka 13	78
Biljka 14	95
Biljka 15	70
Biljka 16	77
Biljka 17	100
Biljka 18	65
Biljka 19	95
Biljka 20	70
Biljka 21	90
Biljka 22	55
Biljka 23	91
Biljka 24	80
Biljka 25	100
Biljka 26	102
Biljka 27	92
Biljka 28	93
Biljka 29	97
Biljka 30	103
\bar{x}	83,93
\bar{x} oba roditelja	80,80
\bar{x} Eiffel	83,80
\bar{x} Baccara	77,80

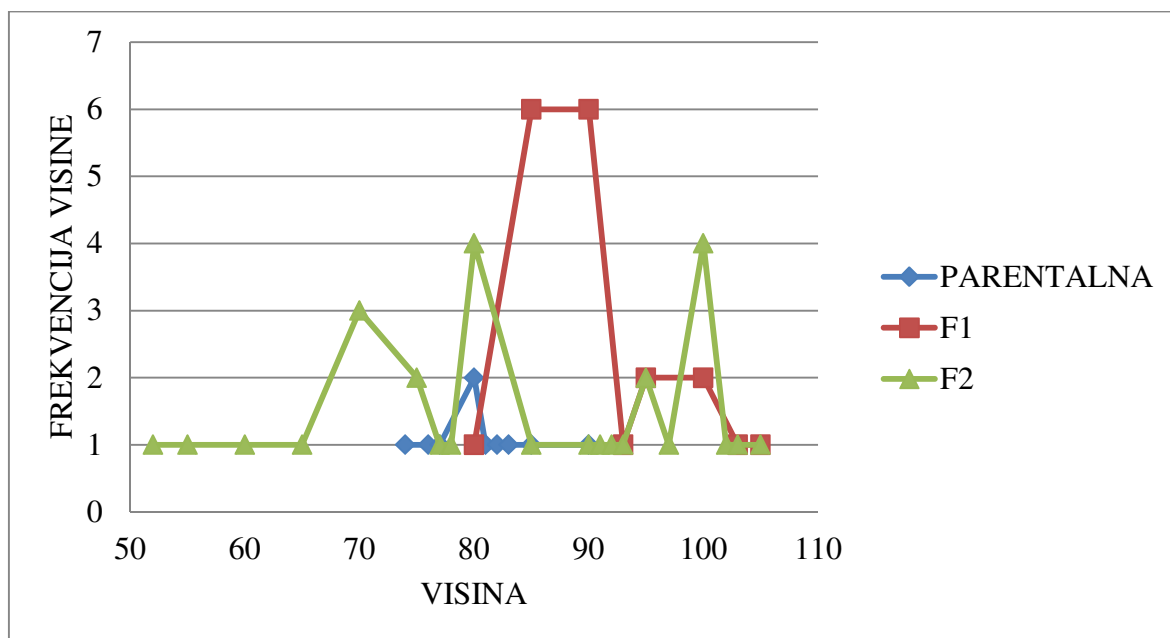


Grafikon 4. Prikaz distribucija visine F_2 generacije graška.

Grafikon 4. prikazuje distribuciju frekvencija visine F_2 generacije graška. Visine nisu „normalno“ distribuirane tj. nemaju oblik Gaussove krivulje odnosno simetrične razdiobe mjerenih vrijednosti. Odstupanja od Gaussove krivulje se javljaju najčešće zbog utjecaja okoliša na fenotipsku ekspresiju svojstva, u ovom slučaju visine, te ovisi od interakcije između dominantnih i recesivnih alela koji kontroliraju navedeno svojstvo. (Borojević i sur., 1976). Normalna distribucija opisuje jedan oblik variranja nekoga svojstva, kada uočavamo aditivni učinak alela na više lokusa. Distribucija visina F_2 generacije u križanju sorata Eifeel i Baccara ukazuje na veliku varijabilnost između dobivenoga potomstva. Biljke 11, 12, 18 i 22 su se znatno razlikovale od ostalih i pripadale su poluniskim sortama graška (45-65 cm). Ostale biljke F_2 generacije svrstane su u dva razreda, srednje visoke sorte (70-90 cm) te visoke sorte (preko 95 cm) prema kategorizaciji visina (Matotan, 2004.).

Kod kvantitativnih svojstava nema pravilnih odnosa razdvajanja ili cijepanja u F_2 generaciji. No u F_2 se očekuje maksimalna heterozigotnost i najveća varijabilnost nekoga svojstva što je u ovome križanju i uočeno. Najčešće se uočava kontinuirana varijabilnost

koja je veća ukoliko su se organizmi razlikovali u većem broju gena za određeno svojstvo (Borojević, 1971.).



Grafikon 5. Prikaz distribucija visina parentalne, F₁ i F₂ generacija graška.

U Grafikonu 5. prikazana je distribucija visine parentalne, F₁ i F₂ generacije graška. Distribucije visina biljaka parentalne, F₁ i F₂ generacije graška ukazuju na pojavu transgresivnog razdvajanja svojstava visine. Može se zaključiti da postoji mogućnost da je razlog takve distribucije u F₂ generaciji i razlikama između roditeljske generacije da se radi o epistazi odnosno interakciji između alela koji kontroliraju visinu biljke graška. Transgresivno razdvajanje proizlazi iz interalelne interakcije i predstavlja mogućnost za dobivanjem novih svojstava, ili vrijednosti svojstva kao što je visina biljke, koju niti jedan od roditelja nije imao. Borojević (1976.) opisuje transgresivno razdvajanje gena kao izvor nove genetske varijabilnosti koja dovodi do razdvajanja gena. U F₁ generaciji dobiveno je 19 biljaka koje su bile više od najvišeg roditelja, a u F₂ generaciji dobivene su kombinacije koje odstupaju u oba pravca od roditelja i to sedam biljaka koje su bile niže od najnižeg roditelja i 14 biljaka koje su bile više od najvišeg roditelja.

Plan nastavka ovog istraživanja ići će u smjeru određivanja varijabilnosti boje cvijeta i duljine mahune u križanjima dvije roditeljske komponente Eiffel i Baccara.

4. ZAKLJUČAK

Na temelju istraživanja visine biljke graška (*Pisum sativum* L.) križanja između dvije sorte graška Eiffel i Baccara, može se zaključiti kako postoje razlika u visini između parentalne, F₁ i F₂ generacije. Srednja vrijednost visine biljaka F₁ generacije iznosila je 91,5 cm što je za 10,25 cm više od srednje vrijednosti obje roditeljske komponente. Najveći broj biljaka (12) se kretao u rasponu od 85 cm do 90 cm. Rezultati visine u F₁ generaciji ukazuju da je način nasljeđivanja gena, koji utječe na visinu biljke graška, u ovom istraživanju, puna dominacija. No treba svakako uzeti u obzir broj biljaka koji je uključen u mjerenje te uvjete okoline odnosno pokusa. Uočena je velika varijabilnost i široki raspon izmjenjenih visina u F₂ generaciji, koje su se kretale od 55 cm do 105 cm. U ukupno sedam biljaka (23,33% F₂ generacije), zabilježena je visina od 100 do 105 cm, dok su samo četiri biljke bile visoke 80 cm što je približno ista visina kao izračunata srednja vrijednost visine oba roditelja. Distribucije visina parentalne, F₁ i F₂ generacije ukazuju na moguće transgresivno razdvajanje kao način djelovanja gena odgovornih za kontrolu svojstva visine graška. Transgresivno razdvajanje proizlazi iz interalelne interakcije i predstavlja jednu od najznačajnijih mogućnosti za dobivanje novih svojstava koje niti jedan od roditelja nije imao, a može se pojaviti u oba ili samo u jednom smjeru.

5. POPIS LITERATURE

1. Borojević, S. (1992.): Principi i metodi Oplemenjivanja bilja. Naučna knjiga- Beograd; 28-32
2. Borojević, S., Borojević, K. (1971.): Genetika; 188-198
3. Čupić, T., Popović, S., Tucak, M., Stjepanović, M., Grljušić, S. (2003.): Procjena stabilnosti prinosa zrna graška (*Pisum sativum* L.), Osijek
4. Čupić, T., Stjepanović, M., Gantner, R. (2011.): Grašak. Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek; 37-78
5. Čupić, T., Popović, S., Tucak, M., Jukić, G. (2009.): Morfološka raznolikost voluminoznog graška (*Pisum arvense* L.). Poljoprivredni institut Osijek, Osijek
6. Gagro, M. (1997): Žitarice i zrnate mahunarke. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb; 200-206
7. Klug, W.S., Cummings, M.R., Spencer, C.A., Palladino, M.A. (2012.): Concepts of Genetics Tenth edition. Pearson Education, Inc. 43-47
8. Kosev, V. (2014.), Breeding and Genetic Assessment of Some Quantitative Traits in Crosses Forage Pea (*Pisum sativum* L.). Open Journal of Genetics, 4, 22-29.
9. Makasheva, R.K., (1983.): "The Pea", AmerindPublishing Co, Pvt, Ltd, New Delhi; 177-181
10. Matotan, Z. (2004): Suvremena proizvodnja povrća. Nakladni zavod Globus, Zagreb; 304-314
11. Meena, B.L., Das S.P., Kandpal, B.K., Nagchan, S.V. (2017.): Genetic Estimates and Character Association Studies in Field Pea (*Pisum sativum* L.). Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 6 (6); 2375-2388
12. White, J.T.P., Heidemann, K.M., Smith, J.J., (2013.): A New Integrative Approach to Evolution Education, *BioScience*, Vol.63 (7); 586-588
13. <http://www.genetika.biol.pmf.unizg.hr/pogl2.html>