

# Utjecaj magnetskog polja na sjeme krmnog graška (Pisum sativum L.)

---

**Knežević, Dino**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*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:151:413233>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



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 U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dino Knežević

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ MAGNETSKOG POLJA NA SJEME KRMNOG GRAŠKA**

*(Pisum sativum L.)*

**Diplomski rad**

**Osijek, 2021.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dino Knežević

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ MAGNETSKOG POLJA NA SJEME KRMNOG GRAŠKA**

*(Pisum sativum L.)*

**Diplomski rad**

**Osijek, 2021.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dino Knežević

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ MAGNETSKOG POLJA NA SJEME KRMNOG GRAŠKA**

*(Pisum sativum L.)*

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obradu rada:

1. prof.dr.sc. Irena Rapčan, predsjednik
2. prof. dr. sc. Gordana Bukvić, mentor
3. prof. dr. sc. Ranko Gantner, član

**Osijek, 2021.**

## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD.....                                       | 1  |
| 1.1 Porijeklo i rasprostranjenost graška.....      | 2  |
| 1.2 Morfološka svojstva graška.....                | 5  |
| 1.3 Grašak u hranidbi domaćih životinja.....       | 10 |
| 2. PREGLED LITERATURE.....                         | 11 |
| 3. CILJ ISTRAŽIVANJA.....                          | 14 |
| 4. MATERIJAL I METODE.....                         | 15 |
| 5. REZULTATI.....                                  | 17 |
| 5.1. Klijavost sjemena krmnog graška.....          | 17 |
| 5.2. Energija klijanja sjemena krmnog graška.....  | 18 |
| 5.3. Dužina stabljike klijanaca krmnog graška..... | 19 |
| 5.4. Dužina korijena klijanaca krmnog graška.....  | 20 |
| 5.5. Ukupna dužina klijanaca krmnog graška.....    | 21 |
| 5.6. Masa klijanaca krmnog graška.....             | 22 |
| 6. RASPRAVA.....                                   | 23 |
| 7. ZAKLJUČAK.....                                  | 25 |
| 8. POPIS LITERATURE.....                           | 26 |
| 9. SAŽETAK.....                                    | 29 |
| 10. SUMMARY.....                                   | 30 |
| 11. POPIS SLIKA.....                               | 31 |
| 12. POPIS GRAFIKONA.....                           | 32 |

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

## 1. UVOD

U poljoprivrednoj proizvodnji za postizanje visokih prinosa ratarskih kultura kao i njihove kvalitete temeljni preduvjet je korištenje sjemena visoke kvalitete. Takvo sjeme će u optimalnim agroekološkim uvjetima postići maksimalni potencijal rodosti uzgajane ratarske vrste.

Osim genetskih i okolišnih uvjeta tijekom vegetacije (klima, tlo) sjemenskog usjeva, na kvalitetu sjemena utječe veliki broj čimbenika kao što su zrelost u vrijeme žetve, infekcija bolestima kako za vrijeme vegetacije tako i tijekom skladištenja. Također, prilikom žetve i dorade sjemena moguća su njegova mehanička oštećenja.

S obzirom na potrebu čuvanja/skladištenja sjemena duže ili kraće vrijeme, ovisno o vrsti i vremenu sjetve, u nepovoljnim uvjetima skladištenja kvaliteta sjemena može biti značajno narušena. Uvjeti skladištenja, koji podrazumijevaju prvenstveno optimalnu vlagu sjemena koje se skladišti, temperaturu i vlagu zraka razlikuju se između vrsta kultura. No, čuvanjem i u optimalnim uvjetima tijekom dužeg razdoblja sjeme gubi na kvaliteti.

Kao najvažniji pokazatelj kvalitete sjemena je njegova klijavost. Klijavost sjemena određuje tzv. standardnom metodom - International Seed Testing Association (ISTA) koja se provodi u optimalnim uvjetima vlage i temperature s određenim razlikama između vrsta (npr. temperatura, dužina trajanja naklijavanja, podloga za naklijavanje sjemena).

U slučajevima kada je kvaliteta sjemena narušena, jedna od mogućnosti podizanja kako klijavosti, tako i razvoja i rasta biljke je primjena magnetskog polja.

Utjecaj magnetskog polja na biljni svijet je predmet mnogih istraživanja tijekom posljednjih nekoliko desetljeća. Provode se brojni pokusi kojima se nastoji dokazati postoji li razlika u brzini klijanja, morfološkim svojstvima, visini i kvaliteti prinosa, nutritivnim svojstvima i drugim pokazateljima, prilikom slabije ili jače izloženosti sjemena ili biljke magnetskom djelovanju.

## 1.1. Porijeklo i rasprostranjenost krmnog graška

Prema Stjepanović i sur. (2012.) grašak (*Pisum sativum* L.) je postao jedna od najistraživanijih biljnih vrsta zahvaljujući istraživanjima Gregora Mendela (1865.) redovnika iz Brna, koji je u cijelome svijetu priznat kao otac genetike. Ni dan danas nemamo odgovor na pitanje odakle točno potječe grašak. Vavilov (1926.) definira prve centre graška, te ih navodi četiri: Centralnu Aziju, Bliski Istok, Etiopiju i Mediteran. Skupina istraživača, koju predvode Blixt (1974.) i Smartt (1990.) smatra da se grašak počeo širiti iz primarnog gen centra Mediterana, dok su Etiopija i Bliski Istok sekundarni centri širenja. Druga skupina istraživača, koju u zadnje vrijeme podupiru istraživanja Makasheve (1973.) smatraju da je centar porijekla sjeverna Indija, Burma i sjeverni Tajland. Razlog za navedene zaključke temelje na velikoj rasprostranjenosti i brojnosti divljih podvrsta graška, koje su koncentrirane oko područja Sjeverozapadne Indije i Pakistana, te na osnovi arheoloških nalaza okamine zrna divljih tipova graška. Najstariji poznati nalaz graška datira iz 9750 godina prije Krista (Pokharia, 2008.) na granici Burme i Tajlanda u mjestu Tokwa.

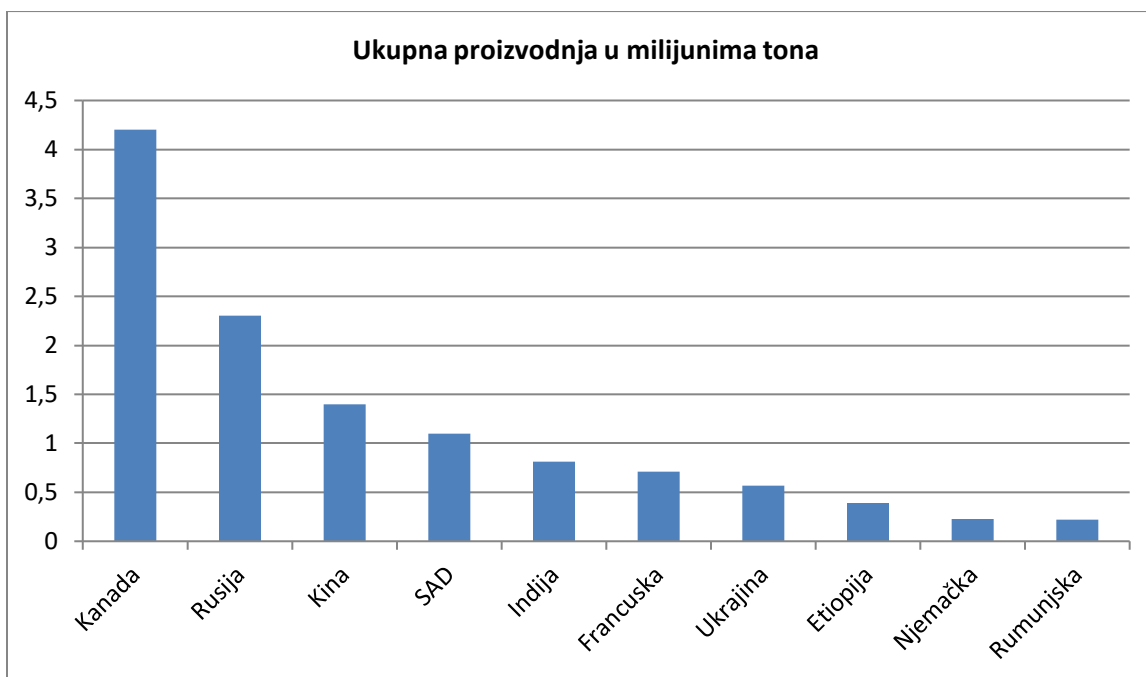


Slika 1. Polje graška dva tjedna pred žetvu (Izvor: <https://www.topcropmanager.com/optimizing-field-pea-yield-and-protein/>)

Zahvaljujući osvajačkim pohodima i trgovinskoj povezanosti grašak se širio diljem svijeta. Od tada do danas su se razvile mnoge nove sorte i varijeteti koji se nazivaju kineski grašak, grašak mahunar ili stočni grašak. Malo je poznato da je grašak već 1920. godine, dakle prije više od sto godina bio prva zamrznuta povrtlarska kultura, što ga čini jednim od prvih povrća koje se prodavalo u takvom obliku konzervacije.

Danas se grašak, bilo kao povrtlarski ili ratarski usjev sije u cijeloj umjerenoj i dijelu tropske zone, tj. od 24° južne geografske širine do 67° sjeverne. Rasprostranjenost graška po svijetu omogućila je sve veću proizvodnju i veću zastupljenost u strukturi sjetve. Krajem 20. stoljeća sve se više proizvodi grašak za potrebe stočarstva, u obliku suhog zrna i krme od cijele biljke (Stjepanović i sur., 2012.)

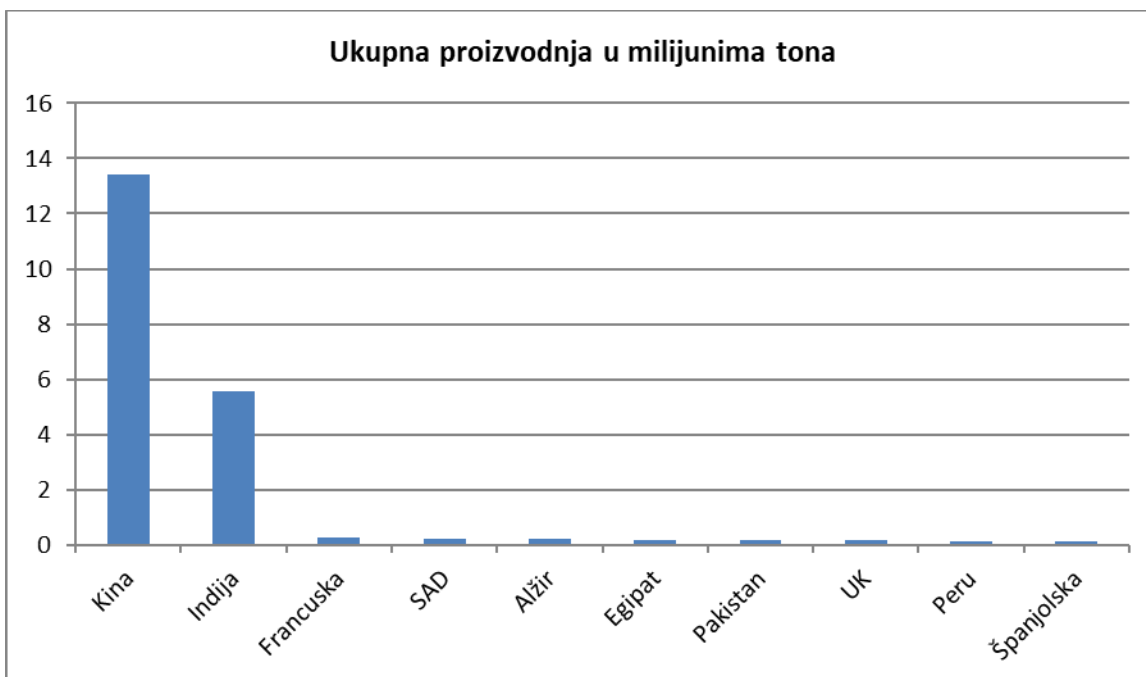
Prema podacima Svjetske organizacije za hranu i poljoprivredu (FAO), godišnja proizvodnja suhog i zelenog graška u svijetu se kreće na oko 9,9 mil hektara posijanih u 2019. godini.



Grafikon 1. Najveći proizvođači suhog zrna graška u 2019. godini (FAOSTAT)



Referirajući se na informacije iz Grafikona 1. zaključujemo kako je najveći proizvođač suhog zrna graška u 2019. godini Kanada s oko 4,2 milijuna tona. Slijedi Rusija s nešto više od 2,2 milijunatona, te Kina sa skoro 1,5 milijuna tona. Među deset najvećih svjetskih proizvođača se nalaze i 3 države članice Europske unije: Francuska s najvećom proizvodnjom (0,71 mil t), te Njemačka i Rumunjska koje imaju približnu proizvodnju koja iznosi oko 200 tisuća tona suhog zrna graška u 2019. godini.



Grafikon 2. Najveći proizvođači zelenog zrna graška u 2019. godini (FAOSTAT)

Iz podataka vidljivih u Grafikonu 2. primjećuje se kako daleko najveću proizvodnju zelenog zrna graška ostvaruju dvije azijske zemlje, Kina i Indija. To je uvelike povezano s njihovom ogromnom populacijom stanovništva koja je prema podacima iz 2019. godine 1,398 milijardi za Kinu i 1,366 milijarde za Indiju.

## 1.2. Morfološka svojstva graška

### Korijen

Korijen graška razvija se iz klicinog korjenčića, koji u daljnjem razvoju postaje primarni korijen. Iz primarnog korijena graška koji prodire u tlo do 120 cm dubine razvija se lateralno korijenje prvoga i drugoga reda. Lateralno korijenje raspoređeno je pravilno uzduž primarnoga korijena, a njihova gustoća i raspored varira, ovisno o svojstvima tla i sorti. Rast korijena u dubinu te njegova rasprostranjenost ovisi najviše o dostupnoj vodi u tlu, sastavu tla, raspoloživim hranivima u tlu, ali i o genima koji kontroliraju morfogenezu korijena. U fazi cvjetanja se postiže maksimalna veličina korijena. Korijen ima veliku sposobnost usvajanja teško pristupačnih hraniva iz tla, osobito fosfora i kalija, tako da se grašak može koristiti i za zelenu gnojidbu. Simbioza između bakterija *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* te korijena graška gospodarski je najvažniji biološki mehanizam za usvajanje dušika u biljku. Kvržične bakterije preko korjenovih dlačica ulaze u korijen i formiraju bakteriodno tkivo – kvržice, koje se razlikuje od normalnog biljnog tkiva, u kojima simbiot pretvara atmosferski dušik u amonijak te ga potom transportira u biljku domaćina.



Slika 2. Razvoj sjemena graška u mladu biljku

(Izvor: <https://agro-planet.net/grasak/>)



Slika 3. Kvržične bakterije na korijenu graška

(Izvor: [www.pinova.hr/hr\\_HR/baza-znanja/povrcarstvo/grasak/morfoloska-svojstva-graska](http://www.pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/povrcarstvo/grasak/morfoloska-svojstva-graska))

### **Stabljika**

Stabljika graška je četvrtasta i šuplja, svijetlozelene boje, bez dlačica, s postranim granama ili bez njih. Dužina stabljike je različita pa postoje patuljaste forme (30 cm) i visoke (>2 m). Prema visini stabljike dijelimo na:

- a) niske, od 25 do 40 cm
- b) poluniske, 45 do 65 cm
- c) srednje visoke, 70 do 90 cm
- d) visoke, preko 95 cm



Slika 4. Jari krmni grašak

(Izvor: [www.poljinoh.hr/proizvodi-usluge/krmno-bilje/grasak/jari-grasak-gold-i38/](http://www.poljinoh.hr/proizvodi-usluge/krmno-bilje/grasak/jari-grasak-gold-i38/))

### **List**

Listovi graška su parno perasti, s jednim do tri para ovalnih ili jajolikih liski i viticom na kraju koje se granaju. Glavna lisna drška je dužine od 8 do 12 cm. Na bazi peteljke svakoga lista smještena su dva palistića koji obuhvaćaju stabljiku i obično su jednaki ili veći od liski. Boja lista ovisi o genotipu i varira od žutozelene do plavozelene u svim nijansama, a na površini mogu biti nepravilne sivkaste šare. Rubovi liski mogu biti ravni, blago valoviti, zupčasti, nazubljeni, duboko urezani, što ovisi o odlikama pojedine sorte.

### **Cvijet**

Cvijet graška leptirastog je oblika, nalazi se na dugoj stapci i najčešće je bijele boje, ali može biti crvene, ljubičaste ili ružičasto-bijele boje. Cvijet je dvospolan te slične građe kao i kod drugih mahunarki. Iz jednog koljenca izbija jedan do dva, rjeđe više cvjetova. Biljka je samooplodna i u prirodi je malo slučajeva spontanoga križanja, što je rezultat slabe posjećenosti insekata, kao i ranog pucanjaantera, koje je 24 sata prije otvaranja cvijeta. Oprašivanje započinje od 24 do 36

sati prije otvaranja cvijeta. Od oprašivanja do procesa oplodnje, ovisno o uvjetima (temperatura, vlažnost zraka), prođe od 4 do 12 sati. Cvjetanje traje od 10 do 20 dana, što je uvjetovano genotipom i vremenskim prilikama, posebice sušom koja može prekinuti fazu cvjetanja.



Slika 5. Cvijet krmnog graška

(Izvor: [www.poljinost.hr/proizvodi-usluge/krmno-bilje/grasak/jari-grasak-gold-i38/](http://www.poljinost.hr/proizvodi-usluge/krmno-bilje/grasak/jari-grasak-gold-i38/))

## **Plod**

Plod graška je mahuna koja može biti zelene, svijetlo zelene ili tamno zelene boje kod vrtnoga graška, do žute boje kod graška zrnaša za proizvodnju suhoga zrna. Dužina mahune može biti od 5 do 15 cm, s promjerom 1 do 2 cm, ravna ili povijena oblika, sa šiljastim ili tupim završetkom. Mahuna ima od 3 do 10 sjemenki. Prema veličini, mahune dijelimo na: malene (dužina 4,5 do 6 cm, širina 1,0 do 1,4 cm) i velike (dužina 6 do 8 cm, širina 1,2 do 2 cm) i vrlo velike (10 do 15 cm).

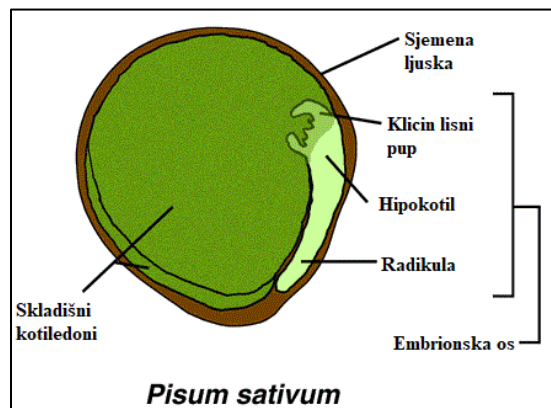


Slika 6. Dozrela mahuna sa zrnima

(Izvor: [www.agroklub.com/poljoprivredni-oglasnik/oglas/lessna-rwa-jari-stocni-grasak/40656/](http://www.agroklub.com/poljoprivredni-oglasnik/oglas/lessna-rwa-jari-stocni-grasak/40656/))

## Sjeme

Zrelo je zrno veliko i okruglasto, s tankom sjemenom ljuskom koja obavija embrio koji se sastoji od dva kotiledona, dobro razvijenog hipokotila i epikotila s pravim listovima. Zrno jako varira u boji, veličini, obliku, naboranosti te karakteru rezervnih hraniva u kotiledonima, a do danas je otkriveno preko 50 gena koji utječu na njih. Zrno može biti bijelo, svijetlozeleno ili tamnozeleno, bordo, smeđe te pigmentirano, što je uvjetovano bojom sjemenne ljuske i kotiledona. Zrno graška nakon 3 do 15 godina gubi klijavost, a divlje forme klijave su i duže vremena. (Stjepanović i sur. 2012.)



Slika 7. Poprečni presjek sjemena graška (Izvor: [www.seedbiology.de/structure.asp](http://www.seedbiology.de/structure.asp))

### 1.3. Grašak u hranidbi domaćih životinja

U hranidbi domaćih životinja grašak se koristi u obliku zelene mase, konzerviran (sjenaža i silaža), za proizvodnju sijena, industrijsku preradu (dehidraciju) i kao suho zrno. Za proizvodnju voluminozne krme najčešće se sije stočni grašak (*Pisum sativum var. arvense*) ozimoga ili jaroga tipa, u čistoj kulturi ili u smjesi sa žitaricama. Vegetativna masa zelenoga graška nakon žetve (berbe) mahuna koristi se također u hranidbi domaćih životinja, kao svježa masa ili osušena kao sijeno ili se konzervira. Nakon žetve suhoga zrna graška slama graška može se koristiti u hranidbi domaćih životinja, naročito ovaca. Ozimi grašak se najčešće koristi za proizvodnju sjenaže, a znatno manje se koristi za zelenu krmu, sijeno i zrno. Termin košnje za sjenažu je do sredine svibnja, nakon čega se površina zasijava kukuruzom ili nekom drugom jarom kulturom. Ozimi se krmni grašak ne sije sam, nego najčešće u smjesi s nekom žitaricom. Sadržaj bjelančevina ovisi o udjelu žitarice u smjesi te se u suhoj tvari sjenaže (graška i pšenice) kreće od 13-16 %. Grašak bez prisustva žitarice, ovisno o vremenu košnje sadrži u suhoj tvari od 16-22 % bjelančevina, dosta šećera i neophodne količine kalcija i karotena. S kasnijom košnjom graška smanjuje se udio bjelančevina u suhoj tvari. Svi oblici krme imaju vrlo visok sadržaj gotovo svih nezamjenjivih aminokiselina. Slama graška također ima krmnu vrijednost, jer u 100 kg sadrži oko 13,8 ŠJ, do 9,0 kg bjelančevina, 1,6 kg masti te 35,5 kg sirovih vlakana. Od mineralnih tvari najviše sadrži kalcija. (Stjepanović i sur., 2012.)



Slika 8. Polje ozimog graška (Izvor: [www.sjemenar.hr/stocni-grasak/](http://www.sjemenar.hr/stocni-grasak/))

## 2. PREGLED LITERATURE

Radhakrishnan (2019.) navodi kako suglobalne klimatske promjene i sve veći broj stanovnika odgovorni za pad produktivnosti usjeva. Kemijska gnojiva, pesticidi i prikladni genetski izvori obično se koriste za poboljšanje prinosa usjeva. Utvrđeno je da je tretman magnetskim poljem za biljke učinkovito i novo sredstvo za kontrolu bolesti i povećanje tolerancije na štetan okoliš.

Racuciu i sur. (2008.) su godine napravili istraživanje kojim su ispitivali utjecaj djelovanja magnetskog polja na rane faze razvoja biljke kukuruza. Prijašnja istraživanja drugih znanstvenika dovela su do zaključka da kratkotrajno izlaganje sjemena magnetskom polju dovodi do ubrzanog nicanja i rasta sadnica. Isto tako, tretirane biljke razvijaju dublje korijenje i imaju snažniji rast u usporedbi s biljkama razvijenih iz netretiranog sjemena. Zaključak eksperimenta je da bi uzgoj biljaka pod slabim magnetskim djelovanjem moglo poboljšati kvalitetu usjeva, uočen je značajan rast svježje mase tkiva, veći omjer klorofila (4,24% veća vrijednost u odnosu na netretirane uzorke), povećanje dužine biljke i prosječna razina nukleinskih kiselina.

Prema Nambi i sur. (1994.) koji su proučavali učinak izmjeničnih magnetskih polja na klijavost i rast biljaka, magnetska polja utječu na rast i klijavost biljaka, te zaključuju da je frekvencija polja važniji čimbenik klijavosti od polariteta. Maksimalne klijavosti, koje su bile 20% veće od kontrolnih stopa, dobivene su na oko 10 Hz.

Fu (2012.) temeljem istraživanja dolazi do zaključka kako magnetizam ima značajan pozitivan učinak na biljke, odnosno sjeme pod utjecajem magnetskog polja ima veću klijavost, a biljke su rasle više, veće i zdravije od onih u kontrolnoj skupini. Nisu primjećeni negativni učinci na biljke, no međutim uklanjanje magnetskog polja oslabilo je stabljiku biljke, što sugerira ulogu magnetizma u opskrbi biljaka hranivom i vodom.

Katsenios i sur. (2013.) su nakon predstjetvenog tretiranja sjemena pamuka došli do sljedećeg zaključka: u svim mjerenjima (brzina transpiracije, brzina fotosinteze, provodljivost stomata, rast korijena, rast izdanaka i postotak N, P, K, Ca i Mg), biljke dobivene iz tretiranog sjemena



pokazale su se boljim od kontrolnih biljaka sa statistički značajnim razlikama od 5% razineznačajnosti.

Radhakrishnan i sur. su (2012.) godine u pokusu izložili sjeme soje pulsirajućem magnetskom polju te je istraživana uključenost djelovanja magnetskog polja u razvoj i prinos soje. Broj lišća, mahuna, sjemenki i duljina mahuna te težina sjemena bili su izuzetno veći kod biljaka razvijenih iz sjemena tretiranog pulsirajućim magnetskim poljem u odnosu na netretiranu kontrolnu skupinu. Rezultati sugeriraju da predobrada pulsirajućim magnetskim poljem igra važnu ulogu u poboljšanju produktivnosti usjeva soje kroz pojačavanje aktivnosti proteina, akumulacije minerala i enzima, što dovodi do povećanja rasta i prinosa.

Da Silva i sur. (2016.) navode kako je do sada dokazano da magnetska polja utječu na klijavost te rast i razvoj sadnica u širem spektru biljaka, uključujući poljske, krmne i industrijske usjeve. Prednost tretiranja magnetskim poljem je u tome što ono uzrokuje nerezidualan i netoksičan podražaj.

U pokusu Esitkena i Turana (2004.) godine došlo se do sljedećih rezultata: prinos ploda i broj plodova po biljci jagode, te prosječna masa ploda bile su veće pri niskoj jačini magnetskog polja u odnosu na kontrolu i visoku jačinu magnetskog polja. Povećanje snage magnetskog polja s kontrole na 0,096 T povećalo je prinos ploda po biljci (208,50g u odnosu na 246,07g) i broj plodova po biljci (25,9, odnosno 27,6), ali veće snage magnetskog polja od 0,096 T smanjile su prinos i broj plodova. Sve snage magnetskog polja povećale su prosječnu masu ploda u usporedbi s kontrolom, iako je najveća masa (8,92g) dobivena pri jačini od 0,096 T. Povećanjem jačine magnetskog polja s kontrole na 0,384 T povećani su sadržaji N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Na i Zn, ali smanjeni sadržaji P i S.

Carbonell i sur. (2011.) izlažu sjeme graška djelovanju stacionarnog magnetskog polja. Biljke iz sjemena koje je tretirano magnetskim poljem bile su duže i teže od odgovarajućih kontrola u svako vrijeme ocjenjivanja. Najveći porast dogodio se kada je sjeme kontinuirano bilo izloženo magnetskom polju. Zaključno, podaci sugeriraju da stacionarna magnetska polja sa 125 i 250 mT djeluju stimulatивно na prve faze rasta biljaka graška.

Jamil i sur. (2012.) zaključuju kako izlaganje sjemena graška magnetskim poljima značajno poboljšava stopu klijavosti. Rezultati su pokazali da je stopa klijavosti bila ujednačenija u

kraćem razdoblju pod utjecajem magnetnog polja u usporedbi s kontrolom. Od raznih kombinacija jakosti polja i vremena izlaganja, 60 mT i 180 mT za razdoblje od 5 minuta tretmana su dali najbolje rezultate.

Dayal, (1986.) istražuje kako različita izloženost magnetskom polju utječe na broj primarnih grana rajčice. Kod tretiranih biljaka povećao se broj primarnih grana. Tretirane biljke u prosjeku su dale 1,76 grana više po biljci u ranim fazama i 1,48 više grana po biljci u kasnijim fazama u usporedbi s kontrolom. Povećanje broja primarnih grana može biti dobar indeks za povećanje prinosa plodova.

Selim i sur. (2011.) ispitivali su učinke magnetskih tretmana (normalno sjeme navodnjavano vodom iz slavine, magnetizirano sjeme navodnjavano vodom iz slavine, normalno sjeme navodnjavano magnetiziranom vodom i magnetizirano sjeme navodnjavano magnetiziranom vodom) na rast, odnose vode, fotosintetske pigmente, prolin i učinkovitost korištenja vode, kao i anatomske značajke biljaka rajčice uzgojenih u tri razine nedostatka vode (80%, 60% i 40% poljskog vodnog kapaciteta) uz kontrolnih 100% poljskog vodnog kapaciteta tla. Nedostatak vode pri 60 i 40% PVK značajno je umanjio sav rast, većinu fizioloških i anatomske karakteristike. Sjeme rajčice navodnjavano magnetiziranom vodom i magnetizirano sjeme navodnjavano postupcima magnetizirane vode bili su najbolji tretmani za prevladavanje loših učinaka nedostatka vode na svojstva rasta biljaka rajčice, odnos vode, koncentraciju prolina i fotosintetske pigmente, kao i anatomske građu nekih organa biljke rajčice. Pozitivni učinci bili su izraženiji na razini 60% i 40% poljskih kapaciteta. Ova studija sugerira da učinci magnetskih tretmana djeluju kao zaštitni čimbenici protiv deficita vode.

Sarraf i sur. (2020.) zaključuju kako je agronomska primjena magnetskog polja na biljkama pokazala potencijalnu promjenu konvencionalnih sustava biljne proizvodnje. Također navode kako bi poboljšano razumijevanje interakcija između magnetskog polja i biljnih reakcija moglo revolucionirati proizvodnju usjeva povećanjem otpornosti na bolesti i stresne uvjete, kao i na superiornost upotrebe hranjivih sastojaka i vode.

Starenje sjemena jedan je od glavnih uzroka smanjenog vigora te slabijeg poljskog nicanja, što dolazi do izražaja u nepovoljnim uvjetima. (Andrić, i sur., 2004.)

Rapčan i sur. (2006.) su prilikom istraživanja utjecaja agroekoloških uvjeta i starosti sjemena na prinos i kakvoću zrna krmnog graška došli do zaključka kako su sjetvom sjemena starog 9 mjeseci dobivene statistički značajno veće vrijednosti za poljsko nicanje, produkciju vegetativne mase, količinu suhe tvari nadzemne vegetativne mase i prinos zrna, te na razini  $P=0,01$  za prinos sirovih bjelančevina u odnosu na sjeme staro 21 mjesec.

Bukvić i sur. (2009.) provode istraživanje kojemu je bio cilj ispitati utjecaj različitih pH vrijednosti vodene otopine i starosti sjemena na energiju klijanja, klijavost, dužinu korijena, hipokotila i ukupnu dužinu klijanaca kultivara crvene djeteline. S obzirom na pH vrijednost, prosječne vrijednosti dužine klijanca i hipokotila bile su najveće na pH 4, dužina korijena na pH 5, klijavost na pH 4 i 5, te energija klijanja na pH 4, 5 i 7. Energija klijanja te klijavost sjemena i dužina korijena klijanca bile su veće kod sjemena staroga 3 godine, adužina hipokotila klijanca, i ukupna dužina klijanca kod sjemena staroga 5 godina. Autori naglašavaju kako bi se pri sjetvi crvene djeteline na tlima različite pH vrijednosti, pored izbora kultivara, trebalo obratiti pažnju i na starost sjemena.

### **3. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Cilj istraživanja bio je ispitati utjecaj magnetskog polja, sjevernog i južnog pola, neodimijskog magneta na sljedeća svojstva sjemena i klijanacakrmnog graška različite starosti:

- klijavost sjemena,
- energija klijanja sjemena,
- dužina korijena klijanaca,
- dužina stabljike klijanaca,
- ukupna dužinu klijanaca,
- masa klijanaca.

#### 4. MATERIJAL I METODE

Istraživanje je provedeno sa sjemenom krmnog graška (*Pisum sativum* L.) različite starosti, istoga kultivara: Krmni grašak (*Pisum sativum* L.) – kultivar B era iz 2020. godine i kultivar Bera iz 2019. godine.



**OS BERA**  
*Jari stočni grašak za krmu*

NOVO!

Nova proljetna sorta, prvenstveno namijenjena za proizvodnju krme. Brzo je rasta, kosi se tijekom svibnja te može biti dobra predkultura silažnom kukuruzu ranije grupe zriobe. U ishrani stoke moguće je koristiti i zrno. Lisnati je tip visine između 110 i 130 cm, s gusto zbijenim nodjima u donjem dijelu stabljike, što povećava tolerantnost na polijeganje. Na stabljici se nalaze velike liske koje obavijaju stabljiku i čvrsto su vezane za stabljiku te se ne otrešaju u košnji i drugim agrotehničkim zahvatima. Cvjetovi su roza boje i ima po dva cvijeta na svakom nodju. Sije se samostalno ili u kombinaciji s jarim ječmom ili jarom zob, pa čak i ljučjem. Pravodobnom košnjom osigurava oko 35 t/ha zelene mase sa 22 do 25% ST te proteina preko 17%.

| OSNOVNA SVOJSTVA    |  |
|---------------------|--|
| NAMJENA             | za proizvodnju zelene mase: sjena, sjenaze |
| DUŽINA VEGETACIJE   | srednje kasni                              |
| VRIJEME SJETVE      | početak ožujka                             |
| PROSJEČNI PRINOS    | 35-40 t/ha zelene mase                     |
| APSOLUTNA MASA      | 125 - 130 g                                |
| PREPORUČENA GUSTOĆA | > 1,5 milijuna biljaka/ha                  |

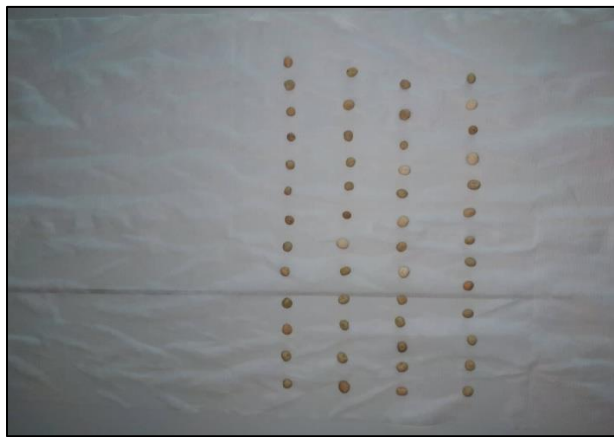
POLJOPRIVREDNI INSTITUT OSJEK 153 **140**

Slika 9. Katalog Poljoprivrednog instituta Osijek

(Izvor: <https://cdn.poljinos.hr/upload/documents/POLJINOS%20Katalog%202019.pdf>)

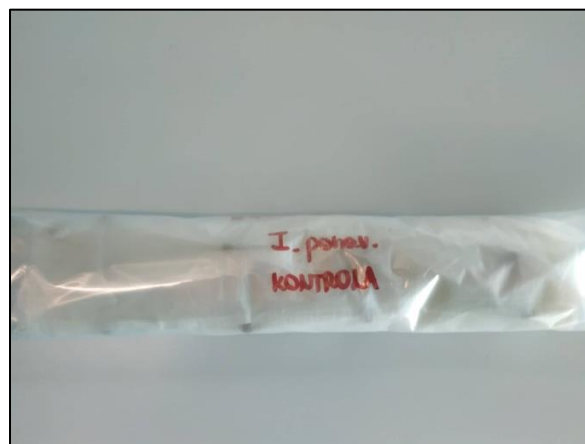
Istraživanje utjecaja sjevernog i južnog magnetskog polja, neodimijskog magneta, gustoće magnetskog toka 0,24 T (tesli) na sjeme krmnog graška provedeno je u klima komori na temperaturi 20°C. Svojstva klijavosti i energija klijanja sjemena, dužina korijena i stabljike klijanaca te masa klijanaca utvrđena su standardnom metodom navlaženog rolanog filter papira (Slika 11.) kako je propisano pravilima ISTA. Ukupna dužina klijanaca dobivena je zbrajanjem dužine korijena i stabljike klijanaca.

Na navlaženi filter papir zasijano je sjeme krmnog graška kultivara Bera (iz 2019. i 2020. godine), prethodno izloženo magnetskom polju sjevernog i južnog pola magneta, tijekom 24 sata, kao i netretirano sjeme istoga kultivara obje starosne godine. Od svakog kultivara i tretmana zasijano je 50 sjemenki u 4 ponavljanja. Rolani filter papir sa zasijanim sjemenkama stavljen je u PVC vrećice (Slika 12.), a zatim u klima komoru. Klijavost je određena brojanjem prokljalog sjemena te izražena u postotku u odnosu na broj zasijanog sjemena. Mjerene su vrijednosti dužine korijena i stabljike klijanaca. Statistička obrada podataka provedena je pomoću programa SAS Software-a 9.1.3 (2002-2003). Značajnosti istraživanih svojstava testirani su LSD testom.



Slika 10. Postavljanje sjemena na navlaženi filter papir

(Izvor: originalna fotografija)



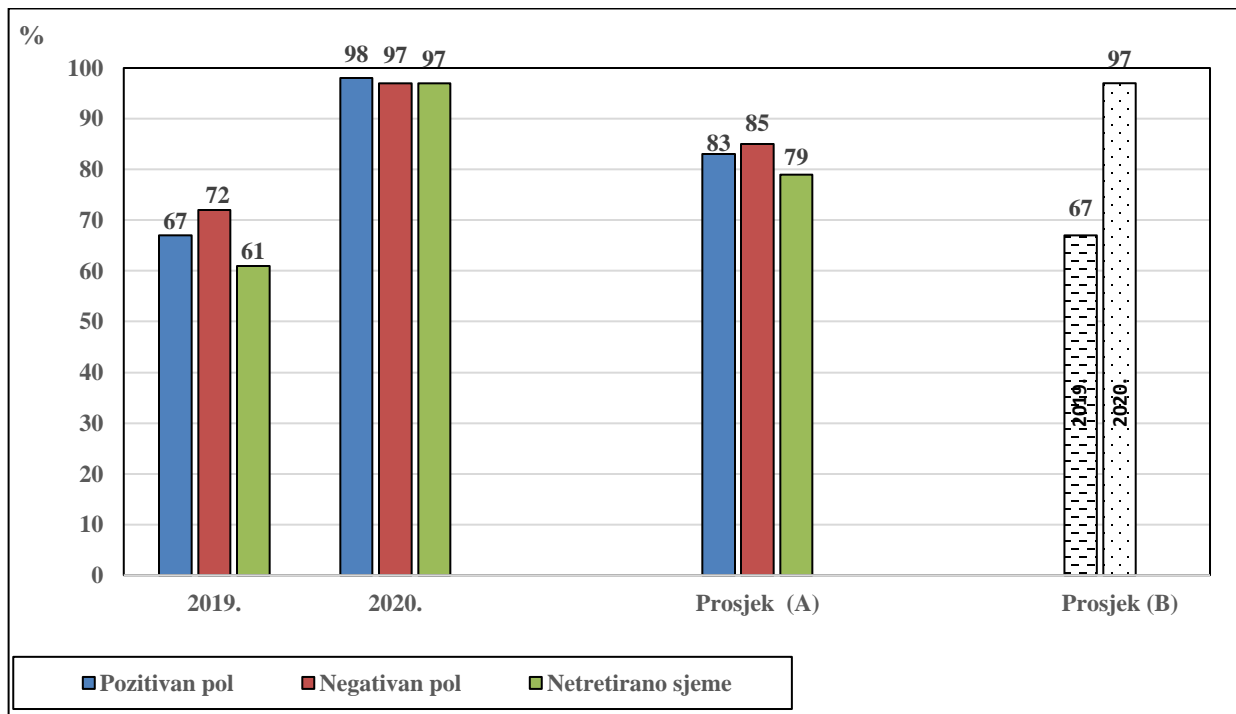
Slika 11. Rolani filter papir sa zasijanim sjemenkama stavljen u PVC vrećice

(Izvor: originalna fotografija)

## 5. REZULTATI

### 5.1. Klijavost sjemena krmnog graška

Polovi magneta nisu imali značajan utjecaj na klijavost sjemena krmnog graška (Grafikon 3.). Dobiven je statistički značajan utjecaj starosti sjemena kao i interakcija magnetskog pola i starosti ( $p < 0,05$ ). Prosječna klijavost za sve tretmane bila je 82%. Sjeme jarog graška iz 2020. godine imalo je u prosjeku 30% veću klijavost od sjemena iz 2019. godine. Razlike u klijavosti sjemena iz 2020. godine nisu bile statistički značajne, ali je magnetsko polje povećalo klijavost sjemena iz 2019. Negativan pol magneta s najvećom vrijednosti za klijavost povećao je istu za 11%, a pozitivan pol za 6%. S obzirom na utjecaj polova i starost sjemena razlike su bile najveće kod netretiranog sjemena 36%, dok su najmanje razlike uočene kod negativnog pola 25%.



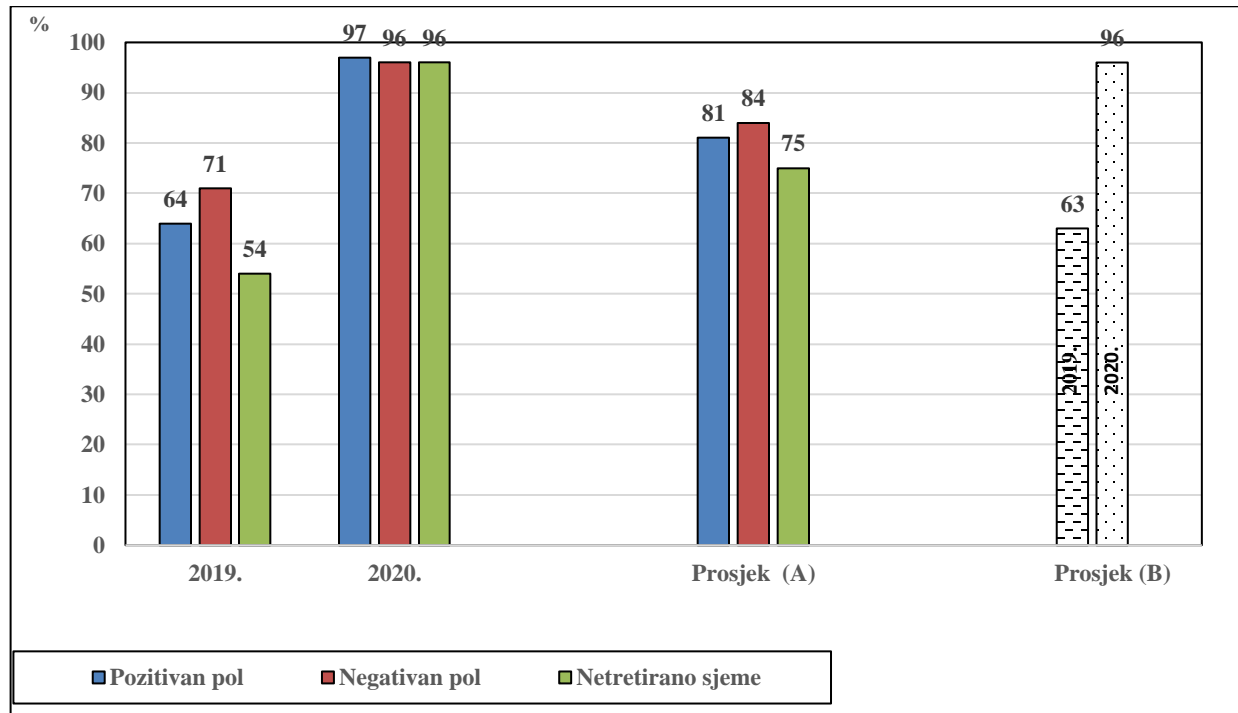
| LSD 0,05 | A    | B    | AB   |
|----------|------|------|------|
|          | n.s. | 4,35 | 6,17 |

\*A – netretirano i sjeme tretirano magnetskim poljem; \*B – starost sjemena

Grafikon 3. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na klijavost (%)

## 5.2. Energija klijanja sjemena krmnog graška

Polovi magneta nisu imali statistički značajan utjecaj na energiju klijavosti (Grafikon 4.). Statistički značajan utjecaj je dobiven kod tretmana B, odnosno starosti sjemena kao i kod interakcije magnetskog pola i starosti ( $p < 0,05$ ). Prosječna energija klijavosti za sve tretmane iznosila je 80%. Sjeme jarog graška iz 2020. godine imalo je u prosjeku 33% veću energiju klijavosti u odnosu na sjeme iz 2019. godine. Razlike u energiji klijavosti sjemena iz 2020. godine nisu bile statistički značajne, ali je magnetsko polje povećalo energiju klijavosti sjemena iz 2019. Negativan pol povećao je energiju klijavosti za isto sjeme 17%, a pozitivan pol za 10%. S obzirom na utjecaj polova i starost sjemena razlike su bile najveće kod netretiranog sjemena 42%, dok su najmanje razlike uočene kod negativnog pola, 25%.



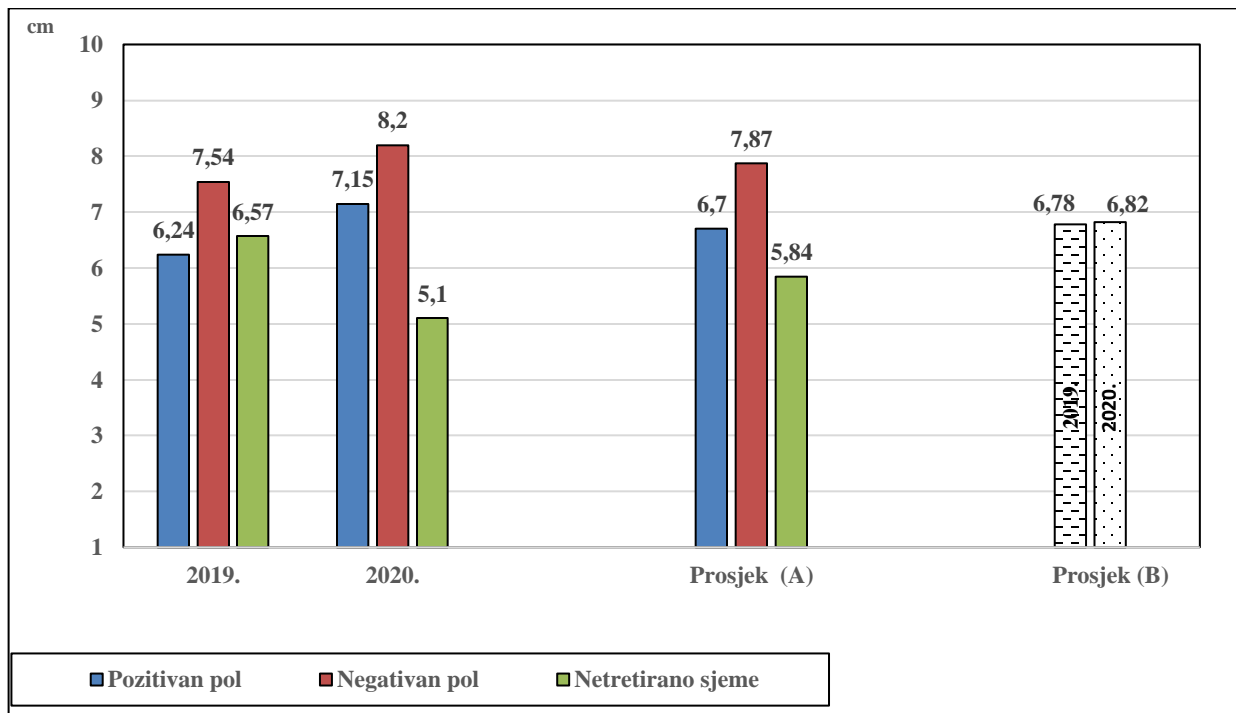
| LSD 0,05 | A    | B    | AB   |
|----------|------|------|------|
|          | n.s. | 4,78 | 4,23 |

\*A – netretirano i sjeme tretirano magnetskim poljem; \*B – starost sjemena

Grafikon 4. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na energiju klijanja (%)

### 5.3. Dužina stabljike klijanaca krmnog graška

Polovi magneta imali su statistički značajan utjecaj na dužinu stabljike klijanaca (Grafikon 5.). Prosječna dužina stabljike za sve tretmane iznosila je 6,80 cm. Sjeme jarog graška iz 2020. godine tretirano negativnim magnetskim djelovanjem imalo je u prosjeku 3,10 cm dužu stabljiku u odnosu na netretirano sjeme. Isto sjeme tretirano pozitivnim magnetskim djelovanjem imalo je u prosjeku 2,05 cm dužu stabljiku klijanca u odnosu na netretirano sjeme. Kod tretmana B, odnosno starosti sjemena nije uočena statistički značajna razlika. Razlika u prosječnim dužinama klijanaca između dva sjemena je iznosila samo 0,04 cm. S obzirom na utjecaj polova i starost sjemena razlike su bile najveće kod netretiranog sjemena, a iznosile su 1,47 cm, dok su najmanje uočene kod negativnog pola 0,66 cm.



| LSD 0,05 | A    | B    | AB   |
|----------|------|------|------|
|          | 0,73 | n.s. | 0,66 |

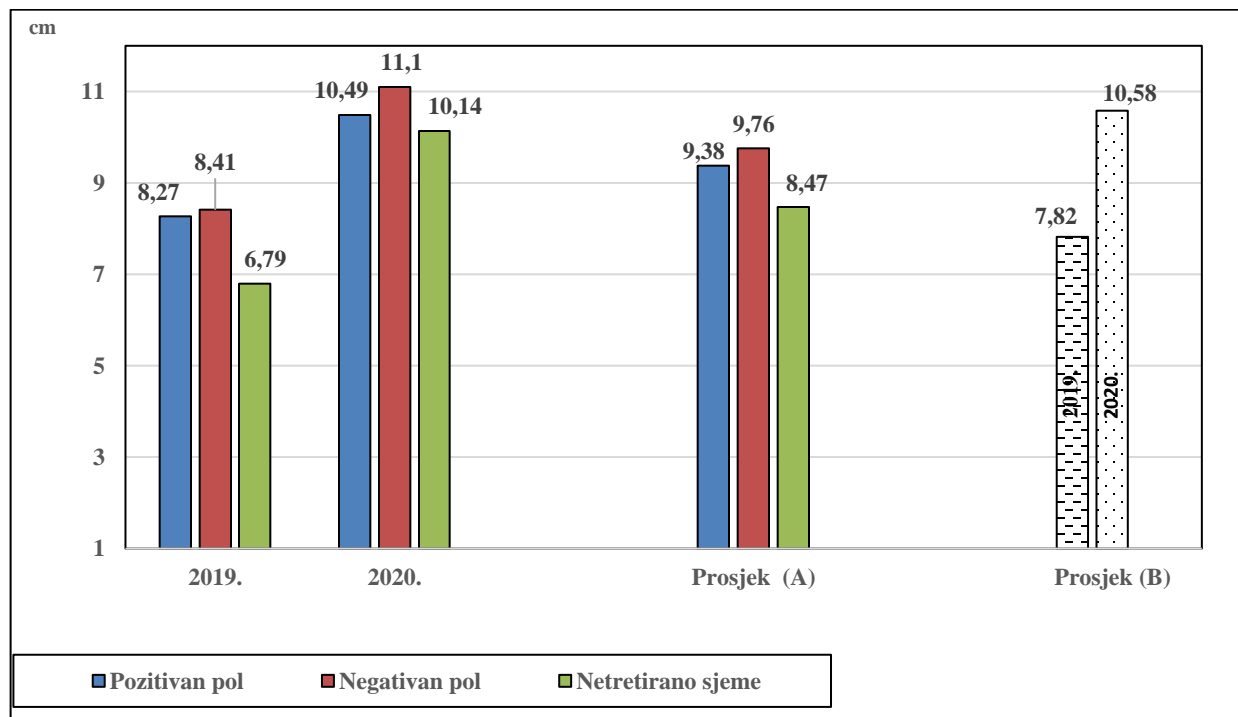
\*A – netretirano i sjeme tretirano magnetskim poljem; \*B – starost sjemena

Grafikon 5. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na dužinu stabljike klijanaca (cm)



#### 5.4. Dužina korijena klijanaca krmnog graška

Polovi magneta nisu imali značajan utjecaj na dužinu korijena klijanaca (Grafikon 6.). Dobiven je statistički značajan utjecaj starosti sjemena kao i interakcija magnetskog pola i starosti ( $p < 0,05$ ). Prosječna dužina korijena klijanaca bila je 9,20 cm. Sjeme jarog graška iz 2020. godine imalo je u prosjeku duži korijen klijanaca za 2,76 cm. Razlike u dužini korijena klijanaca sjemena iz 2020. nisu bile statistički značajne, ali je magnetsko polje povećalo dužinu korijena klijanacima izraslim iz sjemena iz 2019. godine. Negativan pol magneta povećao je dužinu korijena za 1,62 cm u odnosu na netretirano sjeme. S obzirom na utjecaj polova i starost sjemena razlike su bile najveće kod netretiranog sjemena 3,35 cm, a najmanje uočene su kod pozitivnog pola 2,22 cm.



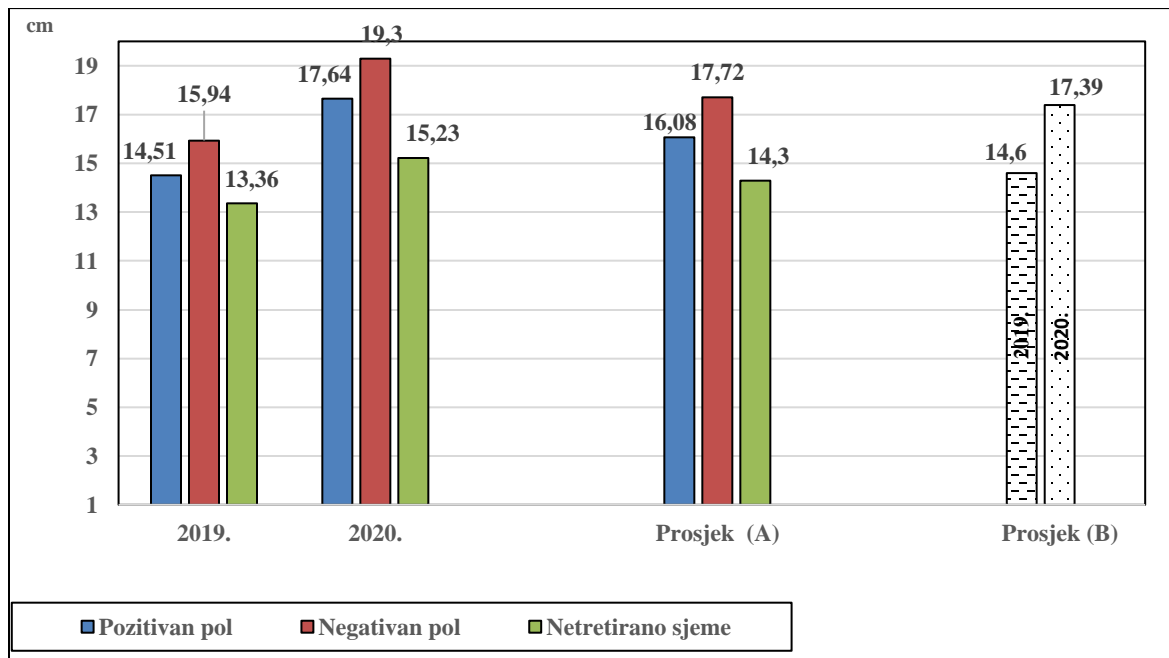
| LSD 0,05 | A    | B    | AB   |
|----------|------|------|------|
|          | n.s. | 0,59 | 0,53 |

\*A – netretirano i sjeme tretirano magnetskim poljem; \*B – starost sjemena

Grafikon 6. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na dužinu korijena klijanaca (cm)

## 5.5. Ukupna dužina klijanaca krmnog graška

Dobiven je značajan statistički utjecaj polova magneta na ukupnu dužinu klijanaca (Grafikon 7.). Prosječna ukupna dužina klijanaca za sve tretmane iznosila je 16,00 cm. Kod sjemena iz 2020. godine tretiranog negativnim polom klijanci su u prosjeku duži 4,07 cm u odnosu na netretirano sjeme. Razlika između dužina klijanaca istog sjemena između pozitivnog pola i netretiranog sjemena je 2,41 cm. Kod sjemena iz 2019. godine su razlike značajno manje. Najveća razlika je između sjemena tretiranog negativnim polom i netretiranog sjemena, a iznosi 2,58 cm. Statistički značajan utjecaj je uočen i kod tretmana B, odnosno starosti sjemena, te kod interakcije AB, to jest utjecaja polova i starosti sjemena. Razlika u prosječnim ukupnim dužinama klijanaca između sjemena iz 2020. te sjemena iz 2019. godine iznosila je 2,79 cm. S obzirom na utjecaj polova i starost sjemena razlike su bile najveće kod sjemena tretiranog negativnim polom, a iznosile su 3,36 cm. Najmanje razlike uočene su kod netretiranog sjemena, odnosno 1,87 cm.



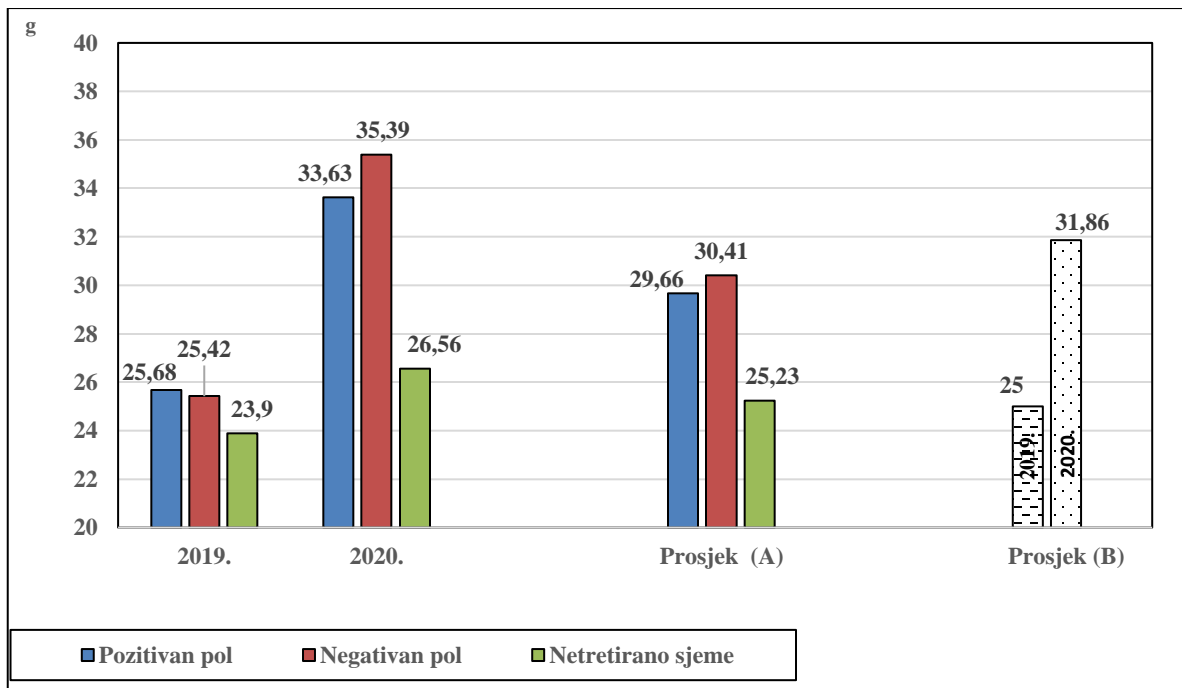
| LSD 0,05 | A    | B    | AB   |
|----------|------|------|------|
|          | 1,67 | 1,30 | 0,77 |

\*A – netretirano i sjeme tretirano magnetskim poljem; \*B – starost sjemena

Grafikon 7. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na ukupnu dužinu klijanaca (cm)

## 5.6. Masa klijanaca krmnog graška

Za masu klijanaca krmnog graška dobivene su statistički značajne razlike za sva tri tretmana, odnosno za polove magneta, starost sjemena te za interakciju ta dva tretmana. Prosječna masa klijanaca za sve tretmane je iznosila 28,43 g. Kod sjemena iz 2020. godine klijaneci izrasli iz sjemena tretiranog negativnim polom su bili u prosjeku 8,83 g teži od klijanaca izraslih iz netretiranog sjemena. Također je statistički značajna razlika i između pozitivnog pola i netretiranog sjemena, te iznosi 7,07 g za sjeme iz navedene godine. Kod sjemena iz 2019. godine razlike nisu toliko značajne, najveća je između pozitivnog pola i netretiranog sjemena, a iznosi 1,78 g. Razlika u prosječnoj masi klijanaca između sjemena iz 2020. i 2019. godine iznosi 6,86 g u korist mlađeg sjemena. S obzirom na utjecaj polova i starost sjemena razlike su bile najveće kod sjemena tretiranog negativnim polom, a iznosile su 9,97 g. Najmanje razlike uočene su kod netretiranog sjemena, 2,66 g.



| LSD 0,05 | A    | B    | AB  |
|----------|------|------|-----|
|          | 4,42 | 2,69 | 2,2 |

\*A – netretirano i sjeme tretirano magnetskim poljem; \*B – starost sjemena

Grafikon 8. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na masu klijanaca (g)

## 6. RASPRAVA

Kvaliteta sjemena ratarskih kultura ovisi o velikom broju čimbenika kako tijekom uzgoja sjemenskog usjeva, tako i pri doradi kao i skladištenju sjemena.

Kako sjeme i u optimalnim uvjetima čuvanja gubi svoju kvalitetu, primjena magnetskog polja odnosno tretiranje sjemena magnetom određene jakosti jedna je od mogućnosti poboljšanja sjemena slabije kvalitete.

Vrijednosti klijavosti sjemena krmnog graška, kao i drugih ratarskih kultura ovise o velikom broju čimbenika. Jedan od njih je i starost sjemena. Dobivene vrijednosti za ispitivana svojstva netretiranog sjemena krmnog graška i klijanaca bile su manje kod sjemena iz 2019. godine u odnosu na 2020. godinu proizvodnje. Dobiveni rezultati u skladu su s istaživanjima Rapčan i sur. (2006.) koji su u poljskim uvjetima dobili manju poljsku klijavost sjetvom sjemena starog 21 mjesec u odnosu na sjeme starije 9 mjeseci.

Dobivene vrijednosti netretiranog sjemena krmnog graška u ovom istraživanju nakon svega godinu dana skladištenja pokazuju smanjene klijavosti s 97% na 61%, dakle čak za 36%. Energija klijanja sjemena smanjila se s 96% na 54%, dakle za 42%.

Bukvić i sur. (2009.) navode rezultate klijavosti sjemena dva kultivara krmnog graška nakon 33 mjeseca skladištenja. U prosjeku za ispitivane 4 razine pH vrijednosti vodene otopine inaklijavanja u laboratorijskim uvjetima, autori su dobili vrijednost klijavosti sjemena za kultivar Timo 72,6% a za Zekon 61,5%. U navedenom istraživanju prosječna energija klijanja iznosila je za Timo 57,4% a za Zekon 51,4%. Uspoređujući dobivene rezultate s rezultatima Bukvić i sur. (2009.) uočljiv je veliki pad klijavosti i energije klijanja koji je u istraživanjima navedenih autora nastupio tek za 33 mjeseca a u provedenom istraživanju već nakon godinu dana.

U provedenom istraživanju dužina stabljike klijanaca „starijeg“ sjemena iznosila je 6,57cm a novijeg sjemena 5,1cm, dok je dužina korijena bila veća kod „novijeg“ sjemena tj. 10,14cm a kod „starijeg“ 6,79cm. Uspoređujući dobivene vrijednosti s vrijednostima Bukvić i sur. (2009.) prosječna dužina stabljike klijanaca kod kultivara Timo iznosila je 5,86cm a kod Zekona 10,18cm, te dužina korijena 5,71cm odnosno 8,17cm.

S obzirom na prethodno uspoređene podatke istraživanja i male razlike u vrijednostima svojstava provedenog istraživanja sa sjemenom skladištenog 12 mjeseci i 33 mjeseca, treba uzeti u obzir da u istim uvjetima istraživanja kultivari mogu imati različite vrijednosti.

Tako su u istraživanju utjecaja različitih temperatura (2, 5, 10 i 20°C) na klijavost 10 kultivara krmnog graška Sincik i sur. (2004.) dobili i različite vrijednosti ispitivanih svojstava.

Iako magnetsko polje nije statistički značajno djelovalo na povećanje klijavosti, energije klijanja sjemena i dužinu korijena klijanaca krmnog graška, za navedena svojstva dobivena je značajna interakcija djelovanja magnetskog polja i starosti sjemena. Naime, razlike u vrijednosti svojstava klijavost i energija klijanja sjemena te dužina korijena klijanaca nisu došle do izražaja kod sjemena iz proizvodne 2020. godine ali su utjecale na navedena svojstva na sjeme iz 2019. godine. Da Silva i sur. (2016.) navode da magnetska polja utječu na klijavost te rast i razvoj sadnica u širem spektru biljaka, uključujući poljske, krmne i industrijske usjeve. Prednost tretiranja magnetskim poljem je u tome što ono uzrokuje nerezidualan i netoksičan podražaj.

Također, Jamil i sur. (2012.) u svojim istraživanjima sa sjemenom graška izloženog djelovanju magnetskog polja dobili su veću i ujednačeniju klijavost u odnosu na kontrolu.

Negativan pol magnetskog polja u odnosu na pozitivan pol u većoj mjeri je djelovao na povećanje klijavosti i energije klijanja sjemena krmnog graška i dužinu korijena klijanaca sjemena iz 2019. godine. Nambi i sur. (1994.) temeljem svojih istraživanja zaključili su da frekvencija magnetskog polja ima veći učinak na klijavost od polariteta.

## 7. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata istraživanja te obrade dobivenih podataka može se zaključiti kako je djelovanje magnetskog polja na sjeme krmnog graška imalo pozitivne efekte, odnosno statistički značajne razlike u odnosu na netretirano sjemenokod ispitivanih svojstava:dužine stabljika klijanaca, ukupnu dužinu klijanaca, te na masu klijanaca.

Za sva mjerenasvojstva, statistički značajnu razliku činio je i tretman starost sjemena, osim za dužinu stabljike klijanaca.Sjeme iz 2020. imalo je veće izmjerene vrijednosti od sjemena iz 2019. godine.

U svim mjerenjima gdje su magnetni polovi činili statistički značajnu razliku, negativan pol je rezultirao većim vrijednostima od pozitivnog, tako da je zaključak kako je predstetveno tretiranje negativnim magnetskim poljem najpovoljnije utjecalo na kljance krmnog graška. Interakcija između magnetskog djelovanja i klijanja sjemena te kasnijeg razvoja klijanaca nije dovoljno istražena i poznata, te nije moguće sa sigurnošću reći zašto u ovom slučaju kljanci trenirani negativnim magnetskim poljem daju bolje rezultate od kontrolnog uzorka netretiranih klijanaca, te od klijanaca odnosno sjemena tretiranih pozitivnim magnetskim poljem.

## 8. POPIS LITERATURE

1. Andrić, L., Čupić, T., Teklić, T., Šimić, B., & Plavšić, H. (2004.). Indeks poljskog nicanja (FEI) soje ovisno o kultivaru, starosti sjemena, tretmanu sjemena i roku sjetve. *Sjemenarstvo*, 21(3-4), 127-133.
2. Bilalis, D. J., Katsenios, N., Efthimiadou, A., Karkanis, A., Khah, E. M., & Mitsis, T. (2013.). Magnetic field pre-sowing treatment as an organic friendly technique to promote plant growth and chemical elements accumulation in early stages of cotton. *Australian Journal of Crop Science*, 7(1), 46-50.
3. Blixt, S. (1974.): The pea in handbook of genetics. Ed.R.C. King, Plenum press, New York, US.
4. Bukvić, G., Grljušić, S., Josipović, A., Greger, Ž., Marijanović, M., & Bilušić, L. (2009.). Klijanje sjemena crvene djeteline (cv. Viola) u zavisnosti o pH vrijednosti vodene otopine i starosti sjemena. *Poljoprivreda*, 15(1), 23-28.
5. Bukvić, G., Grljušić, S., Liška, A., Antunović, M., Kiš, D., & Bukvić, A. (2007.). Klijavost sjemena soje i krmnog graška u zavisnosti od pH vrijednosti vodene otopine. *Sjemenarstvo*, 24(2), 73-84.
6. Carbonell, M. V., Florez, M., Martínez, E., Maqueda, R., & Amaya, J. M. (2011.). Study of stationary magnetic fields on initial growth of pea (*Pisum sativum* L.) seeds. *Seed Science and Technology*, 39(3), 673-679.
7. Da Silva, J. A. T., & Dobránszki, J. (2016). Magnetic fields: how is plant growth and development impacted?. *Protoplasma*, 253(2), 231-248.
8. Dayal, S. A. R. V. E. S. H. W. A. R., & Singh, R. P. (1986.). Effect of seed exposure to magnetic field on the height of tomato plants. *Indian Journal of Agricultural Sciences (India)*.
9. Eşitken, A., & Turan, M. (2004). Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Camarosa). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil&Plant Science*, 54(3), 135-139.
10. Fu, E. (2012.). The effects of magnetic fields on plant growth and health. *Young Scientists Journal*, 5(11), 38.

11. Jamil, Y. A. S. I. R., & Ahmad, M. R. (2012). Effect of pre-sowing magnetic field treatment to gardenpea (*Pisum sativum* L.) seed on germination and seedling growth. *Pak J Bot*, 44, 1851-1856.
12. Makasheva, R. K. (1973.): Gorokh. Kolos, Lenjingrad
13. Namba, K., Sasao, A., & Shibusawa, S. (1994). Effect of magnetic field on germination and plant growth. *Greenhouse Environment Control and Automation* 399, 143-148.
14. Racuciu, M., Creanga, D., & Horga, I. (2008). Plant growth under static magnetic field influence. *Rom. J. Phys*, 53(1-2), 353-359.
15. Radhakrishnan, R. (2019). Magnetic field regulates plant functions, growth and enhances tolerance against environmental stresses. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(5), 1107-1119.
16. Radhakrishnan, R., & Kumari, B. D. R. (2012). Pulsed magnetic field: A contemporary approach offers to enhance plant growth and yield of soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*, 51, 139-144.
17. Rapčan, I., Bukvić, G., Grljušić, S., Teklić, T., & Jurišić, M. (2006). Utjecaj agroekoloških uvjeta i starosti sjemena na prinos i kakvoću zrna stočnog graška (*Pisum sativum* L.). *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 56(4), 331-342.
18. Rapčan, I., Bukvić, G., Grljušić, S., Teklić, T., & Jurišić, M. (2006). Produkcija biomase krmnog graška (*Pisum sativum* L.) u zavisnosti od starosti sjemena i agroekoloških uvjeta uzgoja. *Poljoprivreda*, 12(2), 29-35.
19. Sarraf, M., Kataria, S., Taimourya, H., Santos, L. O., Menegatti, R. D., Jain, M., & Liu, S. (2020). Magnetic field (MF) applications in plants: Anoverview. *Plants*, 9(9), 1139.
20. Selim, A. F. H., & El-Nady, M. F. (2011). Physio-anatomical responses of drought stressed tomato plants to magneticfield. *Acta Astronautica*, 69(7-8), 387-396.
21. Sincik, M. E. H. M. E. T., Bilgili, U. Ğ. U. R., Uzun, A., & Acikgoz, E. (2004). Effect of low temperatures on the germination of different field pea genotypes. *Seed Science andTechnology*, 32(2), 331-339.



22. Smartt, J. (1990.): Grain legumes: Evolution and genetic resources. Cambridge university press, Cambridge, UK, 379 pp.
23. Stjepanović, M., Čupić, T., Gantner, R. (2012.): Grašak. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek.
24. Vavilov, N.I. (1926.): Studies on the origin of cultivated plants. Bull. Appl. Bot. Plantbreed. 16: 139-248

**Korištene internet stranice:**

1. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>

## 9. SAŽETAK

Grašak je jedna od najstarijih i najrasprostranjenijih biljnih kultura na svijetu. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi postoji li statistički značajna razlika u mjerenim svojstvima (klijavost, energija klijavosti, dužina stabljike klijanaca, dužina korijena klijanaca, ukupna dužina klijanaca i masa klijanaca) između klijanacarazvijenih iz netretiranog sjemena, sjemena tretiranog negativnim magnetnim polom i sjemena tretiranog pozitivnim magnetnim polom. Korištena su sjemena kultivara Bera iz 2019. i 2020. godine. Nakon provedenog istraživanja može se zaključiti kako postoje statistički značajne razlike između tretmana. Sjeme kultivara Bera iz 2020. godine dalo je bolje rezultate od sjemena iz 2019. godine. Također, predstetveno tretiranje negativnim magnetskim polom najpovoljnije je utjecalo na ispitivana svojstva sjemena i klijanaca krmnog graška.

**Ključne riječi:** krmni grašak, sjeme, magnetsko polje

## **10. SUMMARY**

Peas are one of the oldest and most widespread plant crops in the world. The aim of this study was to determine whether there is a statistically significant difference in measurable properties (germination, germination energy, seedling stem length, seedling root length, total seedling length and seedling weight) between seedlings developed from untreated seed, seed treated with negative magnetic pole and seed treated with positive magnetic pole. The seeds of the 2019 and 2020 Bera cultivars were used. After conducting research, it can be concluded that there are statistically significant differences between treatments. The seeds of the cultivar Bera from 2020 gave better results than the seeds from 2019. Also, pre-sowing treatment with negative magnetic pole had the most favorable effect on the tested properties of seeds and seedlings of field pea.

**Keywords:** fieldpea, seed, magneticfield

## 11. POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. Polje graška dva tjedna pred žetvu                                  | 2  |
| Slika 2. Razvoj sjemena graška u mladu biljku                                | 5  |
| Slika 3. Kvržične bakterije na korijenu graška                               | 6  |
| Slika 4. Jari krmni grašak   | 7  |
| Slika 5. Cvijet krmnog graška  | 8  |
| Slika 6. Dozrela mahuna sa zrnima  | 9  |
| Slika 7. Poprečni presjek sjemena graška                                     | 9  |
| Slika 8. Polje ozimog graška   | 10 |
| Slika 9. Katalog Poljoprivrednog instituta Osijek                            | 15 |
| Slika 10. Postavljanje sjemena na navlaženi filter papir                     | 16 |
| Slika 11. Rolani filter papir sa zasijanim sjemenkama stavljen u PVC vrećice | 16 |

## 12. POPIS GRAFIKONA

|  |    |
|--|----|
| Grafikon 1. Najveći proizvođači suhog zrna graška u 2019. godini                         | 3  |
| Grafikon 2. Najveći proizvođači zelenog zrna graška u 2019. godini                       | 4  |
| Grafikon 3. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na klijavost (%)                   | 17 |
| Grafikon 4. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na energiju klijanja (%)           | 18 |
| Grafikon 5. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na dužinu stabljike klijanaca (cm) | 19 |
| Grafikon 6. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na dužinu korijena klijanaca (cm)  | 20 |
| Grafikon 7. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na ukupnu dužinu klijanaca (cm)    | 21 |
| Grafikon 8. Utjecaj magnetnog pola i starosti sjemena na masu klijanaca (g)              | 22 |

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet Agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna Proizvodnja

### UTJECAJ MAGNETSKOG POLJA NA SJEME KRMNOG GRAŠKA

(*Pisum sativum* L.)

**Dino Knežević**

#### **Sažetak:**

Grašak je jedna od najstarijih i najrasprostranjenijih biljnih kultura na svijetu. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi postoji li statistički značajna razlika u mjerenim svojstvima (klijavost, energija klijavosti, dužina stabljike klijanaca, dužina korijena klijanaca, ukupna dužina klijanaca i masa klijanaca) između klijanaca razvijenih iz netretiranog sjemena, sjemena tretiranog negativnim magnetnim polom i sjemena tretiranog pozitivnim magnetnim polom. Korištena su sjemena kultivara Bera iz 2019. i 2020. godine. Nakon provedenog istraživanja može se zaključiti kako postoje statistički značajne razlike između tretmana. Sjeme kultivara Bera iz 2020. godine dalo je bolje rezultate od sjemena iz 2019. godine. Također, predstetveno tretiranje negativnim magnetskim polom najpovoljnije je utjecalo na ispitivana svojstva sjemena i klijanaca krmnog graška.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** prof. dr. sc. Gordana Bukvić

**Broj stranica:** 32

**Broj grafikona:** 8

**Broj slika:** 11

**Broj tablica:** 0

**Broj literaturnih navoda:** 25

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** krmni grašak, sjeme, magnetsko polje

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof.dr.sc. Irena Rapčan, predsjednik
2. prof. dr. sc. Gordana Bukvić, mentor
3. prof. dr. sc. Ranko Gantner, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnici fakulteta Agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Graduate thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

University Graduate studies, Plant production, course Plant production

### THE INFLUENCE OF THE MAGNETIC FIELD ON FODDER PEA SEEDS

(*Pisum sativum* L.)

Dino Knežević

#### Abstract:

Peas are one of the oldest and most widespread plant crops in the world. The aim of this study was to determine whether there is a statistically significant difference in measurable properties (germination, germination energy, seedling stem length, seedling root length, total seedling length and seedling weight) between seedlings developed from untreated seed, seed treated with negative magnetic pole and seed treated with positive magnetic pole. The seeds of the 2019 and 2020 Bera cultivars were used. After conducting research, it can be concluded that there are statistically significant differences between treatments. The seeds of the cultivar Bera from 2020 gave better results than the seeds from 2019. Also, pre-sowing treatment with negative magnetic pole had the most favorable effect on the tested properties of seeds and seedlings of field pea.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** Gordana Bukvić, PhD

**Number of pages:** 32

**Number of figures:** 8

**Number of tables:** 0

**Number of charts:** 11

**Number of references:** 25

**Number of appendices:** 0

**Keywords:** fieldpea, seed, magnetic field

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. prof.dr.sc. Irena Rapčan, predsjednik
2. prof. dr. sc. Gordana Bukvić, mentor
3. prof. dr. sc. Ranko Gantner, član

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, J.J. Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1