# Učinak bakterizacije i gnojidbe na morfološka svojstva i prinos niskog graha mahunara

**Senković, Tvrtko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:835887

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-28**



*Repository / Repozitorij:*

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb








SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Tvrtko Senković

# UČINAK BAKTERIZACIJE I GNOJIDBE NA MORFOLOŠKA SVOJSTVA I PRINOS NISKOG GRAHA MAHUNARA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET
Hortikultura - Povrćarstvo

TVRTKO SENKOVIĆ

# UČINAK BAKTERIZACIJE I GNOJIDBE NA MORFOLOŠKA SVOJSTVA I PRINOS NISKOG GRAHA MAHUNARA

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Nina Toth

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad je ocijenjen i obranjen dana _____

s ocjenom _____ pred Povjerenstvom u sastavu:

1. Izv. prof. dr. sc. Nina Toth _____

2. Prof. dr. sc. Mirjana Herak Ćustić _____

3. Prof. dr. sc. Sanja Sikora _____

## SAŽETAK

U Hrvatskoj se ostvaruju niski prinosi graha mahunara, iako postoje povoljni agroekološki uvjeti za uzgoj ove termofilne kulture, kao i interes tržišta. Dugogodišnji negativni trend u proizvodnji graha mahunara ne pokazuje znakove oporavka. Rješenje problema uzgoja graha mahunara ogleda se u primjeni smjernica za integriranu proizvodnju graha te suvremenih spoznaja o gnojidbi i mikrobnoj biotehnologiji od kojih se očekuje ekološki prihvatljiva, održiva, a na kraju i ekonomski opravdana proizvodnja. Istraživanje učinka bakterizacije sa kvržičnim bakterijama i primjene silicijevih poboljšivača tla na vegetativni rast i prinos graha mahunara 'Bergold' provedeno je 2015. godine na području Grada Zagreba u mjestu Goranec. Dvofaktorijalni poljski pokus postavljen je po metodi slučajnog bloknog rasporeda u četiri ponavljanja, a uključivao je: tretmane bez i sa poboljšivačima tla na bazi silicija (EKO-RAST Univerzal i EKO-RAST Vrtko) te tretmane bez i sa kvržičnim bakterijama *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* 3622. Promatrana su morfološka svojstva (broj mahuna po biljci, masa mahune, visina stabljike, broj kvržica po korijenu biljke) te je utvrđen tržni prinos mahuna. Bakterizacija sjemena niskog graha mahunara 'Bergold' kvržičnim bakterijama *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* 3622 nije rezultirala tvorbom očekivanog broja krupnih kvržica na korjenu, primarno uslijed vrlo dobre opskrbljenosti tla dušikom. Iz tog razloga, dušik treba unijeti samo u količini koja zadovoljava potrebe graha mahunara tijekom početnog razdoblja vegetacije, odnosno, do uspostave zadovoljavajućeg intenziteta simbioze. Bolja nodulacija kod tretmana bez predsjetvene bakterizacije ukazuje na vrlo dobru zastupljenost i kakvoću autohtonih sojeva kvržičnih bakterija u tlu lokacije poljskog pokusa, kao i na njihovu dobru kompatibilnost sa istraživanom sortom niskog graha mahunara. Primjena silicijevih poboljšivača tla EKO-RAST Univerzal i EKO-RAST Vrtko nije imala opravdan utjecaj na promatrana morfološka svojstva i prinos graha mahunara. Sve istraživane kombinacije su ostvarile visoki prinos, veći od 10 t/ha.



Ključne riječi: *Phaseolus vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *nanus* f. *sine fibris*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* 3622, broj mahuna po biljci, masa mahune, visina stabljike, broj kvržica

## SUMMARY

In Croatia, the overall production of French beans per hectare is low, despite the favourable environmental conditions for cultivation of this thermophile culture, as well as the market interest. For many years, the negative trend in the production of French beans did not show any sign of recovery. Solution to the problem of growing green beans can be found in the application of guidelines for integrated production of French beans and present knowledge of fertilization and microbial biotechnology from which we look for environmentally friendly, sustainable, and finally, economically viable production. Research of the effect of inoculation with nodule bacteria and fertilization with silicon soil improvers on growth and yield of green beans 'Bergold' was conducted in 2015 in the area City of Zagreb in Goranec. Two-factorial field trial was set in a randomized complete block design with four replications, consisting of: treatment with and without soil improver EKO-RAST Univerzal and EKO-RAST Vrtko along with treatments without and with nodule bacteria *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* 3622. Observed values were following: number of pods per plant, average weight of individual pods, plant height, pod yield and number of nodules.

Inoculation with R. *leguminosarum* bv. *phaseoli* 3622 did not result in the formation of the expected number of large nodules on the roots, primarily due to a very good supply of soil with nitrogen. For this reason, nitrogen should be applied only in quantities as required beans during the initial period of vegetation, ie, to establish a satisfactory intensity symbiosis. Better nodulation of the treatment without bacterization, indicating a very good representation and the quality of autochthonous strains of rhizobia in the soil of field trials, as well as their good compatibility with the studied variety of French beans. The application of silicon soil improvers EKO-RAST Univerzal and EKO-RAST Vrtko did not have a significant influence on the observed morphological traits and yield of French beans. All the researched combination achieved a high pod yield, greater than 10 $t \cdot ha^{-1}$.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *nanus* f. *sine fibris*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, number of pods per plant, pod weight, plant height, number of nodules

## POPIS KRATICA

**B0 -** Tretmani bez primjene kvržičnih bakterija

**B1 -** Tretmani bakterizacije kvržičnim bakterijama soja *Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli* 3622

**K -** Kontrola bez primjene poboljšivača tla na bazi silicija

**V -** Tretman EKO RAST Vrtkom

**U -** Tretman EKO RAST Univerzalom

**B0 × K -** Interakcija bez primjene kvržičnih bakterija i bez poboljšivača tla

**B0 × V -** Interakcija bez primjene kvržičnih bakterija i EKO RAST Vrtka

**B0 × U -** Interakcija bez primjene kvržičnih bakterija i EKO RAST Univerzala

**B1 × K -** Interakcija primjene kvržičnih bakterija soja *Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli* 3622 i bez poboljšivača tla

**B1 × V -** Interakcija primjene kvržičnih bakterija soja *Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli* 3622 i EKO RAST Vrtka

**B1 × U -** Interakcija primjene kvržičnih bakterija soja *Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli* 3622 i EKO RAST Univerzala

# SADRŽAJ

**1. UVOD I CILJ ISTRAŽIVANJA ..... 1**

**2. PREGLED LITERATURE ..... 3**

2.1. Grah mahunar ..... 3
2.1.1. Proizvodnja u svijetu ..... 3
2.1.2. Morfološka i biološka svojstva ..... 4
2.1.3. Tlo, klima i proizvodna područja graha ..... 5
2.1.4. Potreba za hranivima i gnojidba ..... 6
2.1.5. Predsjetvena bakterizacija u uzgoju povrća ..... 6
2.1.6. Primjena silicija ..... 8

**3. MATERIJALI I METODE ..... 9**

3.1. Postavljanje i provedba pokusa ..... 9
3.2. Meteorološki uvjeti tijekom provedbe pokusa ..... 11

**4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA ..... 14**

4.1. Broj dana između fenofaza ..... 14
4.2. Visina stabljike ..... 14
4.3. Kvržice ..... 17
4.4. Broj mahuna ..... 20
4.5. Masa mahune ..... 23
4.6. Prinos ..... 25

**5. ZAKLJUČAK ..... 28**

**6. POPIS LITERATURE ..... 30**

**7. ŽIVOTOPIS ..... 33**

# 1. UVOD I CILJ ISTRAŽIVANJA

Suvremena poljoprivredna proizvodnja suočava se s raznim problemima. Kao jedan od najvećih, nameće se neprestan rast tržišta poljoprivrednih dobara na svjetskoj razini. Kako tržišta rastu, važno je brzo odgovarati na njihove potrebe kako bi proizvođač ostao konkurentan. U tu svrhu je važno vladati poznatim tehnologijama uzgoja, kao i istraživati nove tehnologije koje mogu pomoći u ostvarivanju bolje kvalitete proizvoda.

Grah (*Phaseolus vulgaris* L. ssp. *vulgaris*), kao i većina manje poznatih vrsta graha, svoje porijeklo nalazi u Južnoj Americi. Za ljudsku prehranu najviše se koristi grah zrnaš, zatim grah mahunar, a najmanje, mlado zrno graha. Smatra se jednom od najduže uzgajanih kultura u ljudskoj povijesti kroz koju se koristio kao vrlo važan izvor proteina. U poboljšanom obliku od onih koji se pojavljuju u prirodi, uzgajan je na Tajlandu čak prije 7000 godina p. n. e. (Gorman, 1969).

Danas se uzgaja širom svijeta, a ponajviše u Aziji, zatim Europi, Africi, Sjevernoj i Južnoj Americi, te Oceaniji. Iako je proizvodnja graha mahunara veća u zemljama u razvoju, uglavnom zbog toga što je jeftiniji izvor proteina od mesa, zbog pozitivnog utjecaja na ljudsko zdravlje kao zdrava namirnica nepravedno je zapostavljena u nekim razvijenim zemljama.

U Hrvatskoj se ostvaruju niski ukupni prinosi graha iako postoje povoljni agroekološki uvjeti za uzgoj graha, kao i interes tržišta (Borošić, 1992). Kako bi se osigurale dostatne količine lokalno proizvedenog, kvalitetnog graha mahunara za domaće tržište, potrebno je osigurati stabilniji i veći prinos po jedinici površine. U Hrvatskoj prosječni prinos graha mahunara iznosi 6,457 t/ha, dok u vodećim svjetskim zemljama dostižeoko 40 t/ha (FAO 2016).

Zbog povećane degradacije tla uslijed korištenja mineralnih gnojiva, postoji potreba za njihovom djelomičnom zamjenom organskim izvorima koji su dobri za poboljšanje svojstava i opskrbe tla hranivima tijekom dužeg razdoblja bez negativnih učinaka (Yami i Khanal, 1997). Iz tog razloga postoji potreba da dosadašnja intenzivna poljoprivreda počne primjenjivati smjernice integrirane poljoprivredne proizvodnje kao i nove spoznaje iz područja mikrobne biotehnologije. Kvržične bakterije, kao i mikorizne gljive, su ekološki i ekonomski prihvatljivo riješenje za poboljšanje prinosa i kvalitete tla.

U prirodi, mnoge biljke ostvaruju simbiozu sa mikroorganizmima tla, uključujući arbuskularne mikorizne gljive i bakterije koje fiksiraju dušik, kao što slučaj s bakterijama iz roda *Rhizobium* kod vrsta iz porodice lepirnjača (Fabaceae). Za oba simbionta je poznato da pozitivno utječu na rast biljaka u različitim okolišnim uvjetima. Bakterije *Rhizobium* i arbuskularne mikorizne gljivice često u dvostrukoj simbiozi pojačavaju rast i prinos mnogih vrsta iz porodice lepirnjača (Franzini, 2009).

Uz mikorizu i bakterizaciju, suvremena poljoprivreda uključuje i poboljšane načine gnojidbe. Kako bi proizvodnja povrća bila ekonomski opravdana, važno je racionalnom gnojidbom biljkama osigurati sve potrebne makro i mikroelemente u potrebnoj količini za rast i razvoj.

Silicij, kao vrlo zastupljen element u pijesku, mulju i glini, zbog svoje količine ne smatra se ograničavajućim čimbenikom plodnosti tla. Međutim, mnoga istraživanja su pokazala kako snabdijevanje usjeva prikladnim oblikom silicija može doprinijeti suzbijanju biljnih bolesti, smanjenju napada insekata, poboljšanju otpornosti na stres i povećanju produktivnosti (Heckman, 2013). Poznati su učinci silicija na bilje kao što su otpornost na neke bolesti i štetnike, pozitivno djelovanje na prinos u sušnim uvjetima obzirom da utječe na relativni udio vode i vodni potencijal, zatim pojačani rast lista koji postaje deblji, pa smanjuje gubitak vode transpiracijom. Također pokazuje pozitivan utjecaj na razvoj korijena, omogućuje bolju otpornost korijena i pojačan rast u sušnim uvjetima.

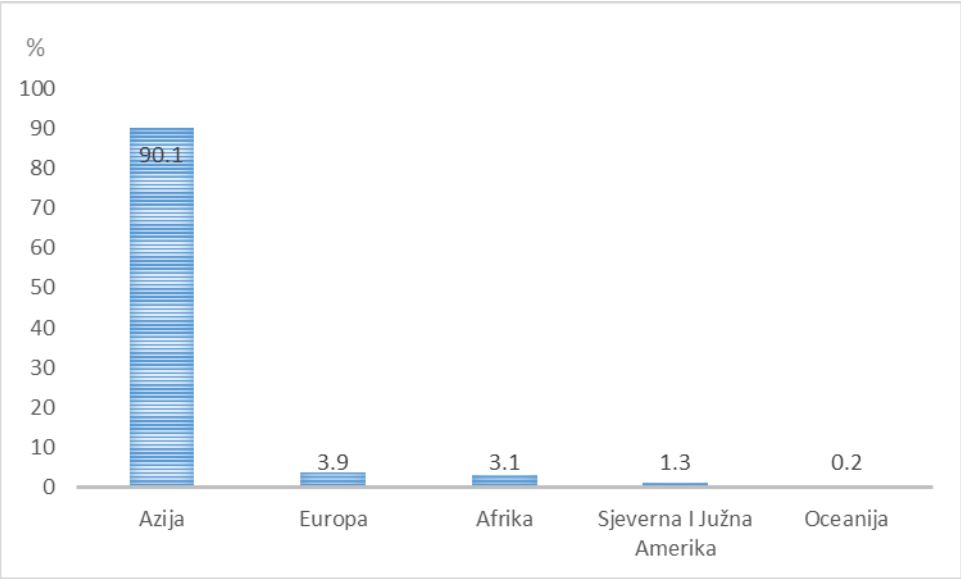
Novija istraživanja u proizvodnji graha mahunara, usmjerena su na sortiment, rokove uzgoja u različitim poljoprivrednim regijama te primjenu mikorize, predsjetvene bakterizacije i različitih vrsta gnojiva i poboljšivača tla. Istraživanje u okviru ovog diplomskog rada imalo je za cilj utvrditi učinak gnojidbe, bakterizacije i aplikacije prirodnih, mineralnih poboljšivača tla, EKO RAST Vrtka i EKO RAST Univerzala, na morfološka svojstva i prinos niskog graha mahunara.

# 2. PREGLED LITERATURE

## 2.1. Grah mahunar

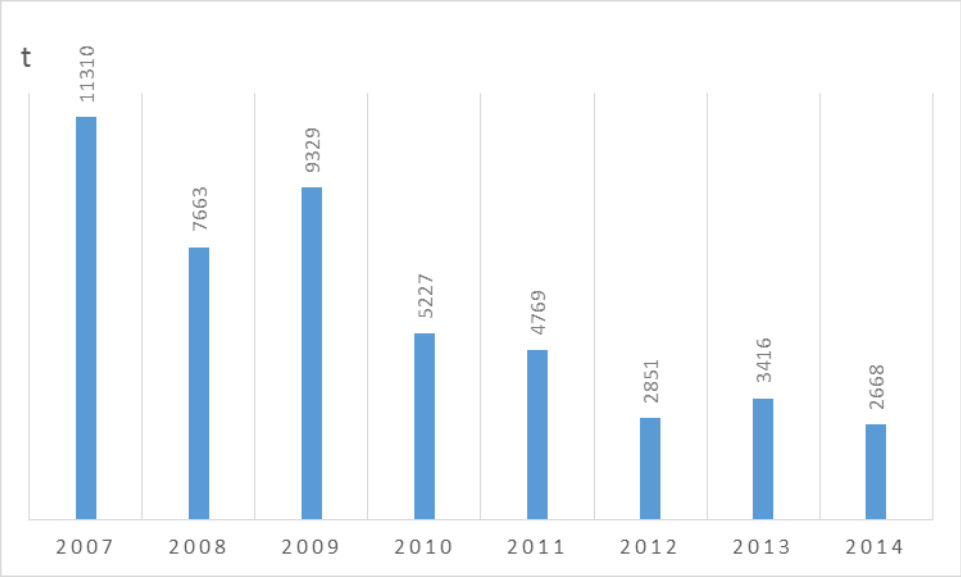
### 2.1.1. Proizvodnja u svijetu

Grah mahunar se uzgaja širom svijeta, a najviše u Aziji gdje se odvija značajno najveći udio svjetske proizvodnje (90 %), zatim slijede Europa, Afrika, Sjeverna i Južna Amerika te Oceaniji (Grafikon 1).




Grafikon 1. Udio proizvodnje graha mahunara u svijetu po kontinentima (FAO, 2016)

Posljednjih godina uočava se negativni trend u uzgoju graha mahunara u Hrvatskoj (grafikon 2). Najveća proizvodnja bila je 2007. godine (11 310 tona), a u 2014. godini iznosila je svega 2668 tona, pa je pad proizvodnje iznosio 79,5 % (DZS 2008-2015).




Grafikon 2. Godišnja proizvodnja graha mahunara u Hrvatskoj, 2007. do 2014. (DZS, 2008 do 2015)

U Svijetu se proizvodi preko 21 milijuna tona graha mahunara godišnje, otprilike 3 kilograma po glavi stanovnika. U ukupnoj svjetskoj proizvodnji graha mahunara, Hrvatska sudjeluje sa svega 3416 tona, što iznosi manje od 0,8 kilograma po glavi stanovnika (FAO, 2016).

### 2.1.2. Morfološka i biološka svojstva

Grah (*Phaseolus vulgaris* L.) je jednogodišnja zeljasta biljka, a u zemljama njegova podrijetla ima i višegodišnjih tipova. Korijen graha nije velik, s razmjerno kratkim glavnim korijenom koji samo u vrlo dobrim tlima može doseći dubinu do 1 metra. Sekundarno korijenje rašireno je u površinskih 20 centimetara tla. Kvržice sa *Rhizobium* bakterijama razvijaju se na sekundarnom korijenju (Lešić i sur., 2004).

Stabljika može biti kratka (30 do 60 cm) i grmoliko razgranata (determinantni tip) ili duga do 3 m koja se ovija oko potpore (indeterminantan tip). Postoje i prijelazni oblici, kod kojih samo jedna grana izraste do 1 m, ali rijetko nosi cvjetove i plodove, pa se zbog toga naziva lozica ili bič. Sorte niskog graha mahunara (*Phaseolus vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *nanus* f. *sine fibris*) obično su visoki 40 do 60 cm. Imaju stabljiku koja s grananjem započinje već na visini od 15

cm. Sorte se ponajviše razlikuju po boji i veličini mahuna, a manje prema duljini vegetacije do tehnološke zrelosti. Prerađivačka industrija preferira sorte s ovalnim ili okruglim presjekom mahune, uglavnom zelene boje. Kraće mahune, do 10 cm prerađuju se bez rezanja, dok je dugačke (15 do 18 cm) potrebno rezati na manje dijelove. Sorte niskog graha mahunara sa širokim, plosnatim mahunama se ne prerađuju, nego se koriste za opskrbu u svježem stanju. Ovisno o navikama potrošača, na pojedinom području uzgoja dominiraju sorte žutih, zelenih ili šarenih mahuna. Cvjetovi su leptirasti, na kratkim stapkama, po jedan ili dva na koljencu, a rjeđe 3 do 4 na malo dužim stapkama. Pojedini cvijet ima 5 zupčastih lapova i 5 latica (lađicu, zastavice i krila), 10 prašnika i jednogradnu plodnicu s tučkom. Prevladava samooplodnja, ali budući da cvjetove dosta posjećuju kukci, moguća je stranooplodnja. Plod je mahuna duga 4 do 20 cm i 10 do 30 mm promjera. Može biti ravna, s tupim ili šiljatim vrhom, sabljasta ili savijena poput kifle, tamnozelene do svijetlozelene, žutozelene, žute ili ljubičaste boje (Lešić i sur., 2004).

Prema biološkim svojstvima grah zrnaš ne razlikuje se bitno od graha mahunara. Za nicanje i klijanje graha minimalna temperatura je 8 do 10 °C, ali u takvim uvjetima dolazi do slabijeg nicanja. Grah najbrže niče na temperaturi od 18 do 20 °C, a za cvatnju i zametanje mahuna optimalna temperatura je 23 °C. Najpovoljnije temperature za rast graha su između 18 i 24 °C. Tijekom cvatnje temperatura ne bi smjela prelaziti preko 30 °C, jer dolazi do odbacivanja cvjetova i do slabijeg zametanja, što može izazvati slabiji prinos. Do pojave praznih mahuna može doći i kada su dnevne temperature ispod 20 °C (Liebenberg, 2002; Lešić i sur., 2004).

### 2.1.3. Tlo, klima i proizvodna područja graha

Grah dobro uspijeva na različitim tipovima tala. Optimalna su srednje teška tla, dobrog kapaciteta za vodu, dobre dreniranosti i dobre strukture. Najprikladnija su neutralna i slabo kisela tla s pH 6 do 6,5. Na kiselijim tlima slabije je djelovanje kvržičnih bakterija. Zaslanjena tla nisu prikladna za uzgoj graha (Lešić i sur., 2004).

### 2.1.4. Potreba za hranivima i gnojidba

U poljoprivrednoj proizvodnji dušik je vrlo često osnovni ograničavajući čimbenik rasta i razvoja biljaka, a s time i postizanja optimalnih prinosa. Najveće zalihe ovog elementa nalaze se u atmosferi, gdje je dušik u molekularnom obliku kojeg biljke nisu u mogućnosti usvojiti i iskoristiti. Nedostupan dušik iz atmosfere se kroz proces fiksacije veže u nove spojeve te na taj način postaje dostupan mikroorganizmima i biljkama da ih iskoriste za svoje metaboličke potrebe (Topol i Šarić, 2013).

Ovisno o stanju zaliha hraniva u tlu, gnojidbom se osigurava očekivano iznošenje hraniva prinosom na dobro opskrbljenom tlu ili se količina hraniva povećava na slabije opskrbljenom tlu. Niski grah mahunar u našim proizvodnim uvjetima može dati prinos od 7 do 15 tona po hektaru, a visoki do 35 tona po hektaru (Lešić i sur., 2004).

Prinos mahuna od 12 t/ha iznosi iz tla: 140 kg N, 35 kg $P_2O_5$, 150 kg $K_2O$, 100 kg CaO i 18 kg MgO. Budući da se dijelom dušika grah opskrbljuje preko kvržičnih bakterija, obično se za početni rast mineralnom gnojidbom osigurava 30 do 40 kg N. Sva potrebna hraniva primjenjuju se u predsjetvenoj obradi, a obično nije potrebna nikakva prihrana. Na kiselim tlima, gdje je malo kvržičnih bakterija, prihrana dušikom (40 do 50 kg/ha) može biti korisna (Lešić i sur., 2004).

Grah je usjev malih proizvođača, često uzgajan s drugim kulturama, posebno sa kukuruzom (*Zea mays* L.) u Africi, Aziji i Južnoj Americi u uvjetima niske plodnosti tla i uz minimalne agrotehničke mjere. Ta su tla često ocijenjivana kao siromašna dušikom, pa su za optimalnih uvjeta procjene fiksacije dušika kvržičnim bakterijama iznosile i do 72% (Giller i Wilson, 1991).

### 2.1.5. Predsjetvena bakterizacija u uzgoju povrća

Simbiozna fiksacija dušika je proces u kojem mikroorganizmi usvajaju elementarni dušik iz atmosfere i prevode ga u oblike koje biljke mogu koristiti za svoj rast i razvoj. Razumijevanje simbiozne fiksacije dušika omogućuje veće iskorištavanje ovog prirodnog procesa sa ciljem

osiguravanja uspješnije, profitabilnije i ekološki opravdane proizvodnje leguminoza ili lepirnjača (Sikora, 2003).

Za zadovoljavajući prinos i kvalitetu leguminoznih usjeva uz što manje korištenje mineralnih gnojiva potrebno je obaviti predsjetvenu bakterizaciju sjemena leguminoza visoko učinkovitim sojevima kvržičnih bakterija (Abrlić, 2014).

Genotipske varijacije graha kao i kompatibilnost sojeva bakterija iz roda *Rhizobium* s različitim sortama graha, može isto imati velik utjecaj na efikasnost postignute simbioze. Ova varijacija često ograničava uspjeh vezanja atmosferskog dušika u tlu prirodnim bakterijama, ili komercijalno dostupnim. Kao posljedica navedenog, primjena velikih količina anorganskih dušičnih gnojiva postaje ustaljena praksa koja ima štetne posljedice za okoliš (Yadegari i Rahmani, 2010).

Kvržične bakterije koje se nalaze u mnogim tlima nisu zastupljene u dovoljnom broju ili nisu zadovoljavajućih karakteristika (učinkovitost, kompatibilnost) za dobru nodulaciju leguminoznih usjeva. U ovakvim uvjetima potrebno je inokulirati sjeme ili tlo visoko učinkovitim sojevima kvržičnih bakterija (Sikora, 1996).

Bakterizacija sprječava nedostatak dušika, odnosno, potrebu za unošenjem mineralnog dušika. Obzirom da je dušik često ograničavajući čimbenik za prinos leguminoznih usjeva, cjepiva osiguravaju ekonomski atraktivnu alternativu komercijalnim izvorima dušika. Biološka fiksacija dušika je vrlo učinkovita i količina vezanog dušika je izravno povezana sa rastom usjeva pa ne dolazi do gubitka i rasipanja dušika. Bakterizacija otklanja rizik da će se fiksirati male količine dušika, odnosno, da će fiksacija izostati ili da će proces biti neučinkovit (Trabelsi i sur., 2011).

Primjenom cjepiva unose se visoko kvalitetni, selekcionirani sojevi kvržičnih bakterija koji omogućuju fiksaciju većih količina atmosferskog dušika. Sva cjepiva sadrže specijalno selekcionirane sojeve na određene ekološke uvjete i sortiment leguminoza koje se siju u Hrvatskoj kako bi se povećala učinkovitost fiksacije dušika i nodulacije i kako bi se razvile jače i zdravije biljke (Antunović, 2008).

Osim što se simbiotskom fiksacijom dušika osiguravaju biljkama dovoljne količine dušičnog hraniva, u potpunosti se udovoljava zahtjevima gospodarenja tlom kao što su: produktivnost, sigurnost, zaštita prirodnih resursa i ekonomičnost (Redžepović i sur., 2007).

### 2.1.6. Primjena silicija

Silicij se svrstava među „blagotvorne elemente“ u biljnoj biologiji. U kontroliranim uvjetima hidroponskog uzgoja, silicij ne ispunjava uvriježenu definiciju biljnog hraniva. Međutim u uzgoju na tlu na otvorenom, gdje su biljke izložene nizu stresova okoliša, silicij ima vrlo važnu ulogu u zdravlju biljaka. Jedan od većih doprinosa je ojačavanje staničnih stijenki naslagama čvrstog silicija (Heckman, 2013).

Prema Epsteinu (1999) biljke uzgajane u uvjetima nedostatka silicija često su strukturalno slabije u odnosu na uzgajane u uvjetima bogatim silicijem. Tako u nedostatku silicija dolazi do abnormalnog rasta, slabijeg razvoja, otežane reprodukcije i preživljavanja. Biljke su osjetljivije na abiotske stresove uzrokovane toksičnim teškim metalima, podložnije su napadu uzročnika bolesti i različitim štetnicima, od fitofagnih insekata do sisavaca. Navedeno ukazuje da je potrebno silicij uvrstiti u skupinu elemenata sa značajnim utjecajem na život biljaka.

Silicij se biljkama osigurava primjenom gnojiva koje ga sadrže u manjoj ili većoj količini, a koje može biti u tekućem ili krutom stanju. Takva se gnojiva uglavnom dodaju u vrijeme sjetve, ali se također mogu primjeniti tijekom vegetacije usjeva. Gnojiva na bazi silicija još uvijek nisu raširena u praksi i smatraju se sastavnicom suvremenih tehnologija uzgoja, zajedno s mikrobiološkim pripravcima. Kako je silicij prirodan element koji se već nalazi u tlu, gnojiva koja ga sadrže mogu se primjenjivati u svim sustavima biljne proizvodnje, konvecionalnom, integriranom ili ekološkom (Heckman, 2013).

# 3. MATERIJALI I METODE

## 3.1. Postavljanje i provedba pokusa

Istraživanje učinka predsjetvene bakterizacije i poboljšivača tla na vegetativni rast i prinos graha mahunara provedeno je 2015. godine na području Grada Zagreba u mjestu Goranec. Dvofaktorijalni poljski pokus po metodi slučajnog bloknog rasporeda u četiri ponavljanja (Slika 1) uključivao je 2 faktora:

1. Primjena mineralnih poboljšivača tla EKO RAST u tri stepenice: EKO-RAST Vrtko (V), EKO-RAST Univerzal (V) i kontrolni tretman bez EKO-RAST poboljšivača (K),

2. bakterizacija u dvije stepenice: tretman bez bakterizacije (B0) i tretman kvržičnim bakterijama *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* 3622 (B1).



Slika 1. Postavljanje poljskog pokusa Goranec, 2015. (Foto: Senković)

Pokus je proveden na niskom grahu mahunaru sorta 'Bergold'. Prije sjetve obavljena je osnovna priprema tla i gnojidba prema potrebi hraniva za planirani prinos mahuna od 10 t/ha, odnosno, na osnovu 75 kg N, 25 kg $P_2O_5$ i 70 kg $K_2O$ po hektaru. Navedene potrebe za hranivima zadovoljene su primjenom gnojiva NPK formulacije 7-20-30 (233 kg/ha) i KAN-a (219 kg/ha). Poljski pokus je imao 24 osnovne parcele dimenzija 2 m x 2,5 m, odnosno, površine 5 $m^2$. Na osnovnim parcelama grah je sijan u 5 redova razmaka 0,5 m uz utrošak 200 sjemenki po parceli s ciljem postizanja sklopa od 40 biljaka/$m^2$. Ručna sjetva obavljena je 17. lipnja 2015. Svaka parcela zatim je označena brojem i oznakama tretmana.

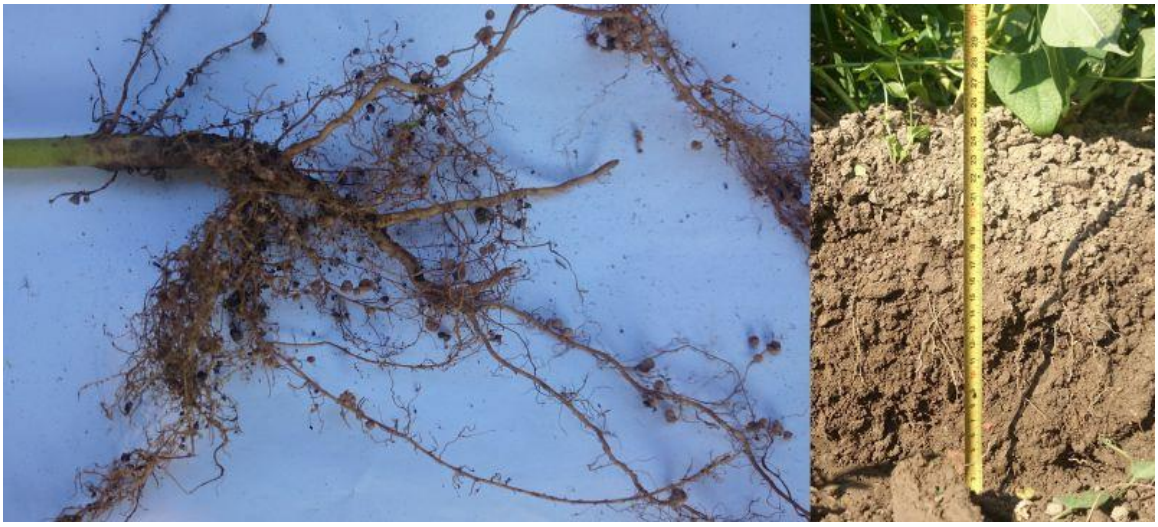
U pokusu su korišteni mineralni poboljšivači tla na bazi silicija, EKO-RAST Vrtko i EKO-RAST Univerzal, sljedećeg sastava: Si (56,89 %), Ca (8,82%), Al (8,68%), Mg (5,89%) , K (2,98%), Fe (1,53%), P(0,78%). Primjena je obavljena prema preporuci proizvođača, EKO-RAST Vrtko pri sjetvi u količini jednakoj unosu NPK gnojiva, odnosno, 233 kg/ha, a EKO-RAST Univerzal dvokratno u količini od 2 kg/ha u obliku 0,5% koloidne otopine.

Bakterizacija je obavljena kvržičnim bakterijama *Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli* 3622 prilikom sjetve na 12 osnovnih parcela prema planu pokusa.

Tijekom vegetacije agrotehničke mjere njege nisu uključivale primjenu sredstva za zaštitu od bolesti, štetnika i korova. Berba mahuna je obavljena dvokratno, 20. kolovoza i 1. rujna 2015.

Prije prve berbe graha mahunara, 20. kolovoza, na 10 biljaka svake obračunske parcele izmjerena je visina biljaka i utvrđen je broj mahuna po biljci. Masa mahuna određivana je prilikom obje berbe za svaki tretman iz broja mahuna u jednom kilogramu. Nodulacija, odnosno, broj simbiotskih kvržica utvrđen je 1. kolovoza u fazi pune cvatnje graha mahunara (slika 2). U tu svrhu po 5 biljaka svake parcele pažljivo je iskopano do dubine razvoja korijenovog sustava (25 cm), kako bi se izbjeglo oštećenje sekundarnog korijenja.

Analiza podataka uključivala je analizu varijance (ANOVA) i Tukey-Kramerovu metodu kao poboljšani 't-test' s manjom mogućnosti pogreške, jer je pogodnija za usporedbu više uzoraka jedne populacije od 't-testa'. Distribucije mjerenih podataka grafički su prikazane u obliku kutijaskog dijagrama koji pokazuje oblik, centralnu tendenciju i varijabilnost analiziranih podataka.



Slika 2. Utvrđivanje upješnosti kvržičnih bakterija, Goranec, 2015. (Foto: Senković)

## 3.2. Meteorološki uvjeti tijekom provedbe pokusa

Osim agrotehničkih mjera, na rezultate uzgoja velikim dijelom utječu i meteorološke prilike tijekom vegetacije uzgajane kulture. Kao najvažnije, ističu se temperatura zraka u pojedinim fenofazama, kao i količina i raspored oborina.

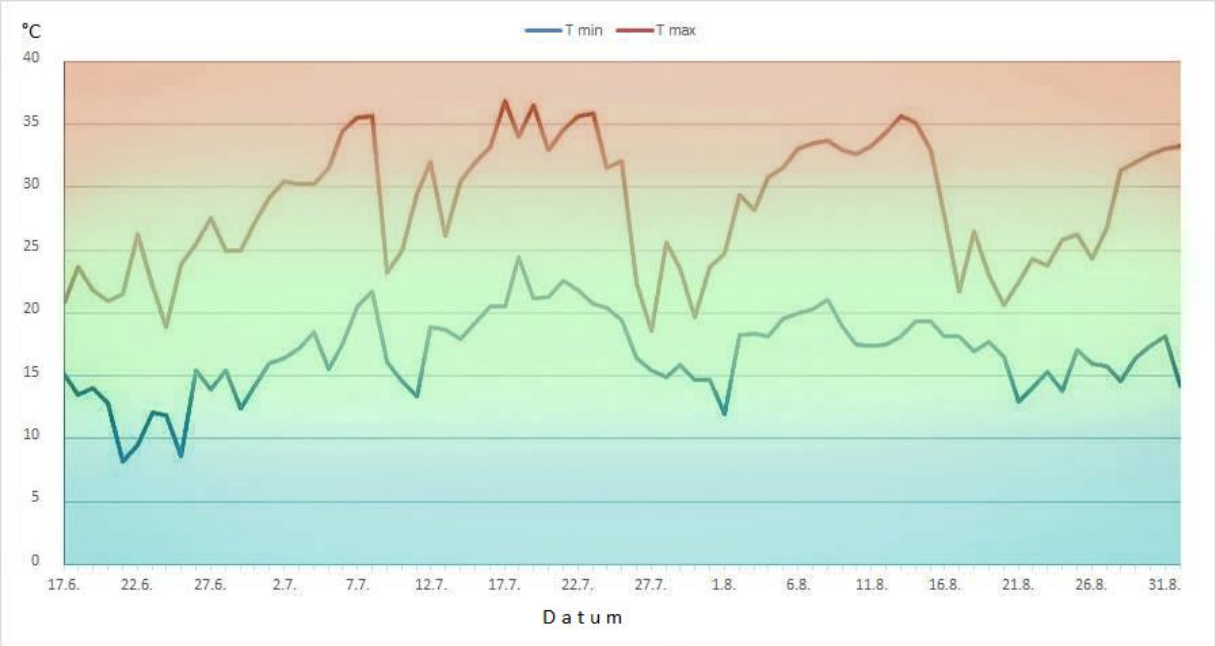
Temperatura zraka, osim što je ograničavajući čimbenik u uzgoju većine biljaka, izravno utječe na fiziološke procese u biljkama i vodu u površinskom sloju tla koja je biljci lako dostupna. Voda u obliku oborina je neizostavan čimbenik koji uvelike određuje poljoprivrednu proizvodnju, a njen višak ili manjak se samo djelomično može ispraviti čime se znatno povećava cijena uzgoja.

Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda, meteorološke postaje Maksimir, prosječna srednja dnevna temperatura zraka tijekom vegetacije graha mahunara na području grada Zagreba iznosila je 22,53 °C (grafikon 3). Najniža zabilježena srednja dnevna temperatura u tom razdoblju bila je 14,0 °C (23.06.2015.), a najviša 29,4 °C (22.07.2015.).

U razdoblju nicanja graha, srednja dnevna temperatura bila je u rasponu od 14,4 do 21,4 °C te je u prosjeku iznosila 19,04 °C, čime se uklapa u optimalan raspon temperature za ovu

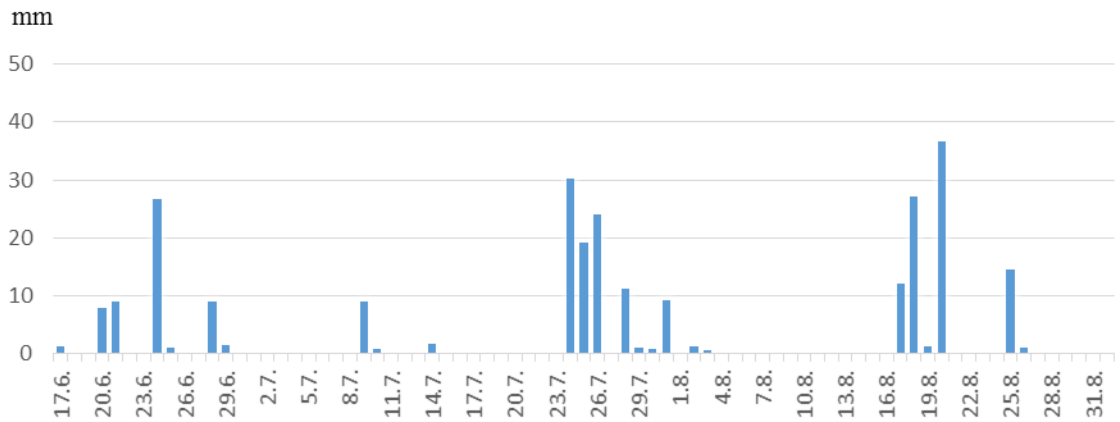
fenološku fazu (18 do 20 °C). Tijekom faze nicanja minimalna zabilježena temperatura je bila 8,7 °C, a maksimalna 27,6 °C.

U vrijeme intenzivne cvatnje srednja dnevna temperatura je iznosila 22,11 °C, što je gotovo na razini optimalne temperature od 23 °C. U tom razdoblju prosječna maksimalna temperatura bila je 27,56 °C, a minimalna 17,91 °C, pa nisu prelazile granične vrijednosti, odnosno, nisu bile više od 35 °C i niže od 15 °C, a što može imati negativne posljedice na prinos.




Grafikon 3. Minimalna i maksimalna temperatura zraka tijekom vegetacije graha mahunara, 2015., Zagreb-Maksimir (DHMZ, 2015.)

Prema Lešić i sur. (2004) temperature preko 30 °C mogu, uz nisku vlagu zraka, depresivno djelovati na cvatnju, rast i razvoj mahuna. No, kako je zabilježen duži period gotovo svakodnevnih oborina u vrijeme cvatnje (grafikon 4), vlaga zraka nije bila niska, pa je izostao depresivan učinak iako su temperature prelazile preko 30 °C.




Grafikon 4. Količina oborina tijekom vegetacije graha mahunara, 2015., Zagreb-Maksimir (DHMZ, 2015.)

Tijekom vegetacije graha mahunara, od sjetve do zadnje berbe, zabilježeno je ukupno 259,6 mm oborina, što je po literaturnim izvorima neznatno više od minimalne količine neophodne za zadovoljavajući rast i razvoj od 250 mm. Raspored oborina je bio relativno dobar te nije bilo pretjerano dugih sušnih perioda.

# 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

## 4.1. Broj dana između fenofaza

Sjetva graha mahunara je obavljena 17. lipnja 2015. Nicanje je zabilježeno tjedan dana kasnije, 24. lipnja, ujednačeno na svim osnovnim parcelama. Cvatnja je započela 21. srpnja, također istovremeno na biljkama svih tretmana. Berba je započela 20. kolovoza, no kako je uslijed povoljnih agrometeoroloških prilika velik broj cvjetova ostvario uspješno zametanje bez odbacivanja mahune, berba je ponovljena 1. rujna kako bi se ubrale preostale mahune u tehnološkoj zrelosti.

Borošić (1992) je utvrdio da najkraću vegetaciju graha mahunara (63 dana) imaju usjevi iz sjetve sredinom lipnja, dok kasniji rokovi sjetve rezultiraju duljom vegetacijom graha mahunara, do 85 dana.

Bârcă i sur. (2012) navode kako grah mahunar 'Bergold' vrlo brzo dozrijeva. Prema različitim proizvođačima sjemena, vrijeme koje je potrebno od sjetve do berbe ove sorte iznosi od 8 do 12 tjedana.

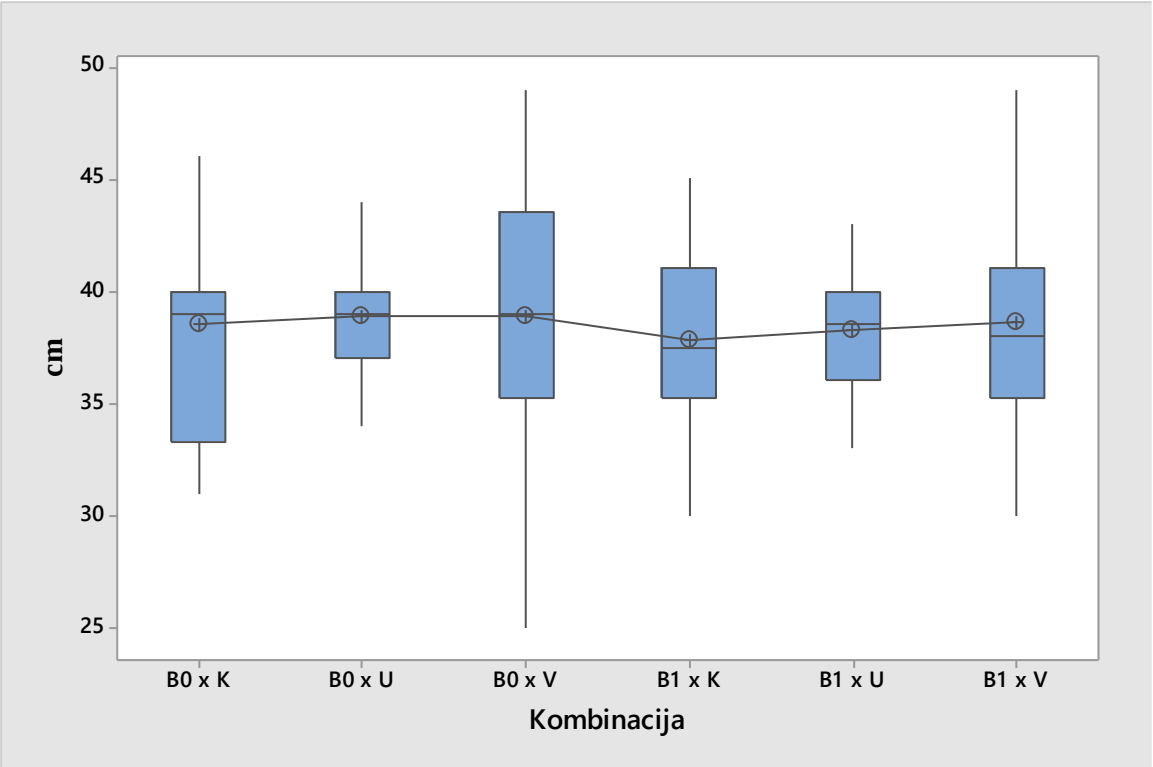
Kako navodi Borošić (1992), sušno razdoblje s visokim temperaturama može utjecati na skraćenje razdoblja od cvatnje do tehnološke zrelosti graha mahunara.

U istraživanju vezanom za ovaj diplomski rad, tijekom 10 dana nakon početka cvatnje palo je 96 mm oborina uslijed kojih biljke nisu bile izložene stresu, unatoč visokim temperaturama zraka. Sorta graha mahunara 'Bergold' dozrila je za 64 dana, što odgovara navodima proizvođača sjemena o duljini razdoblja vegetacije.

## 4.2. Visina stabljike

Iz grafikona 5 je vidljivo da je visina stabljike kod istraživanih kombinacija bila u rasponu od 25,5 cm do 48 cm. Najmanja varijacijska širina, odnosno, najmanji raspon visine stabljike imale su kombinacije B0 × U (34 do 44 cm) i B1 × U (33 do 43 cm), a zatim slijede tretmani

bez primjene poboljšivača tla B0 × K (31 do 46 cm) i B1 × K (30 do 45 cm). Kombinacija B1 x V imala je varijcijsku širinu u rasponu od 30 do 49 cm, dok je najveći raspon visine stabljike imala kombinacija B0 x V (25 do 49 cm).



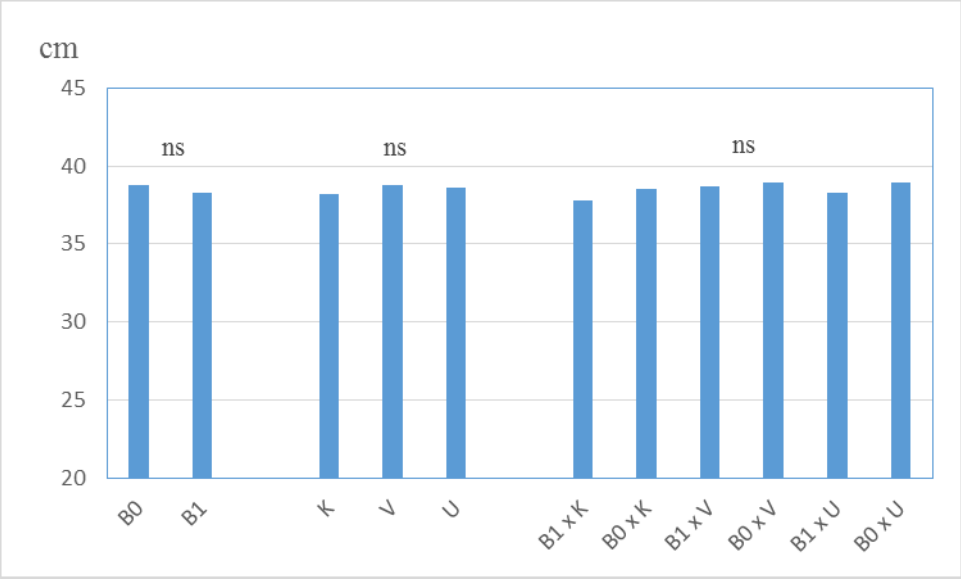

Grafikon 5. Distribucija visine stabljike niskog graha mahunara

Iz distribucije visine stabljikeniskog graha mahunara razvidno je da je kombinacijs B0 × U imala najujednačeniju visinu stabljike, obzirom da je kod 50 % analiziranih biljaka navedenih kombinacija visina stabljike bila unutar najmanjeg raspona (37 do 40 cm). Najmanju ujednačenost visine stabljike pokazala je kombinacija B0 ×V, obzirom da je 50 % analiziranih biljaka imalo visinu stabljike od 35,3 do 43,5 cm.

Istraživani faktori kao niti njihova interakcija nisu značajno utjecali na visinu stabljike (grafikon 6). Učinak bakterizacije na visinu stabljike bio je nesignifikantan, a tretmani sa i bez predsjetvene bakterizacije imali su sličnu visinu stabljike (38,3 i 38,7 cm).

Također, bez statističke opravdanosti, relativno veća visina stabljike opažena je kod tretmana sa EKO-RAST Vrtkom (38,8 cm), u odnosu na tretman s EKO-RAST Univerzalom (38,6) i kontrolni tretman (38,2).

Relativno najveću visinu stabljike imale su kombinacije bez bakterizacije i poboljšivača tla: B0 × EKO-RAST Univerzal (38,9 cm) i B0 × EKO-RAST Vrtko (38,9 cm), dok je relativno najmanju visinu stabljike imala kombinacija s primjenom kvržičnih bakterija i bez poboljšivača tla na bazi silicija, B1 × K (37,8 cm).



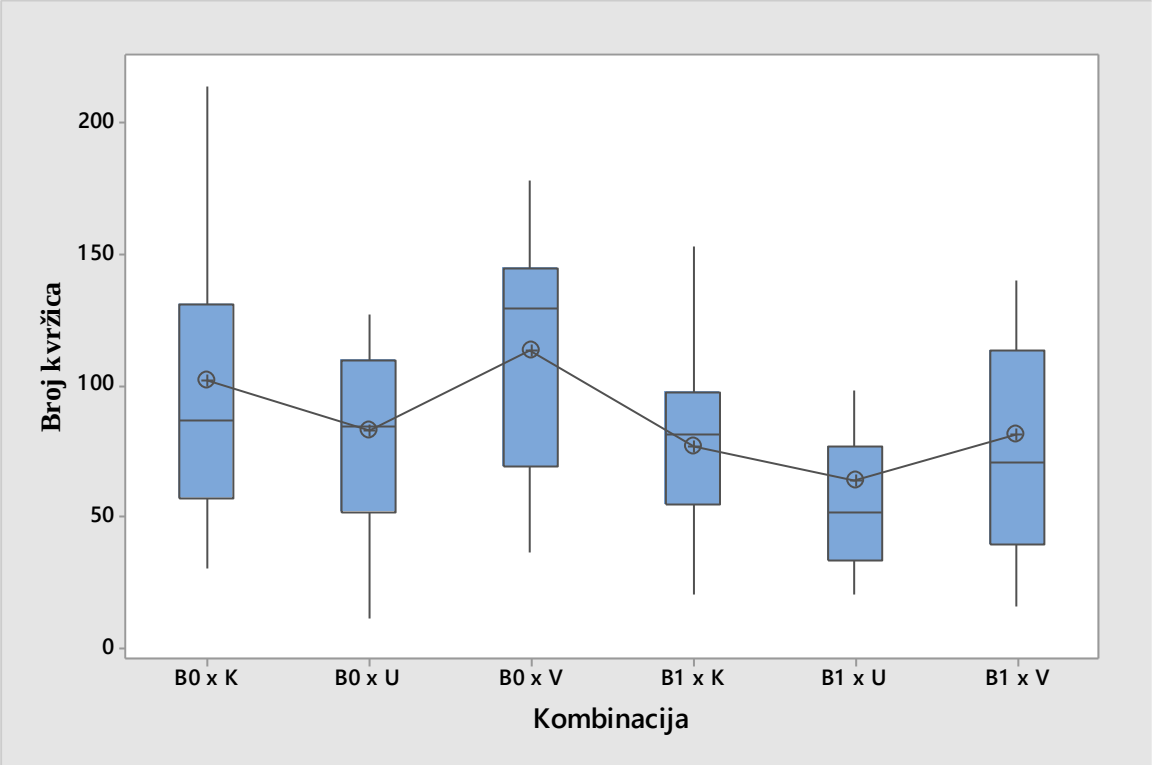

Grafikon 6. Utjecaj istraživanih faktora i interakcije na visinu stabljike niskog graha mahunara

ns – nema značajnih razlika između vrijednosti

Bârcă i sur. (2012) navode kako grah mahunar 'Bergold' raste u visinu od 35 do 40 cm, što su potvrdili rezultati zabilježeni u ovom istraživanju, obzirom da je prosječna visina stabljike bila 38,5 cm.

## 4.3. Kvržice

Prilikom testiranja uspješnosti kvržičenja ustanovljene su vrijednosti u rasponu od 11 do 214 kvržica po korijenu biljke (grafikon 7). Najmanja varijacijska širina broja kvržica je zabilježena kod tretmana B1 × U (20 do 98), zatim slijedi tretman B0 × U (11 do 127) i B1 × V (16 do 140). Slijede tretmani B1 × K (20 do 153), B0 × V (36 do 178) i tretman B0 × K (30 do 214).




Grafikon 7. Distribucija broja kvržica na korijenu niskog graha mahunara

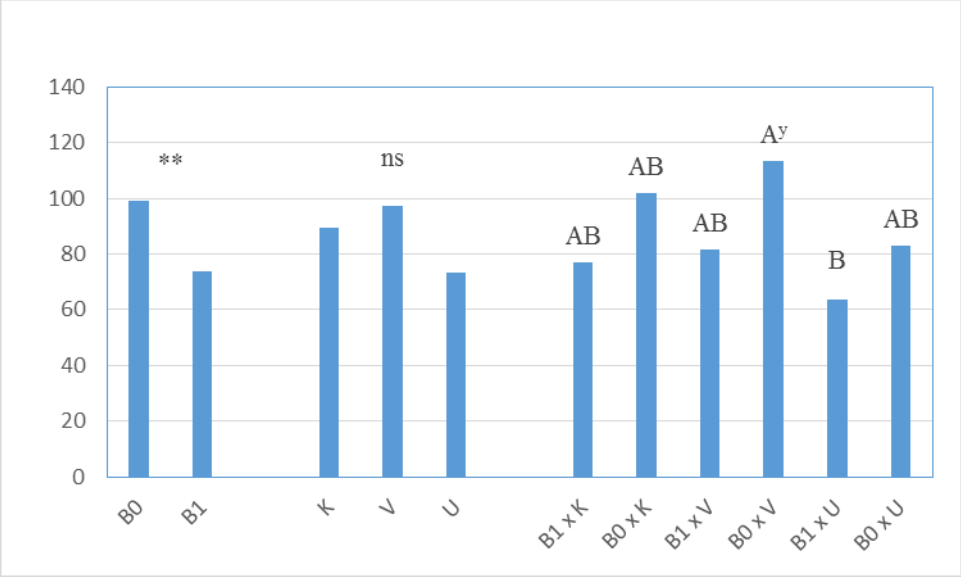
Iz distribucije broja kvržica po biljci razvidno je da je kombinacija B1 × K imala najujednačeniji broj kvržica po biljci, obzirom da je kod 50 % analiziranih biljaka navedene kombinacije broj kvržica po biljci bio unutar najmanjeg raspona (55 do 97). Najmanju ujednačenost broja kvržica po biljci pokazala je kombinacija B0 × V obzirom da je 50 % analiziranih biljaka imalo od 68 do 144 kvržica po biljci.

Predsjetvena bakterizacija kao i interakcija istraživanih faktora imali su opravdani utjecaj na broj kvržica na korijenu graha mahunara, dok poboljšivači tla nisu značajno utjecali na ovo svojstvo (grafikon 8).

Obzirom na bakterizaciju, tretmani bez bakterizacije imali su visoko opravdani veći broj kvržica po biljci (99,2) u odnosu na tretmane s kvržičnim bakterijama *R. leguminosarum bv. phaseoli* 3622 (74).

Relativno najviše kvržica zabilježeno je na korijenu biljaka graha mahunara iz tretmana EKO-RAST Vrtko (97,4), zatim kontrolnog tretmana (89,3) te EKO-RAST Univerzal (73,1).

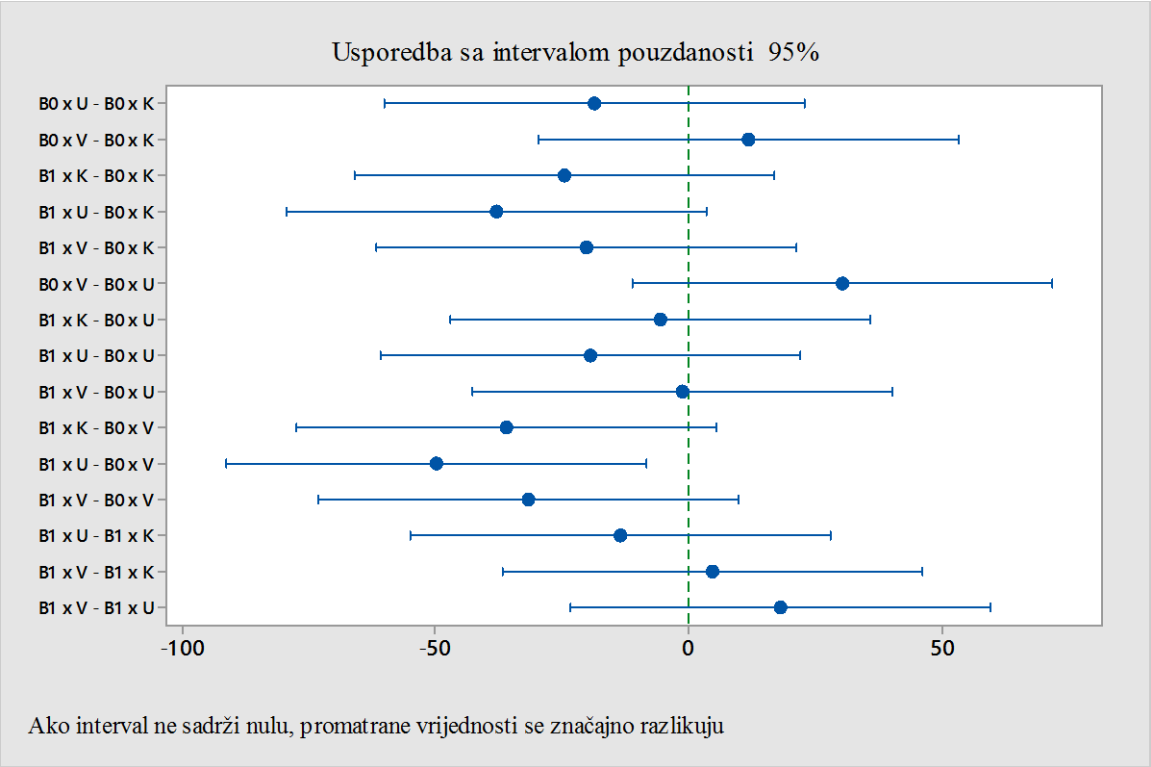
Između istraživanih kombinacija utvrđene su značajne razlike u broju kvržica po biljci. Najveći broj kvržica po biljci imala je kombinacija B0 × V (113,2), značajno veći samo od kombinacije *R. leguminosarum bv. phaseoli* 3622 i EKO-RASTA Univerzal (B1 × U) koja je imala najmanje kvržica po biljci (63,5). Stoga se kombinacija s najvećim utvrđenim brojem kvržica (B0 × V) nije razlikovala od ostalih istraživanih kombinacija u ovom svojstvu.




Grafikon 8. Utjecaj istraživanih faktora i interakcije na broj kvržica na korijenu niskog graha mahunara

** Prosječne vrijednosti su značajno različite, p≤0,01 %
Y Različita slova predstavljaju značajno različite vrijednosti prema Tukey-Kramerovom testu, p≤0,05
ns – nema značajnih razlika između vrijednosti

Tukey-Kramerovim testom (Grafikon 9) potvrđena je statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) samo između dvije skupine: B0 × V (bez bakterizacije i EKO-RAST Vrtko) i B1 × U (kvržične bakterij soja *R. leguminosarum bv. phaseoli* 3622 i EKO-RAST Univerzal).




Grafikon 9. Utjecaj istraživanih faktora i interakcije na broj kvržica na korijenu niskog graha mahunara prema Tukey-Kramerovom testu

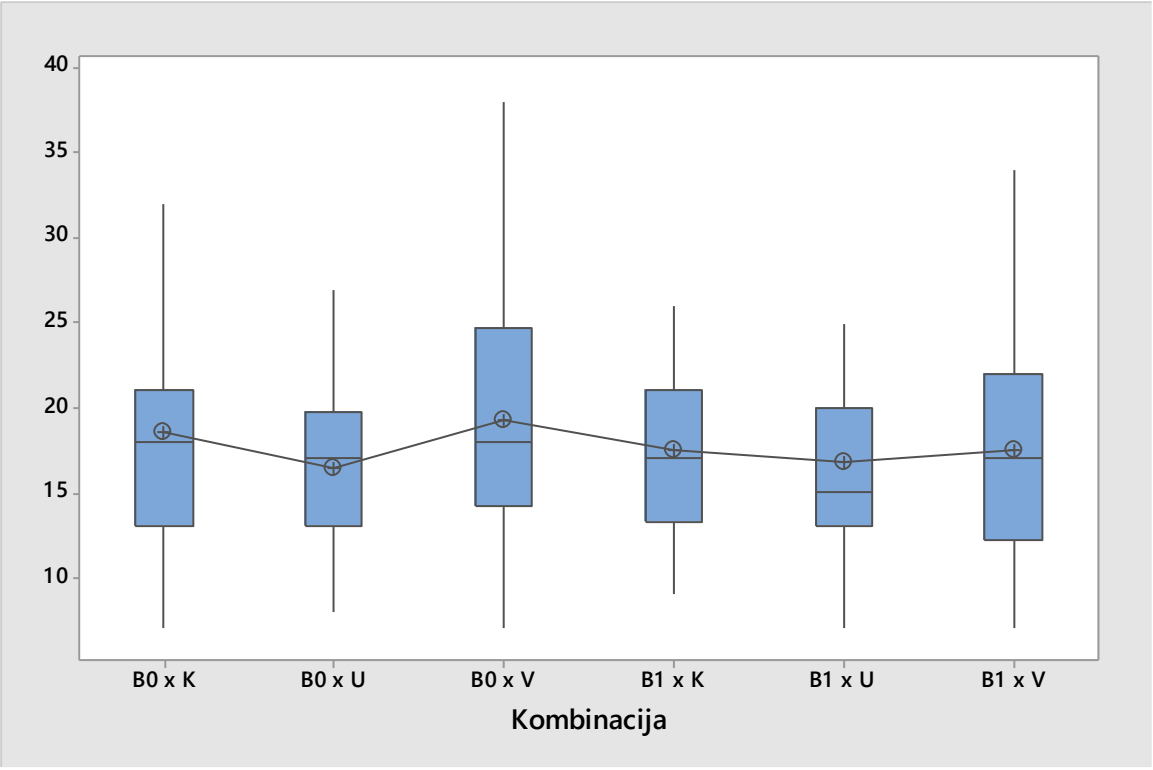
Prosječan broj kvržica utvrđen u ovom istraživanju iznosio je 86,6, što odgovara navodima Lindermana i Glovera (1990) da grah uglavnom ima do sto kvržica po biljci..

Tretmani bez predsjetvene bakterizacije s prosječno 99,2 kvržice po biljci, statistički se vrlo značajno razlikuju od bakteriziranih tretmana s prosječno 74 kvržice po biljci. Prema Otienu i sur. (2009) gnojenje dušičnim gnojivima značajno smanjuje broj kvržica na korijenju i težinu suhih kvržica. Chemining'wa i sur. (2004) isto tako zamijećuju inhibitornu ulogu dodanih dušičnih gnojiva na formiranje kvržica i usvajanje atmosferskog dušika, te smatraju da inokulacija kvržičnim bakterijama ne uspijeva uvijek pojačati pojavu kvržica.

Sukladno istraživanjima Otiena i sur. (2009) i Chemining'we i sur. (2004) primjećena je pojava manjeg broja kvržica na korijenju inokuliranog graha, što je vjerojatno posljedica gnojidbe na očekivani prinos mahuna sa 75 kg/ha dušika umjesto 30 do 50 kg/ha ovisno o kvaliteti tla, kako bi se osigurao dušik samo za početni rast biljaka. Nedostatak uspjeha pojavljivanja kvržica na korijenu, osim što može biti uzrokovan dušikom u tlu, isto tako može biti rezultat prisutnosti prirodnih sojeva kvržičnih bakterija, nepovoljne pH reakcije tla ili odnosa inokuliranog soja bakterija sa uzgajanim kultivarom.

## 4.4. Broj mahuna

Iz grafikona 10 je vidljivo da je broj mahuna po biljci kod istraživanih kombinacija bio u rasponu od 7 do 38 mahuna po biljci.

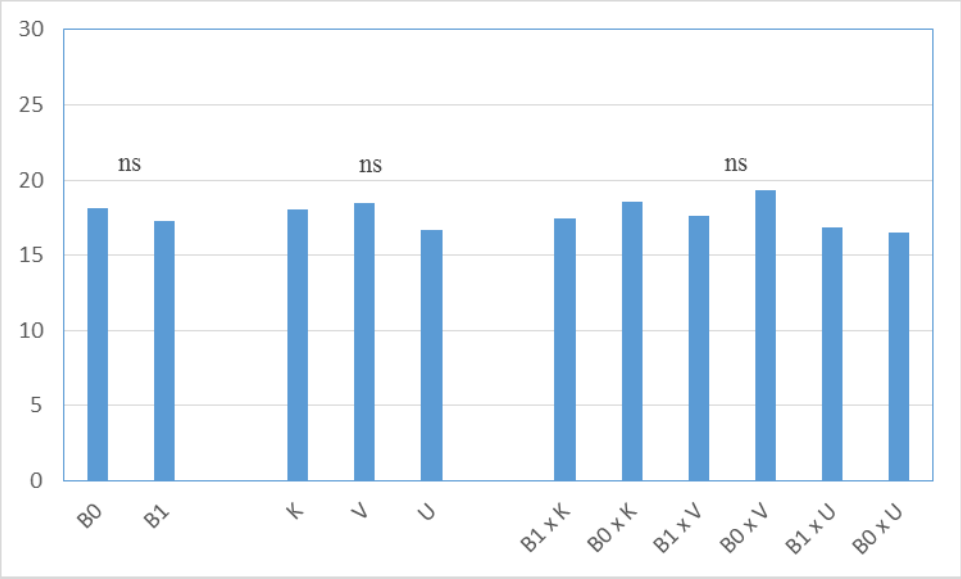



Grafikon 10. Distribucija broja mahuna po biljci niskog graha mahunara

Najmanja varijacijska širina, odnosno, najmanji raspon broja mahuna po biljci imale su kombinacije B1 × U (7 do 25) i B0 × U (8 do 27), a zatim slijede tretmani bez primjene poboljšivača tla B1 × K (9 do 26) i B0 × K (7 do 32 ). Najveći raspon vrijednosti ovog svojstva zabilježen je kod kombinacija B1 × V (7 do 34) i B0 × V (7 do 38).

Iz distribucije broja mahuna po biljci razvidno je da su kombinacije B0 × U i B1 × U imale najujednačeniji broj mahuna po biljci, obzirom da je kod 50 % analiziranih biljaka navedenih kombinacija broj mahuna po biljci bio unutar najmanjeg raspona (13 do 19,8 i 13 do 20). Najmanju ujednačenost broja mahuna po biljci pokazala je kombinacija B0 ×V, obzirom da je 50 % analiziranih biljaka imalo od 14,3 do 24,8 mahuna po biljci.

Istraživani faktori kao niti njihova interakcija nisu značajno utjecali na broj mahuna po biljci (grafikon 11).




Grafikon 11. Utjecaj istraživanih faktora i interakcije na broj mahuna po biljci niskog graha mahunara

ns – nema značajnih razlika između vrijednosti

Obzirom na bakterizaciju, tretmani s kvržičnim bakterijama *R. leguminosarum bv. phaseoli* 3622 imali su zanemarivo manji broj mahuna po biljci (17,3) u odnosu na tretmane bez bakterizacije (18,1). Suprotno navedenim rezultatima, Bhattarai i sur. (2011) koji su proučavali utjecaj mikorize i bakterizacije na morfološka svojstva crvenog graha, ustanovili su značajno veći broj mahuna po biljci kod tretmana s bakterizacijom (34) od tretmana s mikorizom (23) koji je imao podjednak broj mahuna kao i kontrolni tretman (21).

Također, bez statističke opravdanosti, relativno veći broj mahuna po biljci opažen je kod tretmana sa EKO-RAST Vrtkom (18,5), u odnosu na kontrolni tretman (18,0) i tretman s EKO-RAST Univerzalom (16,7).

Između istraživanih kombinacija nisu utvrđene opravdane razlike u broju mahuna po biljci. Obzirom na interakciju istraživanih faktora, relativno najveći broj mahuna po biljci imale su kombinacije B0 × V (19,3) i B0 × K (18,5), dok je kod kombinacije bez bakterizacije × EKO-RAST Univerzal (B0 x U) zabilježeno najmanje mahuna po biljci (16,8).

Broj mahuna na biljci ovisi o mnogobrojnim uvjetima uzgoja. Osim tla i agroteheničkih zahvata veliki utjecaj imaju meteorološki uvjeti. Kako navodi Borošić (1992) manji broj formiranih mahuna po biljci rezultat je manjka oborina i visokih temperatura prije i u vrijeme cvatnje graha mahunara.

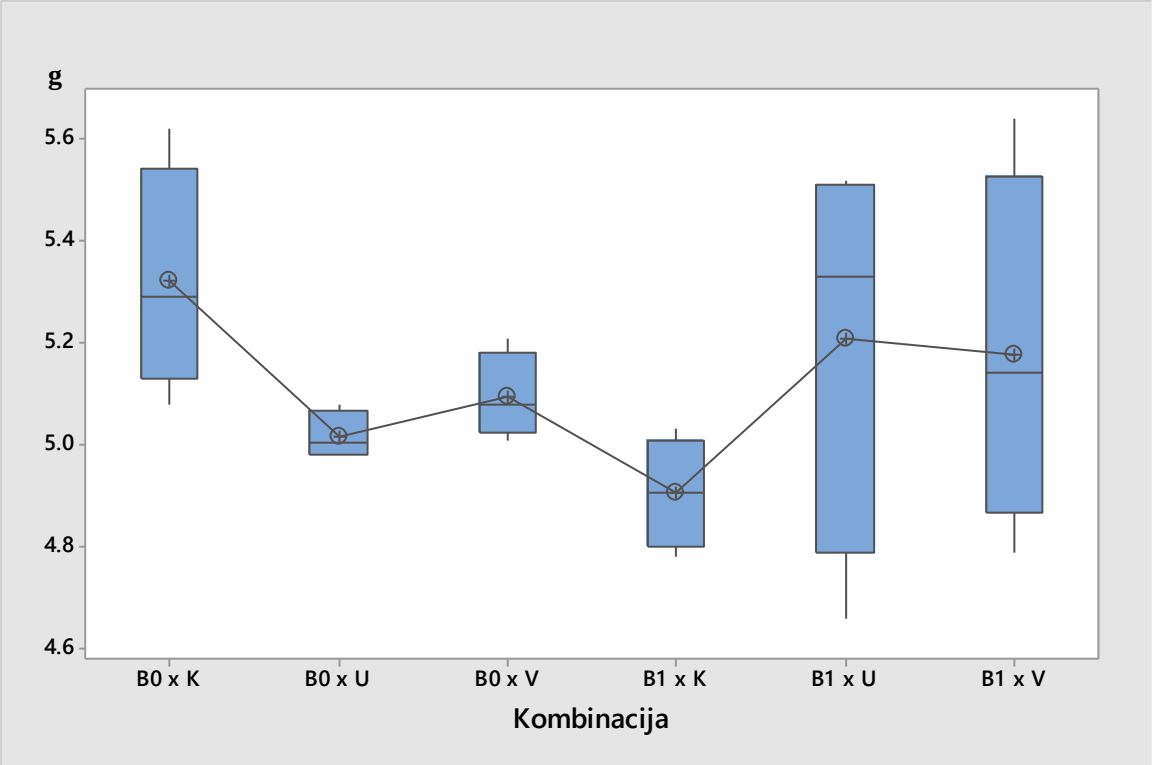
Obzirom da je u ovom istraživanju tijekom dva tjedna cvatnje niskog graha mahunara količina oborina iznosila 96 mm i bila je dobro raspoređena, biljke nisu bile izložene stresu kakvog navodi Borošić (1992). Stoga je prosječan broj mahuna po biljci (17,7), bez obzira na istraživane faktore, bio veći u odnosu na rezultate navedenog autora (3,4 do 15,5 mahuna/biljci), ovisno o godini i roku sjetve. Dovoljna količina oborina, ublažila je mogući negativan učinak visokih temperatura zraka i vjerojatno je doprinijela ujednačenim vrijednostima ovog svojstva kod svih tretmana.

## 4.5. Masa mahune

Nakon berbe, odvagom 1 kilograma mahuna i prebrojavanjem mahuna u 1 kilogramu, utvrđena je prosječna masa mahune po tretmanima.

Iz grafikona 12 je vidljivo da je masa mahuna istraživanih kombinacija bila u malom rasponu, od 4,66 g do 5,64 g.

Najmanja varijacijska širina, odnosno, najmanji raspon mase mahuna imala je kombinacija B0 × U (4,98 do 5,08 g), a zatim slijede kombinacije B0 × V (5,01 do 5,21 g), B1 × K (4,78 do 5,03 g) i B0 × K (5,08 do 5,62 g). Najveći raspon vrijednosti ovog svojstva zabilježen je kod kombinacija B1 × U (4,66 do 5,52 g) te B1 × V (4,79 do 5,64 g).




Grafikon 12. Distribucija mase mahuna niskog graha mahunara

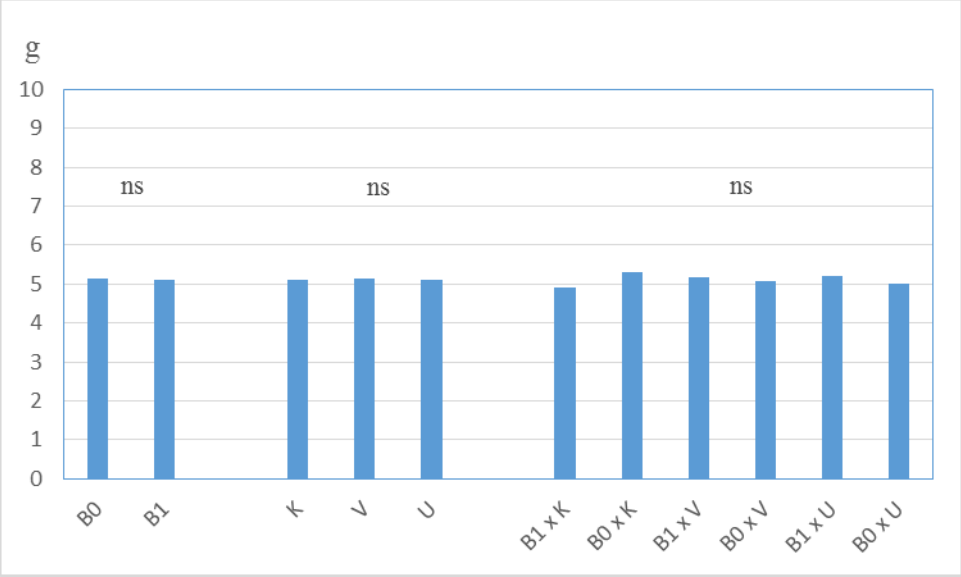
Iz distribucije mase mahuna razvidno je da je kombinacija B0 × U imala najujednačeniju masu mahune, obzirom da je najveći udio analiziranih mahuna navedene kombinacije imao masu unutar najmanjeg raspona (4,98 do 5,07 g). Najmanju ujednačenost mase mahuna pokazala je kombinacija B1 × U, obzirom da je 50 % analiziranih mahuna imalo masu u rasponu od 4,79 do 5,51 g.

Istraživani faktori kao niti njihova interakcija nisu značajno utjecali na masu mahuna (grafikon 13).

Učinak bakterizacije na masu mahune bio je nesignifikantan, a tretmani sa i bez predsjetvene bakterizacije imali su identičnu masu mahuna (5,1 i 5,1 g).

Relativno najveću masu mahune imala je kombinacija (B0 × K), odnosno, bez primjene *R. leguminosarum bv. phaseoli* 3622 i bez poboljšivača tla na bazi silicija (5,3 g), dok je relativno najmanju masu mahune imala kombinacija (B1 x K), odnosno, s primjenom kvržičnih bakterija i bez poboljšivača tla na bazi silicija (4,9 g).

Vrsta poboljšivača također nije značajno utjecala na masu mahuna, obzirom na statistički jednaku vrijednost ovog svojstva (5,1 g) kod svih istraživanih tratmana uključujući i kontrolni.



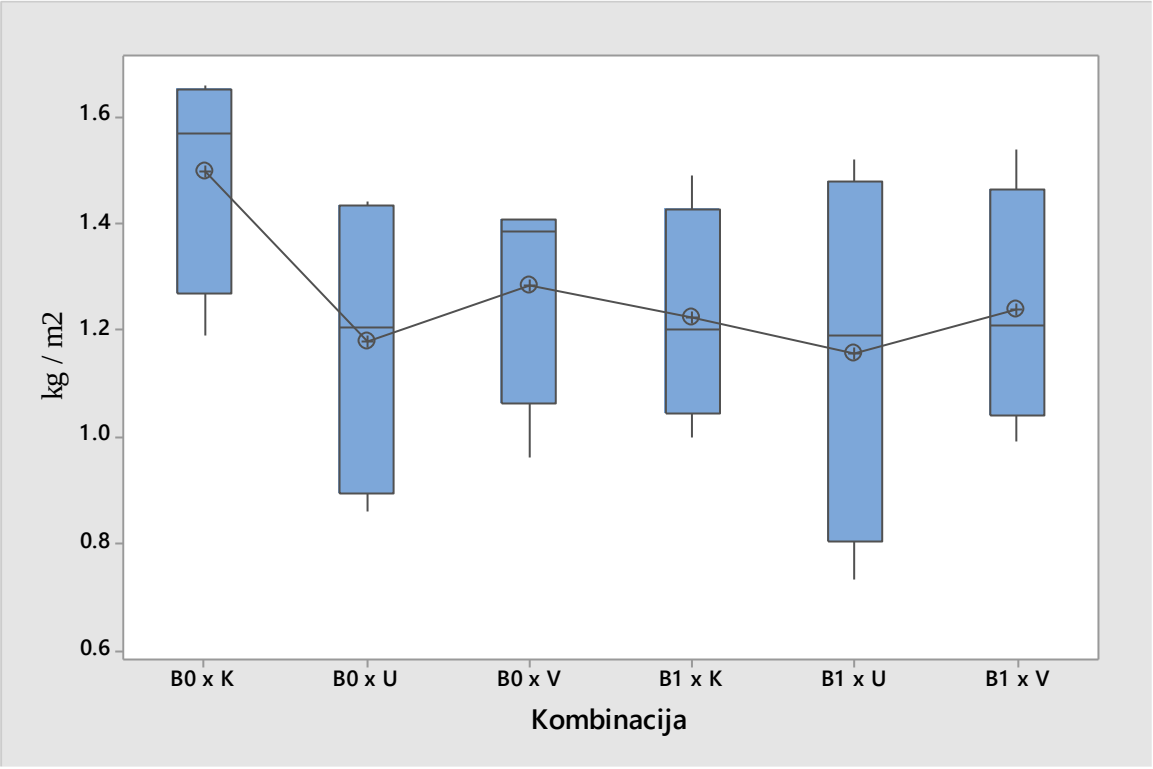

Grafikon 13. Utjecaj istraživanih faktora i interakcije na masu mahuna niskog graha mahunara

ns – nema značajnih razlika između vrijednosti

Sve istraživane kombinacije imale su statistički jednaku masu mahuna, u vrlo malom rasponu od 4,9 do 5,3 g. Relativno najmanja masa mahune je zabilježena kod tretmana B1 × K (4,9 g), a zatim slijede tretmani B0 × U (5,0 g), B0 x V (5,1 g) i tretman B1 × V (5,2). Relativno najveće mase mahune zabilježene su kod tretmana B1 × U i B0 × K (5,2 i 5,3 g).

## 4.6. Prinos

Iz grafikona 14 je vidljivo da je prinos kod istraživanih kombinacija bio u rasponu od 0,73 do 1,66 kg/m$^2$.

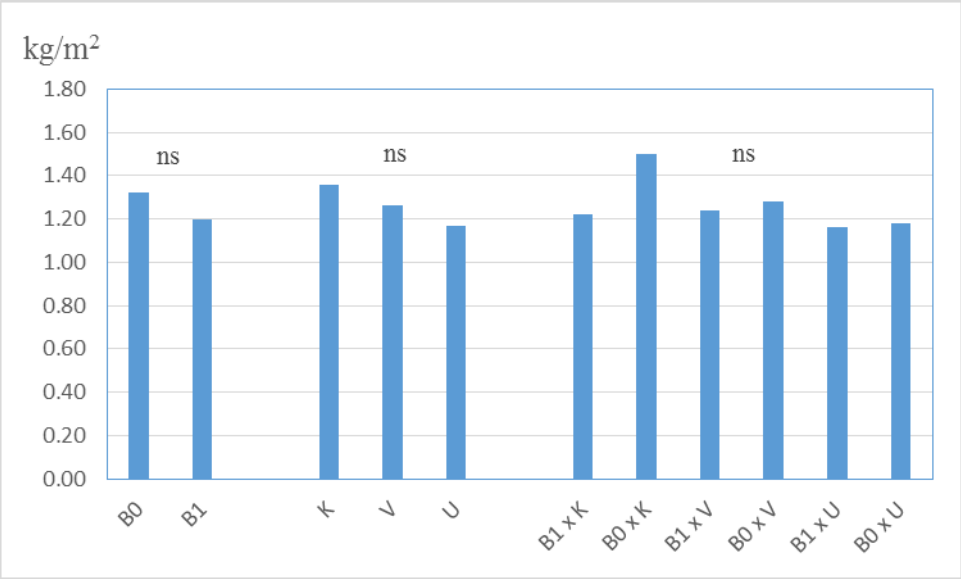



Grafikon 14. Distribucija prinosa niskog graha mahunara

Najmanja varijacijska širina, odnosno, najmanji raspon prinosa imale su kombinacije B0 × V (0,96 do 1,41 kg/m$^2$) i B0 × K (1,19 do 1,66 kg/m$^2$), a zatim slijede tretmani s primjenom bakterizacije B1 × K (1 do 1,49 kg/m$^2$) i B1 × V (0,99 do 1,54 kg/m$^2$). Najveći raspon vrijednosti ovog svojstva zabilježen je kod kombinacija B0 × U (0,86 do 1,44 kg/m$^2$) i B1 × U (0,73 do 1,52 kg/m$^2$).

Iz distribucije prinosa razvidno je da su kombinacije B0 × V i B0 × K imale najujednačenije vrijednosti prinosa, obzirom da je kod većine mjerenja utvrđen najmanji raspon (1,06 do 1,41 kg/m$^2$ i 1,04 do 1,42 kg/m$^2$). Najmanju ujednačenost u prinosu pokazala je kombinacija B1 × U, obzirom da je kod većine mjerenja prinos bio u najvećem rasponu od 0,80 do 1,48 kg/m$^2$.

Istraživani faktori kao niti njihova interakcija nisu značajno utjecali na prinos graha mahunara (grafikon 15).




Grafikon 15. Utjecaj istraživanih faktora i interakcije na prinos niskog graha mahunara

ns – nema značajnih razlika između vrijednosti

Obzirom na bakterizaciju, tretmani s kvržičnim bakterijama *R. leguminosarum bv. phaseoli* 3622 imali su zanemarivo manji prinos (1,20 kg/m$^2$) u odnosu na tretmane bez bakterizacije (1,32 kg/m$^2$).

Obzirom na primjenu poboljšivača tla, relativno veći prinos, također bez statističke opravdanosti, opažen je kod kontrolnog tretmana bez poboljšivača tla (1,36 kg/$m^2$), u odnosu na tretman sa EKO-RAST Vrtkom (1,26 kg/$m^2$) i tretman s EKO-RAST Univerzalom (1,17 kg/$m^2$).

Između istraživanih kombinacija nisu utvrđene opravdane razlike u prinosu. Obzirom na interakciju istraživanih faktora, relativno najveći prinos imala je kombinacija B0 × K (1,5 kg/$m^2$). Zatim slijede kombinacije B0 × V (1,28 kg/$m^2$), B1 × V (1,24 kg/$m^2$) i B1 × K (1,22 kg/$m^2$), dok su kombinacije s tretmanom EKO-RAST Univerzalom B0 x U i B1 x U imale najmanji zabilježeni prinos (1,18 i 1,16 kg/$m^2$).

Prema Hamu i sur. (1971) nedostatak efekta inokulacije, unatoč njenoj primjeni, uglavnom se pripisuje prirodno prisutnim sojevima kvržičnih bakterija. Pa tako Chemining'wa i sur. (2004) bilježe nedostatak statistički značajnog utjecaja bakterizacije na prinos.

Prema Bârci i sur. (2012) grah mahunar 'Bergold' vrlo brzo dozrijeva i ima genetski potencijal je između 7 i 9 t/ha. Bez obzira na istraživane faktore, prosječni prinos ostvaren u ovom istraživanju bio je 1,26 kg/$m^2$, čime je za 26 % premašen planirani prinos od 10 t/ha, odnosno, ostvareni prinos je bio veći 40 % u odnosu na vrijednosti koje navode Bârci i sur. (2012).

# 5. ZAKLJUČAK

Temeljem rezultata jednogodišnjeg istraživanja utjecaja predsjetvene bakterizacije i primjene poboljšivača tla na morfološka svojstva i prinos niskog graha mahunara 'Bergold', provedenog na području Grada Zagreba, razvidno je sljedeće:

1. Tijekom vegetacije zabilježeni su povoljni meteorološki uvjeti koji su pozitivno utjecali na morfološka svojstva i prinos graha mahunara. Oborine su bile dostatne i dobro raspoređene, obzirom da je u prva dva tjedna nakon sjetve zabilježeno 56,6 mm, a tijekom prva dva tjedna cvatnje 97,9 mm. Srednja temperatura zraka je većim dijelom vegetacijskog razdoblja imala optimalnu vrijednost.
2. Bakterizacija sjemena niskog graha mahunara 'Bergold' kvržičnim bakterijama *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* 3622 nije rezultirala tvorbom očekivanog broja krupnih kvržica na korjenu, primarno uslijed vrlo dobre opskrbljenosti tla dušikom. Iz tog razloga, dušik treba unijeti samo u količini koja zadovoljava potrebe graha mahunara tijekom početnog razdoblja vegetacije, odnosno, do uspostave zadovoljavajućeg intenziteta simbioze.
3. Bolja nodulacija kod tretmana bez predsjetvene bakterizacije ukazuje na vrlo dobru zastupljenost i kakvoću autohtonih sojeva kvržičnih bakterija u tlu lokacije poljskog pokusa, kao i na njihovu dobru kompatibilnost sa istraživanom sortom niskog graha mahunara.
4. Primjena silicijevih poboljšivača tla EKO-RAST Vrtko i EKO-RAST Univerzal pri navedenim meteorološkim uvjetima nije imala opravdan utjecaj na promatrana morfološka svojstva i prinos niskog graha mahunara.
5. Sve istraživane kombinacije ostvarile su visoki prinos mahuna, veći od 10 t/ha.
6. Relativno najveći prinos ostvaren je pri uzgou graha mahunara bez primjene predsjetvene bakterizacije i poboljšivača tla na bazi silicija.

7. Premda primjena silicijevih poboljšivača tla i predsjetvene bakterizacije nije značajno utjecala na prinos niskog graha mahunara, potrebno je provesti daljnja istraživanja za donašanje konačnih zaključaka o njihovoj učinkovitosti i isplativosti.

# 6. POPIS LITERATURE


1. Antunović, I. (2008). Prirodna raznolikost kvržičnih bakterija koje noduliraju grah (*Phaseolus vulgaris* L.). Završni rad, Agronomski fakultet, Zagreb
2. Bârcă S.V., Stan N., Stoleru V., Munteanu N., Stan T. (2012). Comparative behaviour for a new assortment of dwarf french beans in Iaşi area. Lucrări Ştiinţifice, Seria Agronomie, vol 55 (2)
3. Bhattarai, N., Bikash, B., Geeta, S., Kayo, D.Y. (2011). Effect of mycorrhiza and *Rhizobium* on *Phaseolus vulgaris* L. Scientific World 9(9): 66-69
4. Borošić J. (1992) Komponente priroda graha mahunara u postrnim rokovima sjetve. Zagreb
5. Chemining'wa G.N., Muthomi J.W., Obudho E.O. (2004) Effect of rhizobia inoculation and urea application on nodulation and dry matter accumulation of green manure legume at Katumani and Kabete sites of Kenya. Legume Res. Network Project Newslett., Issue No. 11: 13-17
6. Epstein, E. (1999) Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 50:641-664
7. Franzini I., Rosario A. N., Fernanda L. M., Ricardo A. (2009), Interactions between Glomus species and Rhizobium strains affectthe nutritional physiology of drought-stressed legume hosts Vinicius, Plant Physiology. 167:614-621
8. Giller K.E., Wilson K. J. (1991) Nitrogen fixation in tropical cropping systems. CAB International, Wallingford Oxon, UK: 119 - 136
9. Gorman C. F., (1969). Hoabinhian: A Pebble-Tool Complex with Early Plant Associations in Southeast Asia. Science 163(3868):671-3
10. Ham G.E., Cardwell V. B., Johnson H. W. (1971) Evaluation of *Bradyrhizobium Japonicum* inoculants in soils containing naturalized populations of Rhizobia, Agronomy Journal 63: 301-303
11. Heckman J. (2013). Silicon: A beneficial supstance, Better Crops/Vol. 97

12. Lešić R., Borošić J., Butorac I., Herak–Ćustić M., Poljak M., Romić D. (2004). Povrćarstvo. Zrinski d.d., Čakovec
13. Linderman W. C., Glover C. R. (1990) Guide A-129, Nitrogen fixation by legumes http://www.csun.edu/~hcbio027/biotechnology/lec10/lindemann.html Pristupljeno: 2. rujna 2016
14. Liebenberg, A.J. (2002). Dry bean production. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Pretoria
15. Marinković, J. (2006). Efekat primene Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli u proizvodnji pasulja (Phaseolus vulgaris L.). Magistarska teza, Novi Sad
16. Očić V., Šakić Bobić B., Grgić Z., Carović Stanko K., Grdiša M., Šatović Z. (2015) Izbor tipa mahuna prema stavovima proizvođača o zahtjevima tržišta.Zbornik radova 50. Hrvatskog i 10. Međunarodnog Simpozija Agronoma, Pospišil M.(ur.), MOTIV d.o.o., Zagreb
17. Otieno P. E., Muthomi J.W., Chemining'wa G.N., Nderitu J. H. (2009) Effect of Rhizobia inoculation, farm yard manure and nitrogen fertillizer on nodulation and yield of food grain legumes, Journal of Biological sciences 9(4):326-332
18. Statistički ljetopis Republike Hrvatske, Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske http://www.dzs.hr/Hrv/Publication/stat_year.htm
Pristupljeno: 2. rujna 2016.
19. Redžepović, S., Čolo, J., Blažinkov, M., Sikora, S., Pecina, M., Duraković, L. (2007): Utjecaj biostimulatora rasta i fungicida za tretiranje sjemena soje na učinkovitost simbiozne fiksacije dušika. Sjemenarstvo 24:169-176
20. Sikora, S. (1996). Simbiozna učinkovitost prirodne populacije *Bradyrhizobium japonicum* izolirane iz nekih tala zapadne Slavonije. Disertacija, Agronomski fakultet, Zagreb
21. Sikora, S., Redžepović, S. (2003). Genotypic characterization of indigenous soybean rhizobia by PCR-RFLP of 16S rDNA, rep-PCR and RAPD analysis. Food Technol. Biotechnol. 41(1): 61-67
22. Topol J., G. Kanižai Šarić, (2013.) Simbiotska fiksacija dušika u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji. Agronomski glasnik 2-3: 217-234

23. Trabelsi D., Mengoni A., Ammar H.B., Mhamdi R., (2010). Effect of on-field inoculation of Phaseolus vulgaris with rhizobia on soil bacterial communities
24. Yadegari M., H.A. Rahmani., (2010). Evaluation of bean (Phaseolus vulgaris) seeds inoculation with Rhizobium phaseoli and plant growth promoting Rhizobacteria on yield and yield components
25. Yami, K.D. Khanal, I.P. (1997). Biotechnology as a tool for increasing production of protein rich pulses in Nepal. In: Proceedings of second national conference on science and techanology NAST, Kathmandu, Nepal: 984-991

# 7. ŽIVOTOPIS

**Osobni podaci:**

Tvrtko Senković

E-mail: tvrtkosenkovi@gmail.com

Godina rođenja: 09.05.1985.

**Školovanje:**

2012. – 2016.: Agronomski fakultet, Zagreb

Diplomski studij, smjer: Hortikultura povrćarstvo

2008. – 2012. Agronomski fakultet, Zagreb

Preddiplomski studij, smjer: Ekološka poljoprivreda

1999. – 2003. Srednja škola Sesvete, Zagreb

Smjer: Opća gimnazija

**Strani jezici:**

Engleski jezik

**Tehničke sposobnosti:**

Odlično poznavanje rada u Microsoft office - Word, PowerPoint, Excel

Poznavanje rada i dugogodišnje iskustvo u radu sa pčelama

Dobro poznavanje rada sa poljoprivrednim mehanizacijom

**Vozačka dozvola:**

B kategorija

Tvrtko Senković rođen je 9. svibnja 1985. godine u Zagrebu. Osnovnu školu Vugrovec-Kašina završio je 1999. u Zagrebu, a Srednju školu Sesvete, s usmjerenjem Opća gimnazija, završio je 2003. godine. Nakon završetka srednje škole, zapošljava se u obiteljskom klesarskom obrtu. Agronomski fakultet upisuje 2008. godine na Sveučilištu u Zagrebu. Opredjeljuje se za preddiplomski studij Ekološke poljoprivrede kojeg uspješno završava 2012. godine. Iste godine upisuje diplomski studij Hortikultura, usmjerenje Povrćarstvo, također na Agronomskom fakultetu u Zagrebu.