



Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Šimun Kolega

**UTJECAJ RIZOBAKTERIJE  
*AZOSPIRILLUM BRASILENSE* NA  
VEGETATIVNI RAST I MINERALNI  
SASTAV LISTOVA PODLOGA TREŠNJE  
I SORTE 'LAPINS'**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2024



University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

Šimun Kolega

**THE INFLUENCE OF RHIZOBACTERIUM  
*AZOSPIRILLUM BRASILENSE* ON  
CHERRY ROOTSTOCK AND CV. LAPINS  
VEGETATIVE GROWTH AND LEAF  
MINERAL ANALYSIS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2024



Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Šimun Kolega

**UTJECAJ RIZOBAKTERIJE  
*AZOSPIRILLUM BRASILENSE* NA  
VEGETATIVNI RAST I MINERALNI  
SASTAV LISTOVA PODLOGA TREŠNJE  
I SORTE 'LAPINS'**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Izv. prof. dr. sc. Goran Fruk

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Kos

Zagreb, 2024



University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

Šimun Kolega

**THE INFLUENCE OF RHIZOBACTERIUM  
*AZOSPIRILLUM BRASILENSE* ON  
CHERRY ROOTSTOCK AND CV. LAPINS  
VEGETATIVE GROWTH AND LEAF  
MINERAL ANALYSIS**

DOCTORAL THESIS

Supervisors:

Assoc. prof. Goran Fruk, PhD

Assoc. prof. Tomislav Kos, PhD

Zagreb, 2024

## **Bibliografska stranica**

Bibliografski podaci:

- Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
- Znanstveno polje: Poljoprivreda
- Znanstvena grana: Voćarstvo
- Institucija: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za voćarstvo
- Voditelji doktorskog rada: izv.prof.dr.sc. Goran Fruk i izv.prof.dr.sc. Tomislav Kos
- Broj stranica: 94
- Broj slika: 11
- Broj tablica: 27
- Broj grafikona: 15
- Broj priloga: 0
- Broj literarnih referenci: 236
- Datum obrane doktorskog rada:
- Sastav povjerenstva za obranu doktorskog rada:

Prof. dr.sc. Boris Duralija

Izv.prof. dr.sc. Mihaela Blažinkov

Doc.dr.sc. Šime Marcellić

Rad je pohranjen u:

Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Ulica Hrvatske bratske zajednice 4 p.p. 550,  
10 000 Zagreb

Knjižnici Sveučilište u Zagrebu Agronomskog fakulteta, Svetošimunska cesta 25, 10 000  
Zagreb.

Tema rada prihvaćena je na sjednici Fakultetskog vijeća Sveučilište u Zagrebu  
Agronomskog fakulteta, održanoj dana 13. travnja 2023., te odobrena na sjednici Senata  
Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 22. studenog 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**IZJAVA O IZVORNOSTI**

Ja, **Šimun Kolega**, izjavljujem da sam samostalno izradio doktorski rad pod naslovom:

**UTJECAJ RIZOBakterije *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* NA VEGETATIVNI RAST I  
MINERALNI SASTAV LISTOVA PODLOGA TREŠNJE I SORTE 'LAPINS'**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga doktorskog rada;
- da je doktorski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni;
- da sam upoznat s odredbama Etičkoga kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19.).

Zagreb, \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. godine \_\_\_\_\_

*Potpis doktorandice / doktoranda*

## **Ocjena doktorskog rada**

Ovu disertaciju ocijenilo je povjerenstvo u sastavu:

1. Prof. dr.sc. Boris Duralija

Redoviti profesor u trajnom zvanju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

2. Izv.prof. dr.sc. Mihaela Blažinkov

Izvanredni profesor Sveučilišta u Slavonskom Brodu

3. Doc.dr.sc. Šime Marčelić

Docent Odjela za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru

Disertacija je obranjena na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, datum pred povjerenstvom u sastavu:

1. Prof. dr.sc. Boris Duralija

---

Redoviti profesor u trajnom zvanju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

2. Izv.prof. dr.sc. Mihaela Blažinkov

---

Izvanredni profesor Sveučilišta u Slavonskom Brodu

3. Doc.dr.sc. Šime Marčelić

---

Docent Odjela za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru

## **Informacije o mentorima :**

### **Izv. prof. dr. sc. Goran Fruk, izvanredni profesor**

Rođen je 1984. godine u Zagrebu. Dodiplomski studij *Bilinogojstvo, usmjerenje Voćarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo* završava 2008. godine. Od 2009. godine zaposlen je na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu kao znanstveni novak na Zavodu za voćarstvo. Doktorski studij *Poljoprivredne znanosti* završava 2014. godine obranom doktorskog rada naslova *Uloga toplinskih tretmana i sastava pektina u pojavi ozljeda plodova nektarine (Prunus persica var. nectarina Ait.) od niskih temperatura tijekom čuvanja*. Godine 2015. radi kao znanstveni novak – poslijedoktorand, za docenta je izabran 2016. godine, a za izvanrednog profesora 2022. godine. Kao autor ili koautor objavio je 20 znanstvenih radova citiranih u bazi WOS te 24 znanstvena rada citirana u ostalim bazama. Kao koautor sudjelovao je sa 52 znanstvena rada koja su izložena na domaćim i međunarodnim znanstvenim skupovima.

Znanstveni interesi su: nove tehnologije u uzgoju voća, čuvanje i pakiranje voća, tretmani voća poslije berbe, fiziološki poremećaji tijekom čuvanja, kakvoća voća, djelovanje čimbenika prije berbe na skladišnu sposobnost voća, ozljede plodova od niske temperature tijekom čuvanja. Znanstveno se usavršavao šest mjeseci na Univerzi v Ljubljani Biotehniškoj fakulteti (2013-2014).

Na preddiplomskim studijima suradnik je na pet predmeta, na diplomskim studijima suradnik je na četiri predmeta te nositelj 2 predmeta, a na doktorskom studiju suradnik je na jednom predmetu. Bio je mentor 25 završnih radova te 20 diplomskih radova.

Kao suradnik sudjelovao je u provedbi jednog znanstvenog nacionalnog projekta (MZO), jednog međunarodnog znanstvenog projekta (LIFE+) i jednog nastavnog projekta (ESI). Bio je suvoditelj i voditelj za instituciju 2 razvojna projekta financiranih iz ESI fondova (*Ampelografsko-pomološki istraživački centar i AgriArt sveobuhvatni upravljački sustav u području precizne poljoprivrede*). Trenutno je suradnik na 2 znanstvena projekta financirana iz sredstava HRZZ-a (*Mogućnost iskorištavanja tradicionalnih sorti jabuka za proizvodnju jabuka i soka od jabuka sa smanjenim udjelom patulina i Neretvanska mandarina-kemijkska karakterizacija i inovativni tretmani poslije berbe*).

Sudjelovao je u izradi studije *Studija o potencijalu uporabe solarne energije u poljoprivrednom sektoru i sektoru slatkovodne akvakulture u Hrvatskoj* (2023.) te je izradio nekoliko tehnoloških projekata podizanja voćnjaka.

## **Informacije o mentorima :**

### **Izv. prof. dr. sc. Tomislav Kos, izvanredni profesor**

Rođen je 1977. godine. Znanstveni je savjetnik. Diplomski studij na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu završava 2004. godine od kada je djelatnik Zavoda za poljoprivrednu zoologiju. Doktorski rad obranio je 2011. godine na istoj instituciji te je izabran u višeg asistenta u suradničkom zvanju znanstvenog novaka. U znanstveno zvanje znanstvenog savjetnika izabran je 2019. godine. Znanstveni interes usredotočen je na sustave i mjere suzbijanja štetnika na poljoprivrednim kulturama i uskladištenim poljoprivrednim proizvodima. Osim entomologijom, bavi se i fitofarmacijom, istraživanjem učinkovitosti sredstava za zaštitu bilja u laboratorijskim i poljskim pokusima, te savjetodavstvom u fitomedicini.

U nastavnom programu studija Agronomskog fakulteta bio je suradnik na jednom modulu preddiplomskog i dva modula diplomskog studija. Trenutno je nastavnik u zvanju izvanrednog profesora na Sveučilištu u Zadru pri Odjelu za ekologiju, agronomiju i akvakulturu gdje je nositelj/su-nositelj ili izvođač na šest predmeta preddiplomskog sveučilišnog studija „Primijenjene ekologije u poljoprivredi“ i dva predmeta zajedničkog diplomskog studija „Mediterranska poljoprivreda“ koji se izvodi zajedno sa Sveučilištem u Zagrebu, Agronomskim fakultetom. Pod njegovim mentorstvom izrađen je i obranjen jedan doktorski rad na Sveučilištu u Zagrebu pri biološkom odsjeku Prirodoslovno matematičkog fakulteta. Potvrđeni je komentor u postupku izrade još dva doktorska rada na Sveučilištu Josipa Juraja Strossmayera u Osijeku na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti. Mentorirao ili komentorirao 12 diplomske i 30 završnih radova, a na više njih bio je u povjerenstvu za obranu ili je sudjelovao kao neposredni voditelj.

Sudjelovao je sa 62 rada kao autor ili koautor na međunarodnim znanstvenim skupovima. Na nacionalnom stručnom skupu Hrvatskog društva biljne zaštite sudjelovao je sa 27 radova, od kojih je na 8 bio prvi autor. Kao autor ili koautor objavio je 46 znanstvenih radova indeksiranih u međunarodnim bazama, od kojih 20 indeksiranih u WOS/SCOPUS bazi, preostali broj u CAB ili u zbornicima međunarodnih znanstvenih skupova. Objavio je i značajan broj stručnih i popularnih članaka.

Surađivao je na četiri MZOŠ/HRZZ znanstvena projekta, („Biološko suzbijanje temelj ekološki prihvatljive zaštite bilja (MZOŠ 0178010 biotehničke znanosti, Agronomski fakultet, Zagreb, (voditelj: Jasmina Igrc Barčić)“; „Sustav procjene rizika-temelj integrirane zaštite kukuruza od štetnika (MZOŠ 178-1782066-2064), biotehničke znanosti, Agronomski fakultet, Zagreb, (voditelj: Renata Bažok)“, „Jačanje suradnje između znanosti, industrije i poljoprivrednika: transfer tehnologije za integriranu zaštitu (IPM) u šećernoj repi kao način za poboljšanje prihoda poljoprivrednika i smanjenje upotrebe pesticida (IPA 2007/HR/16IPO/001-040511) (HRZZ/EU kompetitivni), biotehničke znanosti, Agronomski fakultet, Zagreb, (voditelj: Renata Bažok)“, „Neonikotinoidi i bakar u mediteranskoj poljoprivredi – učinci na neciljanu faunu beskralješnjaka kroz trofičke interakcije (HRZZ, UIP-2017-05-1046), prirodne znanosti, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, (voditelj: Lucija Šerić Jelaska)“), tri međunarodna (FAO i EU kompetitivni) („Integrirana zaštita od kukuruzne zlatice u srednjoj i istočnoj Europi“ (GTFS/RER/017/ITA)(FAO), biotehničke znanosti, Agronomski fakultet, Zagreb, (voditelj: Jasmina Igrc Barčić)“; „Innovative sensor identification of insects in real time (INSECT LIFE 13 ENV/HU/001092)(LIFE) biotehničke znanosti, Agronomski fakultet, Zagreb, (voditelj: Božena Barać)“; Innovative Zeo-Biopesticides, based on useful microorganisms, for eliminating the use of copper-based pesticides (LIFE21-ENV-IT-LIFE MICROFIGHTER), (LIFE), Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru, (Voditelj: Tomislav Kos)“) i pet domaćih znanstvena i stručnih projekta financiranih iz sredstava EU („Komponenta programa IPA za razvoj ljudskih resursa u Hrvatskoj: Regionalna mreža lokalnih obrazovnih ustanova za programe učenja - ekološki poljoprivrednik poduzetnik, Centar za šljivu i kesten

(Petrinja, Hrvatska)“; „International Joint Master Degree in Plant Medicine“ (158.875-TEMPUS-1-2009-1-IT-TEMPUS-JPCR) biotehničke znanosti, Agronomski fakultet, Zagreb, (voditelj: Renata Bažok)“; „Pesticide Control and Reduction (PESCAR HR-BA-ME277) (Interreg IPA-CRO-BA-MNE), Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru, biotehničke znanosti (Voditelj: Tomislav Kos)“; „Smart agricultural network (SAN), KK.01.2.1.01.0100), (EFRR, IRI), Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru, biotehničke znanosti (Voditelj: Tomislav Kos)“; „Proizvodnja hrane, biokompozita i biogoriva iz žitarica u kružnom biogospodarstvu Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, (KK.05.1.1.02.0016), Sveučilište u Zadru/Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, biotehničke znanosti (Voditelj: Tajana Krička)“. Ostvario je više razvojnih projekta suradnje s lokalnom samoupravom ili udrugama proizvođača. Kao koautor sudjeluje u pisanju dvaju poglavlja u knjigama s međunarodnom recenzijom, dva priručnika s domaćom recenzijom te poglavlja monografije.

Aktivno sudjeluje u radu domaćih i inozemnih strukovnih udruženja (HDBZ, Hrvatsko ekološko društvo, Hrvatsko entomološko društvo, IOBC, B.E.N.A.). Dobitnik je Rektorove nagrade za studentski rad, stipendije Zaklade Agronomskog fakulteta za suradnju s gospodarstvom, Zelene stipendije Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa, Agencija za zaštitu okoliša i predstavništvo B.E.N.A-e u Hrvatskoj. Dobitnik je CEEPUS stipendije za boravak na Szent Istvan University u Godollo, Mađarskoj. Ovlašteni je predavač Ministarstva poljoprivrede za provođenje akcijskog plana održive uporabe pesticida.

**Zahvala**

## SAŽETAK

Trešnja (*Prunus avium* L.) prepoznata je voćna vrsta za svježu potrošnju. Najviše se užgaja u područjima umjerenog klimata, te zbog ranijeg dozrijevanja i tehnologija uzgoja postiže visoke cijene na tržištu. U intenzivnom uzgoju trešnje nove tehnologije bave se povećanjem uroda i kvalitete plodova uz očuvanje zdravstvenog stanja stabala, čemu pridonosi i odabir podloga optimalne bujnosti. Sainte Lucie (SL) 64, MaxMa 14 i Gisela 5 su podloge manje bujnosti od sjemenjaka, kompatibilne s velikim brojem sorti trešanja i pokazuju dobra svojstva na različitim tlima. Navedene podloge su kompatibilne sa sortom trešnje 'Lapins', koja je intenzivno proučavana sorta zbog svojih povoljnih svojstava kao što su sposobnost samooplodnje, rani ulazak u rod, te visoka i konstantna rodnost. Rizobakterije koje potiču rast biljaka (eng. PGPR) izravno ili neizravno utječu na razvoj biljke domaćina fiksacijom dušika, topljivošću teže dostupnih spojeva, sintezom fitohormona i sekundarnih metabolita, čime se povećava otpornost domaćina na stresne čimbenike okoliša i prisutnost fitopatogenih mikroorganizama. Vrsta *Azospirillum brasiliense*, rizobakterija koja pripada skupini korisnih mikroorganizama i asocijativno nastanjuje zonu korijenovog sustava biljke domaćina, pozitivno pridonosi rastu i karakteristikama te biljke. Današnju proizvodnju prati niz izazova s kojima se poljoprivrednici suočavaju. U praksi se uvode nova rješenja s ciljem smanjenog korištenja konvencionalnih metoda gnojidbe i zaštite. Utjecaj *A. brasiliense* na *Prunus* vrste do danas je nedovoljno istražen. Ciljevi ovog rada bili su utvrditi količinu mineralnih tvari u supstratu i lišcu podloga SL 64, MaxMa 14 i Gisela 5, te sorte 'Lapins' uslijed primjene *A. brasiliense*, te utvrditi vegetativnu aktivnost podloga i sorte 'Lapins' uslijed primjene *A. brasiliense*. Poljski pokus proveden je na komercijalno uzgojenim jednogodišnjim sadnicama triju podloga i okulantima sorte 'Lapins' u kontejnerima volumena 12 litara koji su bili raspoređeni po slučajnom bloknom rasporedu s tri ponavljanja i 15 sadnica po ponavljanju za svaku podlogu. Mikrobiološki inokulat AZOS® koji sadrži rizobakteriju *A. brasiliense* u koncentraciji od  $10^6$  CFU g<sup>-1</sup> dodavan je zalijevanjem kontejnera u količini od 0 g L<sup>-1</sup> (T0), 0,8 g L<sup>-1</sup> jedanput mjesечно (T1) i 0,8 g L<sup>-1</sup> svaki drugi mjesec (T2) u ujednačenim vremenskim intervalima. Kao čimbenici vegetativne aktivnosti promatrani su visina biljke, površina poprečnog presjeka debla sadnice (eng. TCSA) i indeks sadržaja klorofila listova (eng. CCI). Osim toga, tijekom vegetacije u četiri roka mjereni su vegetativni rast mladica, broj njihovih internodija i prosječna duljina internodija. Uzorci listova su prikupljeni sa središnjeg dijela mladice i analizirani. Za određivanje fizikalno kemijskih svojstava supstrata i mineralnog sastava listova korištene su slijedeće metode: u supstratu su određeni pH, EC i % soli, a u listu suha tvar. Količina dušika određena je metodom po Kjeldahlu, a nakon digestije s HNO<sub>3</sub> i HClO<sub>4</sub> količina fosfora određena je spektrotometrijski, kalija plamenfotometrijski, a kalcija i magnezija uz pomoć atomskog apsorpcijskog spektrometra. Rezultati su obrađeni dvofaktorskom analizom varijance te je proveden Tukey post-hoc test. Na temelju dobivenih rezultata istraživanja može se zaključiti kako je zalijevanje sadnica podloga inokulatom utjecalo na indeks sadržaja klorofila, te duljinu mladice i duljinu internodija u prvom mjerenu. Nadalje, u okulantima sorte 'Lapins' zabilježen je utjecaj bakterije na CCI, prosječnu duljinu internodija, sadržaj amonijaka, mineralnog dušika i kalcija u supstratu, te sadržaj dušika i magnezija u listovima. U istraživanju je uočen i utjecaj podloge na mjerene vegetativne karakteristike, svojstva supstrata te mineralni sastav listova u sadnicama podloga i okulanata. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da je inokulacija *A. brasiliense* polučila efekt na vrijednosti sadržaja klorofila i dušika u listovima, te da se rizobakterija preporuča koristiti kao nadopuna anorganskim ili organskim gnojivima u dobivanju kvalitetnog sadnog materijala. Očekivani znanstveni doprinos očituje se u novim saznanjima o efektima inokulacije *A. brasiliense* na vegetativnu aktivnost višegodišnjih vrsta iz roda *Prunus*, te o njenom utjecaju na količinu mineralnih tvari u inokuliranom supstratu i biljkama.

Ključne riječi: Gisela 5, indeks sadržaja klorofila, inokulacija, internodij, MaxMa 14, makroelementi, mladica, okulant, poprečni presjek debla, SL 64

## ABSTRACT

Sweet cherry (*Prunus avium* L.) is a valuable fruit species for fresh consumption. It is mostly grown in areas with a moderate climate, and due to its earlier ripening and cultivation technologies, it achieves high prices on the market. In the intensive cherry cultivation, new technologies deal with increasing the yield and quality of the fruits while preserving the health of the trees, which is also helped by the selection of rootstocks with optimal vigour. Rootstocks that are less vigorous than seedlings, compatible with a large number of sweet cherry varieties and show good properties on different soil types are Sainte Lucie (SL) 64, MaxMa 14 and Gisela 5. These rootstocks are compatible with cv Lapins, self-fertile, highly productive variety with ability to produce fruit at a young age. Plant growth-promoting rhizobacteria directly or indirectly affect the development of the plant by fixing nitrogen, solubilizing phosphates, synthesizing plant hormones and secondary metabolites, which increases plant resistance to environmental stress factors and the presence of phytopathogenic microorganisms. *Azospirillum brasiliense*, a rhizobacterium that belongs to the group of beneficial microorganisms and associatively inhabits the plant rhizosphere with its abilities positively contributes to the growth and characteristics of that plant. Today's production is accompanied by a series of challenges that farmers face. New solutions are introduced in practice with the aim of reducing the use of conventional fertilization and plant protection methods. The influence of *A. brasiliense* on *Prunus* spp. has been insufficiently investigated to date. Goals of this research were to determine the amount of macro elements in the substrate and leaves of three rootstocks and cv Lapins due to the application of *A. brasiliense*, and to determine the vegetative activity of the rootstocks and cv Lapins due to the application of *A. brasiliense*. The field experiment was carried out on commercially grown one-year-old maiden trees of three rootstocks and maidens of cv Lapins in 12-liter containers that were arranged in a randomized block design with 3 replicates and 15 plants per replicate for each rootstock. Microbial inoculum AZOS® containing *A. brasiliense* in a concentration of  $10^6$  CFU g<sup>-1</sup> was added by watering the plants in the amount of 0 g L<sup>-1</sup> (T0), 0.8 g L<sup>-1</sup> once a month (T1) and 0.8 g L<sup>-1</sup> every other month (T2) at regular time intervals. Plant height, trunk cross-sectional area and leaf chlorophyll content index (CCI) were observed as factors of vegetative activity. In addition, the vegetative growth of maiden trees, the number of their internodes and the average length of internodes were measured 4 times during the growing. Leaf samples were collected from the central part of the sapling and analysed in the laboratory. The following methods were used to determine the physio-chemical properties of the substrate and the mineral composition of the leaves: pH, EC and % salt was determined in the substrate, and dry matter was determined in the leaves. The amount of nitrogen was determined by the Kjeldahl method, and after digestion with HNO<sub>3</sub> and HClO<sub>4</sub>, the amount of phosphorus was determined spectrophotometrically, potassium by flame photometry, and calcium and magnesium with an atomic absorption spectrometer. Based on the obtained research results, it can be concluded that watering the plants with the inoculum affected CCI, as well as shoot length and internode length in the first measurement. Furthermore, the effect of bacteria on CCI, average length of internodes, content of ammonia, mineral nitrogen and calcium in the substrate, and nitrogen and magnesium content in the leaves was recorded in the cv Lapins. In this research, rootstock influenced the measured vegetative characteristics, substrate properties and the mineral composition of the leaves in rootstocks and cv 'Lapins' maidens was observed. The results of this research show that the inoculation of *A. brasiliense* had an effect on the values of chlorophyll and nitrogen content in the leaves, and that this rhizobacterium can be used as a supplement to inorganic or organic fertilizers in obtaining quality planting material. The expected scientific contribution is manifested in new knowledge about the effects of *A. brasiliense* inoculation on the vegetative activity of perennial species from the genus *Prunus* spp. and the influence of inoculation on the number of mineral substances in plants.

**Keywords:** bud graft, CCI, Gisela 5, inoculation, internode, macroelements, MaxMa 14, SL 64, shoot, TCSA

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1 Hipoteze istraživanja.....	3
1.2 Ciljevi istraživanja .....	3
2. PREGLED LITERATURE .....	4
2.1 Rizobakterije.....	4
2.1.1 Primjena rizobakterija u voćarstvu .....	5
2.2 Rod <i>Azospirillum</i> spp.....	6
2.2.1 <i>Azospirillum brasiliense</i> .....	7
2.3 Trešnja .....	10
2.3.1 Sorta 'Lapins' .....	11
2.4 Podloge trešnje.....	11
2.4.1 Kontejnerski uzgoj inokuliranih sadnica trešnje.....	15
3. MATERIJALI I METODE RADA .....	16
3.1 Lokacija pokusa.....	16
3.2 Klimatski čimbenici na lokaciji pokusa .....	16
3.2.1 Temperatura.....	16
3.2.2 Oborine.....	17
3.3 Komercijalni supstrat .....	18
3.4 Eksperimentalni dizajn.....	19
3.5 Tretmani u pokusu.....	21
3.6 Fizikalno kemijske analize supstrata.....	22
3.6.1 Uzorkovanje i priprema uzorka supstrata.....	22
3.6.2 Laboratorijske analize.....	23
3.7 Analiza mineralnog sastava listova .....	24
3.7.1 Berba listova i priprema uzorka.....	24
3.7.2 Određivanje suhe tvari lista.....	25
3.7.3 Određivanje ukupnog dušika u listu .....	26
3.7.4 Određivanje ukupnog fosfora u listu.....	26

3.7.5	Određivanje ukupnog kalija u listu .....	27
3.7.6	Određivanje ukupnog kalcija i magnezija u listu.....	27
3.8	Mjerenje vegetativne aktivnosti sadnica.....	27
3.8.1	Indeks sadržaja klorofila (CCI).....	27
3.8.2	Prirast u visinu sadnica .....	28
3.8.3	Prirast u debjinu sadnica.....	28
3.8.4	Dinamika vegetativnog rasta mladica .....	29
3.9	Statistička obrada podataka.....	29
4.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....	31
4.1	Fizikalno kemijska svojstva supstrata .....	31
4.1.1	Svojstva supstrata u sadnicama podloga.....	31
4.1.2	Svojstva supstrata u sadnica sorte 'Lapins' .....	35
4.2	Mineralni sastav listova.....	40
4.2.1	Mineralni sastav listova podloga .....	40
4.2.2	Mineralni sastav listova sorte 'Lapins' na tri podloge .....	45
4.3	Sadržaj klorofila u listu.....	47
4.3.1	CCI kod sadnica podloga.....	47
4.3.2	CCI kod sadnica sorte 'Lapins' .....	48
4.4	Vegetativni prirast .....	49
4.4.1	Prirast sadnica podloga u visinu i debjinu .....	49
4.4.2	Prirast sadnica sorte 'Lapins' u visinu i debjinu .....	50
4.5	Dinamika vegetativnog rasta u 2022. godini.....	52
4.5.1	Dinamika rasta podloga .....	52
4.5.2	Dinamika rasta sadnica sorte 'Lapins' .....	57
5.	RASPRAVA .....	60
6.	ZAKLJUČCI .....	73
7.	POPIS LITERATURE.....	75

## **POPIS KRATICA:**

<b>Kratica</b>	<b>Puni naziv</b>
<b>CCI</b>	Indeks sadržaja klorofila
<b>CFU</b>	jedinka koja stvara kolonije
<b>CSA</b>	sredozemna klima sa suhim vrućim ljetom (prema Koppenu)
<b>DHMZ</b>	Državni hidrometeorološki zavod
<b>DZS</b>	Državni zavod za statistiku
<b>EC</b>	elektroprovodljivost
<b>EM</b>	efektivni mikroorganizmi
<b>FAOSTAT</b>	Statistička baza podataka Organizacije za hranu i poljoprivredu
<b>KGB</b>	uzgojni oblik na trešnji (eng. <i>Kym Green Bush</i> )
<b>INRA</b>	Francuski nacionalni institut za agronomска istraživanja
<b>PGPR</b>	Rizobakterije promotori rasta biljaka
<b>pH</b>	mjera kiselosti, odnosno lužnatosti
<b>SD</b>	standardna devijacija
<b>SHG</b>	sorta trešnje 'Stark Hardy Giant'
<b>SL 64</b>	podloga trešnje punog naziva Sainte Lucie 64
<b>ST</b>	suha tvar
<b>spp</b>	podvrsta ili <i>subspecies</i>
<b>T</b>	tretman
<b>TCSA</b>	površina poprečnog presjeka debla
<b>TS3</b>	oznaka serije supstrata njemačkog proizvođača Klassman
<b>UFO</b>	uzgojni oblik na trešnji (eng. <i>Upright Fruiting Offshoot</i> )

## **POPIS SLIKA**

- Slika 1. Lokacija pokusa (Poljana, otok Ugljan)
- Slika 2. Raspored sadnica/kontejnera u pokusu (T0, T1 i T2 označavaju tretman, MaxMa 14, Gisela 5 i SL 64 označavaju podlogu, a brojke 1, 2 i 3 označavaju ponavljanje. U svakom ponavljanju nalazilo se 10 sadnica podloge i 5 sadnica okulanata)
- Slika 3. Uzorci supstrata nakon mućkanja u postupku filtracije
- Slika 4. Određivanje pH i EC u uzorcima supstrata
- Slika 5. Određivanje količine kalija u supstratu pomoću plamenog fotometra
- Slika 6. Listovi na mladici podloge Gisela 5 prije uzorkovanja (lijevo). Primjeri uzorkovanih listova svih podloge i sorte 'Lapins' (desno)
- Slika 7. Vaganje osušenih listova na preciznoj vagi
- Slika 8. Uzroci na hlađenju nakon razlaganja u mikrovalnoj peći
- Slika 9. Određivanje sadržaja fosfora u listovima na spektrofotometru
- Slika 10. Mjerenje CCI na listovima podloge SL 64
- Slika 11. Izgled poprečnog presjeka debla sadnice podloge MaxMa 14

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Srednja, absolutna maksimalna i minimalna temperatura po mjesecima za Zadar u razdoblju od 1991.-2021. (DHMZ, 2024.)

Tablica 2. Srednja, absolutna maksimalna i minimalna temperatura po mjesecima za Zadar za 2022. godinu (DHMZ, 2024.)

Tablica 3. Prosječne količine oborina po mjesecima za Zadar za razdoblje od 1991. – 2021. i 2022. godinu (DHMZ, 2024)

Tablica 4. Analiza komercijalnog supstrata TS3 (Klasmann-Deilmann GmbH, Njemačka) od strane ovlaštenog laboratorija

Tablica 5. Datumi tretiranja sadnica

Tablica 6. Datumi tretmana zaštite sadnica protiv štetnika i uzročnika bolesti, te nazivi registriranih sredstava

Tablica 7. Analiza varijance fizikalno kemijskih svojstava supstrata triju podloga

Tablica 8. Srednje vrijednosti pH, EC, % soli i sadržaja makroelemenata na kraju vegetacije 2022. godine u supstratu u kojem su uzgajane sadnice različitih podloga trešnje zalijevane suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima

Tablica 9. Analiza varijance fizikalno kemijskih svojstava supstrata sadnica sorte 'Lapins' cijepljenih na tri podloge

Tablica 10. Srednje vrijednosti pH, EC, % soli i sadržaja makroelemenata na kraju vegetacije 2022. godine u supstratu u kojem su uzgajane sadnice sorte 'Lapins' na različitim podlogama zalijevane suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima

Tablica 11. Srednje vrijednosti sadržaja  $\text{NH}_4^+$ , N-min i Ca u supstratu u kojem su uzgajane sadnice sorte 'Lapins' na različitim podlogama zalijevane suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima

Tablica 12. Analiza varijance suhe tvari i mineralnog sastava listova u sadnicama podloga

Tablica 13. Srednje vrijednosti mineralnog sastava listova sadnica različitih podloga trešnje zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima tijekom vegetacije 2022.

Tablica 14. Analiza varijance suhe tvari i mineralnog sastava listova u sadnicama sorte 'Lapins' uzgojenih na tri podloge

Tablica 15. Srednje vrijednosti suhe tvari i mineralnog sastava listova sadnica sorte 'Lapins' uzgojenih na različitim podlogama trešnje zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima tijekom vegetacije 2022.

Tablica 16. Analiza varijance CCI među podlogama

Tablica 17. Analiza varijance CCI među sadnicama sorte 'Lapins'

Tablica 18. Analiza varijance prirasta sadnica podloga u visinu i debljinu

Tablica 19. Srednje vrijednosti prirasta u visinu i debljinu sadnica zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima podloga trešnje

Tablica 20. Analiza varijance prirasta sadnica sorte 'Lapins' u visinu i debljinu

Tablica 21. Srednje vrijednosti prirasta u visinu i debljinu sadnica sorte 'Lapins' zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima podloga trešnje tijekom vegetacije 2022.

Tablica 22. Analiza varijance dinamike rasta mladice i broja internodija u sadnicama podloga trešnje

Tablica 23. Analiza varijance prosječne duljine internodija na mladicama sadnica podloga

Tablica 24. Prosječna duljina internodija na mladicama sadnica podloga trešnje zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima

Tablica 25. Analiza varijance dinamike rasta mladice i broja internodija u sadnicama sorte 'Lapins' cijepljenih na tri podloge

Tablica 26. Analiza varijance prosječnog broja internodija na mladicama okulanata sorte 'Lapins' cijepljenih na tri podloge

Tablica 27. Prosječna duljina internodija na mladicama sadnica sorte 'Lapins' zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima

## **POPIS GRAFIKONA**

Grafikon 1. Interakcija tretmana i podloge na elektroprovodljivost supstrata kod sadnica trešnje sorte 'Lapins'.

Grafikon 2. Interakcija tretmana i podloge na koncentraciju kalija u supstratu sadnica trešnje sorte 'Lapins'.

Grafikon 3. Interakcija tretmana i podloge na koncentraciju magnezija u supstratu sadnica trešnje sorte 'Lapins'.

Grafikon 4. Interakcija tretmana i podloge na postotak suhe tvari u listu sadnica podloga trešnje.

Grafikon 5. Interakcija tretmana i podloge na sadržaj dušika u suhoj tvari u listu sadnica podloga trešnje.

Grafikon 6. Interakcija tretmana i podloge na sadržaj kalcija u suhoj tvari u listu sadnica podloga trešnje.

Grafikon 7. Interakcija tretmana i podloge na sadržaj fosfora u suhoj tvari u listu sadnica trešnje sorte 'Lapins'.

Grafikon 8. Interakcija tretmana i podloge na indeks sadržaja klorofila u listu sadnica različitih podloga trešnje.

Grafikon 9. Utjecaji tretmana i podloge na indeks sadržaja klorofila u listu sadnica sorte 'Lapins'.

Grafikon 10. Interakcija tretmana i podloge na prosječni godišnji prirast u debeljinu (razlika između završnog i početnog poprečnog presjeka) okulanata sadnica trešnje sorte 'Lapins'.

Grafikon 11. Interakcija tretmana i podloge na prosječan broj internodija sadnica različitih podloga trešnje na dan 8. lipnja.

Grafikon 12. Dinamika rasta sadnica zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima.

Grafikon 13. Dinamika rasta sadnica podloga trešnje zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense*.

Grafikon 14. Dinamika rasta sadnica sorte 'Lapins' zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima.

Grafikon 15. Dinamika rasta sadnica sorte 'Lapins' na podlogama trešnje zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense*.

## 1. UVOD

Trešnja (*Prunus avium* L.) pripada u najcjenjenije voćne vrste za upotrebu u svježem stanju zbog vizualnih i organoleptičkih svojstava plodova uz brojne hranjive tvari koje se u njima nalaze. Pripada skupini koštičavog voća roda *Prunus* iz potporodice *Amygdyloideae*, porodice *Rosaceae* reda *Rosales* (Hummer i Janick, 2009). Pretpostavlja se da porijeklo vuče negdje oko Južnog Kavkaza, obale Kaspijskog jezera i Crnog mora, te sjeveroistočne Anatolije (Blando i Oomah, 2019). Uzgaja se većinom na području umjerenog klimata u kojem pripada i područje Mediteranskog bazena. Zbog ranijeg dozrijevanja i prethodno opisanih karakteristika postiže visoke cijene na tržištu što joj je podiglo značaj u voćarskoj proizvodnji. Prema podacima FAOSTAT-a proizvodnja trešnje u Europi u 2022. godini iznosila je 840.191 tona, dok je u istoj godini u Hrvatskoj bilo proizvedeno 1.800 tona od čega je polovica proizvodnje u obalnom području gdje prevladavaju karbonatna tla (FAOSTAT, 2023). Trenutna proizvodnja u Hrvatskoj nije dovoljna za potrebe tržišta, djelomičan razlog tome su zastarjeli sortiment i korištenje tradicionalnih generativnih podloga. U obalnom području tradicionalna podloga je sjemenjak rašeljke (*Prunus mahaleb* L.), a na težim tlima još uvijek je rasprostranjen sjemenjak divlje trešnje (*Prunus avium* L.). Dvije navedene podloge karakterizira velika bujnost stabla i kasniji ulazak u rod, no i dalje prevladavaju kao sadni materijal u većini rasadnika (Čmelik i sur., 2004).

Novije tehnologije uzgoja u voćarstvu bave se povećanjem uroda i kvalitete plodova (Küçüker i sur., 2023; Shin i sur., 2023). Iako urod i kvaliteta ploda ovise od mnogo čimbenika, podloge koje se koriste u nasadu izravno utječu na vegetativni rast, bujnost i oblik stabla, te posljedično na urod, vrijeme dozrijevanja, veličinu i kvalitetu ploda (Szot i Meland, 2001; Miljković i sur., 2002, 2003; Čmelik i sur., 2004; Duralija i sur., 2007). Također, odabir podloge utječe i na formiranje uzgojnog oblika, načina rezidbe i berbe (Hrotkó i sur., 2009; Zec i sur., 2017). Podloga je bitna komponenta u modernom voćarstvu zbog svoje sposobnosti prilagodbe određenog kultivara različitim uvjetima okoliša i agrotehničkim zahvatima. Ona pruža cijepljenoj sorti važne osobine kao što su otpornost korijena na štetne organizme iz tla, bolja ukorijenjenost, poboljšana apsorpcija hrani, te tolerantnost na ograničavajuće ekološke i pedološke čimbenike, npr. tla s visokim sadržajem soli ili sušna područja uzgoja (Gainza i sur., 2015). Uz ove osobine, podloga može utjecati na prijenos auksina i citokinina unutar biljke (Sorce i sur., 2002). Iako ne postoji podloga koja će dati sve najbolje karakteristike u svim područjima uzgoja, njen odabir ne ovisi samo o iskustvu proizvođača, već i o sorti koja će se uzgajati, sustavu uzgoja i lokaciji voćnjaka. Tradicionalne, bujne podloge kao što su sjemenjaci dolaze na rod nakon četvrte ili pete godine, sade se na veće razmake, a plodovi su sitniji. Zbog njihovih nedostataka proizvođači novih nasada trešnje okreću se profitabilnijim podlogama na

kojima će sortiment lakše pokazati svoj potencijal, a to su vegetativne podloge srednje i slabe bujnosti.

U današnjoj poljoprivrednoj proizvodnji kod primjene tehnologija gnojidbe i zaštite naglasak se stavlja na korištenje različitih bioloških, mikrobioloških i biotehničkih preparata koji bi trebali vratiti izvornu plodnost osiromašenih tala uz smanjeno korištenje sve skupljih mineralnih gnojiva i pesticida (du Jardin, 2015). Važnu ulogu u poboljšanju rasta biljaka u posebnim uvjetima tla također ima inokulacija korisnim mikroorganizmima (Malusa i sur., 2007; Głuszek i sur., 2021). Ovi organizmi pomažu biljci usvojiti potrebna hraniva putem procesa kao što su fiksacija dušika, topljivost fosfata, sekvestracija željeza putem siderofora, te biosinteza fitohormona kao što su auksini, giberelini i citokinini. Osim direktnog utjecaja na biljku postoji i indirektan utjecaj poput rizosferne kompeticije, inducirane sistemske otpornosti (eng. *induced systemic resistance*), biosinteze fitohormona (jasmonična kiselina, etilen), te biosinteze antimikrobnih molekula (Cassán i sur., 2014).

Rizosfera je naziv za zonu tla koja se nalazi u neposrednoj blizini korijena biljke i u kojem su izražene interakcije mikroorganizama, tla i korijena biljke (Hartmann i sur., 2008). U rizosferi obitavaju i vrste rizosfernih bakterija koje potiču rast biljaka, a pripadaju rodovima *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* i *Serratia* (Rodríguez i Fraga, 1999; Sturz i Nowak, 2000; Sudhakar i sur., 2000; Karakurt i sur., 2011; Ahemad i Kibret, 2014). Rizobakterije roda *Azospirillum* pripadaju asocijativnim mikroorganizmima koji su sposobni kolonizirati korijen biljke, te imaju povoljan učinak na njihov razvoj. Vrste iz ovog roda uglavnom koloniziraju krmno bilje i žitarice, no istraživanja su potvrdila njihov blagotvorni učinak i na višegodišnje biljke. Inokuirane biljke bolje usvajaju hraniva koje u većim količinama akumuliraju u svojim organima (Okon, 1985). Rizobakterije roda *Azospirillum* nastanjuju rizosferu važnih kultura, od žitarica do voćki, u raznim uvjetima uzgoja i različitim klimatskim prilikama. Vrsta *Azospirillum brasiliense* (Tarrand i sur., 1978) također spada u korisne mikroorganizme i asocijativno nastanjuje zonu korijenovog sustava biljke domaćina. Vrsta *A. brasiliense* naširoko se koristi kao dodatak dušičnim gnojivima u programima ishrane hranivima u voćnim kulturama (Singh i sur., 2024). Učinkovitost kolonizacije rizosfere biljke domaćina ovisi i o brojnim čimbenicima u agro ekosustavu među kojima su tip tla, pH reakcija, slanost i vlažnost tla, klimatski uvjeti te razina gnojidbe koji igraju važnu ulogu u kolonizaciji korijena i širenju mikroorganizama (Dobbelaere i sur., 2001; Omar i sur., 2009).

Na rast i prinos trešnje značajno utječe i gnojidba, a važnu ulogu u gnojidbi ima inokulacija biljaka korisnim mikroorganizmima i korištenje uravnotežene organske gnojidbe (Głuszek i

sur., 2020, 2021). Nekolicina autora proteklih desetljeća bavila se uzgojem inokuliranih sadnica trešnji u rasadniku (Stachowiak, 2009; Świerczyński i Stachowiak, 2012).

## 1.1 Hipoteze istraživanja

Inokulacija supstrata rizobakterijom *A. brasiliense*:

- a. povećat će količinu dušika, fosfora, kalija, kalcija i magnezija u supstratu i listovima u odnosu na kontrolni tretman
- b. povećat će vegetativnu aktivnost podloga i sorte 'Lapins' u odnosu na kontrolni tretman

## 1.2 Ciljevi istraživanja

1. Utvrditi količinu dušika, fosfora, kalija, kalcija i magnezija u supstratu i listovima podloga SL64, MaxMa 14 i Gisela 5 uslijed primjene *A. brasiliense*.
2. Utvrditi količinu dušika, fosfora, kalija, kalcija i magnezija u supstratu i listovima sorte 'Lapins' uslijed primjene *A. brasiliense*.
3. Testirati vegetativnu aktivnost podloga i sorte 'Lapins' uslijed primjene *A. brasiliense*.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1 Rizobakterije

Intenzivna poljoprivredna proizvodnja osigurava visoki urod i kvalitetu uzgajanih kultura ponajviše zbog ekstenzivne upotrebe mineralnih gnojiva i pesticida. No, sve veći troškovi proizvodnje i negativni učinci na okoliš probudili su interes u ekološki prihvatljive i održive poljoprivredne prakse (Eşitken i sur., 2005). Jedna od tih praksi je korištenje korisnih mikroorganizama kao mikrobiološko gnojivo (O'Connell, 1992). Poznato je da upotreba mikrobioloških gnojiva koja sadrže korisne mikroorganizme umjesto sintetskih kemikalija poboljšava razvoj biljke opskrbljujući ju hranivima i doprinosi održavanju zdravlja okoliša i produktivnosti tla (O'Connell, 1992).

Tijekom razvoja poljoprivredne proizvodnje došlo je do značajnog porasta u upotrebi mikrobioloških inokulanata (Hayat i sur., 2010). Brojni korisni mikroorganizmi koji se prirodno nalaze u području rizosfere različito utječu na razvoj biljaka uspostavom pozitivnih, negativnih ili neutralnih interakcija.

Mikroorganizmi koji uspostavljaju pozitivnu interakciju s biljkom domaćinom spadaju u rizobakterije i pokazalo se da poboljšavaju kvalitetu, proizvodnju i rast biljaka. Sam pojam „rizobakterije“ prvi put su spomenuli Kloepper i Schroth (1978) u istraživanju utjecaja korisnih bakterija na rast i otpornost rotkvica na uzročnike bolesti. Autori su ove korisne bakterije nazvali rizobakterije promotori rasta biljaka [eng. *Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)*]. Postoje dvije glavne skupine rizobakterija: one koje formiraju simbiotsku vezu s biljkom domaćinom kao što su vrste roda *Rhizobium* i one koje slobodno obitavaju u tlu, a spadaju u skupinu asimbiotskih i asocijativnih rizobakterija (Glick, 1995). Te vrste često povećavaju prinose usjeva fiksirajući atmosferski dušik ( $N_2$ ) u rizosferi (Hecht-Buchholz, 1998). Izvori dušika su također razgradnja organske tvari i mineralizacija uzrokovana djelovanjem bakterija, uključujući vrste iz rodova *Azotobacter* i *Azospirillum*. Bakterije asimiliraju  $N_2$  samo u svrhu funkcioniranja staničnog metabolizma i ne izlučuju ga u okolinu, no nakon odumiranja bakterijske stanice, dušik ostaje u rizosferi (Rutkowski i Łysiak, 2023). Nadalje, rizobakterije mogu neizravno ili izravno utjecati na razvoj biljke utječući na sintezu fitohormona i sekundarnih metabolita, te na čimbenike otpornosti u stresnim uvjetima okoliša. Sposobnošću sinteze fitohormona kao što su auksini, citokinini, giberelini i etilen reguliraju brojne fiziološke procese u biljci. Primjerice, na rast i izduživanje stabljike, te rast listova utječu giberelini (Spaepen i sur., 2009). Nadalje, mogu izravno opskrbljivati biljku različitim spojevima ili olakšati njihovu apsorpciju putem fiksacije dušika ili topljivosti teže dostupnih spojeva fosfata. U dosadašnjoj literaturi značajni dio poznatih

rizobakterija istražen je i potvrđeno je njihovo povoljno djelovanje na rast i razvoj biljaka (Castillo i sur., 2015). Istražene rizobakterije najčešće uključuju vrste iz rodova *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter* i *Azospirillum*.

### 2.1.1 Primjena rizobakterija u voćarstvu

Općenito, u istraživanjima o utjecaju rizobakterija na biljke u manjem obimu je obuhvaćen njihov utjecaj na voćne kulture u odnosu na ostale kulture. Od osamdesetih godina prošlog stoljeća uočeni su povoljni učinci njihove primjene na različite voćne vrste poput breskve (*Prunus persica* L.), nektarine (*P. persica* var. *nectarina*), marelice (*P. armeniaca* L.) i šljive (*P. domestica* L.) (Pusey i Wilson, 1984). Daljnja istraživanja pokazala su njihov utjecaj na karakteristike ostalih vrsta poput agruma (*Citrus* spp.), dudova (*Morus* spp.), jabuke (*Malus domestica* Borkh.) i trešnje. Sudhakar i sur. (2000) opisali su nekoliko aspekata folijarne primjene rizobakterija zbog kojih su pojedini autori odabrali takav način primjene u svojim istraživanjima (Eşitken i sur., 2002, 2006; Pirlak i sur., 2007). Druga skupina autora rizobakterije je primjenjivala klasično, inokulacijom u zonu korijena (De Silva i sur., 2000; Calvet i sur., 2001; İpek i sur., 2021). Pojedina istraživanja su pokazala da rizobakterije potiču rast biljaka i korijena u podlogama agruma te povećavaju unos hranjivih tvari i prinos u jagodi (*Fragaria ananassa* 'Elsanta') i malini (*Rubus idaeus* L.) (Giassi i sur., 2016; İpek, 2019; Pii i sur., 2018). Istraživanje Aslantaş i sur. (2007) pokazalo je kako su bakterijska fiksacija dušika i topljivost fosfata potaknule stopu rasta i prinos jabuka u dugotrajnim uvjetima uzgoja. Prema istraživanjima Eşitken i sur. (2002, 2003), prirodni i prirasti stabala te sadržaj pojedinih minerala (N, P, K i Ca) u listovima stabala marelice povećao se nakon folijarne primjene rizobakterija. Nadalje, Al-Hadethi i sur. (2017) su nakon tretmana sadnica breskvi biognojivom u čijem su sastavu rizobakterije iz rodova *Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp. i *Bacillus* spp. otkrili da su vegetativna aktivnost biljaka, klorofil u lišću te opći mineralni sastav lista bili u porastu. Rezultati sličnog istraživanja autora İpek i sur. (2021) ilustriraju učinke sojeva bakterija iz rodova *Alcaligenes* spp., *Agrobacterium* spp., *Staphylococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Bacillus* spp. i *Pantoea* spp. na rast sadnica breskve sorte 'Elegant Lady' i sadržaj hranjivih tvari. U usporedbi s kontrolom, podloga GF 677 pokazala je bolje rezultate od podloge Nemaguard u pogledu morfoloških karakteristika sadnica. Osim toga, primjećeno je da je lisna površina veća kod sadnica obje podloge tretirane sa sojem iz roda *Pantoea* spp. u odnosu na kontrolu. Nadalje, ove bakterije opisane su kao mogući agensi biološkog suzbijanja protiv raznih bakterijskih i gljivičnih infekcija koje uzrokuju ekonomski značajne probleme biljkama, kao i agensi koji potiču rast biljaka (Eşitken i sur., 2006). Primjerice, na marelici folijarna primjena rizobakterije *Bacillus subtilis* (Ehrenberg 1835) Cohn 1872 neizravno je smanjenjem zaraze uzročnikom šupljikavosti lista povećala urod i kvalitetu plodova (Eşitken i sur., 2002).

Na trešnji je objavljeno nekoliko radova od strane raznih autora čiji su rezultati demonstrirali potencijal korištenja rizobakterija kao mikrobiološkog gnojiva. Eşitken i sur. (2006) su primjenili bakterije iz roda *Pseudomonas* i *Bacillus*, u kombinaciji i samostalno putem folijarnih tretmana i tretmana cvjetova, na sorti trešnje '0-900 Ziraat' te dobili značajne razlike u urodu i masi ploda u odnosu na kontrolu, no njih ipak nije bilo kod svih tretmana. Naprotiv, svi tretmani su pokazali značajnu razliku u dužini mladice u odnosu na kontrolu. Nadalje, folijarna analiza listova pokazala je značajne razlike u sadržaju makroelemenata (N, P i K) kod svih tretmana bakterijama. U istraživanju Akca i Ercisli (2010) kombinacija tretmana vrsta iz roda *Bacillus* sa NPK gnojivom pokazala je značajni utjecaj na kvalitetu plodova trešnje sorte '0-900 Ziraat' u odnosu na kontrolu. Thakur i sur. (2017) izolirali su nekoliko nedeterminiranih sojeva bakterija iz rizosfere trešnje te su inokulirali sjemenjake trešnje na kojima su uočili pojačano usvajanje N, P i K, te poboljšanje parametara rasta u odnosu na kontrolu. Glavni nedostatak za rašireniju upotrebu rizobakterija u komercijalne svrhe, kako navode Dobbelaere i sur. (2001) su nedosljedni rezultati u terenskim istraživanjima zbog nepovoljnih abiotičkih i biotičkih čimbenika.

## 2.2 Rod *Azospirillum* spp.

Rod *Azospirillum* spp. obuhvaća gram negativne mikroaerofilne vrste spiralnog ili štapićastog oblika koje ne proizvode spore. Rod je 1925. godine u Nizozemskoj otkrio Martinus Beijerinck i odonda je jedan od najproučavanijih rodova rizobakterija (Cassán i sur., 2020). *Azospirillum* spp. su aerobni kemoorganotrofi i pripadaju u alfa podgrupu proteobakterija iz porodice *Rhodospirillaceae* (de Zamaroczy, 1995). Do 2020. godine identificirano je ukupno 22 vrste koje spadaju u rod *Azospirillum*, među kojima su najpoznatije *A. lipoferum* i *A. brasilense*. Vrste su biološki fiksatori dušika koji žive u asocijaciji s biljkama u rizosferi i fiksiraju N<sub>2</sub> u mikroaerobnim uvjetima koji je N fiksacijski potencijal asocijativnih fiksatora dušika (Roper i Gupta, 2016), a najčešće su izolirane iz tla. Rizobakterije iz roda *Azospirillum* često su istraživane u zajednicama rizosfernih mikroorganizama. Smatra ih se svestranim vrstama jer su dosad izolirane u različitim sredinama i ekstremnim uvjetima (Reis i sur., 2015). Tijekom 80-tih godina prošlog stoljeća vrste iz roda *Azospirillum* počele su se češće koristiti u formulacijama sa drugim korisnim mikroorganizmima (Cassán i sur., 2020).

Pregledom dostupne literature uočeno je da je najviše istraživanja na rodu *Azospirillum* napravljeno na području Južne Amerike sa sojevima tropskog porijekla (Az39, Az70, Az78, Abv5, Abv6, CFN535 i drugi) u asocijациji sa žitaricama, leguminozama i ostalim oraničnim kulturama gdje su dokazano poboljšani rast i produktivnost tih usjeva (Cassán i sur., 2020).

Zbog nepredviđenog i nedosljednog djelovanja rizobakterija u primjeni većih razmjera, u počecima komercijalna upotreba nije bila zaživjela (Okon i Labiera-Gonzalez, 1994). Kasnije se nekoliko manjih proizvođača mikrobioloških preparata ipak uspjelo probiti na međunarodno tržište (Bashan i Holguin, 1997), a istraživanja rađena prije 1990. godine ukazivala su na specifičnu povezanost vrsta roda *Azospirillum* spp. s određenim žitaricama. Međutim, objavljeni podaci pokazuju da rod *Azospirillum* spp. nije usko vezan za određene vrste već kolonizira i ostale jednogodišnje i višegodišnje biljke te se može uspješno primijeniti na biljke gdje prirodno nastanjuje njihovu rizosferu (Bashan i Holguin, 1997), uz uvjet kompatibilnosti soja bakterije i inficirane vrste. Bez obzira na značajne rezultate kroz godine istraživanja i u staklenicima i na otvorenom koji pokazuju potencijal primjene roda *Azospirillum* spp., usmjerenost radova većinom je na istraživanjima u zatvorenim prostorima, osim u primjeni na oraničnim kulturama koje najbolje reagiraju na inokulaciju navedenim rodom (Bashan i Holguin, 1997). Na području voćarstva dosad je objavljen manji broj radova o utjecaju roda *Azospirillum* na biljke u *in vivo* uvjetima. Primjerice, na bijelom dudu (*Morus alba* L.) Das i sur. (1990, 1994) su u nekoliko navrata inokulacijom fiksatora dušika iz roda *Azotobacter* i *Azospirillum* uz niže koncentracije dušičnog gnojiva potvrdili mogućnost prepolovljavanja doze dušičnih gnojiva bez negativnih efekata na urod i kvalitetu listova. Najveći broj istraživanja koji uključuje interakciju vrtsa iz roda *Azospirillum* s biljkama baziran je na vrsti *A. brasiliense* (Cassán i sur., 2015).

### 2.2.1 *Azospirillum brasiliense*

Vrsta *A. brasiliense* izolirana je u Brazilu na korijenu vrste *Digitaria decumbens* Stent (Tarrand i sur., 1978). Stanica je srednje veličine ( $1 \times 3$  do  $5 \mu\text{m}$ ) sa vrlo pokretnim, zakriviljenim štapićima spiriloidnog kretanja. Ima sposobnost kemotaksije prema velikom skupu organskih kiselina, šećera, šećernih alkohola, te aminokiselina što povećava šansu za interakciju bakterije s korijenom biljke domaćina (Hayat i sur., 2010). U istraživanjima je otkriveno da je *A. brasiliense* vrlo pokretna u tlu, te ima sposobnost povećanja površine korijena za usvajanje hraniva (Singh i sur., 2024). Važnom ulogom *A. brasiliense* smatra se oživljavanje ciklusa hraniva u tlu putem biološke fiksacije dušika. Nadalje, stimulira sintezu tvari koje potiču rast kao što su biljni hormoni auksini, giberelini i citokinini, te metaboliti koji povećavaju otpornost domaćina na biotički i abiotički stres (Wani, 1990; Cassán i sur., 2020). Iako još uvijek nije u potpunosti razjašnjen precizan način djelovanja *A. brasiliense*, autori Cassán i sur. (2020) su postavili hipotezu učinkovitog usvajanja hraniva kroz mehanizme fiksacije dušika i sintezu fitohormona. Metabolički putevi sinteze indol-3-octene kiseline kod vrsta roda *Azospirillum* su razjašnjeni, no dokazano je kako bakterije iz tog

roda proizvode navedeni hormon iz skupine auksina (Schneider i Wightman, 1974; Tien i sur., 1979). Vrsta *A. brasiliense* također pokazuje antagonističku interakciju protiv patogena koji uzrokuju bolesti korijena, najčešće zbog kompeticije za prostor i hraniva, te proizvodnje antibiotika (Brooks i sur., 1994). Primjerice, *A. brasiliense* može reducirati učestalost i jačinu napada bakterijske paleži na dudu (Sudhakar i sur., 2000), bolesti na *Prunus* podlozi Mr.S 2/5 (Russo i sur., 2008) i antraknozu na jagodama (Tortora i sur., 2011). Isto tako, temeljem brojnih istraživanja uočeno je da većina rizobakterija ne može maksimizirati svoj potencijal djelovanja samostalno već u asocijaciji sa ostalim korisnim mikroorganizmima ili u kombinaciji s gnojivima (Das i sur., 1990; Sudhakar i sur., 2000; Malusa i sur., 2007; Rueda i sur., 2016; Kumar i sur., 2018; Bellamy i sur., 2022). Nadalje, *A. brasiliense* je u mješovitoj kulturi s drugim mikroorganizmima pokazala veću korisnost za biljku domaćina nego kad je bila inokulirana samostalno što se pokazalo kao glavna okosnica u istraživanjima (Bashan i Holguin, 1997). Primjerice, bakterija pokazuje pozitivnu interakciju s mikoriznim gljivama. Bellone i de Bellone Silvia (2012) otkrili su kako je kod šećerne trske (*Saccharum officinarum* L.) prisutnost unutarstaničnih hifa mikorize povećalo kolonizaciju rizobakterije *A. brasiliense* u međustanične prostore koje stvara gljiva.

Sposobnost preživljavanja rizobakterije *A. brasiliense* u različitim okolišnim uvjetima i u različitim tlima detaljno je ispitana od strane pojedinih autora (Okon, 1985; Bashan i sur., 1995; Bashan i Holguin, 1997). Rizobakterija je pokazala dobru sposobnost preživljavanja u svim vrstama istraženih tala. Na njenu sposobnost preživljavanja su utjecali postotak čestica gline, dušik, organska tvar i kapacitet zadržavanja vode, dok su negativan utjecaj imale visoke koncentracije kalcijevog karbonata i čestica pijeska (Bashan i sur., 1995). Postoje i sojevi *A. brasiliense* koji su se adaptirali na prisutnost teških metala te uz pomoć eksudata biljke domaćina koji su izvor ugljika mogu djelovati u kontaminiranim tlima (Rao, 1978; Bürgmann i sur., 2005; Kamnev i sur., 2005;). Nadalje, u svom radu Okon (1985) opisuje miješanje *A. brasiliense* s tresetom kao najefikasniju metodu pripreme inokulata zbog visokog stupnja adsorpcije na treset koji omogućuje šestomjesečno preživljavanje kolonija. Isti autor pojašnjava kako u tlima bogatima organskom tvari inokulirana rizobakterija dolazi u kompeticiju s velikom mikrobnom populacijom koja prirodno nastanjuje rizosferu.

U poljskim pokusima inokulacije s vrstom *A. brasiliense* najčešće su istraživane žitarice, poput prosa (*Panicum* spp.) i pšenice (*Triticum* spp.) (Tien i sur., 1979; Barbieri i sur., 1986). Zaady i sur. (1994) su zbog komercijalnog potencijala vrste sugerirali daljnja poljska istraživanja i na ostalim kulturama. Provedena istraživanja na žitaricama pokazala su da biljke inokulirane s ovom rizobakterijom imaju pozitivnu prednost u smislu povećanog prinosa, biomase i unosa dušika što se pripisuje malom povećanju dostupnog dušika putem

biološke fiksacije (Singh i sur., 2024). Nadalje, inokulirani usjevi pokazuju veći razvoj korijenovog sustava uz povećanje unosa  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  i  $\text{K}^+$  iona (Wani, 1990).

Dosadašnja istraživanja u voćarstvu pokazala su utjecaj inokulacije vrste *A. brasiliense* u *in vitro* i *post vitro* kontroliranim uvjetima na bujnost reznice i prilagodbu nakon presađivanja. Talijanski autori istražuju utjecaj *A. brasiliense* na ukorijenjene reznice *Prunus* podloga dobivene *in vitro* (Russo i sur., 2008; Vettori i sur., 2010). Inokulirane sadnice podloga GF 677 (*P. persica* x *P. amigdalus*) i Mr.S 2/5 (*P. cerasifera* x *P. spinosa*) su u kontroliranim uvjetima pokazale značajne razlike u broju nodija, dužini stabljike, masi svježe stabljike i svježeg korijena s time da je bilo značajnih razlika u odnosu na dužinu inokulacije bakterijom. U uzgoju *in vitro* uvjeti su kontrolirani bez utjecaja vanjskih čimbenika, te je vidljiva stimulacija rizobakterija na rast mikropropagiranih sadnica podloga iz roda *Prunus* (Russo i sur., 2008). Za razliku od inokulacije *in vitro* sadnog materijala voćnih vrsta koji se pokazao učinkovit, korištenje rizobakterija *in vivo* u rasadnicima i nasadu još je uvijek nedovoljno istraženo. Prema dostupnoj literaturi pozitivni učinci inokulacije vrstom *A. brasiliense* na čimbenike razvoja i metabolizam biljke domaćina prijavljeni su u jagodama uzgajanim u hidroponskom sustavu i na otvorenom. Na jagodi u hidropunu je poboljšana nutritivna vrijednost plodova (Pii i sur., 2018) i ojačan metabolizam biljke (Guerrero-Molina i sur., 2015), dok su na otvorenom uzgoju Salazar i sur. (2012) istražili utjecaj inokulacije *A. brasiliense* u ranoj fazi proizvodnje jagode. Nadalje, rizobakterija potiče prinos i rast šipka (*Punica granatum* L.), bijelog duda (Sudhakar i sur., 2000; Abd-Ella, 2006), te vrste *Annona squamosa* L. (Singh i sur., 2024). Istraživanje inokulacije indijskog duda (*M. indica* L.) bakterijom *A. brasiliense* s dodatkom dušičnih gnojiva (Dayakar Yadav i Nagendra Kumar, 1993) pokazalo je pozitivni utjecaj te rizobakterije na usvajanje dušika. Nadalje, folijarna primjena *A. brasiliense* u kombinaciji s bakterijama iz rodova *Azotobacter* i *Bijernickia* i sa polovicom doze dušičnog gnojiva dala je povoljne rezultate u odnosu na primjenu punе doze dušičnog gnojiva, iako aplikacija same *A. brasiliense* sa dušikom nije značajno utjecala na prirod listova duda (Sudhakar i sur., 2000). U novijem istraživanju Bécquer i sur. (2021) navode pozitivni utjecaj kombinacije mikoriznih gljiva i *A. brasiliense* na morfološke značajke stabla duda. Primjena rizobakterije u ovom istraživanju nije polučila nikakav rezultat što se ne slaže s prethodnim radovima na dudu. Autori to objašnjavaju mogućim utjecajem genotipa domaćina i slabije sposobnosti bakterija da se natječu s već prisutnom mikroflorom u tlu.

Iz ovih razloga, *A. brasiliense* smatra se značajnom rizobakterijom koja potiče rast istraženih voćnih vrsta. Gore navedena istraživanja dokazala su postojanje pozitivnog utjecaja određenih rizobakterija na trešnji, ali i pozitivnog utjecaja sojeva vrste *A. brasiliense* na podloge iz roda *Prunus*. Ipak, temeljita analiza utjecaja *A. brasiliense* na vegetativni rast i

mineralni sastav lista podloga trešnje i sorte 'Lapins' uzgajane u kontejnerima do sada nije zabilježena.

## 2.3 Trešnja

Trešnja (*P. avium* L.) spada u najpopularniju voćnu vrstu za upotrebu u svježem stanju. Na tu popularnost utjecala je količina svjetske proizvodnje, brojnost površina pod nasadima, ekonomska vrijednost proizvodnje i dostupnost na svjetskom tržištu. Uzgaja se u umjerenom pojasu s blagim zimama, a u hladnijim područjima na uzgoj utječu hladne zimske temperature, stoga se u takvim područjima areal uzgoja kreće pretežno u blizini većih vodenih površina te na prisojnim stranama brežuljaka (Iezzoni, 2008). Općenito, trešnje se uzgajaju u tlima povoljnih vodozračnih odnosa, s rasponom pH od 6 do 6,8. Niže razine pH dovode do inhibicije rasta korijena i grananja krošnje zbog toksičnosti aluminija i mangana, dok alkalna pH (> 8) uzrokuje blokiranje fosfora, cinka, željeza i mangana (Melakeberhan i sur., 2001; James i Measham, 2011).

Prvi pisani trag o trešnji datira iz 300 pr. Kr., iz Teofrastove Povijesti o biljkama, a kultivirani oblici trešnje u doba Rimskog Carstva proširili su se sve do granica sadašnje Engleske (Hedrick, 1915; Iezzoni i sur., 1991).

Plod trešnje botanički se naziva mesnata koštunica, te sadrži tvrdu košticu u sredini okruženu pulpom. Plod je nutritivno bogata namirnica s relativno niskim sadržajem kalorija i značajnim količinama hranjivih tvari uključujući polifenole, karotenoide, vitamine C i E, te kalij (Ferretti i sur., 2010). Osim toga, trešnje su također dobar izvor triptofana, te indolamina, serotonina i melatonina (McCune i sur., 2011; González-Gómez, 2017; Kelley i sur., 2018). Trešnje u prosjeku sadrže od 11-20% topljive suhe tvari,  $125\text{-}265 \text{ g kg}^{-1}$  šećera,  $3,67\text{-}8,66 \text{ g kg}^{-1}$  kiselina i  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  polifenola (većinom hidroksicimetne kiseline, antocijanini, katehini, flavanoli i flavan-3-oli) (Gonçalves i sur., 2004; Manach i sur., 2004; Habib i sur., 2017; Faienza i sur., 2020).

Prema najnovijim podacima FAOSTAT-a, najveći svjetski proizvođač trešnja je Turska sa 656.041 tona, slijede ju Čile (443.067 tona), Uzbekistan (216.867 tona) i SAD (210.190 tona). U proizvodnji unutar EU prednjače Španjolska (116.070 tona) i Italija (107.910 tona) (FAOSTAT, 2023). Što se tiče priroda po hektaru, među najvećim proizvođačima u zadnjih pet godina Uzbekistan prednjači s prirodrom od 14,46 t/ha. Slijede ga SAD (8,63 t/ha), Turska (8,17 t/ha), Čile (7,32 t/ha), Španjolska (3,87 t/ha) i Italija (3,59 t/ha). Prema Državnom zavodu za statistiku, proizvodnja trešnje u Republici Hrvatskoj u zadnjih deset godina u prosjeku iznosi 1.099 tona godišnje. Također, prema DZS-u prirod po hektaru u

zadnjih deset godina u prosjeku iznosi 1,3 t/ha. On je nizak, što je dijelom zbog starijih sorti i tradicionalnih podloga (DZS, 2023). Neke od komercijalno značajnih sorti trešanja su američke sorte 'Bing' (McCune i sur., 2011) i 'Lambert' (Habib i sur., 2017), zatim turska sorta '0-900 Ziraat' (Vursavuš i sur., 2006), kanadske sorte 'Lapins', 'Sunburst' (Alique i sur., 2006) i 'Sweetheart' (Balas i sur., 2019), francuska sorta 'Burlat' (Quero-García i sur., 2017) i njemačka sorta 'Regina' (Stehr, 2005) te su one često korištene u znanstvenim istraživanjima.

### 2.3.1 Sorta 'Lapins'

Sorta 'Lapins' jedna je od vodećih svjetskih sorti trešnje dobivena u Kanadi križanjem sorti 'Van' i 'Stella' (Lane and Schmid, 1984). Samooplodna je sorta i odličan opršivač, ranog vremena cvatnje i kasnijeg vremena dozrijevanja. Uzgoj na podlogama slabije bujnosti pridonosi ranijem ulasku u rodnost sorte. Stablo je bujnog rasta, uspravnog habitusa, te visoke i konstantne rodnosti koja se održava pravilnom i redovitom rezidbom. Prema Akçay i sur. (2008) sorta 'Lapins' pripada skupini sorti sa srednjom jačinom rasta debla u debljinu te uspravnog rasta sa stvaranjem malog broja postranih izbojaka. Plodovi su okruglasti i malo izduženi, čvrstog mesa, prosječne težine 8 g i promjera 28 mm, djelomično otporni na raspucavanje (Kappel, 2002; Csihon i sur., 2017). Rastu u grozdovima, zbog čega su osjetljivi na pojavu truleži ploda (Kappel i sur., 2002). U zriobi pokožica ploda je tamno crvene boje, a pulpa ružičasta. Rodnost sorte ovisi o uvjetima uzgoja, no značajno joj pridonosi i podloga na kojoj se uzgaja. Raffo i Curetti (2021) navode podatak o prirodu petogodišnjih stabala sorte 'Lapins' na podlozi SL 64 od 7,1 kg po stablu, dok Sotirov (2015) navodi prosječni prirod sorte 'Lapins' u petoj godini od 10,1 kg po stablu na podlozi MaxMa 14, te 6,1 kg po stablu na podlozi Gisela 5.

## 2.4 Podloge trešnje

U literaturi je zabilježeno više čimbenika koji utječu na vegetativni rast i prirod voćnih vrta, te kvalitetu njihovih plodova kao što su genetika, okolišni čimbenici (reljef, nadmorska visina, osvjetljenje), biljni hormoni rasta, te agrotehničke mjere (obrada tla, gnojidba, navodnjavanje, regulatori rasta, primjena pokrova) (Solaimalai i sur., 2005; Balbontín i sur., 2013; Correia i sur., 2019; Cruz i sur., 2020; Gonçalves i sur., 2021; Nacouzi i sur., 2023; Šikić i sur., 2023) . Osim toga, važni čimbenici su podloga i sorta, te korištenje korisnih mikroorganizama i biostimulanata (Saa i sur., 2015). Specifičnosti pojedinih lokacija kao što su klimatske i pedološke prilike primorali su proizvođače na odabir optimalnih podloga za uzgoj trešnje. Postoje dva glavna načina razmnožavanja podloga trešnje: generativne podloge dobivaju se iz sjemena, a vegetativne podloge ukorjenjivanjem reznica ili mikropagacijom. Općenito, podloge za trešnju nude prednosti uzgajanoj sorti kao što su

prilagodba na nepovoljne uvjete tla, otpornost na bolesti i štetnike u tlu i tolerantnost na klimatske uvjete (Usenik i sur., 2010).

U obalnom području Republike Hrvatske gdje prevladavaju karbonatna tla, tradicionalna podloga je sjemenjak rašeljke (*P. mahaleb* L.), a na težim tlima još uvijek je rasprostranjen sjemenjak divlje trešnje (*P. avium* L.) (Čmelik i sur., 2004). Dvije navedene podloge karakterizira velika bujnosc i kasniji ulazak u rod (Biško i sur., 2017) što značajno poskupljuje proizvodnju i berbu.

Selekcionirane vegetativne podloge polako zamjenjuju sjemenjake. Njihove prednosti su mnogobrojne; primjerice ujednačenost sadnica, raniji ulazak u rodnu fazu, te ranije dozrijevanje u vegetaciji. Ne smiju se zanemariti ni karakteristike poput tolerantnosti na određene zemljische patogene, odnosno adaptabilnosti na širi spektar tala. Selekcija podloga srednje i slabe bujnosi otvorila je mogućnost uvođenja intenzivnijih sustava uzgoja uz korištenje novih uzgojnih oblika poput Španjolskog grma, KGB-a (eng. *Kym Green Bush*), UFO-a (eng. *Upright Fruiting Offshot*), vitkog vretena i ostalih (Goncalves i sur., 2006; Long i sur., 2015; Musacchi i sur., 2015; Aglar i Yıldız, 2021; Raffo i Curetti, 2021). Ova kombinacija omogućila je lakšu kontrolu vegetativnog rasta te smanjene troškove rezidbe i berbe. Jedna od takvih podloga koja se raširila po Mediteranskom bazenu je vegetativni klon rašeljke Sainte Lucie 64 (SL 64) koji pokazuje manju bujnosc od sjemenjaka i omogućuje gušći sklop sadnje. Ova podloga srednje jake bujnosi dobivena je selekcijom rašeljke u Nacionalnom institutu za agronomski istraživanja (INRA) u Francuskoj. Adaptabilna je za dobro drenirana pjeskovita, plitka i skeletna tla s većim količinama aktivnog vapna (CTIFL, 2014). Dobro se ukorjenjuje, slabo proizvodi korijenove izdanke, a daje plodove dobre kvalitete. Otporna je na sušu, ali je osjetljiva na asfiksiju korijena (Miljković i sur., 2002). Zbog svoje genetske uniformnosti, dobra je zamjena za rašeljku. Druga perspektivna podloga koja je pokazala dobre osobine u različitim uvjetima uzgoja je MaxMa Delbard® 14 Brokforest. Ova podloga dobivena je križanjem između rašeljke i divlje trešnje u Oregonu (SAD) od strane Lylea Brooksa (Perry, 1985). U odnosu na podlogu SL 64 manje je bujna, a bujnosc joj ovisi o nacijspljenoj sorti i tipu tla. Dobro se ukorjenjuje i učvršćuje u tlu, korjenova mreža je razgranata i duboka (Miljković i sur., 2002). Ranije ulazi u rodnost, te ima visoki kapacitet proizvodnje. Osjetljiva je na sušu i srednje osjetljiva na zadržavanje vode. Za razliku od SL 64 tolerira veći raspon tala i tolerantnija je na asfiksiju korijena (CTIFL, 2014), te bi mogla biti od interesa domaćim rasadničarima.

Uvođenjem modernih tehnologija koje zahtijevaju gusti sklop sadnje i prikladne sustave uzgoja voćari se okreću slabo bujnim podlogama, među kojima je i patuljasta podloga Gisela® 5 dobivena križanjem vrsta *P. cerasus* "Schattenmorelle" i *P. canescens*. Podloga

je selekcionirana na Sveučilištu Justus Liebig u Giessenu, Njemačka (Vujović i sur., 2012). Korjenova mreža je gusta i razgranata, ali u gustom sklopu sadnje potrebna je armatura. Iako se prilagođava različitim tipovima tala, zahtjeva kiselija, fertilna tla i redovito navodnjavanje (Miljković i sur., 2002). Zbog svojeg patuljastog rasta i vrlo ranog ulaska u rodnu fazu (kod nekih sorti kreće rađati u drugoj ili trećoj godini) zahvalna je kao podloga. U uzgoju sorte na njoj zahtijevaju redovitu i jaču rezidbu (CTIFL, 2014). Prema Zimmermann (1994); Čmelik i sur. (2004); te Blažková i sur. (2010) Gisela 5 pripada u najbolje slabo bujne, rane i produktivne podloge za moderne, intenzivne nasade.

Važne osobine podloge pojavljuju se u interakciji sa sortom u stablu kao cjelini, kroz kompatibilnost spoja plemke sa podlogom, bujnost i plodonošenje, te u konačnici vrijednost nasada koja bi trebala udovoljiti zahtjevima uzgajivača. Podloga igra važnu ulogu u vegetativnom rastu i bujnosti stabla, uglavnom zbog anatomske razlike provodnih žila u usporedbi s plemkom (Balducci i sur., 2019).

Voćke pripadaju u višegodišnje vrste koje imaju manje zahtjeve za hranivima u odnosu na jednogodišnje, prvenstveno zbog veličine korijena te mogućnosti pohranjivanja hraniva u svoje vegetativne organe. Također, voćke mogu zadovoljiti svoje potrebe za hranivima i u uvjetima kad su tvari u tlu dostupne u nižim koncentracijama (Rutkowski i Łysiak, 2023). Bitna osobina podloge je prilagodljivost različitim uvjetima tla (Bujdosó i sur., 2019), a izbor najbolje kombinacije podloge i sorte za specifične klimatske i pedološke uvjete izazov je za proizvođače trešanja diljem svijeta (Moreno i sur., 2001). Klasične podloge, kao što su sjemenjak trešnje i rašeljke osjetljive su na različite biotičke (nematode, patogene bakterije) i abiotičke (pH, ishrana, itd.) čimbenike, te su stabla na takvim podlogama podložnja propadanju (Melakeberhan i sur., 1993; Pinochet i sur., 1995). Dugoročna i kompleksna istraživanja dovela su do razvoja podloga sposobnih se prilagoditi različitim uvjetima tla (De Salvador i sur., 2005).

Dobro je poznata činjenica da podloga utječe na vegetativni rast stabla (Jiménez i sur., 2007; Sitarek i Bartosiewicz, 2012; Domozetova i Radomirska, 2017; Zec i sur., 2017). Površina poprečnog presjeka debla (eng. *TCSA*) smatra se kompleksnim pokazateljem vegetativnog prirasta, te dobro odražava utjecaj podloge na bujnost stabla (Csihon i sur., 2017). Brojni su autori potvrđili smanjenu bujnost stabala na podlozi Gisela 5 na više različitih sorti (Moreno i sur., 1996; Čmelik i sur., 2004; Papachatzis, 2006; Baryła i sur., 2014; Gjamovski i sur., 2016; Biško i sur., 2017; Csihon i sur., 2017). Nadalje, u nekoliko istraživanja sorta 'Lapins' na podlozi Gisela 5 također je pokazala najmanji poprečni presjek od svih istraženih podloga (Lanauskas i sur., 2012; Csihon i sur., 2017; Świerczyński, 2023). Nadalje, Biško i sur. (2017) su ukazali na ujednačenost sadnica na različitim

podlogama nakon prve godine uzgoja. Godini i sur. (2008) potvrdili su različitu bujnost sorte 'Lapins' na podlogama trešnje. U devetogodišnjem istraživanju u uvjetima bez navodnjavanja stabla trešnje na podlozi SL 64 imala su najveći promjer debla, značajno veći od promjera stabala na podlozi MaxMa 14, dok su stabla na podlozi Gisela 5 imala značajno manji promjer. Nadalje, Godini i sur. (2008) u svom istraživanju na sorti 'Lapins' utvrdili su da podloga MaxMa 14 pripada u srednje bujne podloge što su potvrdili Santos i sur. (2006) na sorti 'Summit'. Isto tako, Bujdosó i sur. (2019) potvrdili su veću bujnost podloge SL 64 na trima sortama trešnje ('Petrus', 'Vera' i 'Carmen'), kao i Hrotkó i sur. (2009) na dvjema mađarskim sortama. U istraživanju učinka podloga na sorti 'Lapins' na tri lokacije sa tri različita tipa tla, rezultati su pokazali neujednačenu bujnost između podloga SL 64 i MaxMa 14, dok su stabla na podlozi Gisela 5 imala najmanju površinu poprečnog presjeka na sve tri lokacije (De Salvador i sur., 2005). S obzirom na varijabilni odnos između podloga SL 64 i MaxMa 14 u radu je zaključeno kako podloge različito reagiraju na različite lokalitete, klimatske prilike i tip tla. U nedavnom istraživanju je također potvrđena varijabilnost između navedenih podloga u prvim godinama nakon sadnje (Aglar i Yıldız, 2021).

Tijekom vegetacije u listovima se zbivaju mnogi biokemijski i fiziološki procesi. U različitim uvjetima okoliša prema stanju listova može se procijeniti status biljke. Sadržaj klorofila jedan je od ključnih komponenti fotosinteze i važna varijabla za razumijevanje fiziologije biljke biljaka (Mehta i sur., 2010; Nichol i Grace, 2010). Fotosintetski potencijal biljke proporcionalan je sadržaju klorofila u listu, a može se mijenjati ovisno o interakciji sorte i podloge (Reig i sur., 2019). Dušik kao bitna komponenta klorofila jedan je od ključnih makroelemenata koji su biljci potrebni u najvećoj količini, no ujedno je i najčešće deficitaran element u tlu i biljci (Qursyna i Yaacob, 2014). Magnezij je strukturni element molekule klorofila, te ga u listovima može biti prisutno do 25% od ukupne koncentracije isključivo vezanog za klorofil (Marschner, 2012). Niske razine dušika i magnezija te drugih elemenata (željezo, kalcij, sumpor, mangan i cink) mogu utjecati na stvaranje klorofila što dovodi do različitih stupnjeva kloroze (Shaahan i sur., 1999).

Aras i Keles (2019) došli su do zaključka kako je sorta trešnje značajno utjecala na klorofil u listu u nepovoljnim uvjetima uzgoja na podlozi MaxMa 14. Također, u istraživanju Goncalves i sur. (2006) koncentracija ukupnog klorofila bila je veća u stablima trešnje ('Burlat', 'Summit' i 'Van') na podlozi slabe bujnosti (Gisela 5) u odnosu na podlozi srednje bujnosti (MaxMa 14). Isto tako prema Moreno i sur. (2001) sorta 'Sunburst' na podlozi SL 64 imala je niži sadržaj klorofila nego na podlozi MaxMa 14, no u pojedinim godinama istraživanja na listovima objiju podloga uočeni su simptomi kloroze. Naprotiv, Jiménez i sur. (2007) navode kako između sorti 'SHG' i 'Van' na podlogama SL 64, MaxMa 14 i Gisela 5

nije bilo značajnih razlika u koncentraciji klorofila u listu, te da je koncentracija klorofila općenito bila niska.

Mineralni sastav lista smatra se točnim pokazateljem cijelokupnog statusa hranjivih tvari u stablu (Moreno i sur., 1996; Betrán i sur., 1997; Hrotkó i sur., 2014). U literaturi je prihvaćeno stajalište o utjecaju podloge na mineralni sastav lista trešnje (Betrán i sur., 1997; Moreno i sur., 2001; Jiménez i sur., 2007). Primjerice, slabo bujne podloge trešnje osjetljivije su na ograničavajuće uvjete tla (Jiménez i sur., 2007). Nadalje, Usenik i sur. (2005) usporedili su sadržaj minerala u listovima sorte 'Lapins' na različitim podlogama u alkalnom tlu uključujući podloge MaxMa 14 i Gisela 5. Folijarna analiza dala je niže koncentracije N, P, K, Ca, S, Fe i Mn u listovima podloge MaxMa 14, dok je koncentracija Mg, B i Zn bila viša u odnosu na podlogu Gisela 5. Općenito, obje podloge su pokazale suvišak K, a manjak Mg u svojim listovima. Podloga MaxMa 14 je također pokazala deficit Fe. Hrotkó i sur. (1997) pronašli su više koncentracije N, P i K u listovima trešnje na srednje bujnoj podlozi MaxMa 14 u odnosu na bujnu podlogu SL 64. Naprotiv, razine Ca i Mg bile su više u listovima bujnije podloge.

#### 2.4.1 Kontejnerski uzgoj inokuliranih sadnica trešnje

Uzgoj i gnojidba sadnica trešnje u rasadnicima je tema obrađena u relativno malom broju radova u znanstvenoj literaturi (Świerczyński i sur., 2019; Świerczyński, 2023). U njima su sadnice posađene i uザgajane u tlu. Nadalje, uzgoj sadnica višegodišnjih kultura u kontejnerima vrlo je malo razmatran u obrađenoj literaturi. Također, mali je broj onih radova koji obuhvaćaju kontejnerski uzgoj rizobakterijom inokuliranih sadnica. Češće je istraživana otpornost višegodišnjih sadnica na stresne uvjete kao što su nedostatak vode (Lotfi i sur., 2022) ili prisutnost nematoda (Farías-Larios i sur., 2000). U recentnijim radovima praćen je utjecaj rizobakterija na usvajanje željeza kod sjemenjaka dunje (*Cydonia oblonga* Mill.) uザgajanim u kontejnerima (Rahimi i sur., 2020), a kod sjemenjaka makadamije (*Macadamia integrifolia* Maiden i Betche) utjecaj na usvajanje dušika (Gallart i sur., 2021). Mineralna gnojiva koja se uglavnom koriste na voćnim sadnicama u rasadniku, sadrže elemente poput dušika, kalija i fosfora i obično se koriste za poticanje početnog rasta sadnica. Za razliku od njih, kod primjene mikrobiološkog gnojiva koje u pravilu ne sadrži nikakva hraniva, dolazi do povećanja sposobnosti sadnice da apsorbira hranjive tvari.

### 3. MATERIJALI I METODE RADA

#### 3.1 Lokacija pokusa

Poljski pokus proveden je tijekom 2022. godine na lokalitetu u mjestu Poljana na otoku Ugljanu ( $44^{\circ} 5' 23.103''$  S,  $15^{\circ} 11' 1.806''$  I) (Slika 1.). Pokus je postavljen u vrtu površine  $120 \text{ m}^2$  na nadmorskoj visini 6 m. Klimatološki podaci lokacije uključujući srednje dnevne temperature, apsolutne minimalne i maksimalne temperature, te količinu oborina za 2022. godinu dobiveni su od strane DHMZ-a, a očitani su s najbliže meteorološke stanice Zadar.



Slika 1. Lokacija pokusa (Poljana, otok Ugljan)

#### 3.2 Klimatski čimbenici na lokaciji pokusa

##### 3.2.1 Temperatura

U Tablici 1. prikazani tridesetogodišnji prosjeci srednjih temperatura za najtoplja dva mjeseca u godini (srpanj i kolovoz) bili su oko  $25^{\circ}\text{C}$  s apsolutno maksimalnom temperaturom od  $36,3^{\circ}\text{C}$  izmјerenom u kolovozu 2017. godine. Srednja godišnja temperatura u istom razdoblju iznosila je  $15,8^{\circ}\text{C}$ .

Tablica 1. Srednja, absolutna maksimalna i minimalna temperatura po mjesecima za Zadar u razdoblju od 1991.-2021. (DHMZ, 2024.)

mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
sred. T (°C)	7,7	7,9	10,4	13,8	18,3	22,7	25,1	24,9	20,5	16,5	12,6	9,0
min. T (°C)	-6,8	-6,4	-6,0	0,5	6,8	10,7	12,7	11,5	9,0	2,3	-1,8	-6,5
maks. T (°C)	17,4	19,5	22,5	26,5	32,0	35,1	36,1	36,3	34,1	27,2	25,0	18,7

U godini istraživanja srednja godišnja temperatura bila je viša za 1,1 °C u odnosu na prethodno razdoblje (Tablica 2.), te je evidentno da su svi mjeseci tijekom vegetacijske sezone, osim travnja, u prosjeku bili topliji od prethodnog višegodišnjeg razdoblja (1991.-2021.). Apsolutna maksimalna temperatura u toj godini bila je u mjesecu kolovozu i iznosila je 39,0 °C, dok je absolutna minimalna temperatura iznosila -0,7 °C u siječnju. U srpnju i kolovozu zabilježeni su najtoplji dani, dok su ostalim mjesecima maksimalne dnevne temperature bile ispod tridesetogodišnjeg prosjeka.

Tablica 2. Srednja, absolutna maksimalna i minimalna temperatura po mjesecima za Zadar za 2022. godinu (DHMZ, 2024.)

mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
sred. T (°C)	8,1	9,4	9,3	13,3	19,8	25,6	27,2	26,1	20,8	18,8	13,2	11,7
min. T (°C)	-0,7	2,9	0,7	4,5	12,2	18,0	19,6	18,8	11,9	14,3	5,7	3,0
maks. T (°C)	16,0	14,5	18,9	23,4	28,7	34,2	36,2	39,0	30,1	25,5	21,8	17,4

### 3.2.2 Oborine

U Tablici 3. prosječna godišnja količina oborina tijekom referentnog razdoblja iznosila je 907,7 mm, a tijekom vegetacijske sezone (travanj–listopad) u prosjeku je pao 486,8 mm. Ukupna količina oborina u 2022. godini bila je za 236,5 mm manja od tridesetogodišnjeg prosjeka. Nadalje, u svim mjesecima tijekom vegetacijske sezone (travanj–listopad) zabilježena je ispodprosječna količina oborina, dok je u veljači, studenom i prosincu zabilježena iznadprosječna količina.

Tablica 3. Prosječne količine oborina po mjesecima za Zadar za razdoblje od 1991. – 2021. i 2022. godinu (DHMZ, 2024)

Razdoblje	mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ukupno (mm)
1991.-2021.	prosjek (mm)	78,7	63,7	54,7	63,3	67,5	45,2	37,2	43,3	122	105,3	124,8	102,1	907,7

2022.	prosjek (mm)	26,7	68,1	18,6	59,0	25,2	16,1	6,6	24,9	109,8	1,0	158,0	157,2	671,2
-------	--------------	------	------	------	------	------	------	-----	------	-------	-----	-------	-------	-------

Klima na lokalitetu na kojem je proveden poljski pokus spada u Csa tip klime koju obilježavaju suha ljeta te veća oborinska razdoblja tijekom kasne jeseni (Šegota i Filipčić, 2003). Lokalitet je prema Miljkoviću (2011.), te Gonçalves i sur. (2021) pogodan za uzgoj trešanja.

### 3.3 Komercijalni supstrat

Za sadnju i uzgoj sadnica u 12-litarskim kontejnerima nabavljen je komercijalni supstrat TS3 (Klasmann-Deilmann GmbH, Njemačka). Supstrat je prema specifikacijama proizvođača fine strukture, te sadrži srednje razgrađen bijeli treset i čestice gline. Dobro zadržava vodu i dobre je poroznosti. Supstratu je tvornički dodano gnojivo NPK 16:10:18 u količini od 1,0 g L<sup>-1</sup>. Prije sadnje sadnica u kontejnere u laboratoriju Zavoda za ishranu bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu provedena je dodatna analiza supstrata prema sljedećim metodama: pH (EN 13037:2011), EC-elektroprovodljivost (HRN EN 13038:2012), količina dušika (CSN EN 13654-1:2001), te iz vodenog ekstrakta (EN 13652:2001) količine nitratnog, amonijevog i fosforovog iona spektrofotometrijski, kalijevog plamenfotometrijski, a kalcijevog i magnezijevog pomoću atomskog apsorpcijskog spektrometra (AOAC, 2015). Prema dobivenim podacima iz Tablice 4. vidljivo je da je supstrat vrlo dobro opskrbljen fosforom, a vrlo slabo dušikom i kalijem.

Tablica 4. Analiza komercijalnog supstrata TS3 (Klasmann-Deilmann GmbH, Njemačka) od strane ovlaštenog laboratoriјa

pH	(1:2 vol)	7,29
E.C.	(1:2 vol)	0,194
% soli	(1:2 vol)	0,025
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	23,85
NH <sub>4</sub> -N	mg L <sup>-1</sup>	18,52
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	15,1
NO <sub>3</sub> -N	mg L <sup>-1</sup>	3,41
N-min.	mg L <sup>-1</sup>	21,93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg L <sup>-1</sup>	84,75
K <sub>2</sub> O	mg L <sup>-1</sup>	36,23
Ca	mg L <sup>-1</sup>	9,09
Mg	mg L <sup>-1</sup>	1,28

### 3.4 Eksperimentalni dizajn

Tijekom jedne vegetacijske sezone proveden je poljski pokus uz praćenje dva faktora (tretman x podloga) na ujednačenim sadnicama podloga u kontejnerima (12 litara) raspoređenim po slučajnom bloknom rasporedu (Slika 2).

Faktori koji su istraženi u pokusu su sljedeći:

Inokulacija *A. brasiliense*:

1. T0 – netretirane sadnice zalijevane kišnicom (kontrola)
2. T1 – sadnice zalijevane suspenzijom inokulata *A. brasiliense* svaki mjesec (AZOS® 0,8 g L<sup>-1</sup>)
3. T2 – sadnice zalijevane suspenzijom inokulata *A. brasiliense* svaki drugi mjesec (AZOS® 0,8 g L<sup>-1</sup>)

Podloga:

1. Sainte Lucie® (SL) 64 (*Prunus mahaleb* L.)
  - a. Sadnica podlage (ukupno 90 sadnica u pokusu, odnosno 30 sadnica po postavljenom tretmanu, pri čemu je jedno ponavljanje bilo zastupljeno sa 10 sadnica)
  - b. Okulant sorte 'Lapins' (ukupno 45 sadnica u pokusu, odnosno 15 sadnica po postavljenom tretmanu, pri čemu je jedno ponavljanje bilo zastupljeno sa 5 sadnica)
2. MaxMa Delbard® 14 (*Prunus mahaleb* x *Prunus avium*)
  - a. Sadnica podlage (ukupno 90 sadnica u pokusu, odnosno 30 sadnica po postavljenom tretmanu, pri čemu je jedno ponavljanje bilo zastupljeno sa 10 sadnica)
  - b. Okulant sorte 'Lapins' (ukupno 45 sadnica u pokusu, odnosno 15 sadnica po postavljenom tretmanu, pri čemu je jedno ponavljanje bilo zastupljeno sa 5 sadnica)
3. Gisela® 5 (*Prunus cerasus* x *Prunus canescens*)

- a. Sadnica podloge (ukupno 90 sadnica u pokusu, odnosno 30 sadnica po postavljenom tretmanu, pri čemu je jedno ponavljanje bilo zastupljeno sa 10 sadnica)
- b. Okulant sorte 'Lapins' (ukupno 45 sadnica u pokusu, odnosno 15 sadnica po postavljenom tretmanu, pri čemu je jedno ponavljanje bilo zastupljeno sa 5 sadnica)

Praćeni parametri oba čimbenika bili su vegetativni prirast sadnica u visinu i debljinu, dinamika rasta mladica, indeks sadržaja klorofila, fizikalno kemijska svojstva supstrata nakon tretmana i mineralni sastav lista.

Br biljaka	Red 1	Red 2	Red 3	Red 4	Red 5	Red 6	Red 7	Red 8	Red 9
	T 0	T 2	T 1	T 0	T 2	T 1	T 0	T 2	T 0
15	M a x M a 1 4	G i s e l a 5	G i s e l a 5	S L 6	S L 6	M a x M a 1 4	G i s e l a 5	G i s e l a 5	S L 6
	3	3	2	3	1	2	1	2	1
	T 1	T 1	T 0	T 2	T 1	T 0	T 2	T 1	T 1
15	M a x M a 1 4	S L 6	G i s e l a 5	G i s e l a 5	S L 6	S L 6	S L 6	S L 6	G i s e l a 5
	1	1	3	1	1	2	2	2	3
	T 2	T 0	T 2	T 1	T 0	T 2	T 1	T 0	T 2
15	S L 6 4	M a x M a 1 4	M a x M a 1 4	S L 6	G i s e l a 5	M a x M a 1 4	M a x M a 1 4	M a x M a 1 4	M a x M a 1 4
	3	2	2	3	2	1	3	1	3

Slika 2. Raspored sadnica/kontejnera u pokusu (T0, T1 i T2 označavaju tretman, MaxMa 14, Gisela 5 i SL 64 označavaju podlogu, a brojke 1, 2 i 3 označavaju ponavljanje. U svakom ponavljanju nalazilo se 10 sadnica podloge i 5 sadnica okulanata)

### 3.5 Tretmani u pokusu

U pokusu su korištene sadnice triju podloga trešnje. Također, korišteni su okulanti sorte 'Lapins' okulirani na trima navedenim podlogama. Sve sadnice su nabavljene u dva komercijalna rasadnika kao bezvirusni certificirani sadni materijal. Nadalje, mikrobiološki proizvod AZOS® kupljen je preko hrvatske tvrtke od proizvođača Reforestation Technologies International (SAD). Preparat sadrži čistu kulturu rizobakterije *A. brasiliense* u koncentraciji od  $10^6$  CFU g<sup>-1</sup>. Za pripremu suspenzije u vodi prah je razrjeđen u koncentraciji od 0,8 g L<sup>-1</sup> prema uputama proizvođača. U kišnici je na temperaturi u rasponu od 18 do 27 °C ovisno o roku tretmana, razrjeđen praškasti preparat, te je homogeniziran konstantnim miješanjem kako bi se sprječilo taloženje. Svaka sadnica u tretmanima T1 i T2 pojedinačno je zalijevana suspenzijom u posudi baždarenoj na 500 ml, dok su istovremeno sadnice u kontrolnom tretmanu zalijevane kišnicom. U Tablici 5. navedeni su sve datumi tretiranja sadnica.

Tablica 5. Datumi tretiranja sadnica

Datumi tretmana	Kontrola (T0)	Tretman 1 (T1)	Tretman 2 (T2)
9/3/2022	500 ml H <sub>2</sub> O	500 ml AZOS®	500 ml AZOS®
9/4/2022	500 ml H <sub>2</sub> O	500 ml AZOS®	500 ml H <sub>2</sub> O
9/5/2022	500 ml H <sub>2</sub> O	500 ml AZOS®	500 ml AZOS®
9/6/2022	500 ml H <sub>2</sub> O	500 ml AZOS®	500 ml H <sub>2</sub> O
9/7/2022	500 ml H <sub>2</sub> O	500 ml AZOS®	500 ml AZOS®
9/8/2022	500 ml H <sub>2</sub> O	500 ml AZOS®	500 ml H <sub>2</sub> O
9/9/2022	500 ml H <sub>2</sub> O	500 ml AZOS®	500 ml AZOS®

Tijekom čitave vegetacije sve sadnice su bile zaštićene prema načelu integrirane zaštite bilja. U više navrata sadnice su tretirane fungicidima protiv šupljikavosti lista (*Stigmina carpophila* (Léveillé) Ellis), kozičavosti lista (*Blumeriella jaapii* Rehm), te uvijenosti i sušenja lišća (*Apiognomonia erythrostoma* (Pers.) Höhn.). Zatim, insekticidima protiv crne trešnjine uši (*Myzus cerasi* Fabricius), zelene breskvine uši (*Myzus persicae* Sulzer) i šljivine zelene uši (*Hyalopterus pruni* Geoffroy) (Tablica 6.). Odrasle jedinke žilogriza (*Capnodis tenebrionis* L.) ručno su skupljane sa sadnicama tijekom vegetacije. Korov u kontejnerima ručno je plijevljen.

Tablica 6. Datumi tretmana zaštite sadnica protiv štetnika i uzročnika bolesti, te nazivi registriranih sredstava

Datumi tretmana	Štetnik/uzročnik bolesti	Sredstvo
11/5/2022	Kozičavost	CHROMODIN S-65
13/5/2022	Lisne uši	MOSPILAN 20 SG
6/6/2022	Šupljikavost, kozičavost, uvijenost i sušenje lišća	DELAN® 700 WDG
10/6/2022	Lisne uši	ROTOR SUPER
2/7/2022	Šupljikavost, kozičavost, uvijenost i sušenje lišća	DELAN® 700 WDG
3/8/2022	Šupljikavost, kozičavost, uvijenost i sušenje lišća	DELAN® 700 WDG
6/9/2022	Kozičavost	CHROMODIN S-65

Sadnice su navodnjavane sustavom kap-po-kap bunarskom vodom, a broj i obroci navodnjavanja određivani su po potrebi.

### 3.6 Fizikalno kemijske analize supstrata

#### 3.6.1 Uzorkovanje i priprema uzoraka supstrata

Potkraj vegetacije iz svakog kontejnera uzeto je pola litre supstrata okomito po obodu korijena te je napravljen prosječni uzorak za svako ponavljanje. Prosječni uzorci su zapakirani u vrećice, obilježeni i dostavljeni u Laboratorij Zavoda za ishranu bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. U laboratoriju je napravljena vodena ekstrakcija (1:2 vol.) te su tako pripremljeni uzorci korišteni za daljnje analize (Slika 3.).



Slika 3. Uzorci supstrata nakon mućkanja u postupku filtracije

### 3.6.2 Laboratorijske analize

Reakcija (pH) supstrata je određena prema normativu HRN EN 13037:2012, a elektroprovodljivost EC prema HRN EN 13038:2012 (Slika 4.). Iz vodenog je ekstrakta prema metodi EN 13652:2001 određena količina nitrathnog, amonijevog i fosforovog iona pomoću spektrofotometra (AOAC, 2015). Nadalje, količina kalijevog iona određena je pomoću plamenofotometra (Slika 5.), a količine kalcijevog i magnezijevog iona pomoću atomskog apsorpcijskog spektrometra (AOAC, 2015). Također, količina ukupnog dušika određena je prema modificiranoj Kjeldahovoj metodi (CSN EN 13654-1:2001).



Slika 4. Određivanje pH i EC u uzorcima supstrata



Slika 5. Određivanje količine kalija u supstratu pomoću plamenog fotometra

### 3.7 Analiza mineralnog sastava listova

#### 3.7.1 Berba listova i priprema uzorka

Berba listova obavljena je u srpnju 2022. godine. Sa srednjeg dijela razvijene mladice uzeti su potpuno razvijeni listovi bez vidljivih oštećenja (Slika 6.). Listovi su brani u sva tri ponavljanja za sadnice podloga, te u tri ponavljanja za sadnice okulanata. Ubrani listovi su stavljeni u prethodno izvagane papirnate vrećice. Masa listova za svako ponavljanje uprosječena je na 6,50 g svježe tvari po uzorku. Listovi su osušeni na zraku do dolaska u Laboratorij Zavoda za ishranu bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. U laboratoriju su uzorci osušeni na 105°C. Nakon sušenja, uzorci su usitnjeni i ujednačeni u tarioniku te su korišteni za daljnje analize.



Slika 6. Listovi na mladici podloge Gisela 5 prije uzorkovanja (lijevo). Primjeri uzorkovanih listova svih podloga i sorte 'Lapins' (desno)

### 3.7.2 Određivanje suhe tvari lista

Nakon sušenja uzorci su izvagani na preciznoj vagi, te je kao omjer svježe i suhe mase listova izračunat postotak suhe tvari za svaki uzorak (Slika 7.).



Slika 7. Vaganje osušenih listova na preciznoj vagi

### 3.7.3 Određivanje ukupnog dušika u listu

Količina ukupnog dušika određena je modificiranim metodom po Kjeldahlu (CSN EN 13654-1:2001).

### 3.7.4 Određivanje ukupnog fosfora u listu

Pripremljeni uzorci listova su razloženi u digestoru (MILESTONE 1200 Mega Microwave Digester) s koncentriranim  $\text{HNO}_3$  i  $\text{HClO}_4$  (Slika 8.). Nakon razlaganja koncentracija fosfora određena je na spektrofotometru (Slika 9.) (AOAC, 2015).



Slika 8. Uzroci na hlađenju nakon razlaganja u mikrovalnoj peći



Slika 9. Određivanje sadržaja fosfora u listovima na spektrofotometru

### **3.7.5 Određivanje ukupnog kalija u listu**

Pripremljeni uzorci listova su razloženi u digestoru (MILESTONE 1200 Mega Microwave Digester) s koncentriranim  $\text{HNO}_3$  i  $\text{HClO}_4$ . Nakon razlaganja koncentracija kalija je određena plamenfotometrijski (AOAC, 2015).

### **3.7.6 Određivanje ukupnog kalcija i magnezija u listu**

Pripremljeni uzorci listova su razloženi u digestoru (MILESTONE 1200 Mega Microwave Digester) s koncentriranim  $\text{HNO}_3$  i  $\text{HClO}_4$ . Nakon razlaganja koncentracije kalcija i magnezija određene su pomoću atomske apsorpcijske spektrometrije (AOAC, 2015).

## **3.8 Mjerenje vegetativne aktivnosti sadnica**

### **3.8.1 Indeks sadržaja klorofila (CCI)**

Evaluacija ukupnog sadržaja klorofila u lišću određena je mjerenjem CCI. Ovom analizom provjeroeno je zdravstveno stanje sadnica. Vrijednosti CCI mjerene su uređajem Chlorophyll Content Meter Model CCM-200 (Opti-Sciences, Inc. SAD). Mjerenje je provedeno bez degradacije lisnog tkiva početkom srpnja na 5 potpuno razvijenih listova odabralih na središnjem dijelu razvijene mladice (Slika 10.). Vrijednosti CCI su mjerene u isto vrijeme u jutarnjim satima. Srednja vrijednost izračunata je za svaku sadnicu i određena kao CCI.



Slika 10. Mjerenje CCI na listovima podloge SL 64

### 3.8.2 Prirast u visinu sadnica

Koristeći metar, svim sadnicama podloga i okulanata prije kretanja vegetacije (ožujak 2022.) izmjerena je početna visina, a nakon otpadanja listova (studenzi 2022.) izmjerena je konačna visina. Jednogodišnji prirast u visinu izračunat je kao razlika između konačne i početne visine i izražen je u cm.

### 3.8.3 Prirast u debljinu sadnica

Pomoću digitalne pomicne mjerke izmjeren je početni promjer svih sadnica podloga i okulanata (ožujak 2022.). Obilježena je visina sadnice na 5 cm od površine supstrata, te su na toj visini izmjerene dvije vrijednosti promjera u dva unakrsna pravca (Slika 11.). Poprečni presjek debla (eng. *TCSA*) sadnice izračunat je sljedećom formulom (1) prema Westwood i Roberts (1970):

$$(1) \quad TCSA = \left( \frac{\text{promjer } 1 + \text{promjer } 2}{4} \right)^2 \pi$$



Slika 11. Izgled poprečnog presjeka debla sadnice podloge MaxMa 14

Nakon otpadanja listova izmjerena su dva konačna promjera na obilježenom mjestu, te je konačni poprečni presjek izračunat za površinu kružnice srednjom vrijednosti promjera. Jednogodišnji prirast podloge u debljinu izračunat je kao razlika između konačnog i početnog poprečnog presjeka debla podloge i izražen je u  $\text{mm}^2$ . Dodatno, kod okulanata su krajem vegetacije izmjerena dva promjera mladice 5 cm iznad mjesta okuliranja, te je pomoću prethodno navedene formule izračunat poprečni presjek (u  $\text{mm}^2$ ).

### 3.8.4 Dinamika vegetativnog rasta mladica

Dinamika vegetativnog rasta mladica mjerena je u četiri navrata tijekom aktivnog rasta biljke. Rokovi mjerena bili su svakih 28 dana (10. svibnja, 7. lipnja, 5. srpnja i 2. kolovoza). U svakom mjerenu izmjerena je duljina mladice te izražena u cm. Osim duljine, izmjerena je broj internodija na mladici. Izračunata je prosječna duljina internodija kao omjer duljine mladice i broja internodija na njoj.

## 3.9 Statistička obrada podataka

Podaci su obrađeni statistički u računalnom programu Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc., Santa Clara, SAD) kako bi se utvrdili utjecaji tretmana inokulacije rizobakterijom i podloga na vegetativnu aktivnost sadnica podloga i okulanata sorte 'Lapins', sadržaj klorofila u listu, fizikalno kemijska svojstva supstrata i mineralni sastav lista. Za testiranje utjecaja korištena je dvofaktorska analiza varijance, a za usporedbu prosječnih vrijednosti

napravljen je Tukey post hoc test uz razinu značajnosti  $p \leq 0,05$ . Podaci sadnica podloga i sadnica okulanata obrađeni su zasebno, te su rezultati prikazani odvojeno.

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 4.1 Fizikalno kemijska svojstva supstrata

#### 4.1.1 Svojstva supstrata u sadnicama podloga

Rezultati analize varijance fizikalno kemijskih svojstava (Tablica 7.) supstrata sadnica kod svih podloga trešnje nakon svih tretmana zalijevanja suspenzijom inokulata *A.brasilense* nisu pokazali značajnu interakciju za nijedno svojstvo nakon čega je napravljen povratni Tukey test za svako pojedino svojstvo (Tablica 8.).

Tablica 7. Analiza varijance fizikalno kemijskih svojstava supstrata triju podloga

	pH	EC	soli	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N min.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
ANOVA	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Tretman (T)	2,31 ns	1,22 ns	1,22 ns	1,22 ns	2,72 ns	0,96 ns	0,38 ns	0,61 ns	1,07 ns	1,33 ns
Podloga (P)	2,66 ns	5,49 *	5,49 *	1,28 ns	6,87 **	3,87 *	2,87 ns	8,61 **	5,66 *	5,81 *
T x P	2,91 ns	0,67 ns	0,67 ns	0,63 ns	2,71 ns	2,11 ns	0,36 ns	0,76 ns	0,43 ns	0,58 ns

Napomena: ns, \*, \*\*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno

$p \leq 0,001$

Tablica 8. Srednje vrijednosti pH, EC, % soli i sadržaja makroelemenata na kraju vegetacije 2022. godine u supstratu u kojem su uzgajane sadnice različitih podloga trešnje zalijevane suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima

	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS cm <sup>-1</sup> )	soli (%)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	N min. (mg L <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (mg L <sup>-1</sup> )	Ca (mg L <sup>-1</sup> )	Mg (mg L <sup>-1</sup> )
Tretman ( $\bar{x} \pm SD$ )										
T0	6,33 ± 0,28	0,47 ± 0,20	0,06 ± 0,02	3,14 ± 1,49	8,75 ± 7,92	4,42 ± 2,47	30,71 ± 8,13	37,27 ± 13,64	48,19 ± 26,43	7,43 ± 4,27
T1	6,34 ± 0,40	0,46 ± 0,30	0,06 ± 0,04	4,25 ± 1,64	10,66 ± 4,76	5,70 ± 2,10	28,45 ± 10,69	31,68 ± 15,03	42,92 ± 34,39	6,73 ± 5,30
T2	6,10 ± 0,24	0,61 ± 0,30	0,08 ± 0,04	4,76 ± 3,12	5,93 ± 3,78	5,04 ± 2,46	27,07 ± 8,40	36,75 ± 16,08	61,64 ± 33,90	9,97 ± 5,68
Podloga ( $\bar{x} \pm SD$ )										
SL 64	6,16 ± 0,06	0,63 ± 0,16 a	0,08 ± 0,02 a	4,57 ± 1,47	12,79 ± 6,78 a	6,44 ± 2,30 a	31,89 ± 10,41	46,36 ± 11,77 a	68,93 ± 21,26 a	10,97 ± 3,17 a
MaxMa 14	6,19 ± 0,13	0,60 ± 0,33 a	0,08 ± 0,04 a	3,07 ± 1,70	6,63 ± 3,88 b	3,88 ± 1,51 b	22,93 ± 6,82	36,10 ± 12,13 ab	57,64 ± 34,67 ab	9,09 ± 6,01 ab
Gisela 5	6,42 ± 0,11	0,30 ± 0,17 b	0,04 ± 0,02 b	4,51 ± 3,08	5,92 ± 4,39 b	4,84 ± 2,49 ab	31,41 ± 6,83	23,24 ± 10,21 b	26,17 ± 21,93 b	4,07 ± 3,23 b

Napomena: a,b... - prosječne vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema Tukey testu uz  $p \leq 0,001$ .

#### *4.1.1.1 pH, EC i sadržaj soli*

Tretmani zalijevanja suspenzijom inokulata *A. brasiliense*, te podloge nisu značajno utjecali na pH reakciju. Isto tako, tretmani nisu utjecali na EC i postotak soli u supstratu. Međutim, podloga je pokazala značajni utjecaj na EC, a samim time na postotak soli u supstratu. Supstrat u koji je dodavana rizobakterija imao je najveći EC kod sadnica podloga SL 64 ( $0,63 \text{ mS cm}^{-1}$ ) i MaxMa 14 ( $0,60 \text{ mS cm}^{-1}$ ), a kod sadnica podloge Gisela 5 imao je vrijednost  $0,30 \text{ mS cm}^{-1}$  te se značajno razlikovalo od SL 64 i MaxMa 14. U odnosu na početnu pH vrijednost supstrata (7,29) i početni EC ( $0,19 \text{ mS cm}^{-1}$ ), pH vrijednost nakon uzorkovanja pala je u svim tretmanima dok se istovremeno povećala elektroprovodljivost.

#### *4.1.1.2 Sadržaj nitrata, amonijaka i ukupnog mineralnog dušika*

Zalijevanje suspenzijom inokulata *A. brasiliense* nije imalo utjecaja na sadržaj amonijaka i nitrata u supstratu, a samim time ni na sadržaj mineralnog dušika u supstratu. Komercijalni supstrat prije sadnje imao je koncentraciju nitrata od  $23,85 \text{ mg L}^{-1}$ . Zalijevanje suspenzijom inokulata jedanput mjesечно na kraju tretiranja rezultiralo je koncentracijom nitrata od  $10,66 \text{ mg L}^{-1}$  koja se statistički nije značajno razlikovala od kontrole ( $8,75 \text{ mg L}^{-1}$ ) i zalijevanja suspenzijom svaka dva mjeseca ( $5,93 \text{ mg L}^{-1}$ ). Međutim, koncentracija nitrata u supstratu se značajno razlikovala između podloga, te su podloge MaxMa 14 i Gisela 5 imale manje vrijednosti u odnosu na SL 64. Nadalje, niti jedan od dva glavna faktora nije imao utjecaj na koncentraciju amonijaka u supstratu, iako je zabilježeno beznačajno povećanje koncentracije amonijaka ( $4,76 \text{ mg L}^{-1}$ ) u T2 u odnosu na koncentraciju amonijaka u supstratu sadnice u kontroli ( $3,14 \text{ mg L}^{-1}$ ). U usporedbi s početnom količinom mineralnog dušika u supstratu njegov sadržaj nakon 8 mjeseci pao je sa  $21,93 \text{ mg L}^{-1}$  u svim tretmanima, a najmanji pad koncentracije dogodio se u T1 ( $5,70 \text{ mg L}^{-1}$ ), no vrijednost se nije značajno razlikovala od ostalih tretmana. Značajna razlika u sadržaju mineralnog dušika zabilježena je između podloga SL 64 ( $6,44 \text{ mg L}^{-1}$ ) i MaxMa 14 ( $3,88 \text{ mg L}^{-1}$ ).

#### *4.1.1.3 Sadržaj fosfora*

Čak i kada su sadnice zalijevane suspenzijom inokulata u različitom intenzitetu, odnosno kada se usporedi supstrat kod različitih podloga, koncentracija  $\text{P}_2\text{O}_5$  u supstratu nije se međusobno značajnije razlikovala. Od početne vrijednosti ( $84,75 \text{ mg L}^{-1}$ ) koncentracija fosfora u supstratu nakon uzorkovanja pala je u svim tretmanima.

#### *4.1.1.4 Sadržaj kalija*

Nakon uzorkovanja koncentracija kalija u odnosu na vrijednost u supstratu prije sadnje ( $36,23 \text{ mg L}^{-1}$ ) pala je u T1, dok se u T0 i T2 povećala. Različiti intenziteti primjene suspenzije inokulata *A. brasiliense* nisu značajno utjecali na sadržaj kalija, no faktor podloge

utjecao je na njegov sadržaj u supstratu sadnica. Koncentracija kalija bila je najviša kod podloge SL 64 ( $46,36 \text{ mg L}^{-1}$ ) te se značajno razlikovala od Gisela 5 ( $23,24 \text{ mg L}^{-1}$ ).

#### *4.1.1.5 Sadržaj kalcija i magnezija*

Dok primjena rizobakterije nije značajno utjecala na sadržaj kalcija u supstratu, podloga je imala značajan utjecaj na njegov sadržaj. U T2 zabilježena je najveća vrijednost od  $61,64 \text{ mg L}^{-1}$ . U odnosu na početnu vrijednost ( $9,09 \text{ mg L}^{-1}$ ) došlo je do povećanja koncentracije kalcija u svim tretmanima nakon uzorkovanja. Koncentracija Ca u supstratu bila je značajno niža kod sadnica podloge Gisela 5 ( $26,17 \text{ mg L}^{-1}$ ) u odnosu na sadnice podloge SL 64 ( $68,93 \text{ mg L}^{-1}$ ), ali vrijednosti obiju podloga nisu bile statistički različite od podloge MaxMa 14 ( $57,64 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Zalijevanje supstrata suspenzijom inokulata u različitim intervalima nije dalo značajne razlike u sadržaju magnezija u supstratu. Nakon 8 mjeseci uzgoja sadržaj magnezija povećao se u svim tretmanima u odnosu na početnu vrijednost ( $1,28 \text{ mg L}^{-1}$ ). Nadalje, magnezij je u podlogama pokazao trend koji su imali kalij i kalcij, pa je stoga u supstratu sadnica podloge SL 64 koncentracija Mg ( $10,97 \text{ mg L}^{-1}$ ) bila je značajno veća nego u supstratu podloge Gisela 5 ( $4,07 \text{ mg L}^{-1}$ ).

#### 4.1.2 Svojstva supstrata u sadnica sorte 'Lapins'

U Tablici 21. prikazani su rezultati analize varijance fizikalno kemijskih svojstava supstrata u kojem su uzgajani okulanti sorte 'Lapins' na tri podloge i zalijevani prema postavljenim tretmanima. Rezultati su pokazali značajne interakcije faktora kod EC i udjela soli, te koncentracije kalija i magnezija u supstratu. Rezultati značajnih interakcija prikazani su u Grafikonima od 1. do 3. Interakcije kod ostalih svojstava nisu bile značajne, te su nakon povratnog testa srednje vrijednosti za svako pojedino svojstvo prikazane u Tablicama 9. i 10.

Tablica 9. Analiza varijance fizikalno kemijskih svojstava supstrata sadnica sorte 'Lapins' cijepljenih na tri podloge

	pH	EC	soli	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N min.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
ANOVA	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Tretman (T)	1,37 ns	2,84 ns	2,84 ns	4,58 *	1,68 ns	6,07 **	3,34 ns	3,06 ns	3,75 *	3,12 ns
Podloga + 'Lapins' (P + L)	1,46 ns	8,52 **	8,52 **	1,44 ns	7,10 **	6,88 **	4,07 *	2,83 ns	7,00 **	8,86 **
T x (P + L)	2,53 ns	3,23 *	3,23 *	0,47 ns	2,10 ns	1,82 ns	0,33 ns	3,92 *	2,82 ns	3,03 *

Napomena: ns, \*, \*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno

$$p \leq 0,001$$

Tablica 10. Srednje vrijednosti pH, EC, % soli i sadržaja makroelemenata na kraju vegetacije 2022. godine u supstratu u kojem su uzgajane sadnice sorte 'Lapins' na različitim podlogama zalijevane suspenzijom inkubirana *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima

	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS cm <sup>-1</sup> )	soli (%)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	N mineralni (mg L <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (mg L <sup>-1</sup> )	Ca (mg L <sup>-1</sup> )	Mg (mg L <sup>-1</sup> )
Tretman ( $\bar{x} \pm SD$ )										
T0	6,23 ± 0,28	0,62 ± 0,26	0,08 ± 0,03	5,32 ± 1,97 a	18,70 ± 9,55	8,36 ± 3,35 a	28,74 ± 10,09	38,31 ± 11,64	62,28 ± 34,20 a	10,33 ± 5,70
T1	6,40 ± 0,43	0,50 ± 0,30	0,06 ± 0,04	4,43 ± 2,15 ab	15,57 ± 4,04	6,96 ± 1,95 ab	22,02 ± 6,80	31,68 ± 13,65	42,33 ± 33,78 ab	7,72 ± 6,18
T2	6,45 ± 0,31	0,42 ± 0,18	0,05 ± 0,02	2,69 ± 1,24 b	14,43 ± 5,05	5,35 ± 1,21 b	19,80 ± 7,22	27,53 ± 10,26	34,42 ± 19,02 b	6,05 ± 3,07
Podloga + 'Lapins' ( $\bar{x} \pm SD$ )										
SL 64	6,46 ± 0,46	0,52 ± 0,29	0,07 ± 0,04	4,68 ± 4,68	18,56 ± 6,95 a	7,82 ± 2,85 a	29,19 ± 8,59 a	35,06 ± 15,34	48,98 ± 36,86 ab	8,27 ± 5,80
MaxMa 14	6,22 ± 0,28	0,69 ± 0,22	0,09 ± 0,03	4,48 ± 2,83	19,15 ± 5,55 a	7,81 ± 2,57 a	22,18 ± 5,77 ab	35,97 ± 10,98	64,50 ± 25,13 a	11,54 ± 4,65
Gisela 5	6,40 ± 0,26	0,34 ± 0,12	0,04 ± 0,01	3,29 ± 0,91	10,99 ± 4,28 b	5,04 ± 1,02 b	19,19 ± 9,08 b	26,49 ± 8,73	25,55 ± 16,78 b	4,29 ± 2,38

Napomena: a,b... - prosječne vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema Tukey testu uz  $p \leq 0,001$ .

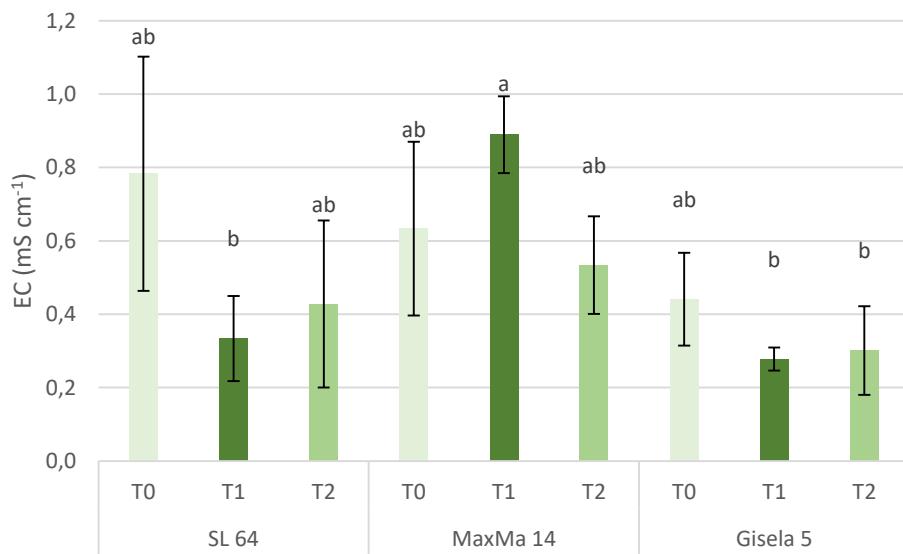
Tablica 11. Srednje vrijednosti sadržaja  $\text{NH}_4^+$ , N-min i Ca u supstratu u kojem su uzbudjene sadnice sorte 'Lapins' na različitim podlogama zalijevane suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima

	$\text{NH}_4^+$ (mg L <sup>-1</sup> )	N mineralni (mg L <sup>-1</sup> )	Ca (mg L <sup>-1</sup> )
SL 64 ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )			
T0	$6,45 \pm 2,00$ a	$10,86 \pm 3,01$ a	$84,80 \pm 41,40$ a
T1	$4,36 \pm 0,66$ ab	$6,59 \pm 0,31$ ab	$24,63 \pm 11,98$ ab
T2	$3,22 \pm 1,89$ ab	$6,02 \pm 1,52$ ab	$37,49 \pm 23,76$ ab
MaxMa 14 ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )			
T0	$5,53 \pm 2,50$ ab	$9,11 \pm 2,68$ ab	$62,10 \pm 31,48$ ab
T1	$5,50 \pm 3,83$ ab	$8,63 \pm 2,78$ ab	$85,22 \pm 14,73$ a
T2	$2,42 \pm 1,22$ b	$5,67 \pm 1,03$ ab	$46,18 \pm 12,68$ ab
Gisela 5 ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )			
T0	$4,00 \pm 0,83$ ab	$5,10 \pm 1,52$ b	$39,93 \pm 21,51$ ab
T1	$3,45 \pm 0,50$ ab	$5,67 \pm 0,65$ ab	$17,15 \pm 4,91$ b
T2	$2,42 \pm 0,67$ b	$4,35 \pm 0,30$ b	$19,58 \pm 13,04$ b

Napomena: a,b,... - prosječne vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema Tukey testu uz  $p \leq 0,001$ .

#### 4.1.2.1 pH, EC i sadržaj soli

Prema interakciji tretmana i podloge daje se zaključiti da je EC u supstratu bio najviši među sadnicama na podlozi MaxMa 14 u T1 te se značajno razlikovao od vrijednosti kod sadnica na podlozi SL 64 u istom tretmanu i na podlozi Gisela 5 u T1 i T2 (Grafikon 1).



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 1. Interakcija tretmana i podloge na elektroprovodljivost supstrata kod sadnica trešnje sorte 'Lapins'.

Nadalje, tretmani zaliđevanja suspenzijom inokulata, te podloge nisu značajno utjecali na pH reakciju u supstratu okulanata.

#### *4.1.2.2 Sadržaj amonijaka, nitrata i ukupnog mineralnog dušika*

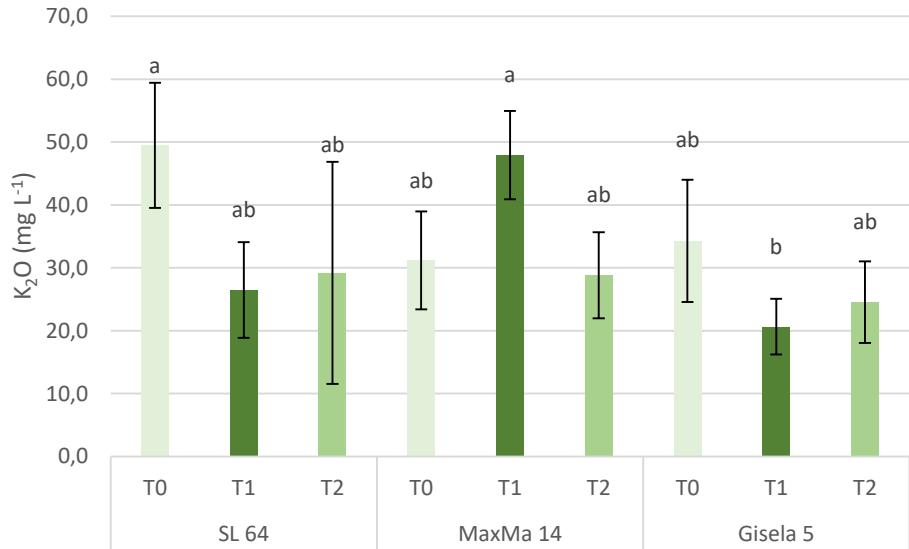
Zaliđevanje suspenzijom inokulata *A. brasiliense* imalo je utjecaj na sadržaj amonijaka u supstratu, dok nije bilo utjecaja podloge na sadržaj amonijaka. Najveća koncentracija amonijaka zabilježena je u supstratu kod T0 ( $5,32 \text{ mg L}^{-1}$ ) i nije se značajno razlikovala od koncentracije u T1 ( $4,43 \text{ mg L}^{-1}$ ), ali se značajno razlikovala od koncentracije u T2 ( $2,69 \text{ mg L}^{-1}$ ). Nadalje, sadržaj nitrata nije se značajno razlikovao po provedenom tretmanu, no značajnih je razlika bilo između podloga. Supstrat kod podloga SL 64 i MaxMa 14 pokazao je više koncentracije nitrata u odnosu na podlogu Gisela 5. Isto tako, značajne razlike u sadržaju ukupnog mineralnog dušika zabilježene su između tretmana, te između podloga. Najveći sadržaj mineralnog dušika zabilježen je u supstratu sadnica u T0, ali se nije statistički značajno razlikovao od vrijednosti iz T2. Najmanji sadržaj dušika zabilježen je u supstratu sadnica u T2, i statistički se značajno razlikovao od T0. U usporedbi s početnim vrijednostima sadržaja amonijaka, nitrata i ukupnog mineralnog dušika u supstratu, vrijednosti svih oblika dušika su pale nakon 8 mjeseci u svim tretmanima.

#### *4.1.2.3 Sadržaj fosfora*

Premda među tretmanima i podlogama nije bilo značajne razlike u sadržaju fosfora, uočava se da je supstrat u kontrolnom tretmanu ( $28,74 \text{ mg L}^{-1}$ ), odnosno supstrat kod sadnica na podlozi SL 64 ( $29,19 \text{ mg L}^{-1}$ ) imao najviše koncentracije fosfora, a supstrat u T2 ( $19,80 \text{ mg L}^{-1}$ ), odnosno kod sadnica na podlozi Gisela 5 ( $19,19 \text{ mg L}^{-1}$ ) imao najniže koncentracije fosfora.

#### *4.1.2.4 Sadržaj kalija*

Sadržaj kalija u supstratu sadnica okulanata nije se značajno razlikovao između tretmana i podloga, ali je zato interakcija ta dva faktora bila statistički značajna odakle proizlazi da je su najveće vrijednosti koncentracije kalija u supstratu zabilježene u kontrolnom tretmanu kod podloge SL 64 i T1 kod podloge MaxMa 14, dok je najmanja vrijednost zabilježena u T1 kod podloge Gisela 5 koja se ujedno statistički značajno razlikuje od prethodne dvije vrijednosti (Grafikon 2.).



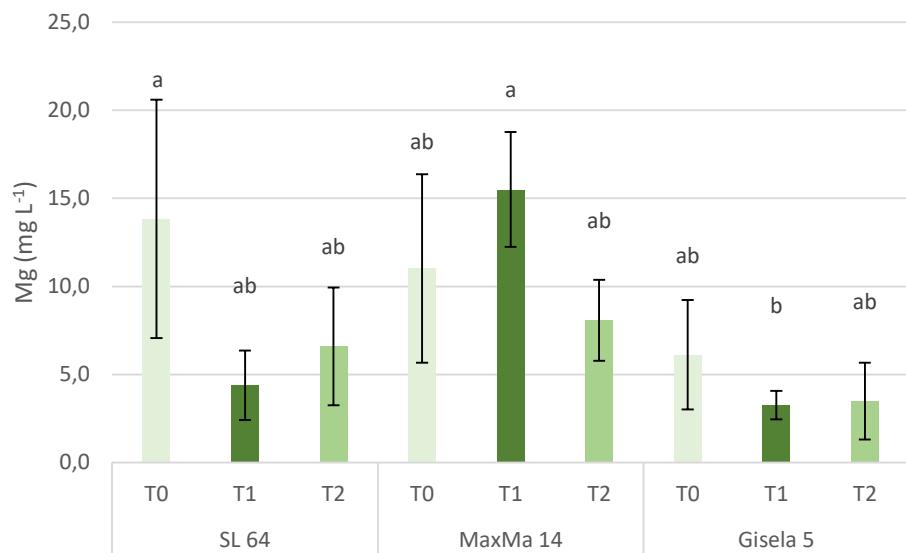
Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 2. Interakcija tretmana i podloge na koncentraciju kalija u supstratu sadnica trešnje sorte 'Lapins'.

#### 4.1.2.5 Sadržaj kalcija i magnezija

Različiti intenziteti primjene suspenzije inokulata i različite podloge značajno su utjecali na sadržaj kalcija. Koncentracija kalcija u supstratu bila je najviša kod sadnica u kontrolnom tretmanu (62,28 mg L<sup>-1</sup>), te se statistički značajno razlikovala od vrijednosti iz T2 (34,42 mg L<sup>-1</sup>). Nadalje, u supstratu kod sadnica na podlozi MaxMa 14 zabilježena je najviša koncentracija kalcija (64,50 mg L<sup>-1</sup>) koja se statistički razlikovala od najniže koncentracije zabilježene u supstratu kod sadnica na podlozi Gisela 5 (25,55 mg L<sup>-1</sup>).

Sadržaj magnezija nije se razlikovao između tretmana, no u interakciji tretmana s podlogama zabilježene su razlike. Tako su kod sadnica podloge SL64 u T0, a kod sadnica na podlozi MaxMa 14 u T1 zabilježene najveće koncentracije magnezija (15,51 mg L<sup>-1</sup>), a kod sadnica na podlozi Gisela 5 iz tretmna T1 najniže koncentracije magnezija (3,26 mg L<sup>-1</sup>) (Grafikon 3).



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 3. Interakcija tretmana i podloge na koncentraciju magnezija u supstratu sadnica trešnje sorte 'Lapins'.

## 4.2 Mineralni sastav listova

### 4.2.1 Mineralni sastav listova podloga

Kemijski sastav listova trešnje može ovisiti o mnogim čimbenicima, uključujući poljoprivrednu praksu, okolišni utjecaj tijekom razdoblja rasta, te razvojnu fazu tijekom uzorkovanja listova. Analiza varijance pokazatelja mineralnog sastava lista (suha tvar i sadržaj makroelemenata) u Tablici 12. pokazala je značajne interakcije između faktora za suhu tvar, te sadržaj dušika i kalcija. Prosječne vrijednosti makroelemenata (N, P, K, Ca i Mg) u suhoj tvari u listovima sadnica podloga i s različitim tretmanima prikazane su u Tablici 13, a za makroelemente P, K i Mg je napravljen Tukey test.

Tablica 12. Analiza varijance suhe tvari i mineralnog sastava listova u sadnicama podloga

	ST	N	P	K	Ca	Mg
ANOVA	F	F	F	F	F	F
Tretman (T)	0,78 ns	15,86 ***	0,09 ns	1,75 ns	5,50 *	2,67 ns
Podloga (P)	61,31 ***	37,26 ***	1,72 ns	39,54 ***	40,01 ***	77,49 ***

T x P	3,91 *	4,60 **	0,92 ns	1,30 ns	4,46 *	1,92 ns
-------	--------	---------	---------	---------	--------	---------

Napomena: ns, \*, \*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno  $p \leq 0,001$

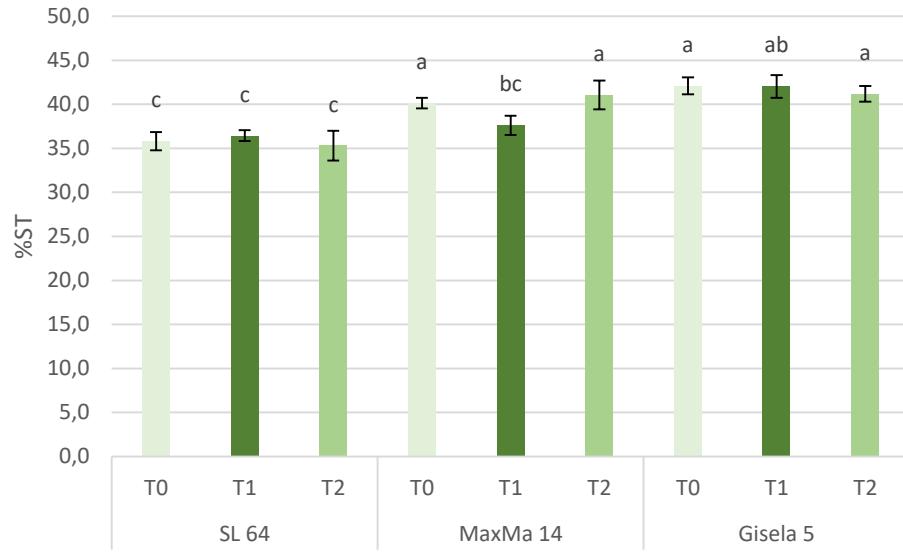
Tablica 13. Srednje vrijednosti mineralnog sastava listova sadnica različitih podloga trešnje zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima tijekom vegetacije 2022.

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Tretman ( $\bar{x} \pm SD$ )					
T0	1,53 ± 0,16	0,25 ± 0,06	2,19 ± 0,32	1,35 ± 0,09	0,50 ± 0,19
T1	1,83 ± 0,32	0,26 ± 0,06	2,07 ± 0,39	1,26 ± 0,26	0,57 ± 0,23
T2	1,72 ± 0,23	0,25 ± 0,03	2,03 ± 0,44	1,21 ± 0,19	0,59 ± 0,24
Podloga ( $\bar{x} \pm SD$ )					
SL 64	1,70 ± 0,15	0,27 ± 0,03	1,98 ± 0,10 b	1,40 ± 0,08	0,66 ± 0,10 a
MaxMa 14	1,92 ± 0,28	0,23 ± 0,04	1,78 ± 0,27 b	1,37 ± 0,09	0,72 ± 0,11 a
Gisela 5	1,46 ± 0,11	0,26 ± 0,07	2,53 ± 0,18 a	1,06 ± 0,18	0,28 ± 0,03 b

Napomena: a,b,... - prosječne vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema Tukey testu uz  $p \leq 0,001$ .

#### 4.2.1.1 Suha tvar u listu

Listovi inokuliranih sadnica nisu se značajno razlikovali po suhoj tvari s listovima sadnica iz kontrolnog supstrata. Naprotiv, značajne su razlike zabilježene između sadržaja suhe tvari listova različitih podloga koje su prikazane grafički (Grafikon 4.). Značajna razlika u postotku suhe tvari zabilježena je i u interakciji dva faktora. Lišće sadnica podloge Gisela 5 u kontrolnom tretmanu imalo je najveći udio suhe tvari (42,10 % ST), dok je lišće podloge SL 64 u tretmanu T2 imalo najmanji udio suhe tvari (35,30 % ST). Nadalje, sadnice podloge Gisela 5 imale su značajno veći postotak suhe tvari u listu u svim tretmanima u usporedbi sa sadnicama podloge SL 64. Također, između sadnica podloga MaxMa 14 i Gisela 5 nije bilo značajnih razlika po tretmanima.

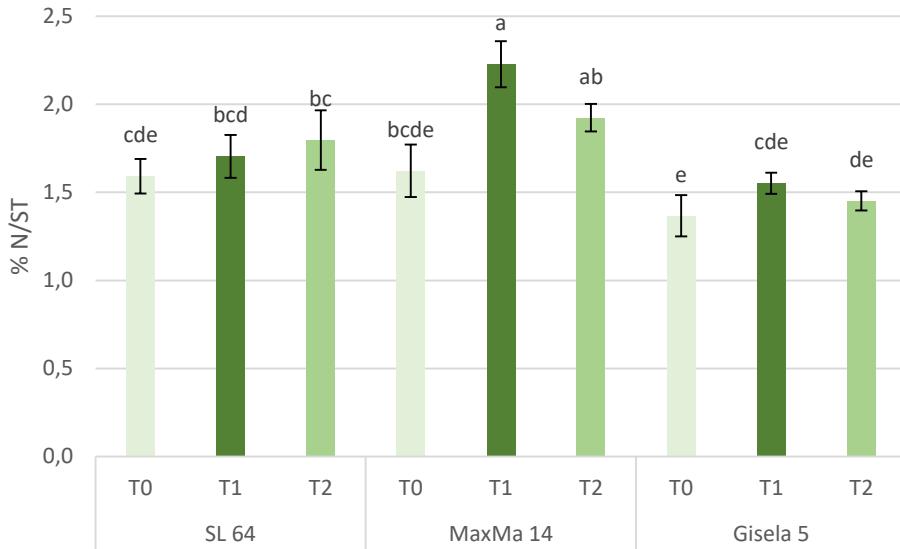


Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 4. Interakcija tretmana i podloge na postotak suhe tvari u listu sadnica podloga trešnje.

#### 4.2.1.2 Sadržaj dušika

Analizom sadržaja dušika u listovima podloga trešnje i statističkom obradom podataka uočeno je da postoje značajne interakcije između faktora u postotcima dušika u suhoj tvari lista (Grafikon 5.). Najveći postotak dušika (2,23% ST) u listu je u T1 sadnica podloge MaxMa 14, a najmanji u listu sadnica u T0 podloge Gisela 5 (1,37% ST). Nadalje, unutar podloge MaxMa 14 oba tretmana pokazala su statistički značajnu razliku od kontrole (1,62 % ST) koja se statistički nije razlikovala od kontrola ostalih dvoju podloga.



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 5. Interakcija tretmana i podloge na sadržaj dušika u suhoj tvari u listu sadnica podloga trešnje.

#### 4.2.1.3 Sadržaj fosfora

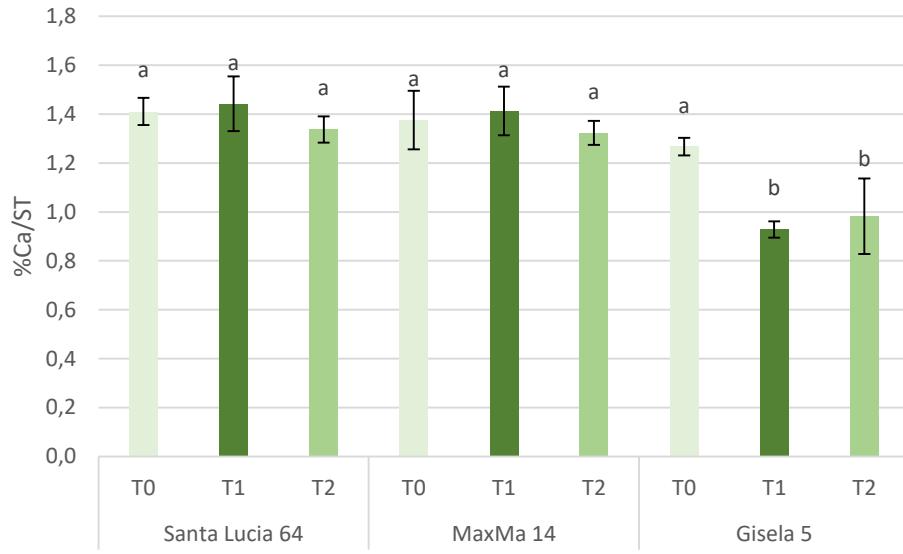
Podaci prikupljeni nakon tretmana pokazuju da tretman rizobakterijom nije imao značajan utjecaj na količinu fosfora u lišću. Nadalje, razlike u sadržaju fosfora primjenjene između tretmana nisu bile statistički značajne, a nije bilo značajnih razlika ni između podloga. Ispitivane podloge imale su približno isti sadržaj fosfora u lišću gdje se udio kretao od 0,23% do 0,26% u suhoj tvari.

#### 4.2.1.4 Sadržaj kalija

Između podloga zabilježena je značajna razlika u sadržaju kalija bez obzira na tretman. Vrijednosti sadržaja kalija u suhoj tvari lista kretale su se od 1,78% kod sadnica podloge MaxMa 14 do 2,53% kod sadnica podloge Gisela 5.

#### 4.2.1.5 Sadržaj kalcija

Između podloga i tretmana zabilježena je značajna interakcija za postotak Ca u suhoj tvari lista te su podaci prikazani na Grafikonu 6. Postotak Ca u listu sadnica podloge Gisela 5 u T1 (0,93 % ST) i T2 (0,98 % ST) statistički je najniži i značajno se razlikuje od vrijednosti svih ostalih tretmana po podlogama. Ujedno, najveću vrijednosti imale su sadnice podloge SL 64 u T1 (1,44 % ST).



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 6. Interakcija tretmana i podloge na sadržaj kalcija u suhoj tvari u listu sadnica podloga trešnje.

#### 4.2.1.6 Sadržaj magnezija

Sadržaj magnezija nije se značajno razlikovao između tretmana. Međutim, tip podloge imao je značajni utjecaj na količinu magnezija u lišću, te su tako sadnice podloge Gisela 5 imale značajno najniži postotak Mg u suhoj tvari lista (0,28 %).

#### 4.2.2 Mineralni sastav listova sorte 'Lapins' na tri podloge

U Tablici 14. prikazani su podaci analize varijance suhe tvari i mineralnog sastava listova (N, P, K, Ca i Mg) sorte 'Lapins' te je pronađena značajna interakcija faktora kod sadržaja fosfora u listovima sadnica.

Tablica 14. Analiza varijance suhe tvari i mineralnog sastava listova u sadnicama sorte 'Lapins' uzgojenih na tri podloge

	ST	N	P	K	Ca	Mg
ANOVA	F	F	F	F	F	F
Tretman (T)	0,28 ns	8,88 **	3,53 ns	2,18 ns	3,51 ns	4,24 *
Podloga + 'Lapins' (P + L)	0,32 ns	2,74 ns	0,21 ns	19,23 ***	11,34 ***	26,79 ***
T x (P + L)	1,84 ns	0,57 ns	3,34 *	0,32 ns	0,20 ns	1,20 ns

Napomena: ns, \*, \*\*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno  $p \leq 0,001$

##### 4.2.2.1 Suha tvar

Količina suhe tvari u lišću sadnica sorte 'Lapins' uzgojenom na različitim podlogama i sa različitim tretmanima prikazana je u Tablici 15. Vidljivo je da se sadržaj suhe tvari nije značajno razlikovao ni po tretmanima ni po podlogama.

##### 4.2.2.2 Sadržaj dušika

Ukupan sadržaj dušika u suhoj tvari lista prikazan je u Tablici 27. Uočena je značajna razlika u postotku dušika između T0 (1,57 % ST) i T1 (1,95 % ST). Što se tiče podloga, nije došlo do značajnih varijacija u količini dušika u suhoj tvari. Ovi rezultati sugeriraju da je mjesecni tretman zalijevanja suspenzijom inokulata značajno promijenio koncentraciju N u listu okulanata sorte 'Lapins'.

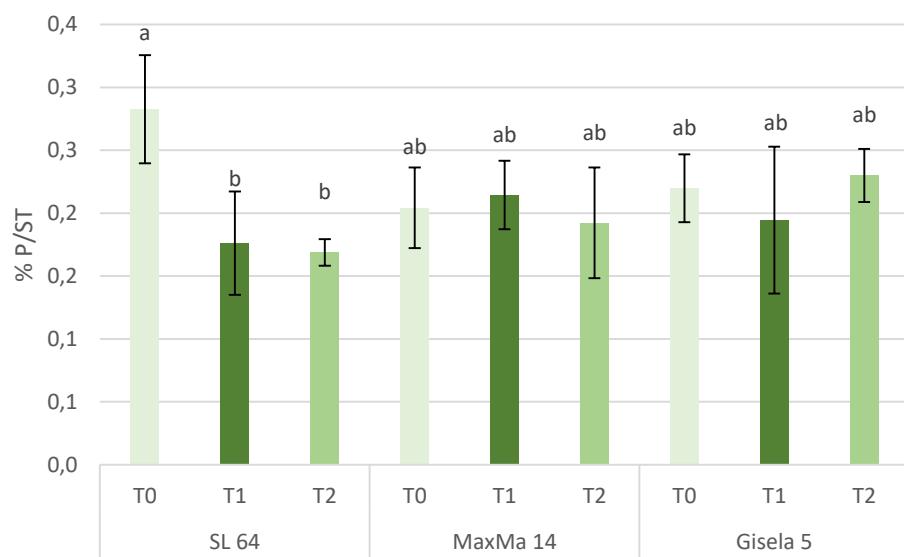
Tablica 15. Srednje vrijednosti suhe tvari i mineralnog sastava listova sadnica sorte 'Lapins' uzgojenih na različitim podlogama trešnje zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima tijekom vegetacije 2022.

	ST (%)	N (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Tretman ( $\bar{x} \pm SD$ )					
T0	38,88 ± 4,39	1,57 ± 1,17 b	1,81 ± 0,27	0,89 ± 0,15 b	0,40 ± 0,14 b
T1	40,50 ± 5,55	1,95 ± 0,22 a	1,64 ± 0,28	1,00 ± 0,17 ab	0,50 ± 0,14 a
T2	40,32 ± 5,70	1,77 ± 0,20 ab	1,64 ± 0,38	1,05 ± 0,20 a	0,49 ± 0,16 ab
Podloga + 'Lapins' ( $\bar{x} \pm SD$ )					
SL 64	40,57 ± 7,31	1,66 ± 0,20	1,66 ± 0,20 b	0,87 ± 0,11 b	0,47 ± 0,09 b
MaxMa 14	38,81 ± 4,73	1,77 ± 0,34	1,42 ± 0,18 b	1,15 ± 0,15 a	0,60 ± 0,12 a
Gisela 5	40,32 ± 2,52	1,87 ± 0,14	2,01 ± 0,22 a	0,93 ± 0,15 b	0,32 ± 0,07 c

Napomena: a,b... - prosječne vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema Tukey testu uz  $p \leq 0,001$ .

#### 4.2.2.3 Sadržaj fosfora

U listovima sadnica okulanata na podlogama MaxMa 14 i Gisela 5 sadržaj fosfora se nije značajno mijenjao po tretmanima. Ipak na podlozi SL 64 značajne je razlike bilo između T1 i T2 sa kontrolnim tretmanom gdje je zabilježen najveći sadržaj fosfora u suhoj tvari od 0,28 %. (Grafikon 7.). Istovremeno, prosječni sadržaj fosfora u ostalim tretmanima varirao je između 0,17 i 0,23 % bez obzira na tip podloge.



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 7. Interakcija tretmana i podloge na sadržaj fosfora u suhoj tvari u listu sadnica trešnje sorte 'Lapins'.

#### **4.2.2.4 Sadržaj kalija**

Tretman rizobakterijom nije značajno utjecao na sadržaj kalija u listu sadnica sorte 'Lapins', međutim, na njegov sadržaj utjecao je tip podloge. Najveći sadržaj kalija utvrđen je u listu sadnica na podlozi Gisela 5 (2,01 % ST), dok su listovi sadnica ostale dvije ispitane podloge imali sličan sadržaj kalija - SL 64 (1,66 % ST) i MaxMa 14 (1,42 % ST).

#### **4.2.2.5 Sadržaj kalcija**

U usporedbi s kontrolnim tretmanom (0,89 % ST) sadržaj kalcija u listu značajno se povećao u sadnicama iz T2 (1,05 % ST), dok se kod sadnica u T1 nije značajno razlikovao od sadnica u kontroli. Nadalje, među podlogama su također zabilježene značajne razlike. Najveći sadržaj kalcija u listu bio je u sadnicama na podlozi MaxMa 14 (1,15 % ST), a najmanji na podlozi SL 64 (0,87 % ST).

#### **4.2.2.6 Sadržaj magnezija**

Dobiveni rezultati pokazuju da su na sadržaj magnezija u listu značajno utjecali i podloga i tretman dok njihova interakcija nije bila značajna. Dodavanje rizobakterije u mjesечnim intervalima imalo je značajan utjecaj na sadržaj Mg u listu koji je u T1 iznosio je 0,50 % ST i značajno se razlikovao od kontrolnog tretmana (0,40 % ST). Ipak, između dva tretmana rizobakterijom nije bilo statističkih razlika. Također je utvrđeno da na vrijednosti sadržaja Mg u listu okulanata sorte 'Lapins' značajno utječe podloga. Najveća vrijednost zabilježena je u listovima sadnica na podlozi MaxMa 14 (0,60 % ST), a najmanja na podlozi Gisela 5 (0,32 % ST).

### **4.3 Sadržaj klorofila u listu**

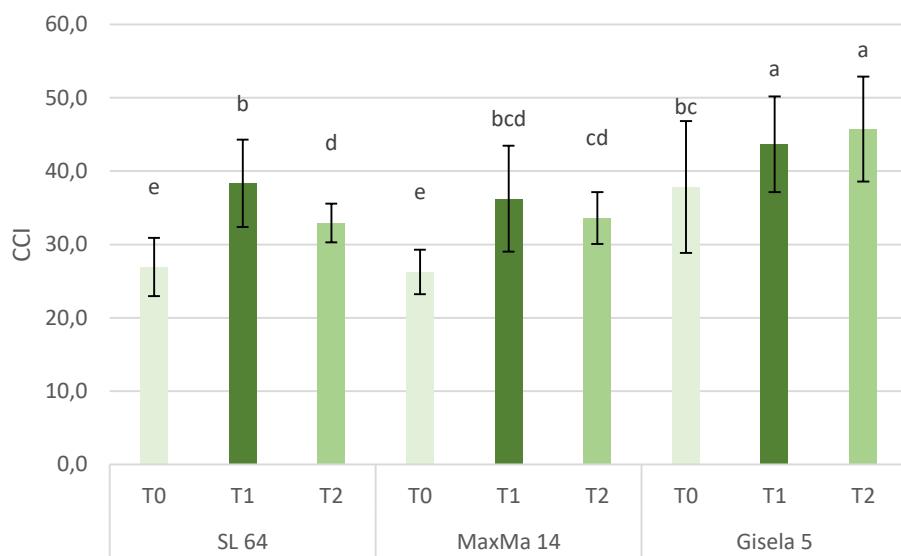
#### **4.3.1 CCI kod sadnica podloga**

Podaci koji su prikazani u Tablici 16. pokazuju da su oba faktora, kao i njihova međusobna interakcija imali značajan učinak na indeks sadržaja klorofila u listovima podloga. Oba tretmana s *A. brasiliense* izazvala su značajni porast CCI u sadnicama svih podloga (Grafikon 8.), dok su se vrijednosti iz T1 i T2 kod sadnica podloge Gisela 5 statistički značajno razlikovale u usporedbi s ostalim varijantama.

Tablica 16. Analiza varijance CCI među podlogama

	CCI
ANOVA	F
Tretman (T)	58,66 ***
Podloga (P)	87,61 ***
T x P	3,41 **

Napomena: ns, \*, \*\*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno  $p \leq 0,001$



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 8. Interakcija tretmana i podloge na indeks sadržaja klorofila u listu sadnica različitih podloga trešnje.

#### 4.3.2 CCI kod sadnica sorte 'Lapins'

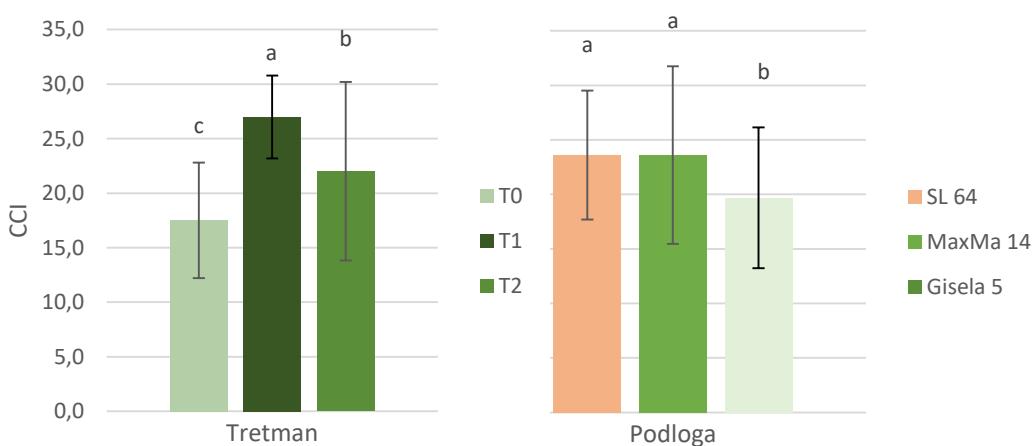
Rezultati analize varijance podataka u Tablici 17. pokazuju da kod sadnica sorte 'Lapins' nije bilo značajnih interakcija između tretmana i podloga.

Tablica 17. Analiza varijance CCI među sadnicama sorte 'Lapins'

	CCI
ANOVA	F
Tretman (T)	22,84 ***
Podloga + 'Lapins' (P + L)	5,79 **
T x (P + L)	2,07 ns

Napomena: ns, \*, \*\*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno  $p \leq 0,001$

Međutim, pojedinačno je svaki faktor pokazao značajan utjecaj na indeks sadržaja klorofila. Mjesečno dodavanje rizobakterije (T1) pokazalo je značajno najveći učinak na povećanje sadržaja klorofila (26,98), u odnosu na T2 (22,01) i T0 (17,51) (Grafikon 9). Nadalje, CCI u listovima sadnica sorte 'Lapins' na podlozi MaxMa 14 iznosio je 23,61, odnosno na podlozi SL 64 gdje je izmjereno 23,60 (Grafikon 9). Prosječne vrijednosti CCI ovih podloga statistički su se razlikovale od vrijednosti CCI na podlozi Gisela 5 (19,69).



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 9. Utjecaji tretmana i podloge na indeks sadržaja klorofila u listu sadnica sorte 'Lapins'.

## 4.4 Vegetativni prirast

### 4.4.1 Prirast sadnica podloga u visinu i debljinu

Između tretmana i podloga prema analizi varijance nije bilo statistički značajnih interakcija kod vegetativnih pokazatelja rasta (Tablica 18.) te je za oba svojstva napravljen povratni Tukey test.

Tablica 18. Analiza varijance prirasta sadnica podloga u visinu i debljinu

	Prirast u visinu (cm)	Prirast u debljinu (mm <sup>2</sup> )
ANOVA	F	F
Tretman (T)	2,64 ns	3,06 *
Podloga (P)	73,63 ***	220,98 ***
T x P	2,34 ns	1,05 ns

Napomena: ns, \*, \*\*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno  $p \leq 0,001$

Prosječne vrijednosti vegetativnog prirasta sadnica podloga trešnje u visinu i debljinu prikazane su u Tablici 19. Između kontrolnog tretmana (T0) i tretmana T1 i T2 postoje razlike kod oba mjerena parametra koje pokazuju veći prirast tretiranih sadnica, no te razlike statistički nisu značajne. Naprotiv, između sadnica podloga postoje statistički značajne razlike. Najveći prosječni prirast u visinu (99,45 cm) i debljinu ( $64,71 \text{ mm}^2$ ) imale su sadnice podloge SL 64. Najmanje vrijednosti oba parametra zabilježene su kod sadnica podloge Gisela 5 (59,47 cm za visinu i  $19,97 \text{ mm}^2$  za debljinu).

Tablica 19. Srednje vrijednosti prirasta u visinu i debljinu sadnica zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima podloga trešnje

	Prirast u visinu (cm)	Prirast u debljinu ( $\text{mm}^2$ )
Tretman ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )		
T0	$72,90 \pm 29,02$	$38,20 \pm 21,66$ b
T1	$77,20 \pm 26,37$	$42,86 \pm 25,46$ ab
T2	$80,29 \pm 29,48$	$42,43 \pm 22,61$ ab
Podloga ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )		
SL 64	$99,45 \pm 24,53$ a	$64,71 \pm 18,93$ a
MaxMa 14	$71,67 \pm 28,10$ b	$39,08 \pm 13,61$ b
Gisela 5	$59,47 \pm 14,01$ c	$19,97 \pm 8,93$ c

Napomena: a,b,... - prosječne vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema Tukey testu uz  $p \leq 0,001$ .

#### 4.4.2 Prirast sadnica sorte 'Lapins' u visinu i debljinu

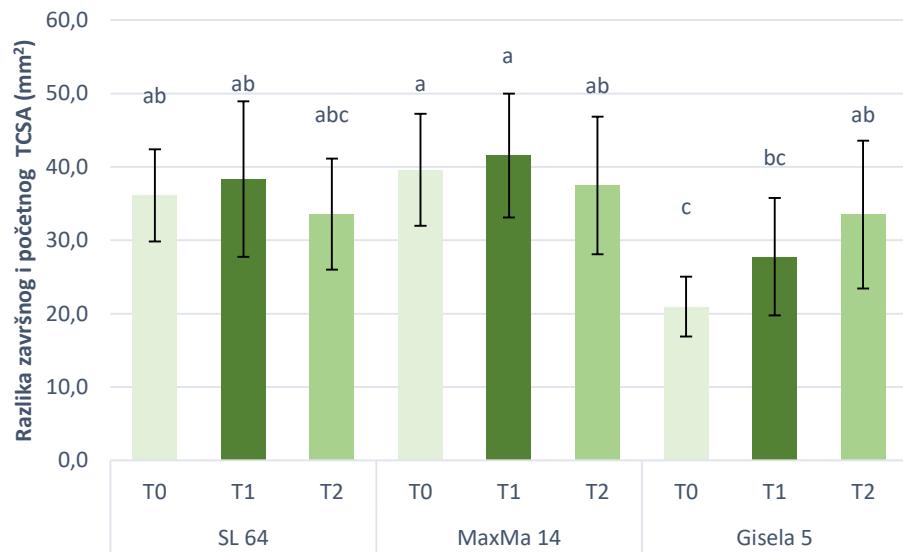
U Tablici 20. prikazani su podaci analize varijance vegetativnog prirasta okulanata sorte 'Lapins' te je pronađena značajna interakcija faktora kod prirasta mladice okulanta u debljinu.

Tablica 20. Analiza varijance prirasta sadnica sorte 'Lapins' u visinu i debljinu

	Prirast u visinu (cm)	Prirast u debljinu podloge ( $\text{mm}^2$ )	Prirast u debljinu mladice okulanta ( $\text{mm}^2$ )
<b>ANOVA</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>
<b>Tretman (T)</b>	0,73 ns	1,60 ns	1,78 ns
Podloga + 'Lapins' (P + L)	2,73 ns	85,92 ***	22,00 ***
T x (P + L)	1,43 ns	2,01 ns	3,36 *

Napomena: ns, \*, \*\*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno  $p \leq 0,001$

Na Grafikonu 10. prikazani rezultati interakcije između dva faktora ukazuju na značajnu razliku između prirasta okulanata iz tretmana T0 ( $20,96 \text{ mm}^2$ ) i T2 ( $33,52 \text{ mm}^2$ ) na podlozi Gisela 5. Unutar sadnica podloga MaxMa 14 i SL 64 nije bilo značajnih razlika po tretmanima. Sadnice okulanata na podlozi MaxMa 14 u tretmanima T0 ( $39,62 \text{ mm}^2$ ) i T1 ( $41,57 \text{ mm}^2$ ) imale su najveći jednogodišnji prirast debla okulanta u debljinu, te su se značajno razlikovale od sadnica na podlozi Gisela 5 iz istih tretmana.



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 10. Interakcija tretmana i podlage na prosječni godišnji prirast u debljinu (razlika između završnog i početnog poprečnog presjeka) okulanata sadnica trešnje sorte 'Lapins'.

Rezultati post hoc analize ostala dva ispitivana svojstva (Tablica 21.) pokazali su da, neovisno o tretmanu i tipu podlage nije bilo značajnih razlika u prirastu sadnica u visinu. Nadalje, ni u prirastu sadnica u debljinu nije bilo značajnih razlika po tretmanima. Naprotiv, statistički značajnih razlika bilo je u jednogodišnjem prirastu debla podlage između sve tri podlage. Sadnice sorte 'Lapins' na podlozi SL 64 imale su značajno veći prirast u debljinu debla podlage ( $52,71 \text{ mm}^2$ ) od sadnica na podlogama MaxMa 14 ( $38,53 \text{ mm}^2$ ) i Gisela 5 ( $14,81 \text{ mm}^2$ ).

Tablica 21. Srednje vrijednosti prirasta u visinu i debeljini sadnica sorte 'Lapins' zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima podloga trešnje tijekom vegetacije 2022.

	Prirast u visinu (cm)	Prirast u debeljinu podloge ( $\text{mm}^2$ )
Tretman ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )		
T0	74,58 ± 12,90	35,33 ± 21,80
T1	74,47 ± 16,21	32,19 ± 20,15
T2	79,90 ± 16,51	28,80 ± 14,59
Podloga + 'Lapins' ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ )		
SL 64	75,42 ± 13,48	52,71 ± 18,31 a
MaxMa 14	80,48 ± 11,76	38,53 ± 10,50 b
Gisela 5	72,64 ± 18,26	14,81 ± 6,66 c

Napomena: a,b,... - prosječne vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema Tukey testu uz  $p \leq 0,001$ .

## 4.5 Dinamika vegetativnog rasta u 2022. godini

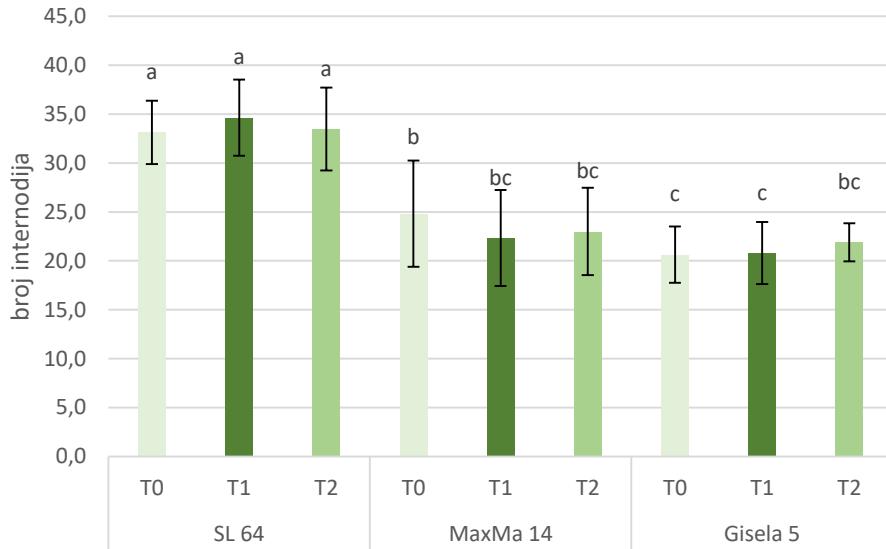
### 4.5.1 Dinamika rasta podloga

Rezultati analize varijance (Tablica 22.) pokazuju značajnu interakciju faktora kod broja internodija na drugom mjerenu te je ona grafički prikazana u Grafikonu 11. S obzirom na to da u ostalim rokovima mjerena nije bilo značajne interakcije, napravljen je Tukey test (Grafikoni 12. i 13.)

Tablica 22. Analiza varijance dinamike rasta mladice i broja internodija u sadnicama podloga trešnje

Datum mjerena	Duljina mladice (cm)				Broj internodija			
	11. 5.	8. 6.	6. 7.	3. 8.	11. 5.	8. 6.	6. 7.	3. 8.
<b>ANOVA</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>
Tretman (T)	5,10 **	0,51 ns	0,09 ns	0,98 ns	1,29 ns	0,12 ns	0,38 ns	1,16 ns
Podloga (P)	139,52 ***	89,00 ***	96,18 ***	76,85 ***	71,20 ***	263,69 ***	322,69 ***	165,61 ***
T x P	1,75 ns	2,04 ns	2,26 ns	0,98 ns	1,08 ns	2,60 *	1,29 ns	0,73 ns

Napomena: ns, \*, \*\*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno  $p \leq 0,001$

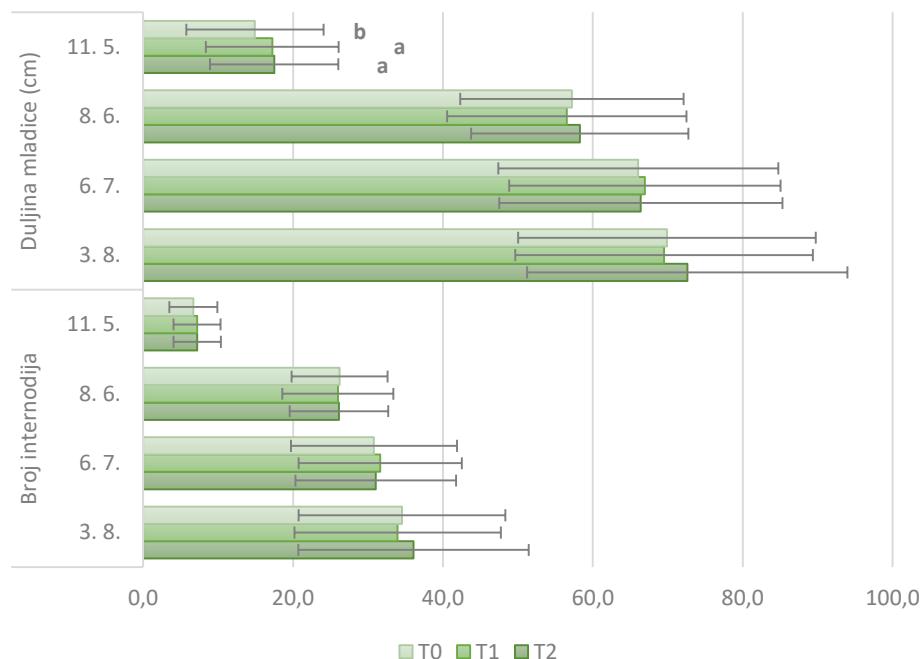


Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 11. Interakcija tretmana i podloge na prosječan broj internodija sadnica različitih podloga trešnje na dan 8. lipnja.

U drugom mjerenuju sadnice podloge SL 64 usporedno s ostale dvije podloge imale su veći broj internodija u svim tretmanima. Nadalje, unutar svake podloge pojedinačno nije bilo značajnih razlika po tretmanima.

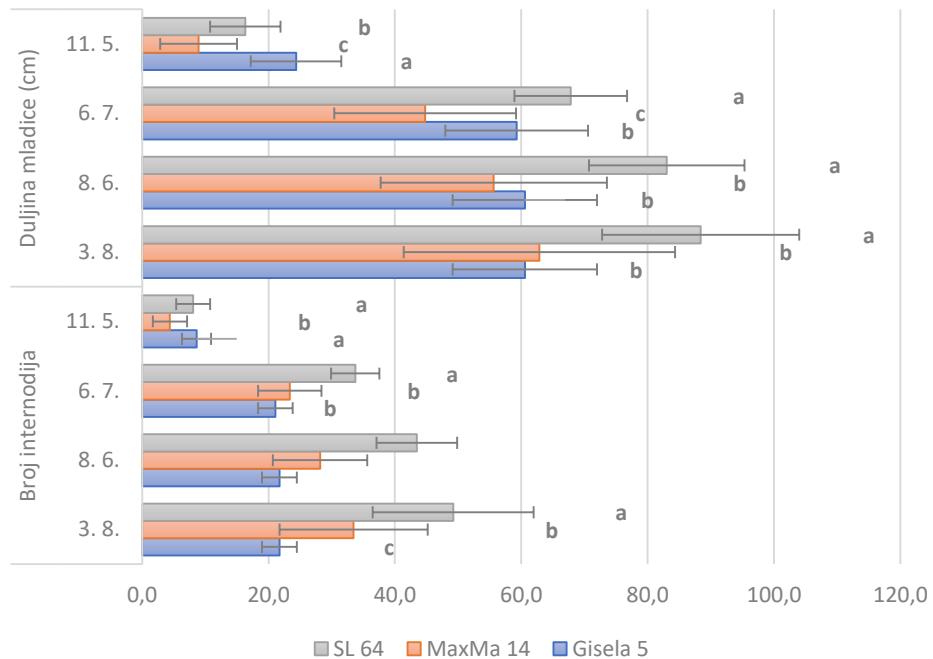
Rezultati na Grafikonu 3. pokazali su značajne razlike između kontrolnog i ostala dva tretmana u početnom mjerenu duljine mladice. Prilikom mjerena duljine 11. svibnja mladice sadnica u kontrolnom tretmanu imale su najmanju prosječnu duljinu od 14,91 cm, a sadnice u tretmanu T2 imale su najveću prosječnu duljinu (17,48 cm) koja se nije značajno razlikovala od duljine mladica u tretmanu T1 (17,23 cm). U kasnijim mjeranjima razlike među tretmanima nisu bile značajne, te se prosječni prirast svih sadnica ujednačio. Nadalje, razlike u prosječnom broju internodija u svim mjerenjima nisu bile statistički značajne.



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 12. Dinamika rasta sadnica zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima.

Međutim, iz Grafikona 4. vidljivo je da su, gledajući rast kroz vegetaciju po podlogama, postojale značajne razlike u svim mjeranjima za oba svojstva. U prvom mjerenuju (11. svibnja) najveću prosječnu duljinu mladice imale su sadnice podloge Gisela 5 (24,37 cm), a najmanju duljinu sadnice podloge MaxMa 14 (8,92 cm). I u idućem mjerenuju značajnih je razlika bilo među sve tri podloge. Sadnice podloge SL 64 imale su najveći rast (67,83 cm), a sadnice podloge MaxMa 14 najmanji (44,78 cm). U trećem i četvrtom mjerenuju sadnice podloge SL 64 i dalje su imale najveću prosječnu duljinu mladice, dok su sadnice podloge MaxMa 14 ujednačile svoj rast sa sadnicama podloge Gisela 5 te u zadnja dva mjerena nije bilo značajnih razlika među njima.



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 13. Dinamika rasta sadnica podloga trešnje zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense*.

U prvom mjerenuju (11. svibnja) mladice podloga SL 64 (8,09) i Gisela 5 (8,61) imale su značajno veći broj internodija od mladica podloge MaxMa 14, te se međusobno nisu statistički razlikovale. Nakon prvog mjerenuja rezultati su nešto drukčiji. Mladice sadnica podloge Gisela 5 imale su značajno manji broj internodija od mladica podloge SL 64 i MaxMa 14. Taj se trend nastavio kroz iduće razdoblje, pa je tako i u zadnjem mjerenuju najveći prosječan broj internodija zabilježen na mladicama sadnica podloge SL 64 (49,23), a najmanji na mladicama podloge Gisela 5 (21,72).

Rezultati analize varijance u Tablici 23. pokazuju da u sva četiri roka mjerenuja između tretmana i podloga nije bilo statistički značajnih interakcija kod duljine internodija. Za navedeno je svojstvo napravljen povratni Tukey test, te su u Tablici 24. prikazane prosječne vrijednosti duljine internodija na mladicama podloga trešnje.

Tablica 23. Analiza varijance prosječne duljine internodija na mladicama sadnica podloga

	Prosječna duljina internodija (cm)			
Datumi mjerjenja	11. 5.	8. 6.	6. 7.	3. 8.
<b>ANOVA</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>
Tretman (T)	16,88 ***	1,16 ns	0,24 ns	0,06 ns
Podloga (P)	112,64 ***	319,51 ***	344,99 ***	355,59 ***
T x P	0,09 ns	1,00 ns	2,37 ns	2,26 ns

Napomena: ns, \*, \*\*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno  $p \leq 0,001$

U rezultatima prvog mjerjenja postoji značajna razlika između tretmana T0 (2,07 cm) i tretmana T1 (2,35 cm) i T2 (2,36 cm) što ukazuje na veću duljinu internodija kod tretiranih sadnica podloga. Međutim od drugog mjerjenja nadalje, takav trend se nije nastavio te razlike između tretmana nisu statistički značajne. Naprotiv, u prvom i drugom mjerenu značajnih je razlika bilo u duljini internodija između sve tri podloge. Sadnice podloge Gisela 5 imale su značajno veću duljinu internodija (2,75 i 2,79 cm) od sadnica podloga SL 64 (2,03 i 2,01 cm) i MaxMa 14 (1,99 i 1,88 cm). U ostala sva mjerena duljina internodija na sadnicama podloge Gisela 5 i dalje se značajno razlikovala od ostale dvije podloge, no značajnih razlika između SL 64 i MaxMa 14 nije bilo.

Tablica 24. Prosječna duljina internodija na mladicama sadnica podloga trešnje zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima

	Prosječna duljina internodija (cm)			
Datumi mjerjenja	11. 5.	8. 6.	6. 7.	3. 8.
Tretman ( $\bar{x} \pm SD$ )				
T0	2,07 ± 0,57 b	2,21 ± 0,48	2,22 ± 0,46	2,16 ± 0,50
T1	2,35 ± 0,44 a	2,21 ± 0,45	2,20 ± 0,42	2,16 ± 0,45
T2	2,36 ± 0,55 a	2,26 ± 0,51	2,23 ± 0,52	2,17 ± 0,56
Podloga ( $\bar{x} \pm SD$ )				
SL 64	2,03 ± 0,20 b	2,01 ± 0,11 b	1,92 ± 0,16 b	1,83 ± 0,21 b
MaxMa 14	1,99 ± 0,43 c	1,88 ± 0,32 c	1,95 ± 0,27 b	1,90 ± 0,28 b
Gisela 5	2,75 ± 0,53 a	2,79 ± 0,30 a	2,78 ± 0,29 a	2,78 ± 0,29 a

Napomena: a,b,... - prosječne vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema Tukey testu uz  $p \leq 0,001$ .

#### 4.5.2 Dinamika rasta sadnica sorte 'Lapins'

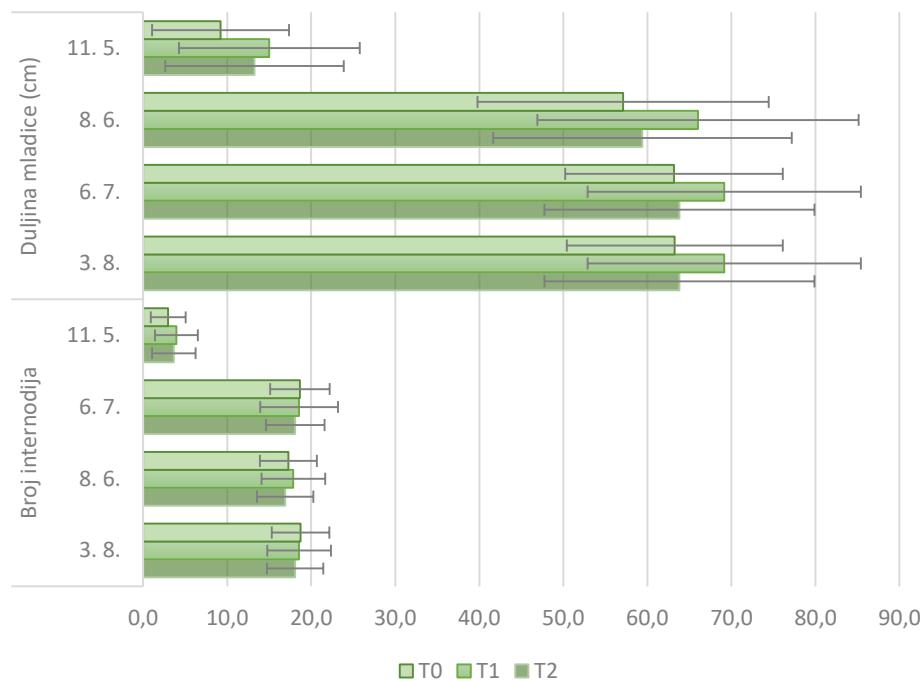
Rezultati analize varijance pokazuju značajni utjecaj podloga na duljinu mladice sorte 'Lapins' kod prvog mjerjenja, te na broj internodija kroz sva četiri roka mjerjenja (Tablica 25.). Značajnih interakcija između faktora nije bilo.

Tablica 25. Analiza varijance dinamike rasta mladice i broja internodija u sadnicama sorte 'Lapins' cijepljenih na tri podloge

Datum mjerjenja	Duljina mladice (cm)				Broj internodija			
	11. 5.	8. 6.	6. 7.	3. 8.	11. 5.	8. 6.	6. 7.	3. 8.
ANOVA	F	F	F	F	F	F	F	F
Tretman (T)	2,43 ns	1,38 ns	1,06 ns	1,05 ns	1,17 ns	0,36 ns	0,30 ns	0,38 ns
Podloga + 'Lapins' (P + L)	5,29 **	0,37 ns	2,75 ns	2,82 ns	5,90 **	4,65 *	13,58 ***	14,14 ***
T x (P + L)	0,53 ns	0,64 ns	1,33 ns	1,36 ns	0,64 ns	0,72 ns	1,74 ns	1,85 ns

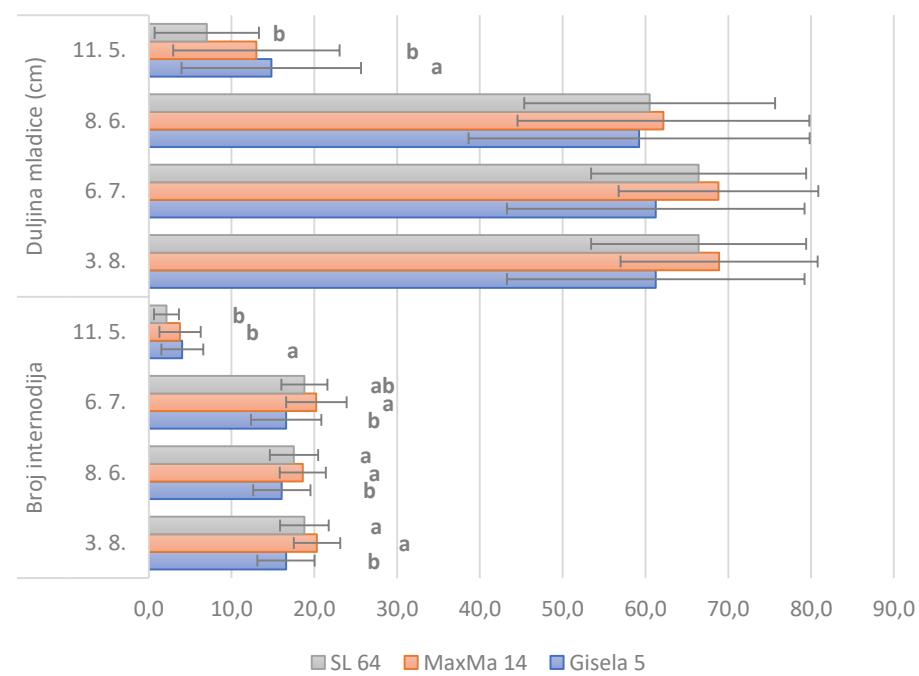
Napomena: ns, \*, \*\*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno  $p \leq 0,001$

Povratim testom za promatrana svojstva (Grafikon 14.) utvrđeno je da se prosječna duljina i broj internodija mladica sorte 'Lapins' značajno ne razlikuju između tretmana. Naprotiv, kod sadnica na podlogama SL 64 i MaxMa 14 u prvom mjerjenju duljina mladica značajno je manja u odnosu na mladice sorte 'Lapins' na podlozi Gisela 5 (Grafikon 15.). Nakon prvog mjerjenja u sljedećim rokovima mjerjenja nije bilo značajnih razlika u prosječnoj duljini mladica sorte između podloga, te je vidljivo da je rast mladica stao u sedmom mjesecu. Nadalje, nakon prvog mjerjenja odnos u prosječnom broju internodija počeo se mijenjati između podloga, te je u drugom mjerenuju najveći broj internodija zabilježen kod sadnica na podlozi MaxMa 14 (18,59) i značajno se razlikovao od broja internodija u sadnicama na podlozi Gisela 5 (16,07). Isti trend nastavio se i u trećem mjerenuju koji se nije razlikovao od četvrtog mjerjenja zbog zaustavljanja vegetativnog rasta.



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 14. Dinamika rasta sadnica sorte 'Lapins' zalijevanih suspenzijom inkulata A. brasiliense u različitim dozama i razmacima.



Napomena: Statistički značajne razlike srednjih vrijednosti interakcije faktora prikazane su malim slovima ( $p \leq 0,05$ ).

Grafikon 15. Dinamika rasta sadnica sorte 'Lapins' na podlogama trešnje zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense*.

Podaci koji su prikazani u Tablici 26. pokazuju da faktor podloge, kao i njegova interakcija s tretmanom nisu imali značajan učinak na prosječnu duljinu internodija na mladicama okulanata sorte 'Lapins' u svim rokovima mjerena.

Tablica 26. Analiza varijance prosječnog broja internodija na mladicama okulanata sorte 'Lapins' cijepljenih na tri podloge

	Prosječna duljina internodija (cm)			
Datumi mjerena	11. 5.	8. 6.	6. 7.	3. 8.
<b>ANOVA</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>F</b>
Tretman (T)	4,81 *	3,65 *	3,28 *	3,32 *
Podloga + 'Lapins' (P + L)	0,44 ns	3,00 ns	2,54 ns	2,31 ns
T x (P + L)	0,20 ns	0,81 ns	0,25 ns	0,23 ns

Napomena: ns, \*, \*\*\* – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz  $p \leq 0,05$ , odnosno  $p \leq 0,001$

Međutim, tretman je u svim rokovima pokazao značajan utjecaj na promatrano svojstvo, te je testiran povratnim testom (Tablica 27.) Rezultati su pokazali da je mjesечно dodavanje rizobakterije (T1) pokazalo značajno najveći učinak na duljinu internodija u sva četiri roka mjerena u odnosu na T2 i T0 koji se statistički nisu međusobno razlikovali. Naprotiv, vrijednosti promatranog svojstva za podloge su pokazali kako prosječna duljina internodija nije varirala između podloga u svim rokovima.

Tablica 27. Prosječna duljina internodija na mladicama sadnica sorte 'Lapins' zalijevanih suspenzijom inokulata *A. brasiliense* u različitim dozama i razmacima

Datumi mjerena	Prosječna duljina internodija (cm)			
	11. 5.	8. 6.	6. 7.	3. 8.
Tretman ( $\bar{x} \pm SD$ )				
T0	2,60 ± 1,24 b	3,25 ± 0,69 b	3,39 ± 0,46 b	3,39 ± 0,47 b
T1	3,48 ± 1,12 a	3,68 ± 0,36 a	3,71 ± 0,42 a	3,71 ± 0,42 a
T2	3,22 ± 1,12 ab	3,46 ± 0,55 ab	3,50 ± 0,49 ab	3,50 ± 0,49 ab
Podloga + 'Lapins' ( $\bar{x} \pm SD$ )				
SL 64	2,91 ± 1,29	3,41 ± 0,50	3,53 ± 0,38	3,53 ± 0,38
MaxMa 14	3,03 ± 1,13	3,29 ± 0,60	3,40 ± 0,40	3,40 ± 0,41
Gisela 5	3,22 ± 1,25	3,62 ± 0,58	3,64 ± 0,56	3,64 ± 0,56

Napomena: a,b... - prosječne vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema Tukey testu uz  $p \leq 0,001$ .

## 5. RASPRAVA

Cilj ove doktorske disertacije bio je procijeniti utjecaj zalijevanja supstrata suspenzijom inokulata čiji je sastav rizosferna bakterija *A. brasiliense* na morfološke karakteristike, fizikalno kemijski sastav supstrata i mineralni sastav lista sadnica triju podloga trešnje, kao i okulanata sorte 'Lapins' na tim podlogama.

Na prirast i usvajanje hraniva u sadnicama trešnje svakako su utjecala kemijska te fizikalna svojstva supstrata, ali i klimatske prilike u 2022. godini koja je prema podacima DHMZ-a okarakterizirana kao iznadprosječno topla i suha. Stoga, prilikom tumačenja rezultata istraživanja važno je razmotriti međusobno djelovanje biotičkih i abiotičkih čimbenika na istražene parametre.

Vrijednost pH kao indikator plodnosti supstrata može odrediti dostupnost hraniva za biljku (Setiawati i sur., 2019). Vrijednosti pH, EC i % soli u supstratu svih sadnica nisu se značajno razlikovale između tretmana (Tablice 7. i 9.), dok je kod sadnica podloge Gisela 5 uočeno značajno smanjenje vrijednosti EC i postotka soli. Općenito, sve vrijednosti pH u pokusu bile su blago ispod optimalne vrijednosti od 6,5 za tla u nasadima trešnja (Melakeberhan i sur., 1993). Singh i sur. (2024) su utvrdili da smanjenje EC tla tretiranog s *A. brasiliense* može biti posljedica stimulacijskog djelovanja bakterije na povećanu mobilizaciju dostupnih hraniva u rizosferi što je u skladu s rezultatima kod sadnica okulanata. Rizobakterije, kao i biljke proizvode organske kiseline koje smanjuju pH tla, dok istovremeno stimuliraju dostupnost hraniva (Arikan i Pirlak, 2016). No, u slučaju pada razine pH ispod optimalne može doći do smanjene koncentracije K i Ca u tlu i listovima podloga trešnji (Melakeberhan i sur., 2001). Analiza sadržaja makroelemenata u supstratu pokazuje da je siromašan hranjivima. Ovi se rezultati podudaraju s radom Neilsen i Kappel (1996) koji su predložili mogućnost da neadekvatna ishrana djelomično uzrokuje slabiji prirast stabla trešnje. Trešnje preferiraju dobro drenirana, lagana tla (Gannouni Thouraya i sur., 2016), a ukoliko je podloga kompatibilna s karakteristikama tla, pokazat će povoljniji utjecaj na uravnoteženu opskrbu sorte hranivima (Hrotkó, 2016). Također, pH reakcija tla može utjecati na sintezu auksina (Leinhos, 1994) i fiksaciju atmosferskog dušika (Charyulu i Rao, 1980) kod pojedinih vrsta rizobakterija. Prema Leinhos (1994), rizobakterije sintetiziraju više količine auksina u uvjetima neutralnog pH, u odnosu na kiseli pH. Također, kod vrijednosti pH od 6,2 *Azospirillum* spp. pokazale su veću sposobnost fiksacije N<sub>2</sub> u odnosu na kiselija tla (Charyulu i Rao, 1980). Rezultati ovog istraživanja nisu pokazali povezanost pH reakcije supstrata i sadržaja dušika u listu sadnica.

Dušik kao glavna komponenta u izgradnji metabolizma biljke, u nepovoljnim uvjetima obično je i ograničavajući čimbenik rasta (Etesami i Adl, 2020). Nadalje, komercijalni supstrati uobičajeno sadrže niske količine minerala dovoljne za početni rast biljke. Podaci analize supstrata iz Tablice 4. ukazuju da je sadržaj dušika u obliku nitrata ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) deficitaran u odnosu na optimalne razine u tlu prema literaturi (Fulton i sur., 2010), odnosno prema Qursyna i Yaacob (2014),  $\text{NO}_3\text{-N}$  se u tresetu nalazi u tragovima zbog moguće denitifikacije. Isto tako, početni sadržaj amonijaka ( $\text{NH}_4^-\text{N}$ ) prelazi optimalne razine, što su neki autori pripisali aktivnom procesu mineralizacije (Qursyna i Yaacob, 2014). Međutim, kasnije u vegetaciji, niža koncentracija  $\text{NO}_3\text{-N}$  u tlu može ukazivati na učinkovito usvajanje od strane biljke ili ispiranje u dublje slojeve (Elliott, n.d.). U rezultatima ovog istraživanja, u supstratu tretiranih sadnica okulanata doista su nađene niže koncentracije  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  i ukupnog N-min. Prema podacima iz Tablice 10. zalijevanje sadnica rizobakterijom *A. brasiliense* jednom u dva mjeseca (T2) smanjilo je sadržaj mineralnog dušika u supstratu sadnica sorte 'Lapins' u svim podlogama u odnosu na kontrolni tretman T0. Sadržaj mineralnog dušika u supstratu značajno je niži kod sadnica na podlozi Gisela 5. Usporedbom s rezultatima postotka dušika u listu sadnica podloge Gisela 5 može se primijetiti rast koncentracije N u odnosu na druge podloge. Može se pretpostaviti da je razlog nižeg sadržaja dušika u supstratu kod sadnica podloge Gisela 5 povećano usvajanje elementa u biljku. Nadalje, u supstratu sadnica okulanata koji je bio zalijevan suspenzijom inkulata *A. brasiliense* svaki drugi mjesec (T2) došlo je do značajnog smanjenja koncentracije iona  $\text{NH}_4^+$  u odnosu na kontrolni tretman. Kod drugih autora, inkulacija supstrata rizobakterijama uz dodavanje mineralnog oblika dušika nije utjecala na usvajanje dušika u sadnicu makadamije (Gallart i sur., 2021). Također, u uvjetima deficita dušika u supstratu, prisutnost rizobakterija povećala je ispiranje  $\text{NH}_4^+$  iz supstrata. Već se pokazalo da prisutnost mikroorganizama u rizosferi može potaknuti otpuštanje korijenovih eksudata i utjecaj na aktivnosti koje potpomažu usvajanje hranjivih tvari iz otopine tla (Dakora i Phillips, 2002; Pii i sur., 2016).

Nadalje, analize supstrata svih tretmana otkrile su da njegove karakteristike uključuju niske razine makroelemenata N, P i K, te povišene razine Ca i Mg. Prema tome, kvaliteta supstrata nije optimizirana za dugoročnu proizvodnju sadnica trešnja. Nepovoljne rezultate rasta trešnje na podlozi MaxMa 14 u tlu loših karakteristika navode Aras i Keles (2019). Dosada su navedeni podaci o smanjenom klorofilu u jabuci i rajčici (*Lycopersicon esculentum* Mill.) kao rezultat stresnih uvjeta okoliša (Aras i Eşitken, 2019; Civelek i Yıldırım, 2019).

Sadržaj  $\text{K}_2\text{O}$  u supstratu neokuliranih podloga nije se značajno razlikovao između tretmana, dok se značajno razlikovao između podloga SL 64 i Gisela 5. Nadalje, u supstratu okulanata sorte

'Lapins' nije bilo značajnijih razlika u sadržaju pristupačnog kalija. U odnosu na vrijednosti u supstratu prije sadnje, sadržaj kalija nije se smanjio.

Povećanje sadržaja Mg i Ca u supstratu svih tretmana tijekom vegetacije moguće je povezati s navodnjavanjem vodom koja na slivnom području Zadarske županije obiluje tim mineralima ('Vodovod d.o.o. Zadar', n.d.). Nedostatak Ca u listu može se objasniti i njegovom vrlo niskom razinom mobilnosti u biljci, dok je nedostatak Mg općenito izazvan antagonizmom s makroelementima kao što su Ca i K (Johnson i Uriu, 1989).

Općenito, podloga utječe na koncentraciju hranjivih tvari u listovima i stabljici (Gainza i sur., 2015). Prema Hrotkó (2016) podloga na cijepljenoj sadnici zadužena je za apsorpciju mineralnih tvari, te ima sposobnost selektivnog usvajanja i transporta tih tvari do okulanta, što rezultira različitim koncentracijama koje dolaze do listova. Listovi okulanata na podlozi Gisela 5 pokazali su najveći balans u ishrani sorte, kao i kod Hrotkó (2016), međutim Jiménez i sur. (2007) navode kako podloge trešnje slabije bujnosti pokazuju veću osjetljivost na usvajanje kada su izložene ograničenim uvjetima tla. Nasuprot tome, kod Hrotkó (2016) bujna podloga SL 64 je pokazala koncentracije pojedinih mineralnih elemenata u listu ispod optimalnih razina, najvjerojatnije kao rezultat loše prilagodbe na nepovoljne uvjete tla.

Listovi reflektiraju status biljke u različitim okolišnim uvjetima. Sadržaj klorofila u listu važan je pokazatelj razvijenosti lista i često se koristi za ispitivanje nedostatka hranjivih tvari u listu i promjena u klorofilu (Ali i sur., 2017). Mjerač klorofila pokazao se kao jednostavna i brza nedestruktivna metoda za procjenu sadržaja klorofila u voćnim vrstama (Khaleghi i sur., 2012). Mjerenjem indeksa sadržaja klorofila (CCI) u istraživanju provjeren je status listova sadnica (Tablice 16. i 17.). Listovi sadnica podloga pokazali su značajnu interakciju između tretmana i podloge na vrijednost CCI. Ako se uzme u obzir manji vegetativni rast kod podloge Gisela 5, značajno najveći CCI očekivano je izmjerен u listovima te podloge. Korijen podloge je također značajno utjecao na CCI u listovima sorte 'Lapins'. Dobiveni rezultati ukazuju da *A. brasiliense* može imati pospješujući učinak na sadržaj klorofila u listovima podloga, budući da su sadnice svih podloga zalijevane rizobakterijom pokazale povećane vrijednosti u sadržaju klorofila u odnosu na sadnice iz kontrolnog tretmana. Ovakav učinak mogao bi se pripisati utjecaju veće količine dušika na sintezu klorofila (Xiong i sur., 2015). El-Naby i sur. (2019) su utvrdili kako primjena promotora rasta povećava vrijednost CCI u listovima marelica, a Rueda i sur. (2016), korištenjem vrste iz roda *Azospirillum* sa koncentracijama dušika od 100 i 150 ppm, prijavili su povišene vrijednosti sadržaja klorofila u listu jagode. Ipak, nije bilo značajnih razlika između kontrole i kombiniranog tretmana vrste *Azospirillum* i koncentracije dušika od 50 ppm. Nadalje, tretirane sadnice okulanata

sorte 'Lapins' su također pokazale znatno veće vrijednosti klorofila u odnosu na kontrolu (Grafikon 9.). Za razliku od rezultata u listovima sadnica podloga gdje je podloga Gisela 5 imala znatno veći CCI u odnosu na podloge MaxMa 14 i SL 64, kod sadnica okulanata na podlozi Gisela 5 vrijednosti CCI bile su znatno niže u odnosu na ostale podloge. Pregledom dosadašnjih istraživanja, nisu nađeni podaci o kretanju sadržaja klorofila u korištenim vrstama podloga. Sposobnost bakterija da proizvode fitohormone auksin i giberelin, utječe na rast mladica, a povećanjem ukupne površine list povećava fotosintetsku aktivnost. Općenito, koncentracija klorofila u listovima trešnje uzorkovanim u srpnju nije bila visoka na što je utjecala niska koncentracija dušika u komercijalnom supstratu. Suša također može negativno utjecati na vrijednosti CCI lista (Ranjbar i sur., 2019). Nadalje, na odnos između poljskog očitanja klorofila i sadržaja dušika u listu znatno utječu okolišni čimbenici, karakteristike lista i biljna vrsta (Xiong i sur., 2015). Moreno i sur., (2001) utvrdili su da stabla trešnje na podlozi SL 64 pokazuju nižu koncentraciju klorofila lista u odnosu na ostale istražene podloge, što nije u skladu s rezultatima ovog istraživanja. Jiménez i sur. (2007) su uspoređujući koncentraciju klorofila po podlogama na dvjema sortama utvrdili kako nema značajnih razlika u koncentraciji klorofila među sortama, što je u skladu s rezultatima na listovima trešnje kod podloga SL 64 i MaxMa 14. Isti autori navode pozitivnu korelaciju koncentracije klorofila i sadržaja dušika u listu što se također slaže s rezultatima u ovom istraživanju. Međutim, ovisno o godini može se pojaviti razlika u koncentraciji klorofila između različitih podloga. Pérez i sur. (1997) također u svom radu navode kako je ista sorta uzgojena na različitim podlogama pokazala različitu fotosintetsku aktivnost što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja. Rezultati istraživanja CCI pomogli su dati početan uvid u fotosintetsku aktivnost u listovima. Dodatnim testiranjem fluorescencije klorofila u budućem istraživanju preciznije bi se odredio utjecaj bakterije na fotosintetsku aktivnost u stresnim uvjetima kontejnerskog uzgoja sadnica.

Kod sadnica podloga različite doze i vremenski razmaci inokulacije nisu značajno utjecali na sadržaj P, K, i Mg u listu, dok je na suhu tvar (ST), te sadržaj N i Ca utjecao tretman u interakciji s podlogom (Tablica 12.). Nadalje, tretmani inokulacije imali su pozitivan utjecaj na sadržaj makroelemenata N i Mg u listovima okulanata dok je interakcija oba faktora utjecala na sadržaj fosfora (Tablica 14.). Sadržaj N, P i Mg u listu bio je značajno i/ili umjereno povećan u sadnicama sorte 'Lapins' tretiranim rizobakterijom, što se može objasniti fiksacijskom aktivnosti atmosferskog dušika bakterijske populacije u supstratu. Ovi su podaci u skladu s istraživanjem provedenim na jabuci (Pirlak i sur., 2007). Naprotiv, u rezultatima Arikan i Pirlak (2016), koncentracije N, K i Mg u listu višnje nisu značajno promijenjene nakon primjene rizobakterija. Tretman rizobakterijom (T1) u interakciji sa podlogom smanjio je sadržaj suhe tvari u listu sadnica podloge MaxMa 14. Međutim, suha tvar u listovima okulanata ostala je nepromijenjena s obzirom

na tretman. Nadalje, tretmani rizobakterijom povećali su sadržaj dušika u listovima obje skupine sadnica. Kao i u listovima sadnica podloga, postotak dušika u suhoj tvari lista okulanata bio je značajno niži u kontrolnom tretmanu u odnosu na T1. Koncentracija P u listovima sadnica podloga nije pokazala značajne razlike po tretmanima u odnosu na kontrolu. Na postotak K tretman nije značajno utjecao. Postotak Ca u ST bio je značajno niži u kontrolnom tretmanu u odnosu na T2. Nadalje, u T1 i T2 koncentracije N bile su niže od optimalne razine, a kontrola je pokazala deficit dušika u listovima. Općenito, dušik u biljci dostiže najvišu razinu u fazi cvatnje i plodonošenja, dok se najniža vrijednost javlja nakon berbe (Güler i sur., 2006). Koncentracija P, K i Mg kod svih tretmana bila je na optimalnoj razini, jedino je koncentracija Ca u svim tretmanima bila na razini ispod optimalne (Leece, 1975). Brojna istraživanja su provedena kako bi se utvrdio utjecaj PGPR-a na folijarnu ishranjenost biljaka (Eşitken i sur., 2003; Shirkot i Sharma, 2005; Eşitken i sur., 2006; Orhan i sur., 2006; Pirlak i sur., 2007; Karakurt i Aslantaş, 2010; Liu i sur., 2013; Ahemad i Kibret, 2014; Yıldız i sur., 2022). Tako su Eşitken i sur. (2003) otkrili da primjena bakterija utječe na sadržaj N, P, K, Ca i Mg u listovima marelica, a Shirkot i Sharma (2005) na sadržaj N, P i K u listovima jabuka. Nadalje, Eşitken i sur. (2006) su otkrili da su tretmani rizobakterijama povećali sadržaj N, P i K u listovima trešnje, dok se sadržaj Ca i Mg u tretmanima nije povećao. Isto tako, Świerczyński i sur. (2019) naglašavaju kako primjena rizobakterija u kombinaciji s ostalim bioaktivnim tvarima nije utjecala na koncentraciju makroelemenata u listovima sadnica trešnje. Viši sadržaj dušika u svim sadnicama tretiranim s *A. brasiliense* mogao je biti rezultat sposobnosti fiksacije dušika ove rizobakterije, kao što je objavljeno u prethodnim radovima (Rao i Dass, 1989; Döbereiner, 1997). Opće je poznato da povećanje sadržaja dušika u biljkama rezultira većim unosom hranjivih elemenata iz tla uključujući P i Mg, a među svim makroelementima, dušik se smatra esencijalnim za rast i kvalitetu usjeva. Također, iz literature je poznato da su K i Mg u antagonističkom odnosu (Marschner, 2012), te je i u ovom istraživanju takav odnos vidljiv kod obje skupine sadnica. Ovi dokazi potvrđuju podatke koji pokazuju da je postotak Ca i Mg značajno ili relativno povećan u tretiranim okulantima, no demantiraju rezultate na podlogama gdje su tretirane sadnice podloga imale manji sadržaj kalcija, te je on u antagonističkom odnosu prema Mg što je u skladu s istraživanjem Gluhić i sur. (2009). Postoji mogućnost pozitivnog utjecaja hormona sintetiziranih od strane bakterije, kao što su giberelini, citokinini i auksini, na diobu stanica, vegetativni prirast kod šipka (*P. granatum* L.) i žižule (*Ziziphus jujuba* Mill.) (Rao i Dass, 1989) te zametanje i razvoj plodova trešanja, citrusa i jagoda (Eşitken i sur., 2006). Treba napomenuti da različite biljne vrste mogu različito reagirati na pojedine mikroorganizme. Tako su Rueda i sur. (2016) prijavili smanjenje sadržaja makroelemenata (% NPK) u listu jagode tretiranim s vrstom *Azospirillum* + N (150 ppm) u odnosu na kontrolu. Nadalje, potrebno je spomenuti da i

raznolikost lokaliteta utječe na učinkovitost ovih bakterija. I ranije je utvrđeno kako djelovanje rizobakterija prolazi kroz složene procese u tlu te ovisi o bakterijskim sojevima i populaciji, kombinaciji sojeva bakterije i genotipa biljke, te nadasve uvjetima okoliša (Sahin i sur., 2004; Çakmakçı i sur., 2006). Tako je u jabuci inokulacija pridonijela povećanju vegetativnog rasta i sadržaja mineralnih tvari, no prema autorima to je jako ovisilo o ispitivanim sortama i soju bakterija (Karakurt i Aslantaş, 2010). Bakterijske inokulacije povećale su razine N i Ca u sortama jabuke "Starkrimson" i "Granny Smith" (Pirlak i sur., 2007). Kao što je i navedeno u sličnim istraživanjima (Eşitken i sur., 2003, 2006), korištene rizobakterije u ovom istraživanju mogle su biti odgovorne za povećani sadržaj dušika u tretiranim biljkama s obzirom da je jedini drugi izvor dušika bila početna količina u supstratu svih sadnica.

Kod sve tri podloge sadržaj N u lišcu sorte 'Lapins' nije se značajno razlikovao i bio je manji od optimalnog u odnosu na vrijednosti koje je izvjestio Leece (1975). Podaci o mineralnom sastavu listova trešnje iz Tablice 15. ukazuju da je sadržaj N bio niži nego u prethodnim pokusima sa istim podlogama što implicira da bi u specifičnim uvjetima uzgoja pojedine podloge mogле biti osjetljive na njegov nedostatak. Tu tvrdnju potkrepljuje istraživanje Ystaas (1990). Naime, u tom radu sadnice trešnje posađene u tlo s visokim sadržajem organske tvari, uz uobičajenu proljetnu prihranu dušikom pokazale su razinu dušika u listovima nižu od optimalne, dok su ostali istraženi minerali bili na optimalnoj razini. I kod Moreno i sur. (2001) koncentracije dušika u listu iste sorte razlikovale su se između podloga, te su također prema referentnoj vrijednosti pokazali nedostatak tog elementa (Leece, 1975). Nadalje, Jiménez i sur. (2004) navode manju koncentraciju N u listovima na podlozi MaxMa 14 u odnosu na podlogu SL 64, što nije u skladu s dobivenim rezultatima. Uz izuzetak sadržaja dušika, te fosfora gdje je na sadržaj utjecala interakcija podloge s tretmanom, podloga u sadnicama sorte 'Lapins' značajno je utjecala na sadržaj ostalih makroelemenata u lišcu okulanata sorte 'Lapins' (Tablica 14.). Interakcijom tretmana i podloge uočeno je kako najviši sadržaj P u listu okulanata ima podloga SL 64, pokazujući vrijednosti u T0 višima od optimalnih, te značajno višima od T1 i T2 (Leece, 1975). Nadalje, okulanti na podlogama SL 64 i MaxMa 14 imali su značajno niže koncentracije K u listu. Kod okulanata na podlozi MaxMa 14 sadržaj Ca bio je značajno veći, dok je na svim ostalim okulantima bio manji. Okulanti na podlozi Gisela 5 imali su značajno najnižu koncentraciju Mg. U istraživanima autora Milošević i sur. (2015); te Gannouni Thouraya i sur. (2016) sadržaj N u listu istraženih sorti bio je veći od rezultata na sorti 'Lapins' u ovom istraživanju, dok je sadržaj ostalih makroelemenata varirao što ukazuje da osim podloge i sorte, pedoklimatski uvjeti igraju važnu ulogu u mineralnom sastavu lista trešnje. U literaturi ne postoje podaci o optimalnim koncentracijama makroelemenata u listu tri istražene *Prunus* podloge, te su kao referentne vrijednosti mineralnog sastava uzete u obzir

vrijednosti listova trešnje (Leece, 1975). Prema time vrijednostima, sadržaj dušika u listovima sadnica podloga MaxMa 14 i Gisela 5 bio je niži od optimalnog za trešnju, dok je manjak dušika bio izraženiji u listovima podloge SL 64. Ovakva situacija može se povezati sa početnim niskim sadržajem dušika u komercijalnom supstratu. Za sve tri podloge, prema vrijednostima iz literature, sadržaj fosfora bio je na optimalnoj razini (Leece, 1975). Najniža koncentracija kalija bila je u listovima sadnica podloge MaxMa 14, sa vrijednostima nižima od optimalnih. Za ostale dvije podloge, koncentracija K bila je unutar normalnih vrijednosti. Uspoređujući utvrđene vrijednosti kalcija u listu trešnje s referentnim vrijednostima prema Leece (1975) (1,6 – 3,0 %) moglo bi se zaključiti da je njegov sadržaj u listovima u sva tri tretmana ispod granice optimalnih vrijednosti. Nadalje, u svim podlogama koncentracija Ca bila je niža od optimalne, dok je koncentracija magnezija u svim podlogama bila na optimalnoj razini (Leece, 1975). Niske koncentracije kalija kod podloge MaxMa 14 ukazuju da pojedine podloge mogu biti osjetljive na nedostatak K u tlima siromašnima tim elementom (Moreno i sur., 1996). Isto tako, u radu Ystaas i Frøynes (1998) u listovima sorti 'Stella' i 'Ulster' na podlozi Gisela 5 koncentracija K bila je niža od vrijednosti u ovom istraživanju, dok su istovremeno vrijednosti P, Ca i Mg bile približno jednake. Jiménez i sur. (2007) navode veće koncentracije Ca u lišću stabala sorti 'SHG' i 'Van' na podlogama MaxMa 14 i SL 64 u odnosu na podlogu Gisela 5 što je u skladu sa rezultatima koncentracije Ca u lišću podloga u ovom istraživanju. Naprotiv, u listovima okulanata koncentracija Ca statistički se ne razlikuje između podloga SL 64 i Gisela 5. Prema podacima prethodnih istraživanja, u pojedinim podlogama kao što su Colt i SL 64 može doći do većih koncentracije Ca u lišću trešnje (Moreno i sur., 2001) što u ovom istraživanju nije bio slučaj. Podloga Gisela 5 je također imala nižu koncentraciju Mg od podloge SL 64 što je isto u skladu sa rezultatima ovog istraživanja na sadnicama podloga i na okulantima (Jiménez i sur., 2007). Isti autori navode da je koncentracija Ca u lišću veća kod podloge SL 64, što nije u skladu s rezultatima ovog istraživanja. Lokalitet i tip tla značajno utječe na mineralni sastav u lišću trešnje (Gannouni Thouraya i sur., 2016). I rezultati drugih autora potvrdili su veliku varijabilnost mineralnog sastava lista zbog genotipa, godine, podloge i okolišnih uvjeta (Neilsen i sur., 2014; Milošević i sur., 2015). Nadalje, nedostatak kalcija može biti potaknut u nepovoljnim uvjetima uzgoja, npr. suša, što utječe na smanjeno kretanje elementa u suspenziji tla (Pilbeam i Morley, 2007). Općenito, u nasadima trešnje rijetko se javlja nedostatak fosfora i kalcija, a do sad je prijavljeno nekoliko slučajeva nedostatka magnezija (Putnam, 1999; Usenik i sur., 2005). Koncentracija Mg u listu na podlozi Gisela 5 bila je ispod referentnih vrijednosti. Gannouni Thouraya i sur. (2016) također navode pojavu deficitia Mg u listovima, ali na različitoj podlozi trešnje. Isti autori objašnjavaju da deficit Mg može biti povezan sa slabim usvajanjem od strane podloge, dok Rutkowski i Łysiak (2023) nedostatak magnezija

povezuju s visokim temperaturama i oborinama tijekom vegetacije. U prethodnim istraživanjima utvrđeno je da je koncentracija klorofila u lišću trešnje i breskve bila u negativnoj korelaciji s Mg i Ca (Jiménez i sur., 2004; Belkhodja i sur., 1997) što se poklapa s podacima ovog istraživanja. U tretiranim listovima okulanata sorte 'Lapins' povećanje sadržaja dušika rezultiralo je povećanjem sadržaja magnezija. Utjecaj dušika na povećanje sadržaja magnezija u listu pronađen je i u drugim radovima (Fallahi i Mohan, 2000; Rutkowski i Łysiak, 2023), no razlika između biljaka u kontroli i onih koje su pognjene dušikom nije uvijek bila značajna.

Na temelju dobivenih rezultata utvrđeno je kako je prisutnost rizobakterije *A. brasiliense* utjecala na početni rast mladice svih podloga i prosječnu duljinu internodija tih mladica. Kod okulanata na podlozi Gisela 5 (T2) bakterija je utjecala na jednogodišnji prirast u debljinu, a bez obzira što nije zabilježena značajna razlika u rastu mladica okulanata, utvrđena je značajna razlika u duljini internodija među tretmanima. Dulji internodiji, veći CCI, niži sadržaj mineralnog dušika u supstratu, te veći postotak dušika u listovima pokazatelji su da je *A. brasiliense* utjecala na rast, bolje usvajanje dušika, fotosintetsku aktivnost i povećanje dušika u listovima. Ipak, na razlike u sadržaju kalcija i magnezija u listovima mogli su utjecati vanjski čimbenici poput kvalitete vode za navodnjavanje i obroka navodnjavanja. Rezultati ovog istraživanja potvrdili su i različitu vegetativnu aktivnost između podloga što je bilo za očekivati. Općenito, faktor podloge imao je snažan utjecaj na rast sadnica. Isto tako, mjerjenjem CCI utvrđena je različita fotosintetska aktivnost među različitim podlogama. Za pretpostaviti je da su na različiti mineralni sastav u listovima osim vrste podloge i prisustva rizobakterije *A. brasiliense* mogli utjecati i ostali čimbenici koji nisu mjereni, kao što su kvaliteta vode, vrsta supstrata, sadržaj organske tvari u supstratu, mikrobiološka aktivnost u supstratu tijekom vegetacije, te dinamika kretanja hraniva u supstratu i listu.

U istraživanju nije utvrđen statistički značajan utjecaj zalijevanja inokulatom (T1 i T2) na prirast sadnica neokuliranih sadnica podloga, iako su sve tretirane sadnice imale veće priraste. S druge strane, između podloga su postojale značajne razlike u prirastima u visinu i debljinu. Dobiveni rezultati su očekivano potvrdili razlike u bujnosti podloga (Tablica 19.), odnosno podloga SL 64 je i u uzgoju u kontejnerima u jednoj vegetacijskoj godini pokazala najveći prirast, dok je podloga Gisela 5 pokazala najmanji prirast u visinu i debljinu. S obzirom da ne postoje literaturni podaci o istraživanju visine podloga trešnje, već isključivo visine prethodno cijepljenih sadnica bez obzira na tretman, dobiveni rezultati uspoređivani su sa vegetativnim karakteristikama cijepljenih sadnica trešnje. Već nakon jedne godine uzgoja u rasadničkim uvjetima rezultate rasta u debljinu podupiru prethodni literaturni podatci (Miljković i sur., 2002; Santos i sur., 2006; Robinson i sur., 2017; Aras

i Keles, 2019; Bujdosó i sur., 2019) prema kojima se podloga Gisela 5 svrstava u slabo bujnu podlogu, MaxMa 14 u srednje bujnu, a SL 64 u bujnu.

Pregledom dosadašnje literature nisu pronađeni radovi o praćenju rasta podloga u rasadnicima prije okulacije. Također, postoji manji broj radova koji obrađuju utjecaj podloge na rast cijepljenih sadnica trešnje u rasadniku, a vrlo je malo dostupnih radova koji prate rast voćnih sadnica u kontejnerima. Poznato je da uzgoj sadnica u kontejneru ograničava rast korijena, posljedično usporava rast nadzemnog dijela stabljike (Vizzotto i sur., 1993), te u konačnici utječe na sveukupni razvoj sadnice (Girardi i sur., 2005). Akova i sur. (2021) za uzgoj cijepljenih sadnica trešnje preporučuju kontejnere volumena 10 L što je donekle u skladu s volumenom kontejnera korištenim u ovom istraživanju (12 L). Međutim, Dencker i Hansen (1994) preporučuju korištenje kontejnera većih volumena uz obaveznu prihranu putem fertirigacije gdje su tako uzgojene sadnice pokazale povoljnije morfološke parametre u odnosu na one uzbunjane u poljskim uvjetima. Tretmani inokulatom rizobakterija na malinama uzbujanim u kontejnerima pozitivno su utjecali na usvajanje hraniva (İpek, 2019).

Na vegetativne karakteristike voćnih vrsta kao što su visina sadnice i promjer, odnosno poprečni presjek debla između ostalog može utjecati bujnost podloge i sorte (Świerczyński, 2023), kvaliteta i određeni tip tla te primjena određenih poboljšivača rasta (Al-Hadethi i sur., 2017). Poprečni presjek debla pokazatelj je vegetativnog potencijala stabla te ovisi o kombinaciji sorte i podloge, ekološkim uvjetima, primijenjenim agrotehničkim zahvatima sustavu uzgoja i dr. (Lanauskas i sur., 2012). Površina poprečnog presjeka debla zorno pokazuje kako podloga utječe na snagu rasta stabla (Csihon i sur., 2017). Takav utjecaj podloge na svojstva rasta stabla trešnje dokazan je brojnim istraživanima, pa i u uvjetima rasadnika (Baryła i Kapłan, 2005; De Salvador i sur., 2005, 2008; Jiménez i sur., 2007; Zec i sur., 2017).

Kod okulanata sorte 'Lapins' na kraju jedne vegetacijske godine nisu uočene razlike u prirastu u visinu i debeljinu podloge između tretmana (Tablica 20.). Također, nisu uočene razlike u visini sadnica između različitih podloga (Tablica 21.). Ipak, u interakciji istraženih faktora kod okulanata sorte 'Lapins' na podlozi Gisela 5 postojala je značajna razlika u debeljini sadnice između T2 i kontrolnog tretmana (Grafikon 10.). No, usporedbom poprečnog presjeka debla podloga okulanata, kao i debla necijepljenih sadnica njihova razlika u bujnosti vidljiva je kroz rezultate jednogodišnjeg prirasta u debeljinu što upućuje da je bez obzira na ujednačen rast u visinu svih okulanata nakon prve godine, podloga utjecala na promjer debla. Rezultati prirasta u debeljinu su potvrđili dosadašnja istraživanja bujnosti podloga. Čmelik i sur. (2004) utvrdili su kako podloge različite bujnosti nisu uvelike utjecale na visinu stabla sorte 'Lapins'. Dobiveni rezultati potvrđuju

takav utjecaj, međutim u obzir treba uzeti i ostale čimbenike kao što su ekološki uvjeti lokacije, tip tla (supstrat), gnojidba i starost sadnica. Isto tako, primjena folijarnih pripravaka na poboljšanje parametara rasta sadnica u rasadnicima ima veći utjecaj kod voćnih podloga srednje bujnosti (Świerczyński i sur., 2019).

Rezultati prirasta u debljinu okulanata sorte 'Lapins' ukazuju da nije bilo statističkih razlika između podloga SL 64 i MaxMa 14, te da su prosječne vrijednosti početnog i završnog TCSA kod podloge MaxMa 14 bile povišene u odnosu na SL 64. Ovi rezultati podudaraju se s rezultatima nekoliko istraživanja. Tako su De Salvador i sur. (2005) u svom istraživanju opisali učinak različitih podloga na sorti 'Lapins' na tri različite lokacije. Rezultati istraživanja pokazali su da su na jednoj od lokacija stabla na podlozi MaxMa 14 imala značajno veći poprečni presjek debla od podloga SL 64 i Gisela 5. U drugom istraživanju nije bilo značajnih razlika u poprečnom presjeku stabala na podlogama SL 64 i MaxMa 14 (Jiménez i sur., 2004a), a Aglar i Yıldız (2021) su utvrdili kako u prvim godinama nakon sadnje nije bilo značajnih razlika u visini stabala na sorti '0090 Ziraat' između podloga SL 64 i MaxMa 14. No, isti autori navode kako se u godini sadnje i dalnjih tri godine rasta debljina TCSA podloga, TCSA sorte i duljina mladica nije značajno razlikovala između podloga MaxMa 14 i Gisela 5. Nadalje, između podloga SL 64 i Gisela 5 nije bilo razlike u duljini mladica što se može povezati s dobivenim rezultatima (Tablica 21.). Iste rezultate potvrđili su Font i Forcada i sur. (2017) u čijem su istraživanju stabla sorte 'Van' i SHG' na podlozi MaxMa 14 imala značajno veći poprečni presjek od stabala na podlozi SL 64. Zbog navedenih varijabilnosti u bujnosti Lang (2005) preporučuje testiranje podloga za svako proizvodno područje. Podloga MaxMa 14 u prethodnim istraživanjima pokazala je varijabilno ponašanje u odnosu na podlogu SL 64 i MaxMa 14 koje ovisi o pedoklimatskim prilikama uzgojnog područja i ne poklapa se uvijek sa njezinim karakteristikama bujnosti. Tako su Balducci i sur. (2019) u svom istraživanju utvrdili kako je u specifičnim uvjetima uzgoja podloga MaxMa 14 bez obzira na pretpostavljenu bujnost veću od podloge Gisela 5 na petogodišnjim sadnicama sorte 'Sweetheart' ipak ostvarila slabiji vegetativni prirast u vidu smanjenog poprečnog presjeka i količine orezane mase tijekom ljetne rezidbe. Isto tako kod prethodnog istraživanja visina stabala na podlozi Gisela 5 nije varirala u odnosu na ostale podloge (Świerczyński i sur., 2019). Naprotiv, kod autora Domozetova i Radomirska (2017) koji su u drugačijim uvjetima uzbajali različite sorte na istim podlogama, sadnice na podlozi MaxMa 14 pokazale su karakteristike veće bujnosti u odnosu na sadnice na podlozi Gisela 5 što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja. Prema dosadašnjoj literaturi, podloga Gisela 5 svrstava se u patuljaste podloge (Miljković i sur., 2002; Čmelik i sur., 2004; Csíhón i sur., 2017). Također, podloga Gisela 5 utječe na manji promjer debla stabla i njegov ukupni vegetativni prirast što mu u konačnici smanjuje bujnost (Papachatzis, 2006). No, i stabla različitog sortimenta u istim uvjetima

uzgoja na podlozi Gisela 5 mogu imati različit promjer debla (Akçay i sur., 2008; Gjamovski i sur., 2016).

Na rezultate poprečnog presjeka debla sadnice može utjecati i visina na kojoj je izvršeno mjerjenje promjera. Pojedini autori obavljali su mjerena na 30 cm iznad mjesta cijepljenja (Bujdosó i Hrotkó, 2006), dok je u dugim radovima promjer debla izmjerena na 20 cm iznad mjesta cijepljenja (Świerczyński, 2023). U ovom istraživanju promjer okulanta je mjerena na 5 cm iznad mjesta cijepljenja, dok je promjer debla podloge mjerena na 5 cm iznad površine tla.

Kod sadnica podloga u svim rokovima mjerena duljine mladica i broja internodija postojale su značajne varijacije između podloga, odnosno na duljinu mladica i broj internodija značajno je utjecala podloga (Tablica 22.). Naprotiv, kod sadnica okulanata, osim u prvom mjerenu (11.5.) kad su postojale statistički značajne razlike u duljini mladice, u kasnijim mjerenjima nije bilo značajnih razlika. U prvom mjerenu svih sadnica (Grafikoni 13. i 15.) uočeno je da su sadnice na podlozi Gisela 5 imale značajno veću duljinu mladica u odnosu na podloge SL 64 i MaxMa 14 što potvrđuje navode o ranjem kretanju rasta slabo bujnih podloga (Demirsoy i sur., 2022). Takav trend se nije nastavio, već je u kasnijim mjerenjima do izražaja došla bujnost podloge, te je značajno najveća duljina mladica izmjerena na podlozi SL 64. Uspoređujući dosadašnje rezultate vegetativnog rasta sadnica trešnje s rezultatima ovog istraživanja može se zaključiti kako vegetativni efekt podloga može biti različit kod različitih sorti, te na različitim lokalitetima, klimatskim prilikama i tipu tla, te da okulant ima značajan utjecaj na bujnost stabla.

U literaturi postoje određena saznanja da rizosferni mikroorganizmi potiču vegetativni razvoj biljaka. Međutim, postoje i istraživanja (Corrêa i sur., 2008) da korištenje pojedinih vrsta mikroorganizama može također imati mali ili negativan učinak na biljnu proizvodnju. Također, Świerczyński i sur. (2019) navode kako primjena rizobakterija u kombinaciji s ostalim bioaktivnim tvarima nije utjecala na vegetativne parametre rasta sadnica trešnje. Pozitivna svojstva rizobakterija mogu utjecati na fiziološke procese, kao što je povećanje učinkovitosti fotosinteze u listu i povećanje proizvodnje ugljikohidrata, što zauzvrat potiče vegetativni rast (Yu i sur., 2014). U literaturi postoji nekoliko primjera o učinkovitoj upotrebi rizobakterija u voćarstvu. Primjerice, De Silva i sur. (2000) navode da je primjena rizobakterije *Pseudomonas fluorescens* (Flügge 1886.) Migula, 1895., povećala lisnu površinu i promjer stabiljike američke borovnice visokog grma, isto tako Orhan i sur. (2006) navode povećani rast i razvoj sadnica maline gnojenim s višim koncentracijama makroelemenata ili inokuliranih rizobakterijama. Pojedini autori su također istraživali primjenu *A. brasiliense* u voćnim vrstama, te potvrdili njen utjecaj na jagodi (Pedraza i sur., 2010; Salazar i sur., 2012), te na *Prunus* podlogama GF 677 i Mr.S 2/5 (Russo i sur., 2008;

Vettori i sur., 2010). Na jagodi je primjena rizobakterije pospješila vegetativni rasta sadnica i prinosa, a na ukorijenjenim reznicama podloga povećala je duljinu stabljike, broj nodija i korijenov sustav.

Na temelju rezultata vegetativnog rasta podloga i okulanata, ovo istraživanje pokazuje da mikrobnii pripravak AZOS, inokulat koji sadrži isključivo rizobakteriju *A. brasiliense*, potiče rast podloga u visinu i debljinu iako zbog velike heterogenosti rasta između sadnica podloga te razlike nisu statistički značajne. Tretmani inokulatom nisu značajno promijenili prirast u debljinu debla podloge okulanata. Učinci bakterijskih tretmana na prirast u debljinu i visinu sadnica mogu se povezati s proizvodnjom regulatora rasta biljaka od strane rizobakterije koja je korištena u pokusu. Prema literaturi, *A. brasiliense* može sintetizirati auksine, citokinine i gibereline (Castillo i sur., 2015; De Campos i sur., 2006; Singh i sur., 2024). Ovi biljni hormoni stimuliraju vegetativni rast biljaka (Aslantaş i sur., 2007; Davies, 2010) poboljšanjem dostupnosti hranjivih tvari (Glick, 1995). Osim toga, prema Sorce i sur. (2002) podloga iz roda *Prunus* utječe na stopu transporta auksina i citokinina kroz biljku. Mikrobnii pripravak AZOS poboljšao je rast sadnica, no budući da u supstratu nisu dodavana dodatna hraniva za vrijeme pokusa, učinak inokulata na parametre rasta biljaka bio je manje evidentan od istraživanja gdje su korištene kombinacije s gnojivima. Nadalje, vrlo je malo naznaka o utjecaju *A. brasiliense* na rast podloga kod sadnica okulanata, čime se potvrđuje da utjecaj *A. brasiliense* na poticanje rasta snažno ovisi o vrsti i genotipu inokulirane biljke (Pedraza i sur., 2010; Pii i sur., 2018). Primjena rizobakterije nije pokazala značajan učinak na rast okulanata sadnica trešnje u danim uvjetima rasta kako se moglo očekivati. Uspjeh inokulacije i razvitak kolonije u specifičnim uvjetima može ovisiti i o soju bakterije. Pojedini autori su uspoređivali biljke pšenice tretirane divljim sojevima *A. brasiliense* s tretmanom mutiranim sojevima kod kojih proizvodnja auksina može u potpunosti izostati, te su dobili razlike u jačem rastu lateralnog korijenja (Barbieri i sur., 1986). U istraživanju Singh i sur. (2024) inokulacija vrste *A. squamosa* s *A. brasiliense* značajno je utjecala je na promjer podloge i plemke, visinu sadnice, broj nodija te su tretmani s dodatkom komposta pokazali pozitivan učinak u poboljšanju parametara rasta biljaka. Autori su povećanje parametara rasta povezali s povećanjem volumena korijena, fotosintetskih i fotoreceptorskih pigmenata, mobilizacije enzima, poboljšanjem fizikalnog statusa tla, dostupnosti hraniva, te poboljšanom sintezom auksina.

Dinamika rasta mladica pokazala je kako su sadnice podloga bolje reagirale na prva tri roka inokulacije, te su u prvom roku mjerena duljine, mladice podloga u T1 i T2 bile značajno dulje u odnosu na T0 (Grafikon 12.). Broj internodija nije se značajno razlikovao između tretmana, međutim, veća prosječna duljina internodija u T1 i T2 također može ukazivati na poboljšani rast

mladica. Takav trend se nije nastavio u sljedećim rokovima mjerenja, te primjena rizobakterije kasnije u vegetaciji nije imala značajni utjecaj na dinamiku rasta jednogodišnjih mladica. Utjecaj primjene rizobakterija na vegetativni rast zabilježen je kod jabuke (Aslantaş i sur., 2007) i duda (Sudhakar i sur., 2000). Nadalje, primjenom rizobakterija na trešnji (Eşitken i sur., 2006) i marelici (Eşitken i sur., 2003). povećan je prirast mladica, a rezultati istraživanja Al-Hadethi i sur. (2017) su pokazali da je primjena rizobakterije *A. brasiliense* u tlo u kombinaciji sa rizobakterijama *Bacillus megatherium* de Bary 1884. i *Azotobacter chroococcum* Beijerinck 1901. značajno povećala lisnu površinu, sadržaj klorofila u listu, promjer stabljike i prosječnu duljinu mladice breskve. U ovom istraživanju, sadnice podloga tretirane *A. brasiliense* pokazale su značajni rast mladice u početnoj fazi rasta. Na rezultate kasnijih mjerenja, te sveukupni prirast na kraju vegetacije tretman rizobakterijom nije imao značajnog utjecaja, iako su prosječne vrijednosti prirasta kod tretiranih sadnica bile veće u odnosu na kontrolu.

## 6. ZAKLJUČCI

U okulantima sorte 'Lapins' zabilježen je utjecaj bakterije na sadržaj amonijaka, mineralnog dušika i kalcija u supstratu, sadržaj dušika i magnezija u listovima, te na CCI i prosječnu duljinu internodija.

Tretman zalijevanjem sadnica rizobakterijom povećao je dušik u listu okulanata sorte 'Lapins'.

Tretman zalijevanjem sadnica podloga rizobakterijom povećalo je indeks sadržaja klorofila u listovima podloga trešnje, te duljinu mladica i prosječnu duljinu internodija u prvom roku.

Primjena *A. brasiliense* kroz tretman T1 (zalijevanje jedanput mjesečno) bila je relativno bolja s obzirom na istovjetnu učinkovitost s tretmanom T2 (zalijevanje svaka dva mjeseca) za poboljšanje vegetativnog rasta biljaka.

Podloga je utjecala na mjerene vegetativne karakteristike, svojstva supstrata te mineralni sastav listova u sadnicama podloga i okulanata. Konkretno, u supstratu sadnica podloga značajnih razlika bilo je u EC, postotku soli, koncentracijama  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Ca i Mg iona, te sadržaju mineralnog N. Također, u sadnicama podloga statistički značajnih razlika bilo je u prirastu u visinu i debljinu, te duljini mladice, broju internodija i prosječnoj duljini internodija u svim rokovima mjerjenja. Rezultati mineralnog sastava lista sadnica podloga pokazali su značajne razlike u suhoj tvari lista, te u sadržaju dušika, kalija i magnezija.

U supstratu sadnica okulanata statističkih razlika je bilo u koncentracijama  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  i Ca iona, te sadržaju mineralnog N. Mineralni sastav listova okulanata sorte 'Lapins' pokazao je značajne razlike u sadržaju kalija, kalcija i magnezija. Nadalje, u sadnicama okulanata statistički značajnih razlika bilo je u jednogodišnjem prirastu u debljinu podloge, CCI, duljini mladice u prvom roku mjerjenja, te broju internodija u svim rokovima mjerjenja. Općenito, podloga je potvrdila značajan utjecaj na karakteristike sadnica u kontejnerskom uzgoju.

Interakcijski učinak tretmana i podloge utvrđen je za EC i % soli, te koncentraciju  $\text{K}_2\text{O}$  i Mg iona u supstratu sadnica sorte 'Lapins', odnosno sadržaj fosfora u listovima te za jednogodišnji prirast u debljinu mladice okulanta. Nadalje, interakcijski učinak utvrđen je za sadržaj suhe tvari, dušika i kalcija u listu sadnica podloga te za CCI i broj internodija u drugom roku mjerjenja

Istraživanjem je potvrđeno da korištenje mikrobiološkog preparata ima idejnu i ciljanu potrebu za primjenu u održivoj poljoprivrednoj proizvodnji. Ipak, koncept nije održiv ako se ne provede u skladu s pravilima mikrobne biotehnologije kao ni u suglasju sa klimatskim obilježjima na kojima

je provedeno istraživanje. Mikroklimatska obilježja na kojima je pokus postavljen pružaju relevantne podatke za nova znanstvena istraživanja.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Abd-Ella E.E.-S.K. (2006). Effect of biofertilization on reducing chemical fertilizers, vegetative growth, nutritional status, yield and fruit quality of Arabi pomegranate trees. JAgric&EnvSciAlexUniv,Egypt 5 (3)
2. Adak T., Kumar K., Singha A. (2012). Spatio- temporal variations in soil moisture and soil temperature under high density guava orchard system. In: Proceedings of 5th Indian Horticulture Congress on Horticulture for Food and Environment Security, PAU, Ludhiana, India, p. 397
3. Aglar E., Yıldız K. (2021). Influence of Rootstocks (Gisela 5, Gisela 6, MaxMa, SL 64) on Performance of '0900 Ziraat' Sweet Cherry. Journal of Basic & Applied Sciences 10: 60–66. doi:10.6000/1927-5129.2014.10.09
4. Ahemad M., Kibret M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. J King Saud Univ Sci 26 (1): 1–20. doi:10.1016/j.jksus.2013.05.001
5. Akca Y., Ercisi S. (2010). Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on fruit quality in sweet cherry (*Prunus avium* L.) cv. 0900 Ziraat. J Food Agric Environ 8 (2): 769–771
6. Akçay M.E., Fidancı A., Burak M. (2008). Growth and yield of some sweet cherry cultivars grafted on 'Gisela® 5' rootstock. Acta Hortic 795 PART 1: 277–281. doi:10.17660/ACTAHORTIC.2008.795.38
7. Akova V., Staneva I., Dimitrov A. (2021). Effect of Container Volume on the Growth Habits and Nutritional Status of Cherry Plants of Summit Cultivar Produced in Containers. J Mt Agric Balk 24 (5): 289–298
8. Al-Hadethi M., Mustafa \*, Al-Hadethi E.A., Al-Dulaimi A.S.T., Almashhadani B.M.K., Al-Hadethi M.E.A. (2017). Influence of Biofertilizers on Growth and Leaf Mineral Content in Peach Transplants 10 (9): 90–93. doi:10.9790/2380-1009019093
9. Ali M.M., Al-Ani A., Eamus D., Tan D.K.Y. (2017). Leaf nitrogen determination using non-destructive techniques—A review. J Plant Nutr 40 (7): 928–953. doi:10.1080/01904167.2016.1143954
10. Alique R., Martínez M.A., Alonso J. (2006). Metabolic response to two hydrocooling temperatures in sweet cherries cv Lapins and cv Sunburst. J Sci Food Agric 86 (12): 1847–1854. doi:10.1002/JSFA.2516

11. AOAC. (2015). Official Methods of Analysis, 18th Edition. AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD
12. Aras S., Eşitken A. (2019). Responses of Apple Plants to Salinity Stress. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 29 (2): 253–257. doi:10.29133/yyutbd.494677
13. Aras S., Keles H. (2019). Evaluation of Leaf Properties of Eight Cherry Cultivars Grafted onto Maxma 14 Rootstock. Journal of Agricultural Studies 7 (2): 144. doi:10.5296/jas.v7i3.15270
14. Arikан Ş., Pirlak L. (2016). Einfluss von wachstumsfördernden Rhizobacteria (PGPR) auf Wachstum, Ertrag und Fruchtqualität bei Sauerkirschen (*Prunus cerasus* L.). Erwerbs-Obstbau 58 (4): 221–226. doi:10.1007/s10341-016-0278-6
15. Aslantaş R., Çakmakçı R., Şahin F. (2007). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. Sci Hortic 111 (4): 371–377. doi:10.1016/j.scienta.2006.12.016
16. Balas F., López-Corrales M., Serradilla M.J., Cai L., Iezzoni A., Wünsch A. (2019). Firmness QTL mapping using an ‘Ambrunés’ × ‘Sweetheart’ sweet cherry population. Acta Hortic 1235: 41–46. doi:10.17660/ACTAHORTIC.2019.1235.5
17. Balbontín C., Ayala H., Bastías R.M., Tapia G., Ellena M., Torres C., Yuri J.A., Quero-García J., Ríos J.C., Silva H. (2013). Cracking in sweet cherries: A comprehensive review from a physiological, molecular, and genomic perspective. Chil J Agric Res 73 (1): 66–72. doi:10.4067/S0718-58392013000100010
18. Balducci F., Capriotti L., Mazzoni L., Medori I., Albanesi A., Giovanni B., Giampieri F., Mezzetti B., Capocasa F. (2019). The rootstock effects on vigor, production and fruit quality in sweet cherry (*Prunus avium* L.). J Berry Res 9 (2): 249–265. doi:10.3233/JBR-180345
19. Barbieri P., Zanelli T., Galli E., Zanetti G. (1986). Wheat inoculation with *Azospirillum brasiliense* Sp6 and some mutants altered in nitrogen fixation and indole-3-acetic acid production. FEMS Microbiol Lett 36 (1): 87–90. doi:10.1111/j.1574-6968.1986.tb01672.x
20. Baryła P., Kapłan M. (2005). The estimation of the growth and the branching of the six stocks under the cherry and the sweet cherry trees. Acta Sci Pol, Hortorum Cultus 4
21. Baryła P., Kapłan M., Krawiec M. (2014). The effect of different types of rootstock on the quality of maiden trees of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cv. ‘Regina’. Acta Agrobot 67 (4): 43–50. doi:10.5586/aa.2014.051
22. Bashan Y., Holguin G. (1997). *Azospirillum*-plant relationships: Environmental and physiological advances (1990-1996). Can J Microbiol 43 (2): 103–121. doi:10.1139/m97-015

23. Bashan Y., Puente E.M., Rodriguez-Mendoza N., Toledo G., Holguin G., Ferrera-Cerrato R., Pedrin S. (1995). Survival of *Azospirillum brasiliense* in the Bulk Soil and Rhizosphere of 23 Soil Types. *Appl Environ Microbiol* 61 (5): 1938–1945
24. Bécquer C.J., Puentes A.B., Sánchez A. (2021). Effect of inoculation with beneficial microorganisms on agroproductive variables of *Morus alba*. *Cuban Journal of Agricultural Science* 55 (2)
25. Belkhodja R., Sanz M., Abadía A., Abadía J. (1997). Effect of chlorosis level on the nutrient concentration in flowers and leaves of peach along the season. *Acta Hortic* (448): 363–363. doi:10.17660/ACTAHORTIC.1997.448.68
26. Bellamy S., Shaw M., Xu X. (2022). Field application of *Bacillus subtilis* and *Aureobasidium pullulans* to reduce *Monilinia laxa* post-harvest rot on cherry. *Eur J Plant Pathol* 163 (3): 761–766. doi:10.1007/S10658-022-02508-8/FIGURES/1
27. Bellone C.H., de Bellone Silvia C. (2012). Interaction of *Azospirillum brasiliense* and *Glomus intraradix* in Sugar Cane Roots. *Indian J Microbiol* 52 (1): 70–75. doi:10.1007/s12088-011-0208-0
28. Betrán J.A., Val J., Montañés Millán L., Monge E., Montañés L., Moreno M.A. (1997). Influence of rootstock on the mineral concentrations of flowers and leaves from sweet cherry. *Acta Hortic* (448): 163–168. doi:10.17660/ActaHortic.1997.448.24
29. Biško A., Savić Z., Jukić L., Leko M., Radunić M., Miloloža D. (2017). Sweet cherry cultivation in the Republic of Croatia. *Acta Hortic* 1161: 185–191. doi:10.17660/ActaHortic.2017.1161.31
30. Blando F., Oomah B.D. (2019). Sweet and sour cherries: Origin, distribution, nutritional composition and health benefits. *Trends Food Sci Technol*. doi:10.1016/j.tifs.2019.02.052
31. Blažková J., Drahošová H., Hlušičková I. (2010). Tree vigour, cropping, and phenology of sweet cherries in two systems of tree training on dwarf rootstocks. *Horticultural Science* 37 (4): 127–138. doi:10.17221/60/2010-HORTSCI
32. Brooks D.S., Gonzalez C.F., Appel D.N., Filer T.H. (1994). Evaluation of Endophytic Bacteria as Potential Biological-Control Agents for Oak Wilt. *Biological Control* 4 (4): 373–381. doi:10.1006/bcon.1994.1047
33. Bujdosó G., Hrotkó K. (2006). Nursery value of some dwarfing cherry rootstocks in Hungary. *Latvian Journal of Agronomy* (9)
34. Bujdosó G., Magyar L., Hrotkó K. (2019). Long term evaluation of growth and cropping of sweet cherry (*Prunus avium* L.) varieties on different rootstocks under Hungarian soil and climatic conditions. *Sci Hortic* 256. doi:10.1016/j.scienta.2019.108613

35. Bürgmann H., Meier S., Bunge M., Widmer F., Zeyer J. (2005). Effects of model root exudates on structure and activity of a soil diazotroph community. *Environ Microbiol* 7 (11): 1711–1724. doi:10.1111/j.1462-2920.2005.00818.x
36. Çakmakçı R., Dönmez F., Aydin A., Şahin F. (2006). Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biol Biochem* 38 (6): 1482–1487. doi:10.1016/j.soilbio.2005.09.019
37. Calvet C., Pinochet J., Hernández-Dorrego A., Estaún V., Camprubí A. (2001). Field microplot performance of the peach-almond hybrid GF-677 after inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in a replant soil infested with root-knot nematodes. *Mycorrhiza* 10 (6): 295–300. doi:10.1007/PL00009998
38. Cassán F., Coniglio A., López G., Molina R., Nievas S., de Carlan C.L.N., Donadio F., Torres D., Rosas S., Pedrosa F.O., de Souza E., Zorita M.D., de-Bashan L., Mora V. (2020). Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. *Biol Fertil Soils* 56 (4): 461–479. doi:10.1007/s00374-020-01463-y
39. Cassán F., Vanderleyden J., Spaepen S. (2014). Physiological and Agronomical Aspects of Phytohormone Production by Model Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Belonging to the Genus *Azospirillum*. *J Plant Growth Regul* 33 (2): 440–459. doi:10.1007/s00344-013-9362-4
40. Cassán F.D., Okon Y., Creus C.M. (eds). (2015). *Handbook for Azospirillum: Technical Issues and Protocols*. Springer International Publishing, Cham. doi:10.1007/978-3-319-06542-7
41. Castillo P., Molina R., Andrade A., Vigliocco A., Alemano S., Cassán F.D. (2015). Phytohormones and Other Plant Growth Regulators Produced by PGPR: The Genus *Azospirillum*. In: *Handbook for Azospirillum: Technical Issues and Protocols* (Cassán Fabricio Dario and Okon Y. and C.C.M., ed), Springer International Publishing, Cham, pp. 115–138. doi:10.1007/978-3-319-06542-7\_7
42. Charyulu P.B.B.N., Rao V.R. (1980). Influence of various soil factors on nitrogen fixation by *Azospirillum* spp. *Soil Biol Biochem* 12 (4): 343–346
43. Chen I. (2002). Effect of Effective Microorganisms an Growth media on the Growth of Potted Taiwan Cherry Seedlings (*Prunus campanulata* Maxim)
44. Civelek C., Yıldırım E. (2019). Glisin Betain Uygulamalarının Tuz Stresi Altında Domatesin Bazı Büyüme ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 153–158. doi:10.17097/ataunizfd.520407

45. Corrêa A., Strasser R.J., Martins-Loução M.A. (2008). Response of plants to ectomycorrhizae in N-limited conditions: which factors determine its variation? *Mycorrhiza* 18 (8): 413–427. doi:10.1007/s00572-008-0195-0
46. Correia S., Queirós F., Ribeiro C., Vilela A., Aires A., Barros A.I., Schouten R., Silva A.P., Gonçalves B. (2019). Effects of calcium and growth regulators on sweet cherry (*Prunus avium* L.) quality and sensory attributes at harvest. *Sci Hortic* 248: 231–240. doi:10.1016/J.SCIENTA.2019.01.024
47. Cruz A.F., Pires M.D.C., Nascimento L.K.B. Do, Ramos M.L.G., Oliveira S.A., Blum L.E.B., Yamanishi O.K. (2020). Cover cropping system and mulching can shape soil microbial status in fruit orchards. *Sci Agric* 77 (4). doi:10.1590/1678-992x-2018-0316
48. Csihon Á., Bicskei K., Dremák P., Gonda I. (2017). Evaluation of the growing and fruit bearing characteristics of the ‘Lapins’ sweet cherry cultivar grafted on rootstocks with different vigor. *Int J Hortic Sci* 23 (1–4). doi:10.31421/ijhs/23/1-4./1195
49. CSN EN 13654-1:2001. (n.d.). Soil improvers and growing media - Determination of nitrogen - Part 1: Modified Kjeldahl method
50. CTIFL. (2014). Porte-Greffé - Porte-greffé et variétés du cerisier. Available at: [https://varietes\\_cerise.ctifl.fr/fiche/porte-greffé/SAINTE\\_LUCIE\\_64](https://varietes_cerise.ctifl.fr/fiche/porte-greffé/SAINTE_LUCIE_64) [Accessed 5 June 2024]
51. Čmelík Z., Družić J., Duralija B., Benčić D. (2004). Influence of clonal rootstocks on growth and cropping of ‘Lapins’ sweet cherry. *Acta Hortic* (658): 125–128. doi:10.17660/ActaHortic.2004.658.16
52. Dakora F.D., Phillips D.A. (2002). Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. *Plant Soil* 245 (1): 35–47. doi:10.1023/A:1020809400075/METRICS
53. Das P.K., Choudhury P.C., Gosh A., Katiyar R.S., Mathur V.B., Madhava Rao A.R., Mazumder M.K. (1994). Studies on the effect of bacterial biofertilizer in irrigated mulberry (*Morus alba*). *Ind J Seric* 33 (2): 170–173
54. Das P.K., Ghosh A., Choudhury P.C., Katiyar R.S., Sengupta K. (1990). Response of irrigated mulberry to *Azotobacter* and *Azospirillum* biofertilizers under graded levels of nitrogen. In: *Biofertilizer Technology Transfer* (Gangawane L. V., ed), Associated Publishing Co., New Delhi, pp. 71–77
55. Davies P.J. (2010). The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions. *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!* 1–15. doi:10.1007/978-1-4020-2686-7\_1

56. Dayakar Yadav B.R., Nagendra Kumar T.D. (1993). Response of mulberry (*Morus indica* var. Kanya-2) to inoculation with the nitrogen-fixing bacterium, *Azospirillum brasiliense*. *Sericologia* 33 (4): 635–640
57. De Campos S.B., Wurdig Roesch L.F., Bodanese Zanettini M.H., Pereira Passaglia L.M. (2006). Relationship between in vitro enhanced nitrogenase activity of an *Azospirillum brasiliense* Sp7 mutant and its growth-promoting activities in situ. *Curr Microbiol* 53 (1): 43–47. doi:10.1007/s00284-005-0191-y
58. De Salvador F.R., Di Tommaso G., Piccioni C., Bonofiglio P. (2005). Performance of new and standard cherry rootstocks in different soils and climatic conditions. *Acta Hortic* 667: 191–200. doi:10.17660/ActaHortic.2005.667.28
59. De Salvador F.R., Pititto A., Giorgioni M., Bassi G., Folini L., Longo L. (2008). Performance of 'Lapins' sweet cherry on Several rootstocks in Italy. *Acta Hortic* 795 PART 1: 311–316. doi:10.17660/ACTAHORTIC.2008.795.44
60. De Silva A., Patterson K., Rothrock C., Moore J. (2000). Growth promotion of highbush blueberry by fungal and bacterial inoculants. *HortScience* 35 (7): 1228–1230. doi:10.21273/hortsci.35.7.1228
61. de Zamaroczy M. (1995). Genetic control of nitrogen assimilation and nitrogen fixation in free living *Azospirillum brasiliense*: A review. In: *Azospirillum VI and Related Microorganisms*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 77–89. doi:10.1007/978-3-642-79906-8\_6
62. Demirsoy H., Demirsoy L., Lang G.A. (2022). Research on spring frost damage in cherries. *Horticultural Science* 49 (2): 89–94. doi:10.17221/91/2021-HORTSCI
63. Dencker I., Hansen P. (1994). Shoot growth-flowering relationships in the sour cherry 'Stevnsbaer' as affected by water and nutrient supply. *Journal of Horticultural Science* 69 (1): 15–19. doi:10.1080/14620316.1994.11515243
64. Dobbelaere S., Croonenborghs A., Thys A., Ptacek D., Vanderleyden J., Dutto P., Labandera-Gonzalez C., Caballero-Mellado J., Aguirre J.F., Kapulnik Y., Brener S., Burdman S., Kadouri D., Sarig S., Okon Y. (2001). Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. *Functional Plant Biology* 28 (9): 871. doi:10.1071/PP01074
65. Döbereiner J. (1997). Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions. *Soil Biol Biochem* 29 (5–6): 771–774. doi:10.1016/S0038-0717(96)00226-X

66. Domozetova D.D., Radomirska I.S. (2017). Growth and reproductive behavior of nine sweet cherry cultivars grafted on two vegetative rootstocks. *Acta Hortic* (1161): 293–298. doi:10.17660/ActaHortic.2017.1161.47
67. du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci Hortic* 196: 3–14. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.021
68. Duralija B., Arko B., Zlatko Č., Jemri T., Šindrak Z. (2007). Influence of cultivar and rootstock on sweet cherry fruit cracking. *Pomologia Croatica* 13 (2): 97–106
69. DZS. (2023). Državni zavod za statistiku. Available at: <https://web.dzs.hr/PXWeb/Default.aspx>
70. Elliott B. (n.d.). Nitrate Quick Test Instructions. Fertilizer research and education program. Available at: <https://www.cdfa.ca.gov/is/ffldrs/frep/pdfs/NitrateQuickTestWeb.pdf> [Accessed 8 June 2024]
71. El-Naby S.K.M.A., Ahmed Mohamed A.A., Mohamed El-Naggar Y.I. (2019). Effect of Melatonin, GA3 and NAA on vegetative growth, yield and quality of 'Canino' apricot fruits. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 18 (3). doi:10.24326/asphc.2019.3.16
72. EN 13652:2001. (n.d.). Soil improvers and growing media - Extraction of water soluble nutrients and elements
73. Eşitken A., Karlidağ H., Ercişli S., Şahin F. (2002). Effects of foliar application of *Bacillus subtilis* OSU-142 on the yield, growth and control of shot-hole disease (*Coryneum blight*) of apricot. *Gartenbauwissenschaft* 67 (4): 139–142
74. Eşitken A., Karlidag H., Ercisli S., Turan M., Sahin F. (2003). The effect of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Hacıhaliloglu). *Aust J Agric Res* 54 (4): 377–380. doi:10.1071/AR02098
75. Eşitken A., Karlidag H., Sahin F. (2005). Potential use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in organic apricot production. In: International Conference on Environmentally Friendly Fruit Growing, Tartu, Estonia, pp. 90–97
76. Eşitken A., Pirlak L., Turan M., Sahin F. (2006). Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. *Sci Hortic* 110 (4): 324–327. doi:10.1016/j.scienta.2006.07.023
77. Etesami H., Adl S.M. (2020). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Their Action Mechanisms in Availability of Nutrients to Plants. In: *Phyto-Microbiome in Stress Regulation*, pp. 147–203. doi:10.1007/978-981-15-2576-6\_9

78. Faienza M.F., Corbo F., Carocci A., Catalano A., Clodoveo M.L., Grano M., Wang D.Q.H., D'Amato G., Muraglia M., Franchini C., Brunetti G., Portincasa P. (2020). Novel insights in health-promoting properties of sweet cherries. *J Funct Foods*. doi:10.1016/j.jff.2020.103945
79. Fallahi E., Mohan S.K. (2000). Influence of Nitrogen and Rootstock on Tree Growth, Precocity, Fruit Quality, Leaf Mineral Nutrients, and Fire Blight in 'Scarlet Gala' Apple. *HortTechnology* 10 (3): 589–592. doi:10.21273/HORTTECH.10.3.589
80. FAOSTAT. (2023). Food and Agricultural Organization Statistical Database. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data> [Accessed 23 April 2023]
81. Farías-Larios J., López-Aguirre J.G., Miranda J.L., Bayardo-Vizcaino L.A. (2000). Use of Commercial Rhizobacteria for Root-knot Nematodes (*Meloidogyne arenaria* and *M. incognita*) Management in Acerola Plants. *HortScience* 35: 391A – 391. doi:10.21273/HORTSCI.35.3.391A
82. Ferretti G., Bacchetti T., Belleggia A., Neri D. (2010). Cherry Antioxidants: From Farm to Table. *Molecules* 2010, Vol 15, Pages 6993-7005 15 (10): 6993–7005. doi:10.3390/MOLECULES15106993
83. Font i Forcada C., Pinochet J., Gogorcena Y., Moreno M.A. (2017). Effect of eight different rootstocks on agronomic and fruit quality parameters of two sweet cherry cultivars in Mediterranean conditions. *Acta Hortic* (1161): 315–320. doi:10.17660/ActaHortic.2017.1161.51
84. Fulton A., Advisor F., Counties S. (2010). Primary Plant Nutrients: Nitrogen, Phosphorus, and Potassium. UCCE Tehama County. Available at: [https://cetehama.ucanr.edu/newsletters/Soil\\_Testing\\_Articles-by\\_Allan\\_Fulton39345.pdf](https://cetehama.ucanr.edu/newsletters/Soil_Testing_Articles-by_Allan_Fulton39345.pdf) [Accessed 9 June 2024]
85. Gainza F., Opazo I., Guajardo V., Meza P., Ortiz M., Pinochet J., Muñoz C. (2015). Rootstock breeding in *Prunus* species: Ongoing efforts and new challenges. *Chil J Agric Res* 75: 6–16. doi:10.4067/S0718-58392015000300002
86. Gallart M., Paungfoo-Lonhienne C., Gonzalez A., Trueman S.J. (2021). Nitrogen Source Influences the Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on *Macadamia integrifolia*. *Agronomy* 11 (6): 1064. doi:10.3390/agronomy11061064
87. Gannouni Thouraya A., Ali A., Campoy J.A., Mezni M., Ahmed Hela B., Youssef A., Agr I.J., Agri R. (2016). Effect of soil mineralogical composition on fruit quality of sweet cherry cultivars
88. Giassi V., Kiritani C., Kupper K.C. (2016). Bacteria as growth-promoting agents for citrus rootstocks. *Microbiol Res* 190: 46–54. doi:10.1016/J.MICRES.2015.12.006

89. Girardi E.A., Francisco de A.A.M.F., Christiano César D.G., Olic Fernando B. (2005). Vegetative growth of citrus nursery trees related to the container volume. *Fruits* 60 (2): 101–105. doi:10.1051/fruits:2005020
90. Gjamovski V., Kiprijanovski M., Arsov T. (2016). Evaluation of some cherry varieties grafted on Gisela 5 rootstock. *TURKISH JOURNAL OF AGRICULTURE AND FORESTRY* 40: 737–745. doi:10.3906/tar-1601-80
91. Glick B.R. (1995). The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can J Microbiol* 41 (2): 109–117. doi:10.1139/M95-015
92. Gluhić D., Herak Ćustić M., Petek M., Čoga L., Slunjski S., Sinčić M. (2009). The Content of Mg, K and Ca Ions in Vine Leaf under Foliar Application of Magnesium on Calcareous Soils. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 74 (2): 81–84
93. Głuszek S., Derkowska E., Sas-Paszt L., Sitarek M., Sumorok B. (2020). Influence of bioproducts and mycorrhizal fungi on the growth and yielding of sweet cherry trees. *Horticultural Science* 47 (2020) (No. 2): 122–129. doi:10.17221/102/2018-HORTSCI
94. Głuszek S., Sas-Paszt L., Derkowska E., Sumorok B., Sitarek M. (2021). Influence of various biofertilizers on root growth dynamics in sweet cherry (*Prunus avium* L.) cv. 'Vanda'. *Horticultural Science* 48 (3): 105–116. doi:10.17221/119/2020-HORTSCI
95. Godini A., Palasciano M., Camposeo S., Pacifico A. (2008). A nine-year study on the performance of twelve cherry rootstocks under non-irrigated conditions in Apulia (southern Italy). *Acta Hortic* (795): 191–198. doi:10.17660/ActaHortic.2008.795.25
96. Gonçalves B., Aires A., Oliveira I., Afonso S., Morais M.C., Correia S., Martins S., Silva A.P. (2021). Sweet Cherry. In: *Temperate Fruits*, Apple Academic Press, pp. 333–415
97. Gonçalves B., Landbo A.K., Knudsen D., Silva A.P., Moutinho-Pereira J., Rosa E., Meyer A.S. (2004). Effect of Ripeness and Postharvest Storage on the Phenolic Profiles of Cherries (*Prunus avium* L.). *J Agric Food Chem* 52 (3): 523–530. doi:10.1021/jf030595s
98. Goncalves B., Moutinho-Pereira J., Santos A., Silva A.P., Bacelar E., Correia C., Rosa E. (2006). Scion-rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry. *Tree Physiol* 26 (1): 93–104. doi:10.1093/treephys/26.1.93
99. González-Gómez D. (2017). Bioactive compounds in sweet cherries: Identification, quantification and distribution in different cherry cultivars. In: *Acta Horticulturae*, International Society for Horticultural Science, pp. 483–490. doi:10.17660/ActaHortic.2017.1161.77
100. Guerrero-Molina M.F., Lovaisa N.C., Salazar S.M., Martínez-Zamora M.G., Díaz-Ricci J.C., Pedraza R.O. (2015). Physiological, structural and molecular traits activated in

- strawberry plants after inoculation with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense* REC3. Plant Biol 17 (3): 766–773. doi:10.1111/plb.12270
101. Güler S., Macit I., Koc A., Ibrikci H. (2006). Estimating Leaf Nitrogen Status of Strawberry by Using Chlorophyll Meter Reading. Journal of Biological Sciences 6 (6): 1011–1016. doi:10.3923/jbs.2006.1011.1016
102. Habib M., Bhat M., Dar B.N., Wani A.A. (2017). Sweet cherries from farm to table: A review. Crit Rev Food Sci Nutr 57 (8): 1638–1649. doi:10.1080/10408398.2015.1005831
103. Hartmann A., Rothbäller M., Schmid M. (2008). Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research. Plant Soil 312 (1): 7–14. doi:10.1007/s11104-007-9514-z
104. Hayat R., Ali S., Amara U., Khalid R., Ahmed I. (2010). Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: A review. Ann Microbiol 60 (4): 579–598. doi:10.1007/s13213-010-0117-1
105. Hecht-Buchholz C. (1998). The apoplast-habitat of endophytic dinitrogen-fixing bacteria and their significance for the nitrogen nutrition of nonleguminous plants. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 161 (5): 509–520. doi:10.1002/jpln.1998.3581610504
106. Hedrick U.P. (1915). The cherries of New York. JB Lyon Company, state printers
107. HRN EN 13037:2012. (n.d.). Poboljšivači tla i supstrati -- Određivanje pH (EN 13037:2011)
108. HRN EN 13038:2012. (n.d.). Poboljšivači tla i supstrati -- Određivanje električne vodljivosti (EN 13038:2011)
109. Hrotkó K. (2016). Potentials in *Prunus mahaleb* L. for cherry rootstock breeding. Sci Hortic 205: 70–78. doi:10.1016/j.scienta.2016.04.015
110. Hrotkó K., Hanusz B., Papp J., Simon G. (1997). Effect of rootstocks on leaf nutrient status of sweet cherry trees. In: Third International Cherry Symposium, pp. 23–29
111. Hrotkó K., Magyar L., Borsos G., Gyeviki M. (2014). Rootstock Effect on Nutrient Concentration of Sweet Cherry Leaves. J Plant Nutr 37 (9): 1395–1409. doi:10.1080/01904167.2014.911317
112. Hrotkó K., Magyar L., Hoffman S., Gyeviki M. (2009). Rootstock evaluation in intensive sweet cherry (*Prunus avium* L.) orchard. Int J Hortic Sci 15 (3). doi:10.31421/IJHS/15/3/825
113. Hummer K.E., Janick J. (2009). Rosaceae: Taxonomy, Economic Importance, Genomics. Genetics and Genomics of Rosaceae 1–17. doi:10.1007/978-0-387-77491-6\_1
114. Iezzoni A., Schmidt H., Albertini A. (1991). Cherries (*Prunus*). Acta Hortic (290): 111–176. doi:10.17660/ActaHortic.1991.290.4

115. Iezzoni A.F. (2008). Cherries. In: Temperate Fruit Crop Breeding - Germplasm for Genomics (Hancock J.F., ed), Dordrecht: Springer Publishers, pp. 151–175
116. İpek M. (2019). Effect of rhizobacteria treatments on nutrient content and organic and amino acid composition in raspberry plants. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 43 (1): 88–95. doi:10.3906/tar-1804-16
117. İpek M., Arikан Ş., Eşitken A., Pirlak L., Dönmez M.F., Turan M. (2021). Influence of bacterial inoculation on growth and plant nutrition of peach grafted in different rootstocks in calcareous soil. Sains Malays 50 (9): 2615–2624. doi:10.17576/jsm-2021-5009-10
118. James P., Measham P.F. (2011). Australian Cherry Production Guide
119. Jiménez S., Garín A., Albás E.S., Betrán J.A., Gogorcena Y., Moreno M.A. (2004a). Effect of Several Rootstocks on Fruit Quality of ‘Sunburst’ Sweet Cherry. Acta Hortic (658): 353–358. doi:10.17660/ActaHortic.2004.658.51
120. Jiménez S., Garín A., Gogorcena Y., Betrán J.A., Moreno M.A. (2004b). Flower and Foliar Analysis for Prognosis of Sweet Cherry Nutrition: Influence of Different Rootstocks. J Plant Nutr 27 (4): 701–712. doi:10.1081/PLN-120030376
121. Jiménez S., Pinochet J., Gogorcena Y., Betrán J.A., Moreno M.A. (2007). Influence of different vigour cherry rootstocks on leaves and shoots mineral composition. Sci Hortic 112 (1): 73–79. doi:10.1016/J.SCIENTA.2006.12.010
122. Johnson R.S., Uriu K. (1989). Mineral Nutrition. In: Peach, Plum and Nectarine: Growing and Handling for Fresh Market (Larue J., Johnson R.S., eds), University of California, Division of Agriculture Resource, Oakland, pp. 68–81
123. Kamnev A.A., Tugarova A. V., Antonyuk L.P., Tarantilis P.A., Polissiou M.G., Gardiner P.H.E. (2005). Effects of heavy metals on plant-associated rhizobacteria: Comparison of endophytic and non-endophytic strains of *Azospirillum brasiliense*. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 19 (1 SPEC. ISS.): 91–95. doi:10.1016/j.jtemb.2005.03.002
124. Kappel F. (2002). Managing the self-fertile Lapins and Sweetheart sweet cherries in high density systems. Compact Fruit Tree 35 (4): 113–114
125. Kappel F., Toivonen P., McKenzie D.L., Stan S. (2002). Storage characteristics of new sweet cherry cultivars. HortScience 37 (1): 139–143. doi:10.21273/hortsci.37.1.139
126. Karakurt H., Aslantaş R. (2010). Effects of some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) strains on plant growth and leaf nutrient content of apple. J Fruit Ornam Plant Res 18: 101–110

127. Karakurt H., Kotan R., Dadaşoğlu F., Aslantaş R., Şahin F. (2011). Bitki büyümeyi teşvik eden bakterilerin vişnenin (*Prunus cerasus* cv. Kütahya) vejetatif gelişimi, renk değerleri, meyve tutumu, pomolojik ve kimyasal özelliklerini üzerine etkileri. *Turkish Journal of Biology* 35 (3): 283–291. doi:10.3906/biy-0908-35
128. Kelley D.S., Adkins Y., Laugero K.D. (2018). A review of the health benefits of cherries. *Nutrients*. doi:10.3390/nu10030368
129. Khaleghi E., Arzani K., Moallemi N., Barzegar M. (2012). Evaluation of Chlorophyll Content and Chlorophyll Fluorescence Parameters and Relationships between Chlorophyll a, b and Chlorophyll Content Index under Water Stress in *Olea europaea* cv. Dezful
130. Kloepper J.W., Schroth M.N. (1978). Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. In: Proc. Fourth Int. Conf. Plant Pathol. Bacteriol. (Clarey G., ed), Tours, pp. 879–882
131. Küçüker E., Celik K., Özcengiz C.K., Ogurlu F., Aglar E. (2023). Pre-Harvest Application of Aminoethoxyvinylglycine, Salicylic Acid and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Fruit Quality of ‘Sweetheart’ Sweet Cherry. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 11 (4): 871–875. doi:10.24925/TURJAF.V11I4.871-875.5860
132. Kumar P., Patra J.K., Chandra P. (eds). (2018). *Advances in Microbial Biotechnology*. Apple Academic Press, Oakville, ON; Waretown, NJ: Apple Academic Press, Inc., 2018. doi:10.1201/9781351248914
133. Lanauskas J., Uselis N., Kviklys D., Kviklienė N., Buskienė L. (2012). Rootstock effect on the performance of sweet cherry cv. Lapins. *Hort Sci (Prague)* 2: 55–60
134. Lane W.D., Schmid H. (1984). Lapins and Sunburst sweet cherry. *Canadian journal of plant science* 64 (1): 211–214
135. Lang G.A. (2005). Underlying principles of high density sweet cherry production. *Acta Hortic* (667): 325–336. doi:10.17660/ActaHortic.2005.667.47
136. Leece D. (1975). Diagnostic leaf analysis for stone fruit. 5. Sweet cherry. *Aust J Exp Agric* 15 (72): 118. doi:10.1071/EA9750118
137. Leinhos V. (1994). Effects of pH and glucose on auxin production of phosphate-solubilizing rhizobacteria in vitro. *Microbiol Res* 149 (2): 135–138
138. Liu F., Xing S., Ma H., Du Z., Ma B. (2013). Plant growth-promoting rhizobacteria affect the growth and nutrient uptake of *Fraxinus americana* container seedlings. *Appl Microbiol Biotechnol* 97 (10): 4617–4625. doi:10.1007/S00253-012-4255-1/METRICS
139. Long L., Lang G., Musacchi S., Whiting M. (2015). Cherry training systems. PNW 667
140. Lotfi N., Soleimani A., Çakmakçı R., Vahdati K., Mohammadi P. (2022). Characterization of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in Persian walnut associated with drought

stress tolerance. *Scientific Reports* 2022 12:1 12 (1): 1–13. doi:10.1038/s41598-022-16852-6

141. Malusa E., Sas-Paszt L., Popinska W., Zurawicz E. (2007). The Effect of a Substrate Containing Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Rhizosphere Microorganisms (*Trichoderma*, *Bacillus*, *Pseudomonas* and *Streptomyces*) and Foliar Fertilization on Growth Response and Rhizosphere pH of Three Strawberry Cultivars. *International Journal of Fruit Science* 6 (4): 25–41. doi:10.1300/J492v06n04\_04
142. Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability 1,2. *Am J Clin Nutr* 79: 727–774
143. Marschner P. (2012). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants Third Edition. doi:10.1016/B978-0-12-384905-2.X0001-5
144. McCune L.M., Kubota C., Stendell-Hollis N.R., Thomson C.A. (2011). Cherries and health: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* doi:10.1080/10408390903001719
145. Mehta P., Jajoo A., Mathur S., Bharti S. (2010). Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem II in wheat leaves. *Plant Physiology and Biochemistry* 48 (1): 16–20. doi:10.1016/j.plaphy.2009.10.006
146. Melakeberhan H., Bird G.W., Jones A.L. (2001). Soil pH Affects Nutrient Balance in Cherry Rootstock Leaves. *HortScience* 36 (5): 916–917. doi:10.21273/HORTSCI.36.5.916
147. Melakeberhan H., Jones A.L., P. Sobiczewski P., Bird G.W. (1993). Factors Associated with the Decline of Sweet Cherry Trees in Michigan: Nematodes, Bacterial Canker, Nutrition, Soil pH, and Winter Injury. *Plant Dis* 77 (3): 266–271. doi:10.1094/PD-77-0266
148. Miljković I. (2011). Trešnja. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb.
149. Miljković I., Čmelik Z., Vrsaljko A. (2002). Podloge za trešnju. *POMOLOGIA CROATICA* 8 (1–4): 115–134
150. Miljković I., Čmelik Z., Vrsaljko A., Duralija B. (2003). Podloge za šljivu. *Pomologija Croatica* 9: 1–4
151. Milošević T., Milošević N., Glišić I., Nikolić R., Milivojević J. (2015). Early tree growth, productivity, fruit quality and leaf nutrients content of sweet cherry grown in a high density planting system. *Horticultural Science* 42 (1): 1–12. doi:10.17221/119/2014-HORTSCI
152. Moreno M.A., Adrada R., Aparicio J., Betrás N. (2001). Performance of 'Sunburst' sweet cherry grafted on different rootstocks. *J Hortic Sci Biotechnol* 76 (2): 167–173. doi:10.1080/14620316.2001.11511345
153. Moreno M.A., Montañés L., Tabuenca M.C., Cambra R. (1996). The performance of Adara as a cherry rootstock. *Sci Hortic* 65 (1): 85–91. doi:10.1016/0304-4238(95)00862-4

154. Musacchi S., Gagliardi F., Serra S. (2015). New training systems for high-density planting of sweet cherry. *HortScience* 50 (1): 59–67. doi:10.21273/hortsci.50.1.59
155. Nacouzi D., Masry R., El Kayal W. (2023). Quality and Phytochemical Composition of Sweet Cherry Cultivars Can Be Influenced by Altitude. *Plants* 12 (12): 2254. doi:10.3390/plants12122254
156. Neilsen G., Kappel F. (1996). 'Bing' Sweet Cherry Leaf Nutrition is Affected by Rootstock, 1169 HORTSCIENCE. 1169–1172 pp.
157. Neilsen G.H., Neilsen D., Kappel F., Forge T. (2014). Interaction of Irrigation and Soil Management on Sweet Cherry Productivity and Fruit Quality at Different Crop Loads that Simulate Those Occurring by Environmental Extremes. *HortScience* 49 (2): 215–220. doi:10.21273/HORTSCI.49.2.215
158. Nichol C.J., Grace J. (2010). Determination of leaf pigment content in *Calluna vulgaris* shoots from spectral reflectance. *Int J Remote Sens* 31 (20): 5409–5422. doi:10.1080/01431160903302957
159. O'Connell P.F. (1992). Sustainable Agriculture-a Valid Alternative. *Outlook Agric* 21 (1): 5–12. doi:10.1177/003072709202100103
160. Okon Y. (1985). *Azospirillum* as a potential inoculant for agriculture. *Trends Biotechnol* 3 (9): 223–228. doi:10.1016/0167-7799(85)90012-5
161. Okon Y., Labandera-Gonzalez C.A. (1994). Agronomic applications of azospirillum: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biol Biochem* 26 (12): 1591–1601. doi:10.1016/0038-0717(94)90311-5
162. Omar M.N.A., Osman M.E.H., Kasim W. A., Abd El-Daim I. A. (2009). Improvement of Salt Tolerance Mechanisms of Barley Cultivated Under Salt Stress Using *Azospirillum brasiliense*. In: Salinity and Water Stress: Improving Crop Efficiency (Ashraf M. and Ozturk M. and A.H.R., ed), Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 133–147. doi:10.1007/978-1-4020-9065-3\_15
163. Orhan E., Eşitken A., Ercisli S., Turan M., Sahin F. (2006). Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. *Sci Hortic* 111 (1): 38–43. doi:10.1016/j.scienta.2006.09.002
164. Papachatzis A. (2006). Influence of rootstock on growth and reproductive characteristics of cherry cultivar 'Stella'during the period of complete fruiting. *Sodinink Darzinink* 25: 212–217
165. Pedraza R.O., Motok J., Salazar S.M., Ragout A.L., Mentel M.I., Tortora M.L., Guerrero-Molina M.F., Winik B.C., Díaz-Ricci J.C. (2010). Growth-promotion of strawberry plants

- inoculated with *Azospirillum brasilense*. World J Microbiol Biotechnol 26 (2): 265–272. doi:10.1007/s11274-009-0169-1
166. Pérez C., Val J., Monge E. (1997). Photosynthetic changes of '*Prunus avium* L.' grafted on different rootstocks in relation to mineral deficiencies. Acta Hortic 448: 81–85. doi:10.17660/ACTAHORTIC.1997.448.8
167. Perry R.L. (1985). Progress with cherry rootstocks. Compact Fruit Tree 18: 107-108
168. Pii Y., Graf H., Valentiniuzzi F., Cesco S., Mimmo T. (2018). The effects of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on the growth and quality of strawberries. Acta Hortic 1217: 231–238. doi:10.17660/ActaHortic.2018.1217.29
169. Pii Y., Marastoni L., Springeth C., Fontanella M.C., Beone G.M., Cesco S., Mimmo T. (2016). Modulation of Fe acquisition process by *Azospirillum brasilense* in cucumber plants. Environ Exp Bot 130: 216–225. doi:10.1016/j.envexpbot.2016.06.011
170. Pilbeam D.J., Morley P.S. (2007). Calcium. In: Handbook of Plant Nutrition (Barker V.A., Pilbeam J.D., eds), CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, pp. 121–144
171. Pinochet J., Calvet C., Camprubí A., Fernández C. (1995). Interaction between the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* and the mycorrhizal association of *Glomus intraradices* and Santa Lucia 64 cherry rootstock. Plant Soil 170 (2): 323–329. doi:10.1007/BF00010485
172. Pirlak L., Turan M., Sahin F., Eşitken A. (2007). Floral and Foliar Application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) to Apples Increases Yield, Growth, and Nutrient Element Contents of Leaves. Journal of Sustainable Agriculture 30 (4): 145–155. doi:10.1300/J064v30n04\_11
173. Pusey P.L., Wilson C.L. (1984). Postharvest biological control of stone fruit brown rot by *Bacillus subtilis*. Plant Dis 6 (89): 753–756
174. Putnam M.L. (1999). Chlorotic spotting on cherry leaves: possible causes. Crop Protection 18 (9): 589–594. doi:10.1016/S0261-2194(99)00066-6
175. Quero-García J., Schuster M., López-Ortega G., Charlot G. (2017). Sweet cherry varieties and improvement. Cherries: botany, production and uses 60–94. doi:10.1079/9781780648378.0060
176. Qursyna N., Yaacob A. (2014). Effects of Liming, Urea and NPK Fertilizers on Availability and Movement of Mineral Nitrogen in Peat Soils under Aerobic and Anaerobic Condition. Journal of Applied Science and Agriculture 9: 292–299

177. Raffo D., Curetti M. (2021). Preliminary results of pedestrian training systems for cherry production in the Río Negro and Neuquén Valleys. *Agrociencia Uruguay* 26 (NE1). doi:10.31285/AGRO.25.397
178. Rahimi S., Talebi M., Baninasab B., Gholami M., Zarei M., Shariatmadari H. (2020). The role of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in improving iron acquisition by altering physiological and molecular responses in quince seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* 155: 406–415. doi:10.1016/j.plaphy.2020.07.045
179. Ranjbar A., Imani A., Piravtlou S.P., Abdoosi V. (2019). Effects of drought stress on almond cultivar's responses grafted on different rootstocks. *Journal of Nuts* 10 (1): 9–24. doi:10.22034/jon.2019.664206
180. Rao A. V., Dass H.C. (1989). Growth of fruit plants as influenced by nitrogen fixing bacteria . *Ann Arid Zone* 28 (1 & 2): 143–147
181. Rao V.R. (1978). Effect of carbon sources on symbiotic nitrogen fixation in a paddy soil. *Soil Biol Biochem* 10 (4): 319–321. doi:10.1016/0038-0717(78)90029-9
182. Reig G., Lordan J., Miranda Sazo M., Hoying S., Fargione M., Reginato G., Donahue D.J., Francescatto P., Fazio G., Robinson T. (2019). Long-term performance of 'Gala', Fuji' and 'Honeycrisp' apple trees grafted on Geneva® rootstocks and trained to four production systems under New York State climatic conditions. *Sci Hortic* 244: 277–293. doi:10.1016/j.scientia.2018.09.025
183. Reis V., Baldani V., Baldani J. (2015). Isolation, identification and biochemical characterization of *Azospirillum* spp., and other nitrogen-fixing bacteria. In: *Handbook for Azospirillum* (Cassán F.D., Okon Y., Creus C.M., eds), Springer International Publishing, Cham. doi:10.1007/978-3-319-06542-7
184. Robinson T.L., Hoying S.A., Dominguez L. (2017). Interaction of training system and rootstock on yield, fruit size, fruit quality and crop value of three sweet cherry cultivars. *Acta Hortic* (1161): 231–238. doi:10.17660/ActaHortic.2017.1161.37
185. Rodríguez H., Fraga R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol Adv* 17 (4–5): 319–339. doi:10.1016/S0734-9750(99)00014-2
186. Roper M.M., Gupta V.V.S.R. (2016). Enhancing Non-symbiotic N<sub>2</sub> Fixation in Agriculture. *Open Agric J* 10 (1): 7–27. doi:10.2174/1874331501610010007
187. Rueda D., Valencia G., Soria N., Rueda B., Manjunatha B., Kundapur R., Selvanayagam M. (2016). Effect of *Azospirillum* spp. and *Azotobacter* spp. on the growth and yield of

- strawberry (*Fragaria vesca*) in hydroponic system under different nitrogen levels. J Appl Pharm Sci 048–054. doi:10.7324/JAPS.2016.600108
188. Russo A., Vettori L., Felici C., Fiaschi G., Morini S., Toffanin A. (2008). Enhanced micropropagation response and biocontrol effect of *Azospirillum brasiliense* Sp245 on *Prunus cerasifera* L. clone Mr.S 2/5 plants. J Biotechnol 134 (3–4): 312–319. doi:10.1016/j.biote.2008.01.020
189. Rutkowski K., Łysiak G.P. (2023). Effect of Nitrogen Fertilization on Tree Growth and Nutrient Content in Soil and Cherry Leaves (*Prunus cerasus* L.). Agriculture 13 (3): 578. doi:10.3390/agriculture13030578
190. Saa S., Del Rio A.O., Castro S., Brown P.H. (2015). Foliar application of microbial and plant based biostimulants increases growth and potassium uptake in almond (*Prunus dulcis* [Mill.] D. A. Webb). Front Plant Sci 6 (FEB). doi:10.3389/fpls.2015.00087
191. Sahin F., Çakmakçı R., Kantar F. (2004). Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N 2-fixing and phosphate solubilizing bacteria, Plant and Soil. 123–129 pp.
192. Salazar S.M., Lovaisa N.C., Guerrero-Molina M.F., Ragout A.L., Kirschbaum D.S., Díaz-Ricci J.C., Pedraza R.O. (2012). Fruit yield of strawberry plants inoculated with *Azospirillum brasiliense* RLC1 and REC3 under field conditions. Revta Agron N O Argent 32 (January): 63–66
193. Santos A., Santos-Ribeiro R., Cavalheiro J., Cordeiro V., Lousada J. -L. (2006). Initial growth and fruiting of 'Summit' sweet cherry (*Prunus avium*) on five rootstocks. N Z J Crop Hortic Sci 34 (3): 269–277. doi:10.1080/01140671.2006.9514416
194. Schneider E.A., Wightman F. (1974). Metabolism of auxin in higher plants. Ann Rev PLant Physiol 25: 487–513
195. Setiawati M.R., Aini H., Suryatmana P., Hindersah R. (2019). Application of inorganic fertilizer and bio-fertilizer on chlorophyll content, pH, and leaves number of pak choi (*Brassica rapa* L.). International Journal of Agriculture Environment and Bioresearch 4 (4): 269–278. doi:10.35410/IJAEB.2019.4423
196. Shaahan M.M., El-Sayed A.A., Abou El-Nour E.A.A. (1999). Predicting nitrogen, magnesium and iron nutritional status in some perennial crops using a portable chlorophyll meter. Sci Hortic 82 (3–4): 339–348. doi:10.1016/S0304-4238(99)00060-6
197. Shin J.S., Park H.S., Lee K.W., Song J.S., Han H.Y., Kim H.W., Cho T.J. (2023). Advances in the Strategic Approaches of Pre- and Post-Harvest Treatment Technologies for Peach Fruits (*Prunus persica*). Horticulturae 2023, Vol 9, Page 315 9 (3): 315. doi:10.3390/HORTICULTURAE9030315

198. Shirkot C.K., Sharma N. (2005). Growth promotion of apple seedlings by plant growth promoting rhizobacterium (*Bacillus megaterium*). *Acta Hortic* (696): 157–162. doi:10.17660/ActaHortic.2005.696.26
199. Singh Y., Bhatnagar P., Singh J., Kumar Sharma Y., Singh Bisht Y., Arya C.K., Singh Rathore B. (2024). The Contribution of Azospirillum brasiliense and Vermicompost to Improving Plant Growth Characteristics, Yield Variables, Physical Characteristics and Maintaining Sustainable Agriculture in Custard Apple cv. “Balanagar”. *Applied Fruit Science*. doi:10.1007/S10341-024-01086-9
200. Sitarek M., Bartosiewicz B. (2012). Influence of Five Clonal Rootstocks on the Growth, Productivity and Fruit Quality of ‘Sylvia’ and ‘Karina’ Sweet Cherry Trees. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 20 (2): 5–10. doi:10.2478/v10290-012-0010-z
201. Solaimalai A., Baskar M., Sadasakthi A., Krishi K.S., Kendra V. (2005). Fertigation in High Value Crops-a Review. *Agric Rev* 26 (I): 1–13
202. Sorce C., Massai R., Picciarelli P., Lorenzi R. (2002). Hormonal relationships in xylem sap of grafted and ungrafted *Prunus* rootstocks. *Sci Hortic* 93: 333–342
203. Sotirov D. (2015). Growth and productive manifestations of Lapins sweet cherry cultivar on different rootstocks. *J Mt Agric Balk* 18 (4): 740–749
204. Spaepen S., Vanderleyden J., Okon Y. (2009). Plant Growth-Promoting Actions of Rhizobacteria. *Adv Bot Res* 51: 283
205. Stachowiak A. (2009). The influence of mycorrhizal vaccine on the growth of maiden sweet cheery trees of selected cultivars in nursery. *Acta Scientiarum Polonorum-hortorum Cultus* 8: 3–11
206. Stehr R. (2005). Screening of sweet cherry cultivars in Northern Germany. *Acta Hortic* 667: 65–68. doi:10.17660/ACTAHORTIC.2005.667.6
207. Sturz A.V., Nowak J. (2000). Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied Soil Ecology* 15 (2): 183–190. doi:10.1016/S0929-1393(00)00094-9
208. Sudhakar P., Chattopadhyay G.N., Gangwar S.K., Ghosh J.K. (2000). Effect of foliar application of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Beijerinckia* on leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba*). *Journal of Agricultural Science* 134 (2): 227–234. doi:10.1017/S0021859699007376
209. Świerczyński S. (2023). Influence of the propagation method of three semidwarf rootstocks on the growth and activity of the physiological processes of maiden sweet cherry trees in a

- nursery. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 22 (4): 47–66.  
doi:10.24326/ASPHC.2023.5024
210. Świerczyński S., Borowiak K., Bosiacki M., Urbaniak M., Malinowska A. (2019). Estimation of the growth of 'Vanda' maiden sweet cherry trees on three rootstocks and after application of foliar fertilization in a nursery. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 18 (1): 109–118. doi:10.24326/asphc.2019.1.11
211. Świerczyński S., Stachowiak A. (2012). Usefulness of four rootstocks and mycorrhization treatment in production of sweet cherry maiden trees in a nursery. *Acta Scientiarum Polonorum-hortorum Cultus* 11: 149–159
212. Szot I., Meland M. (2001). Influence of rootstocks on size distribution and fruit quality of sweet cherry cultivars. *Int Agrophys* 15 (3): 207–214
213. Šegota T., Filipčić A. (2003). Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje. *Goadria* 8 (1): 17–37. doi:10.15291/geoadria.93
214. Šikić Z., Marcellić Š., Brkić Bubola K., Jukić Špika M., Gašparović Pinto A., Zorica M., Kolega Š., Pasković I., Novoselić A., Klisović D., Kos T. (2023). Modulation of the Irrigation Practices in Croatia for More Sustainable Olive Growing. *Agriculture* 13 (9): 1854. doi:10.3390/AGRICULTURE13091854
215. Tarrand J.J., Krieg N.R., Döbereiner J. (1978). A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasiliense* sp. nov. *Can J Microbiol* 24 (8): 967–980. doi:10.1139/m78-160
216. Thakur D., Kaushal R., Shyam V. (2017). Characterization of rhizospheric and endophytic plant growth promoting rhizobacteria isolated from cherry (*Prunus avium* L) and their effect on the growth of cherry seedlings. *International Journal of Farm Sciences* 7 (4): 73–80
217. TIBCO Software Inc. (n.d.). Statistica 14.0.0.15.
218. Tien T.M., Gaskins M.H., Hubbell D.H. (1979). Plant growth substances produced by *Azospirillum brasiliense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). *Appl Environ Microbiol* 37: 1016–1024
219. Tortora M.L., Díaz-Ricci J.C., Pedraza R.O. (2011). *Azospirillum brasiliense* siderophores with antifungal activity against *Colletotrichum acutatum*. *Arch Microbiol* 193 (4): 275–286. doi:10.1007/s00203-010-0672-7
220. Usenik V., Fajt N., Mikulic-Petkovsek M., Slatnar A., Stampar F., Veberic R. (2010). Sweet Cherry Pomological and Biochemical Characteristics Influenced by Rootstock. *J Agric Food Chem* 58 (8): 4928–4933. doi:10.1021/jf903755b

221. Usenik V., Štampar F., Šturm K., Fajt N. (2005). Rootstocks affect leaf mineral composition and fruit quality of 'Lapins' sweet cherry. *Acta Hortic* 667: 247–252. doi:10.17660/ActaHortic.2005.667.36
222. Vettori L., Russo A., Felici C., Fiaschi G., Morini S., Toffanin A. (2010). Improving micropagation: Effect of *Azospirillum brasilense* Sp245 on acclimatization of rootstocks of fruit tree. *J Plant Interact* 5 (4): 249–259. doi:10.1080/17429145.2010.511280
223. Vizzotto G., Lain O., Costa G. (1993). Root restriction and photosynthetic response in a peach rootstock. *HortScience* 28 (5): 556d–5556. doi:10.21273/HORTSCI.28.5.556d
224. Vodoopskrbni sustav zadarskog Vodovoda. (2024). . Vodovod d.o.o Zadar. Available at: <https://www.vodovod-zadar.hr/voda/kvaliteta-vode/vodoopskrbni-sustav-zadarskog-vodovoda> [Accessed 29 May 2024]
225. Vujović T., Cerović R., Ružić D. (2012). Ploidy level stability of adventitious shoots of sour cherry 'Čačanski Rubin' and Gisela 5 cherry rootstock. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 111 (3): 323–333. doi:10.1007/s11240-012-0197-7
226. Vursavuš K., Kelebek H., Sellı S. (2006). A study on some chemical and physico-mechanic properties of three sweet cherry varieties (*Prunus avium* L.) in Turkey. *J Food Eng* 74 (4): 568–575. doi:10.1016/J.JFOODENG.2005.03.059
227. Wani S.P. (1990). Inoculation with associative nitrogen-fixing bacteria: Role in cereal grain production improvement. *Indian J Microbiol* 30 (4): 363–393
228. Westwood M.N., Roberts A.N. (1970). The Relationship Between Trunk Cross-sectional Area and Weight of Apple Trees1. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 95 (1): 28–30. doi:10.21273/JASHS.95.1.28
229. Xiong D., Chen J., Yu T., Gao W., Ling X., Li Y., Peng S., Huang J. (2015). SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics OPEN. Nature Publishing Group. doi:10.1038/srep13389
230. Yıldız E., Yaman M., Ercisli S., Sumbul A., Sonmez O., Gunes A., Bozhuyuk M.R., Kvirklys D. (2022). Effects of Rhizobacteria Application on Leaf and Fruit Nutrient Content of Different Apple Scion–Rootstock Combinations. *Horticulturae* 8 (6): 2–13. doi:10.3390/horticulturae8060550
231. Ystaas J. (1990). The influence of cherry rootstocks on the content of major nutrients of 3 sweet cherry cultivars. *Acta Hortic* (274): 517–520. doi:10.17660/ActaHortic.1990.274.67
232. Ystaas J., Frøynes O. (1998). The influence of eleven cherry rootstocks on the mineral leaf content of major nutrients in Stella and Ulster sweet cherries. *Acta Hortic* (468): 367–372. doi:10.17660/ActaHortic.1998.468.45

233. Yu X., Liu X., Zhu T.H. (2014). Walnut growth and soil quality after inoculating soil containing rock phosphate with phosphate-solubilizing bacteria. *ScienceAsia* 40 (1): 21–27. doi:10.2306/scienceasia1513-1874.2014.40.021
234. Zaady E., Okon Y., Perevolotsky A. (1994). Growth response of Mediterranean herbaceous swards to inoculation with *Azospirillum brasiliense*. *Journal of Range Management* 47 (1): 12–15. doi:10.2307/4002833
235. Zec G., Čolović V., Milatović D., Čolić S., Vulić T., Đorđević B., Đurović D. (2017). Rootstock influence on vigour and generative potential of young sweet cherry trees. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences* 71 (2): 137–141
236. Zimmermann A. (1994). Gisela 5, a dwarfing rootstock for sweet cherries from Giessen in a trial. *Obstbau* 19: 62–63

## **ŽIVOTOPIS**

Šimun Kolega rođen je 1989. godine u Zadru. Završio je međunarodni diplomski studij međunarodne hortikulture na Sveučilištu u Bolonji, Italija. Na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2019. godine upisao je poslijediplomski doktorski studij Poljoprivredne znanosti. Od 2018. godine zaposlenik je Odjela za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru u zvanju suradnika. Sudjeluje u izvedbi nastave na šest kolegija preddiplomskog sveučilišnog studija „Primijenjena ekologija u poljoprivredi“ i tri kolegija zajedničkog diplomskega studija „Mediteranska poljoprivreda“ koji se izvodi zajedno sa Sveučilištem u Zagrebu, Agronomskim fakultetom. Član je Povjerenstva za kvalitetu Odjela i Povjerenstva Odjela za studente s invaliditetom. Kao suradnik sudjelovao je na projektu IRI „SAN – Smart Agriculture Network“, te trenutno sudjeluje na PRIMA projektu SafeAgroBee (Horizon 2020). U znanstvenom radu sudjeluje u istraživanjima u polju poljoprivreda, grana voćarstvo uz naglasak na maslinu, trešnju i jabuku. Koautor je na 7 izvornih znanstvenih radova i 2 pregledna rada u časopisima.