

Mikorizni potencijal mikrogljive *Beauveria bassiana* na rast i razvoj salate

Šutalo, Martin

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:600594>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-11**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**Mikorizni potencijal mikrogljive *Beauveria bassiana*
na rast i razvoj salate**

DIPLOMSKI RAD

Martin Šutalo

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Fitomedicina

**Mikorizni potencijal mikrogljive *Beauveria bassiana*
na rast i razvoj salate**

DIPLOMSKI RAD

Martin Šutalo

Mentor:

dr. sc. Katarina Martinko

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Martin Šutalo**, JMBAG 0178121680, rođen 09.06.1997. u Metkoviću, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

Mikorizni potencijal mikrogljiv *Beauveria bassiana* na rast i razvoj salate

Svojim potpisom jamčim:

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

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Martin Šutalo**, JMBAG 0178121680, naslova

Mikorizni potencijal mikrogljive *Beauveria bassiana* na rast i razvoj salate

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. dr. sc. Katarina Martinko mentor

2. izv. prof. dr. sc. Joško Kaliterna član

3. izv. prof. dr. sc. Ivan Juran član

Zahvala

Na završetku ovog diplomskog rada, želim izraziti svoju duboku zahvalnost svim osobama koje su me podržavale i poticale tijekom ovog izazovnog i uzbudljivog putovanja.

Prije svega, posebno zahvaljujem svojoj mentorici, dr.sc. Katarini Martinko, čija je stručnost, strpljenje i vodstvo bili neprocjenjivi tijekom cijelog procesa. Vaša podrška i savjeti bili su ključni za dovršetak ovog rada.

Moja neizmjerena zahvalnost ide mojoj obitelji. Mojoj majci Veroniki i ocu Ivanu, hvala vam na vašoj neprestanoj ljubavi, podršci i vjeri u mene. Vaša nesebična pomoć i razumijevanje omogućili su mi da se posvetim svojim studijama i postignem ovaj cilj.

Također, želim zahvaliti svojoj braći Bojanu, Mariu i Luki. Vaša motivacija i podrška bili su izvor snage i inspiracije. Hvala vam što ste uvijek bili uz mene i poticali me na ustrajnost i rad.

Posebno bih želio zahvaliti svojoj djevojci Ani. Tvoja podrška i razumijevanje bili su ključni za moj uspjeh. Hvala ti što si uvijek vjerovala u mene, čak i kad je bilo najteže.

Bez svih vas, ovaj rad ne bi bio moguć. Hvala vam od srca.

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja.....	2
2. Pregled literature	3
2.1. Problematika u proizvodnji bilja	3
2.2. Mikorizne gljive	3
2.3. Endofitne gljive	6
2.4. Entomopatogene gljive	8
2.5. Mikrogljiva <i>Beauveria bassiana</i>	9
2.5.1. Taksonomija i morfologija.....	9
2.6. Biologija	11
2.6.1. Biološka aktivnost.....	12
2.6.2. Pripravci na bazi <i>Beauveria bassiana</i> na tržištu	13
2.7. Salata (<i>Lactuca sativa L.</i>)	14
3. Materijali i metode.....	17
3.1. Podrijetlo i uzgoj izolata <i>Beauveria bassiana</i>	17
3.2. Priprema suspenzije spora	17
3.3. Sjetva salate	17
3.4. Pokus u plasteniku.....	18
3.5. Očitavanje rezultata pokusa.....	18
3.6. Re-izolacija mikrogljive <i>Beauveria bassiana</i> iz korijena salate	18
4. Rezultati istraživanja.....	20
4.1. Rezultati učinka aplikacije suspenzije spora <i>Beauveria bassiana</i> na razvoj salate ...	20
4.1.1. Učinak aplikacije na rast korijena salate	20
4.1.2. Učinak aplikacije na rast rozete salate.....	22
4.1.3. Učinak aplikacije na biomasu salate	23
4.2. Rezultati re-izolacije i mikroskopske analize uzoraka korijena salate.....	24
5. Rasprava	26
6. Zaključak	28
7. Popis literature.....	29
8. Prilog – popis kratica i simbola	42
Životopis	43

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Martin Šutalo**, naslova

Mikorizni potencijal mikrogljive *Beauveria bassiana* na rast i razvoj salate

Mikrogljiva *Beauveria bassiana* poznata je kao insekticidno sredstvo, ali novija istraživanja impliciraju da stvara interakciju s biljnim domaćinom sličnu mikorizi. Dosadašnja istraživanja potvrđuju navedenu interakciju u nasadu jagode, grahu, rajčici, kupusu, krastavcima, u usjevima ječma, pšenice i kukuruza, vinove loze, ali istraživanja u uzgoju salate su oskudna. Sukladno navedenom, cilj istraživanja je testirati "interakciju sličnu mikorizi" autohtonog izolata *B. bassiana* na rast i razvoj salate (*Lactuca sativa*, sorta Ostralie RZ) u uvjetima plastenika.

Višekratna aplikacija suspenzije konidija *B. bassiana* provedena je u fenofazi razvijena 2-3 lista salate (BBCH 12-13), zalijevanjem biljaka u zonu korijena kroz pet tjedana. Kako bi se kvantificirao potencijal *B. bassiana* na promociju rasta salate putem potencijalne mikorizne interakcije, izvagana je biomasa te izmjerena površina rozete i korijena svake biljke.

Rezultati potvrđuju značajno povećanje površine korijena biljaka (za 31,6 % i 30,5 %) tretiranih suspenzijom konidija u odnosu na kontrolnu skupinu, kada su biljke tretirane svaki i svaki drugi tjedan. Značajno povećanje biomase biljaka (za 16,7 % i 20 %) zabilježena je u svim test varijantama u odnosu na kontrolu. Površina rozete tretiranih biljaka nije se značajno razlikovala u odnosu na one iz kontrolne skupine. Re-izolacijom mikrogljive iz korijena biljaka tretiranih svaki i svaki drugi tjedan, potvrđen je potencijal *B. bassiana* da promovira rast salate (kao posljedica interakcije slične mikorizi) u uvjetima plastenika, ali i da nakon 10 tjedana više nije prisutna u koloniziranim biljkama.

Dobiveni rezultati su potvrda suvremenih istraživanja koja pokazuju slične rezultate na raznim biljnim kulturama. Također, *B. bassiana* pokazuje sposobnost interakcije slične mikorizi s korijenom salate, no potrebna su dodatna istraživanja u uvjetima *in vivo* u svrhu boljeg razumijevanja ovog oblika interakcije.

Ključne riječi: *Beauveria bassiana*, mikoriza, endofit, *in vivo*, suspenzija spora, salata

Summary

Of the master's thesis – student **Martin Šutalo**, entitled

Mycorrhizal potential of the microfungus *Beauveria bassiana* on the growth and development of lettuce

The microfungus *Beauveria bassiana* is known as an insecticidal agent, but recent studies imply that it forms a mycorrhiza-like interaction with the plant host. Previous studies confirm the mentioned interaction in strawberry, bean, tomato, cabbage, cucumber, barley, wheat and corn crops, vines, but studies in lettuce cultivation is scarce. The goal of the research is to test the "mycorrhiza-like interaction" of the autochthonous isolate *B. bassiana* on the growth and development of lettuce (*Lactuca sativa*, variety Australiae RZ) in greenhouse conditions.

Repeated application of *B. bassiana* conidia suspension was carried out in the phenophase of 2-3 lettuce leaves (BBCH 12-13), by watering the plants in the root zone for five weeks. In order to quantify the potential of *B. bassiana* to promote lettuce growth through a potential mycorrhizal interaction, the weight and rosette and roots area of each plant were weighed.

The results confirm a significant increase in the root area of the plants (by 31.6% and 30.5%) treated with the conidia suspension, compared to the control group, when the plants were treated every and every other week. Significantly higher biomass of plants (by 16.7% and 20%) was recorded in all test variants compared to the control. The rosette area of the treated plants did not differ significantly compared to those from the control group. By re-isolating the microfungus from the roots of plants treated every and every other week, the potential of *B. bassiana* to promote the growth of lettuce (as a result of mycorrhizal-like interaction) in greenhouse conditions was confirmed but also that it did not persist in the plants after 10 weeks.

The obtained results are a confirmation of modern studies that shows similar results on various plant species. Also, *B. bassiana* shows the ability to interact like mycorrhizae fungi with lettuce roots, but additional research in *in vivo* conditions is needed to better understand this form of interaction.

Keywords: *Beauveria bassiana*, mycorrhiza, endophyte, *in vivo*, spore suspension, lettuce.

1. Uvod

Nova paradigma u poljoprivredi se usredotočuje na korisne mikroorganizme u tlu zbog pozitivnog potencijala na biljke. U cijelom svijetu sve više pozornosti zaslužuju gljive koje imaju potencijal uspostaviti mikoriznu ili „mikorizi sličnu“ interakciju s korijenjem biljnog domaćina. Uspostavljanjem takvog tipa mutualističke simbioze, gljive biljnom domaćinu olakšavaju unos hranjivih tvari pomoću velike mreže hifa koje se šire od koloniziranog korijena do okolnog tla i funkcioniraju kao dopunski apsorbirajući sustav (Avio i sur., 2018). Takav simbiotski odnos donosi brojne koristi biljkama, uključujući promociju rasta, otpornost na biotski i abiotski stres, uz posljedičnu modulaciju aktivnosti antioksidativnih enzima i biosintezu sekundarnih metabolita (fitokemikalija), kao što su polifenoli, antocijanini, fitoestrogeni i karotenoidi, značajni za ljudsko zdravlje (Rillig i sur., 2016; Avio i sur., 2018).

Aktualna istraživanja značajna za područje fitomedicine (Dara i sur., 2016; Kramski i sur., 2023) pokazuju da entomopatogene gljive također mogu razviti "mikorizi sličnu interakciju" s biljkama, što odvođi do povećanja otpornosti biljaka na napad bolesti i štetnika. Poznato je da entomopatogene gljive iz roda *Beauveria* (Vuillemin) imaju važnu ulogu u suzbijanju populacija insekata te se sve više koriste za biološko suzbijanje navedenih štetnika. Međutim, pripadnici roda, imaju sposobnost koloniziranja širokog spektra biljnih domaćina, kao endofiti bez izazivanja biljne bolesti, uz istovremenu sposobnost zaraze insekata (McKinnon i sur., 2018). Vrsta *Beauveria bassiana* (Bals., Vuill. (Ascomycota: Hypocreales) je kozmopolitska gljiva koja se prenosi tlom, gdje dolazi u doticaj s biljkama i uspostavlja kolonizaciju s biljnim domaćinom. Zanimljivo je da postoje radovi (Dara, 2015; Dara, 2016; Dara i sur., 2019; Kramski i sur., 2023) koji impliciraju da ova mikrogljiva ima sposobnost uspostaviti "mikorizi sličnu interakciju" i na taj način poticati rast i razvoj kolonizirane biljke.

Potencijal promocije rasta od strane *B. bassiana*, potvrđen je u nasadu jagode (Dara, 2013; 2016), grahu (Dash i sur., 2018), rajčici (Nishi i sur., 2021), kupusu (Heviefo i sur., 2017), krastavcima (Rajab i sur., 2020), u usjevima ječma, pšenice i kukuruza (Zitlalpopoca-Hernandez i sur., 2017), vinove loze (Moloinyane i Nchu, 2019), ali istraživanja o navedenoj aktivnosti *B. bassiana* u uzgoju salate su oskudna (Macuphe i sur., 2021).

Salata (*Lactuca sativa* L.) je lisnato povrće iz porodice *Asteraceae*, koje ima veliku nutritivnu vrijednost za ljudsko zdravlje. Listovi ove jednogodišnje biljke su velik izvor vlakana i bioaktivnih spojeva. Uglavnom se konzumiraju svježi, dok se u nekim područjima svijeta stabljike pripremaju kao dio toplog obroka (Siswanto i sur., 2024). Salata je jedna od kultura koja se uzgaja u cijelom svijetu, a velik broj sorata je pogodan za uzgoj u zaštićenom prostoru tijekom zime zbog sposobnosti da razviju rozetu prihvatljive kvalitete i mase u slabijim svjetlosnim i temperaturnim uvjetima.

Primjena mikrogljiva koje promoviraju rast i razvoj salate smanjuje upotrebu kemijskih gnojiva i posljedično, negativan učinak na okoliš i ljudsko zdravlje. Temeljem navedenog, cilj istraživanja ovog rada je testirati mikorizni potencijal autohtonog izolata mikrogljive *B. bassiana* na rast i razvoj salate u uvjetima plastenika.

1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja

U istraživanje se ulazi sa sljedećim hipotezama i njima pripadajućim ciljevima:

H1) Višekratna aplikacija suspenzije konidija izolata *Beauveria bassiana* značajno povećava rast korijena, rozete i biomase salate u uvjetima *in vivo*.

C1) Testirati učinak višekratne aplikacije suspenzije konidija izolata *Beauveria bassiana* na rast korijena, rozete i biomase salate u uvjetima *in vivo*.

H2) Izolat vrste *Beauveria bassiana*, primijenjen kao suspenzija spora u zonu korijena, kolonizira salatu i prisutan je u korijenu biljka u 10. tjednu pokusa.

C2) Re-izolacijom i mikroskopskom analizom potvrditi kolonizaciju i održavanje izolata *Beauveria bassiana* u korijenu salate u 10. tjedanu pokusa.

2. Pregled literature

2.1. Problematika u proizvodnji bilja

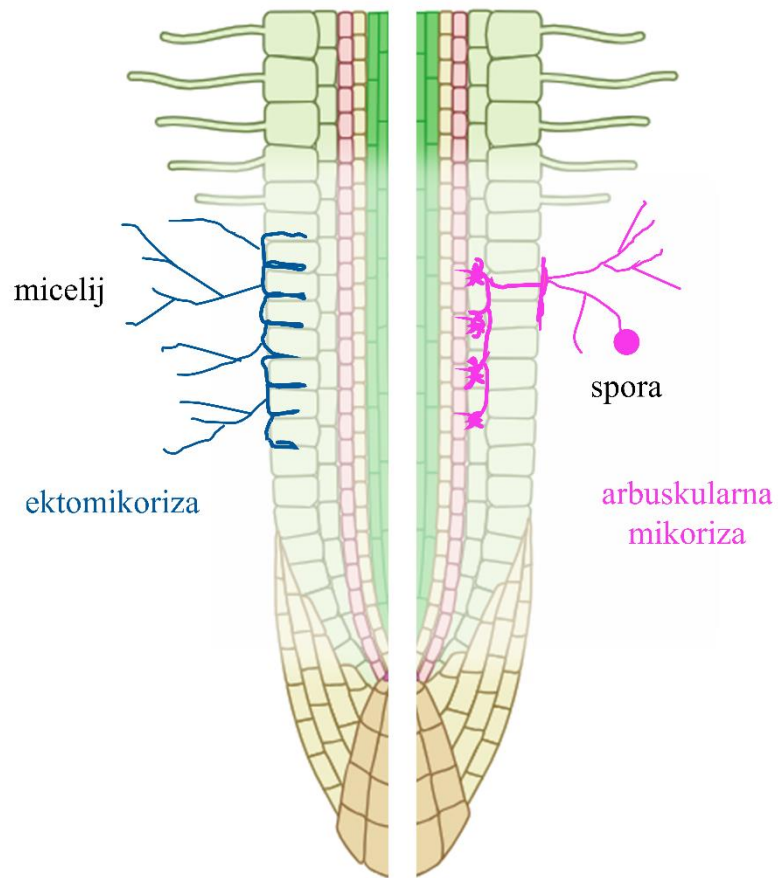
Uzgoj biljaka je otežan zbog velikih gubitaka nastalih utjecajem biljnih patogena, štetnika i raznih abiotskih stresova. Budući da je poljoprivreda najveći gospodarski sektor na svijetu, potrebno je vrijeme da se pronade i uspostavi idealna strategija za održivu, ekološki i ekonomski isplativu biljnu proizvodnju (Rai i sur., 2014). Primjena anorganskih gnojiva u prošlom stoljeću povećala je poljoprivrednu proizvodnju za oko 50 %, međutim, to je također dovelo do negativnih učinaka na okoliš. Iz tog razloga, razvoj novih alternativa u obliku prirodno dobivenih, ekološki prihvatljivih i isplativih biognojiva ima prednost (Aziz, 2015; Odoh i sur., 2020). Za pravilan rast i razmnožavanje biljke trebaju odgovarajuće količine hranjivih tvari koje su neophodne za uravnotežen metabolizam biljaka i potrebne tijekom cijelog životnog ciklusa. Potrebni mikro i makroelementi, uključujući dušik, kalcij, kalij, fosfor, sumpor, magnezij, željezo, bor, mangan, cink, bakar, nikal i molibden, mogu se isporučiti iz tla (Kaiser i sur., 2004; Kramski i sur., 2023). Nažalost, intenzivan uzgoj usjeva svake godine dovodi do uklanjanja takvih hranjiva, a rezerve svakog elementa su iscrpljene (Hamauda i sur., 2022). Sa sve većim naglaskom na sustave održive proizvodnje hrane, biološki pripravci posljednjih godina dobivaju na popularnosti jer smanjuju ovisnost o sintetičkim poljoprivrednim inputima, minimiziraju rizike za okoliš od ostataka sredstava za suzbijanje biljnih patogena. Osim bioloških sredstava za suzbijanje, neki proizvodi na bazi mikrogljiva se koriste kao biostimulansi u svrhu promocije rasta biljaka (Dara, 2019). Zbog osiromašenosti tla, potrebno je primjenjivati mikroorganizme koji imaju sposobnost dopremanja esencijalnih hranjivih tvari čime pospješuju rast i razvoj biljaka.

2.2. Mikorizne gljive

U rizosferi su prisutni različiti mikroorganizmi koji čine važnu komponentu ekosustava tla. Sudjeluju u opskrbi biljaka hranjivim tvarima, stimuliraju rast biljaka (Miransari i sur., 2013; Kramski i sur., 2023) i kontroliraju aktivnost biljnih patogena (Liu i sur., 2008) te doprinose poboljšanju strukture tla, plodnosti i poroznosti (Kramski i sur., 2023). U prirodnom okruženju biljke su u interakciji s mnoštvom simbiotskih mikroorganizama. Ova interakcija uključuje mikorizne gljive koje mogu uspostaviti ekto- i endo- mikorize s korjenskim sustavom biljaka (Domka i sur., 2019). Riječ „mikoriza“ potječe od grčkih riječi „mykes“ (gljiva) i „rhizos“ (korijen), te se odnosi na uzajamnu suradnju između korijena biljke i micelija mikoriznih gljiva. Kolonizacija biljaka od strane mikoriznih gljiva dovodi do promjena u rastu postranog korijena, što rezultira povećanjem njegove biomase, a nastanjene gljive doprinose funkciji korjenovih dlačica apsorpcijom nutrijenata. Ovaj proces omogućuje gljivama fleksibilnost u raznolikim uvjetima okoliša uz stalan izvor ugljikohidrata koji dobivaju od biljnih domaćina. U zamjenu, gljive omogućuju biljci fosfate i ostale esencijalne minerale iz tla, koje selektivno apsorbiraju, te povećavaju površinu za apsorpciju vode (Lovato i sur., 1992). Gljive koje uspostavljaju mikorizu s korijenom biljaka imaju ključnu ulogu u prirodnom

ekosustavu, ali visoke koncentracije kemijskih gnojiva na poljoprivrednim površinama umanjuju njihovu važnost (Ortaş i sur., 2017). Razumijevanje višestrukih prednosti mutualističke simbioze (kao što je mikoriza), može biti od pomoći u korištenju spomenutih gljiva kao značajnih mikroorganizama u zelenoj tehnologiji za održivi razvoj poljoprivrede, što je postalo apsolutni zahtjev u trenutnom ekološkom scenariju. Mikoriza također otvara put do biljne proizvodnje koja ostavlja okoliš bez štetnih rezidua, pogodno djelujući na sastav biljne zajednice i tla (Prasad, 2017).

Mikorizne gljive imaju značajnu ulogu u razvoju strukture tla i formiranju agregata, što poboljšava kvalitetu tla i dovodi do boljeg zdravlja biljaka (Jansa i sur. 2016; Ortaş i sur., 2017). Primjena mikoriznih gljiva također smanjuje primjenu agrokemijskih gnojiva (Charron i sur., 2001; Ortaş i sur., 2017). Imajući u vidu važnost mikorize za poticanje rasta biljaka te poboljšanja kvalitete tla, potrebno je primjenjivati autohtono prisutne mikorizne gljive posebno u tlu s nedostatkom hranjiva (Ortaş i sur., 2017). Primjena mikoriznih gljiva predstavlja važan aspekt održive i ekološke poljoprivredne proizvodnje. Također, pruža važne koristi za biljnu proizvodnju i okoliš. Osim što donosi značajne financijske uštede, implementacija mikoriznih gljiva je ključna u očuvanju plodnosti tla i smanjenju štetnih rezidua u tlu. Ove gljive posebno se ističu u uvjetima primjene organskih gnojiva, jer one osim što pokazuju maksimalnu učinkovitost, isto tako potiču i razvoj drugih korisnih mikroorganizama u tlu (Lovato i sur., 1992). Zanimljivo je da su tijekom evolucije, mikorizne gljive izgubile enzimatsku sposobnost razgradnje ugljikovih spojeva, što ih sprječava da postanu nekrotrofni patogeni (najčešći tip gljivičnih patogena korijena) (Tisserant i sur., 2013). Mikorizne gljive razvijaju opsežnu mrežu hifa u tlu, koja može povezati cijele biljne zajednice nudeći učinkovit horizontalni prijenos hranjivih tvari. One razvijaju specijalizirana područja, koja se nazivaju simbiotska sučelja, za interakciju s biljkom domaćinom (Smith i Read, 2008). Obzirom na to, mikorizne gljive se mogu podijeliti u dvije velike skupine: aseptirane endofite, kao što su gljive iz odjela Glomeromycota, te septirane endofitne gljive iz odjela Asco- i Basidiomycota. Prema Bonfante i sur. (2010) klasifikacija mikorize odražava anatomske aspekte koji čine dvije široke kategorije - ektomikoriza i endomikoriza (Slika 2.1.), ovisno o tome kolonizira li gljiva međustanične prostore korijena ili se razvija unutar stanica. Endomikoriza se dalje dijele na orhidejske, erikoidne i arbuskularne mikorize (Bonfante i sur., 2010). Gljive uspostavljaju arbuskularnu mikorizu s korijenskim sustavom 70-90 % kopnenih biljaka (Parniske, 2008; Ortaş i sur., 2017), dok njihova svjetska prisutnost u šumskim i agroekosustavima čini 50 % mikrobne biomase (Olsson i sur., 1999; Ortaş i sur., 2017). Takav tip simbioze okarakteriziran je stvaranjem subcelularne razgranate strukture unutar biljnih stanica poznate kao arbuskule (lat. 'arbusculum', što znači grm ili malo drvo), a smatraju se glavnim mjesto izmjene hranjivih tvari između gljive i biljke. Arbuskularna mikoriza intimno povezuje biljku na hifnu mrežu gljiva, specijalizirane za unos hranjivih tvari i vode, osobito u uvjetima ograničene dostupnosti nutrijenata (Parniske i sur., 2008; Ortaş i sur., 2017). Ovaj tip gljiva pospješuje unos posebno imobiliziranih hranjivih tvari u tlu, kao što su fosfor (P), bakar (Cu) i cink (Zn), koji obično zbog imobilizacije nisu dostupni korijenu biljaka (Marschner, 2012; Ortaş i sur., 2017).



Slika 2.1. Prikaz arbuskularne mikorize i ektomikorize: ektomikorizna gljiva razvija mrežu hifa oko epidermalnih stanica (lijevo). U slučaju arbuskularne mikorize, hife se razvijaju iz spore i stvaraju hipopodij na epidermisu korijena. Intraradikalna kolonizacija odvija se i unutar i međustanično te kulminira stvaranjem arbuskula, unutar stanica biljke (desno). (foto prema Bonfante i sur., 2010.)

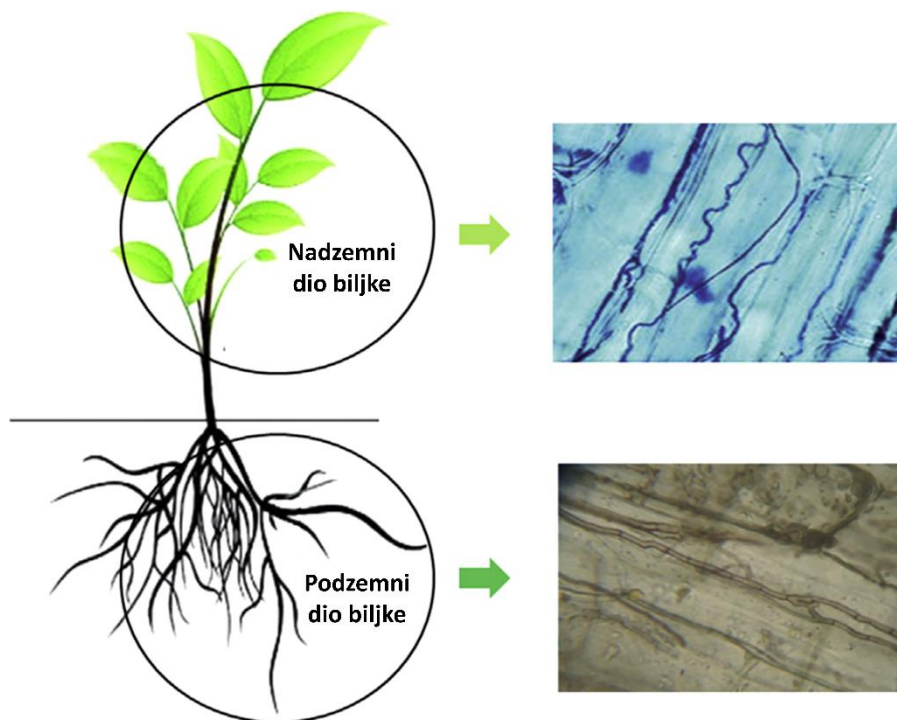
2.3. Endofitne gljive

Osim mikoriznih gljiva, skupina simbiotskih gljiva pod nazivom endofiti privlači interes znanstvene zajednice zbog potencijalnog blagotvornog utjecaja na biljnu vegetaciju. Endofitne gljive obično se definiraju kao one vrste gljiva koje postoje unutar živih tkiva biljaka, tijekom dijela ili cijelog životnog ciklusa, bez nanošenja očite štete svojim domaćinima (Rodriguez i sur., 2009; Moore i sur., 2011; Yan i sur., 2015). Endofitizam je sličan infekciji, ali ne uzrokuje nikakvu bolest, zbog čega dovodi do zaštite biljaka od biljnih patogena induciranjem njihove otpornosti (Pérez i sur., 2013; Rúa i sur., 2013; Dara, 2019). Riječ "endofit" dolazi od grčke riječi "endon", što znači unutar ili unutar i "phyton" što znači biljka. De Bary (1866) je prvi put definirao endofite kao "svi organizmi koji rastu unutar biljnih tkiva" (tj. provode cijeli ili dio svog života kolonizirajući zdrava tkiva biljke domaćina, bilo inter- ili intracelularno) (Gautam i Avasthi, 2019). Zanimljivo je da su izolirane iz gotovo svakog organa svake uzorkovane biljke (Rodriguez i sur., 2009; Yan i sur., 2015). Endofitne gljive su sveprisutne unutar vaskularnih biljaka i brojna literatura upućuju na to da imaju mnoge inhibitorne učinke na druge organizme (poput insekata i patogena) koji napadaju biljnog domaćina (Yan i sur., 2015).

Posljedica kolonizacije biljnog domaćina endofitnim gljivama, dovodi do promocije rasta i razvoja biljke, inducirane otpornosti te zaštite od nematoda, fitopatogenih gljiva i bakterija. Takva asimptomatska kolonizacija biljke oslanja se na ravnotežu antagonizma između biljnog domaćina i endofita koji ga kolonizira (Martinko, 2024). Ova se ravnoteža može narušiti kada se čimbenici okoliša promijene ili kada biljka dosegne stadij starenja (Deckert i sur., 2001; Domka i sur., 2019). Te su se gljive, tijekom evolucije, mogle razviti iz saprofita, koji su se najprije prilagodili da postanu endofiti, a kasnije su se one koje nastanjuju podzemne dijelove biljaka, mogle razviti u mikorizne gljive (Strullu-Derrien et al., 2018; Domka i sur., 2019). Interakcija se sigurno dogodila nekoliko puta tijekom evolucije; dakle, endofiti su se razvili unutar udaljenih filogenetskih skupina gljiva na način sličan onome kod mikoriznih gljiva, što je omogućilo interakciju s gotovo svim biljkama. Korisna interakcija biljke i njenog mikrobioma, odgovorna je za održavanje zdravlja biljke (Syamala i Sivaji, 2017; Domka i sur., 2019). Endofitne gljive fakultativni su biljni simbionti (fakultativni biotrofi) i prema Brundrettu (2002) (za razliku od mikoriznih gljiva) njihov razvoj nije sinkroniziran s razvojem njihovih biljnih domaćina. Dakle, gljivični endofiti mogu dovršiti svoj životni ciklus izvan biljke i stoga mogu rasti na umjetnim podlogama, što olakšava proizvodnju čistog inokuluma u sterilnim uvjetima i eliminira poteškoće u njihovom razmnožavanju. Druga posebna značajka gljivičnih endofita koja ih razlikuje od mikoriznih gljiva je njihova sposobnost naseljavanja nadzemnih organa biljke (Slika 2.2.). Za razliku od mikoriznih gljiva, endofitne gljive pronađene su u listovima, stabljikama, cvjetovima i sjemenkama biljaka (Hardoim i sur., 2015; Domka i sur., 2019), dok su mikorizne gljive ograničene na korijenje biljaka. Velik broj vrsta može postojati u obliku micelija ili formirati različite strukture (Atsatt i Whiteside, 2014; Domka i sur., 2019), što je posebno zanimljivo u biologiji endofitnih gljiva jer se takve morfološke promjene mogu dogoditi tijekom kolonizacije biljnog domaćina, što je slučaj kod gljiva koje uspostavljaju arbuskularnu mikorizu sa svojim domaćinom (Brundrett, 2002; Domka i sur., 2019). Time je olakšan protok hranjivih tvari. Zanimljivo je da endofitnim gljivama nedostaje takav način

razvijanja specijaliziranih hifa (arbuskula) koje ulaze u stanice biljaka, premda sa svojim domaćinima uspostavljaju interakciju pomoću relativno nespecijaliziranih hifa (ne ulaze u stanice biljaka) (Brundrett, 2006; Domka i sur., 2019). Slično mikoriznim gljivama, pokazalo se da endofitne gljive potiču rast biljaka u uvjetima s ograničenim hranjivima (Hiruma et al., 2018.). Dostupne studije pokazuju da gljivični endofiti mogu razviti interakciju s biljkama koja je slična mikorizi (Rodriguez i sur., 2009; Rudgers i Swafford, 2009; Andrade-Linares i Franken, 2013; Hiruma i sur., 2018; Domka i sur., 2019). Endofitne gljive mogu izravno ili neizravno pospješiti rast biljaka (Shah, 2019; Macuphe i sur., 2021) i poboljšati prilagodbu biljaka tijekom nepovoljnih uvjeta, uključujući biotičke i abiotičke stresove (Chand i sur., 2020; Omomow i Babalola, 2019; Tiwari i Lata, 2018; Macuphe i sur., 2021). White Jr. i Torres (2010.) objavili su da biljke kolonizirane endofitima proizvode više glukoze i fruktoze.

Dok endofiti koloniziraju podzemne i nadzemne dijelove biljke, mikorizne gljive (ekto- i endomikoriza) stvaraju odnos s korijenjem, djelujući kao produžetak korijenskog sustava. Obje vrste (endofiti i mikorizne gljive) omogućuju biljkama da izdrže abiotske stresore (Bacon, 1993; Dara, 2019) i potiču njihov rast i razvoj (Marks, 1991; Dara, 2019).



Slika 2.2. Položaj endofitnih gljiva u biljnom domaćinu (foto: Gautam i Avasthi, 2019)

2.4. Entomopatogene gljive

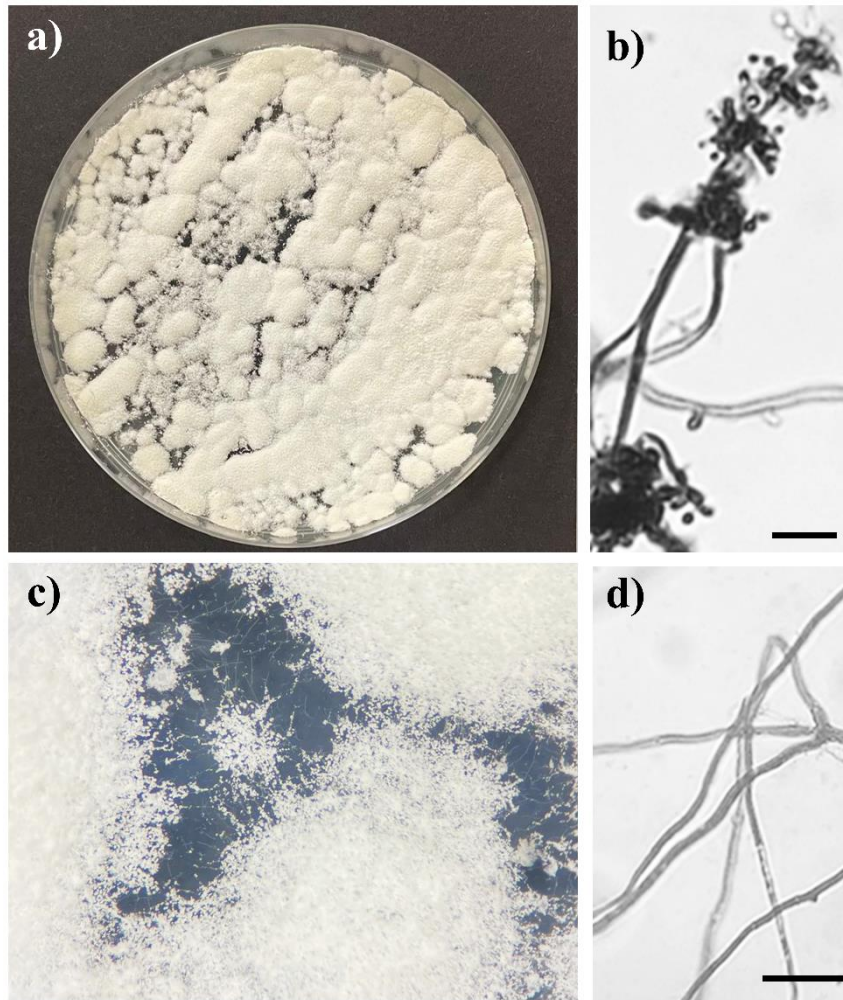
Najmanje shvaćen, odnos je entomopatogenih gljiva s biljnim domaćinima kojeg koloniziraju u ulozi endofita (Dara, 2019). Na temelju nedavnih istraživanja (Vega, 2018; Dara, 2019; Macuphe i sur., 2021), entomopatogene gljive se smatraju korisnim mikroorganizmima koji imaju više bioloških uloga, osim entomopatogene. Otkriveno je da entomopatogene gljive nisu učinkovite u suzbijanju samo insekata i grinja, već također poboljšavaju odgovor biljke na druge biotičke stresove (Mantzoukas i Eliopoulos., 2020). To se događa aktivacijom inducirane sustavne rezistencije ili kroz proizvodnju metabolita s antimikotičkim i insekticidnim djelovanjem. Prednosti ovih procesa uključuju poticanje rasta biljaka (Liao i sur., 2014), ishranu biljaka (Qiu i sur., 2014; Mantzoukas i Eliopoulos., 2020), razvoj korijena (Vega i sur., 2008) te ublažavanje abiotičkih stresova (Jaber i Owenley, 2018; Mantzoukas i Eliopoulos., 2020). Poznato je da ove gljive razvijaju "interakciju sličnu mikorizi" s biljnim domaćinom kojom potiču rast biljaka, a kroz endofitski odnos stimuliraju obranu biljaka i otpornost na biotičke i abiotičke stresove, negativno utječu na biljojede putem nepatogenih mehanizama i antagoniziraju biljne patogene (Dara, 2019). Korištenje gljivičnih entomopatogena, kao endofita u biološkoj kontroli zainteresiralo je znanstvenike, što je rezultiralo značajnim povećanjem objavljenih radova na tu temu (Vega, 2018; Macuphe i sur., 2021). Biološko suzbijanje biljnih štetnika primjenom entomopatogenih gljiva stvara trostruku interakciju između biljaka, štetnih insekata i gljiva te je mnogo složenija od odnosa između štetnih insekata i gljivičnih patogena. Ova svojstva ključna su u evoluciji gljiva jer im omogućuju da prežive u tlu i biljnom okruženju u odsutnosti domaćinskog insekta (Dara, 2019).

2.5. Mikrogljiva *Beauveria bassiana*

2.5.1. Taksonomija i morfologija

Proučavanje gljiva iz roda *Beauveria* započelo je još u 19. stoljeću, kada su se na farmama dudovog svilca u Francuskoj i Italiji počele pojavljivati bolesti koje su periodično zahvaćale ovu vrstu kukaca, ugrožavajući industriju proizvodnje svile. Agostino Bassi di Lodi (1773-1856) svojim dugogodišnjim istraživanjem potvrdio je da je uzročnik bolesti dudovog svilca entomopatogena mikrogljiva, čiji je prvi tip vrste predložio Balsamo-Crivelli. Ova mikrogljiva prvotno je nazvana *Botrytis bassiana* u čast Bassija (Rehner, 2005). Početkom 20. stoljeća, kada je rod *Beauveria* službeno opisan, ova vrsta dobila je ime *Beauveria bassiana* kao priznanje Jeanu Beauverieu, koji je dao značajan doprinos u utemeljenju i istraživanju ovog roda (Rehner, 2011). Prema najnovijoj klasifikaciji Nacionalnog centra za biotehnoške informacije (NCBI), koja se oslanja na molekularne filogenetske analize iz 2008. godine, dokazano je da rod *Beauveria* pripada odjelu *Ascomycota*, razredu *Sordariomycetes*, redu *Hypocreales* i porodici *Cordycipitaceae* (IndexFungorum, 2024). Gljivama roda *Beauveria* poznat je samo nespolni (anamorfni) stadij. Međutim, razvojem molekularnih istraživanja i filogenetskih analiza otkriven je i njihov seksualni (teleomorfni) stadij. Teleomorfni stadij vrste *B. bassiana* - *Cordyceps bassiana*, prvi puta opisan tek 2001. godine (Zengzhi i sur., 2001). Iako se teleomorfni stadij gljive *Beauveria* rijetko nalazi u prirodi, isti je uglavnom opisan u nekim istočnoazijskim zemljama, a nedavna istraživanja potvrdila su filogenetsku povezanost njihovog anamornog stadija i teleomornog stadija roda *Cordyceps*. Razvojem molekularnih tehnika, otkriven je velik broj vrsta iz roda *Beauveria* (Atkins i Clark, 2004). Vrste roda *Beauveria* mogu se lako identificirati prema svojim morfološkim karakteristikama. Međutim, unutar samog roda teže je uočiti razlike među vrstama, posebno kada se promatraju oblik i veličina konidija te izgled kulture. Zbog toga se dugo vremena govorilo samo o tri vrste - *B. bassiana*, *B. brongniartii* i *B. album*. Taksonomija roda *Beauveria* nije detaljno istražena, jer vrste koje su filogenetski udaljene, mogu imati slične morfološke karakteristike (Kirk i sur., 2008).

Vrste roda *Beauveria* imaju karakteristična morfološka obilježja konidiofora, konidiogenih stanica i čistih kultura (Slika 2.3.). Konidiofori obično imaju gusto raspoređene konidiogene stanice koje tvore grupe, često kruškolikog ili okruglog oblika pri bazi i nazubljenog drška na vrhu, što daje karakterističan cik-cak izgled. Konidije su pojedinačne stanice koje su pričvršćene na mjestu, prozirne, formirane unutar cjelovitih zidova stanica, brojne i mogu biti različitog oblika, uključujući okrugli, sferični, elipsoidni ili cilindrični. Kulture obično rastu sporulirajuće, stvarajući pahuljaste kolonije, rijetko formirajući snopove konidija, a boja im može varirati od bijele do žućkaste, ponekad s nježnom ružičastom nijansom. Zračne hife su prozirne, s glatkim i tankim stijenkama, obično raspršene, ponekad grupirane u snopove. Starije kulture mogu postati praškaste zbog velikog broja formiranih konidija (Rehner i sur., 2011).



Slika 2.3. Morfološke karakteristike mikrogljive *Beauveria bassiana*: a) čista kultura na PDA mediju nakon 14 dana, b) konidiofor, c) micelij, d) hife. Scal bar 5 μm (foto: original)

2.6. Biologija

Gljive roda *Beauveria* demonstriraju multifunkcionalni životni stil u različitim okruženjima, uključujući tlo, biljke i kukce. U tlu, ove gljive mogu preživljavati kao saprotrofni micelij ili u stanju mirovanja (neaktivnih propagula) dok ne pronađu prikladnog domaćina u svom okruženju ili razviju endofitski odnos s biljkama (Goettel i sur., 2005., Roy i sur., 2010).

Jedna od najviše proučavanih entomopatogenih gljiva je *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil. (*Ascomycota: Hypocreales*) (Rayab i sur., 2020; Macuphe i sur., 2021). Vrsta *B. bassiana* je kozmopolitska vrsta koja se prenosi tlom, ima vrlo širok raspon domaćina i osnova je za proizvodnju mnogih bioinsekticida protiv širokog spektra štetnih insekata (Vega i sur., 2009; Rayab i sur., 2020; Macuphe i sur., 2021). Relativna vlažnost zraka je ključna za rast micelija i klijanje spora, pri čemu viša vlažnost pogoduje ovim procesima, iako je *B. bassiana* prilagodljiva različitim razinama relativne vlažnosti zraka, sposobna se razvijati čak i pri niskoj vlažnosti od samo 57 %. Hife, zračne konidije i jednostanične blastospore, koje se proizvode tijekom saprofitnog rasta pod određenim uvjetima, mogu izazvati infekciju. Zračne konidije su glavni način širenja infekcije jer su otpornije na abiotski stres u usporedbi s hifama i blastosporama. Konidije vrste *B. bassiana* imaju hidrofobne karakteristike i mogu se lako vezati za hidrofobne površine insekata poput njihove kutikule, voštanog sloja ili struktura bogatih ugljikovodicima. Aseksualne spore se raspršuju vjetrom, kišom ili prskanjem, a ponekad i uz pomoć člankonožaca koji pomažu sporama da se razviju na osjetljivim domaćinima. Adhezija konidija ili blastospora na kutikuli insekta događa se zbog elektrostatičkih ili kemijskih sila (Holder i Keyhani, 2005).

Enzimi kao što su hitinaza, proteaza i lipaza igraju ključnu ulogu u procesu infekcije jer razgrađuju kutikulu insekata, što omogućuje ulazak gljive u domaćina. Kada se spore (konidije) prikvače na površinu tijela kukca, u povoljnim uvjetima one kličaju, stvarajući penetrirajuće strukture poput kličnih cijevi i apesorija. Kombinacijom enzimske aktivnosti i mehaničkog pritiska, spore ulaze u unutrašnjost kukca. Nakon penetracije, hife se šire unutar tijela kukca, dosežući hemocel, gdje se razvijaju u nove vegetativne jednostanične strukture poznate kao blastospore. Blastospore koloniziraju unutrašnje tkivo i uzimaju hranjive tvari za svoj rast i reprodukciju. Kao i kod mnogih drugih entomopatogenih gljiva, vrste *Beauveria* proizvode sekundarne metabolite, ili toksine, poput beauvericina, bassianolida i oosporeina, koji oslabljuju imunološki sustav domaćina. Ovi toksini, u kombinaciji s fizičkim oštećenjem tkiva i iscrpljivanjem hranjivih tvari, remete fiziološke procese u tijelu kukca, što može rezultirati prestankom hranjenja, gubitkom težine, neplodnošću, raznim malformacijama i promjenama u ponašanju, te konačno, smrću kukca (Ortiz-Urquiza, Keyhani, 2013).

2.6.1. Biološka aktivnost u biljnim domaćinima

Uz dokazani entomopatogeni i antagonistički potencijal, promocija rasta biljaka od strane *B. bassiana* dokazuje višestruku biološku aktivnost ove gljive u proizvodnji i zaštiti usjeva (Dara i sur., 2017). Mnogi izolati *B. bassiana* koriste se za umjetnu kolonizaciju poljoprivrednih usjeva, uključujući krastavac (Rayab i sur., 2020; Macuphe i sur., 2021), rajčicu (Nish i sur., 2021; Macuphe i sur., 2021) i kupus (Hevieto i sur., 2017). Isto tako, entomopatogene gljive kao endofiti translociraju u biljke dušik dobiven iz uginulih kukaca (Behie i sur., 2012; Kramski i sur., 2023). Još jedan bitan element je željezo, koje je sastavni dio mnogih enzimskih sustava i sudjeluje u glavnim životnim procesima biljke, kao što je fotosinteza. Istraživana su dokumentirala poboljšanje dostupnosti željeza u prisutnosti vrste *B. bassiana*, što dovodi do povećanja sadržaja klorofila u listovima i duljini korijena (Raya-Diaz i sur., 2017; Kramski i sur., 2023). Analiza tkiva vinove loze kolonizirane endofitom *B. bassiana* pokazala su značajno povećan sadržaj kalcija i magnezija (Moloinyare i Nchu, 2019; Kramski i sur., 2023).

Iako su dobiveni rezultati ovisni o vrsti usjeva, vrsti tla, vremenu i načinu primjene gljiva, istraživanje je potvrdilo potrebu i važnost proučavanja primjene endofitnih/entomopatogenih gljiva kao novih perspektivnih sredstava za biljnu proizvodnju (Gonzalez – Guzman i sur., 2020; Kramski i sur., 2023). Pokazalo se da endofitna/entomopatogena gljiva *B. bassiana* promovira razvoj biljaka te poboljšava otpornost biljke na bolesti (Martinko, 2024) i preživljavanje u uvjetima stresa (Chunjuan i sur., 2021; Kramski i sur., 2023). Na primjer, biljka cvjetače tretirana sporama *B. bassiana* pokazala je drugačiji profil sekundarnih metabolita i povećanu otpornost na napad štetnikom *Plutella xylostella* u usporedbi s netretiranom cvjetačom. Pokazalo se da se ličinke *P. xylostella* nisu mogle razviti na biljci tretiranoj listovima suspenzijom konidija *B. bassiana* (Gautem i sur., 2016; Kramski i sur., 2023). Hwi-Geon Yun i sur. otkrili su da izolati vrste *B. bassiana* pokazuju aktivnost protiv štetnika *Myzus persicae* i patogene gljive *Botrytis cinerea* (Yun i sur., 2017; Kramski i sur., 2023).

Vrsta *B. bassiana* proizvodi širok raspon sekundarnih metabolita, uključujući beauvericin, basianolide, oosporein, ciklosporin A i oksalnu kiselinu, pokazujući citotoksično, antibakterijsko i antifungalno djelovanje (Ownley i sur., 2010; Kramski i sur., 2023). Nažalost, učinkovitost *B. bassiana* ovisi o različitim čimbenicima okoliša, posebice o temperaturi, UV sunčevom zračenju i vlažnosti (Wu i sur., 2020; Kramski i sur., 2023). Uz sve više dokaza o tome da *B. bassiana* ima oportunističku endofitsku strategiju u svom životnom ciklusu (Vidal i Jaber, 2015.; McKinnon i sur., 2017; McKinnon i sur., 2018), nedavne histološke studije pokazuju da interna (endofitska) kolonizacija tkiva listova nije moguća bez oštećenog tkiva u koje entomopatogene gljive mogu ući (Ullrich i sur., 2017.; Koch i sur., 2018; McKinnon i sur., 2018.). Različiti faktori mogu utjecati na uspješnost endofitske kolonizacije gljive *B. bassiana*, uključujući metodu inokulacije, odabir izolata gljive i vrstu biljke domaćina (Vidal, Jaber, 2015). Važno je naglasiti da je *B. bassiana* u kontekstu biljaka endofitna gljiva koja stupa u simbiotski odnos s biljnim domaćinom koji neki autori opisuju kao “mikorizi slična interakcija” (Dara i sur., 2016; Kramski i sur., 2023). Rezultati istraživanja na rajčici, pokazali su da se *B. bassiana* može održavati na površini rajčica, kao epifit. Istraživanje je provedeno na netaknutim površinama biljke rajčice i autori navode da je to prvo takvo istraživanje. Rezultati su pokazali da *B. bassiana* kolonizira biljke rajčice, pogotovo pri visokoj vlažnosti zraka (Nishi i sur.,

2021). Nakon aplikacije *B. bassiana* na sjeme kupusa, procijenjena je kolonizacija lista, stabljike i korijena. Rezultati su pokazali da klijanje sjemena nakon primjene *B. bassiana* nije značajno.

2.6.2. Pripravci na bazi *Beauveria bassiana* na tržištu

Entomopatogene gljive vrste *Beauveria* igraju važnu ulogu u kontroliranju populacije insekata i sve više se koriste za biološku kontrolu štetnika (McKinnon i sur., 2018, Dara i sur., 2017). Nakon što je 1965. godine u SSSR-u lansiran biološki preparat Boverin, temeljen na gljivi *B. bassiana*, namijenjen za suzbijanje krumpirove zlatice i jabukovog savijača, započeo je uspješan niz tretmana koji su zahvatili širok spektar poljoprivrednih štetnika diljem svijeta. Ovaj događaj označio je početak masovne primjene preparata na bazi entomopatogenih gljiva u kontroli štetnika, a s vremenom su razvijeni i brojni drugi preparati za suzbijanje različitih insekata. Danas, ovi preparati čine značajan udio na globalnom tržištu bioloških sredstava za zaštitu bilja, s postupnim rastom udjela. Prema Liu i sur. (2022), *B. bassiana*, zajedno s *Metarhizium anisopliae* su danas najvažnije i najkorištenije entomopatogene gljive koje služe u suzbijanju štetnika.

Vrsta *B. bassiana* (Boverin) također je pokazala uspjeh u kombinaciji s kemijskim insekticidima, kao što su subletalne doze diklor-difenil-trikloretana (DDT) ili prirodni insekticidi na bazi biljke *Azadiracta indica*. Također, u kombinaciji s bakterijom *Bacillus thuringiensis*, *B. bassiana* je pokazala sinergistički učinak, što je dobar primjer integriranog pristupa u kontroli štetnih organizama (Wraight, Ramos, 2005). U Hrvatskoj su provedena istraživanja koja su analizirala prisutnost gljive *B. bassiana* u populaciji jelovih potkornjaka i njezin utjecaj na smanjenje broja vrsta iz roda *Pityokteines*. Utvrđeno je da je zaraza ovom gljivom rezultirala relativno visokim mortalitetom potkornjaka, što ukazuje na potencijalnu primjenu u suzbijanju navedenih štetnika. Također, u pokusima tretiranja odraslih jedinki jasenove pipe, *Stereonychus fraxini*, spore ove gljive pokazale su visoku učinkovitost u laboratorijskim uvjetima, što sugerira njezinu moguću primjenu u praktičnim programima suzbijanja štetočina (Lacković i Pernek, 2012). Uslijed rastuće potražnje za usjevima koji nisu tretirani agrokemikalijama i pooštavanja propisa o reziduama sredstava za suzbijanje biljnih patogena (posebno u Europi i Sjevernoj Americi) primjena biopesticida sve se više potiče.

Entomopatogene gljive roda *Beauveria* i *Metarhizium* čine gotovo 70 % svih komercijalnih mikoinsekticida diljem svijeta. Formulacije većine proizvoda koji se temelje na ovim gljivama uključuju močiva prašiva, koncentrirane suspenzije i emulzije za tretiranje sjemena (Mascarin i Jaronski, 2016). *B. bassiana* je kompatibilna kada se primjenjuje s agrokemikalijama, uključujući biološke insekticide. Tvrtke poput LAM International dodaju botaničke spojeve, poput azadiraktina (neema), svojim proizvodima na bazi *B. bassiana* kako bi postigli sinergijski učinak u borbi protiv štetnika (Mascarin i Jaronski, 2016).

U Fitosanitarnom informacijskom sustavu može se pronaći pripravak na bazi gljive *B. bassiana*, a naziva se Velifer. To je biološki insekticid koji je namijenjen suzbijanju štetnika u povrćarstvu, jagodi i ukrasnom bilju. Koristi se tako da se aplicira raspršivanjem ili prskanjem leđnim ili traktorskim prskalicama i raspršivačima. Koristi se u nasadima, kao što su lubenica,

tikvica, ukrasno bilje, rajčica, jagoda, paprika, patlidžan, rajčica, krastavac, bundeva i dinja. Štetni organizmi na koje djeluje su duhanov resičar, kalifornijski trips, cvjetni štitasti moljac i duhanov štitasti moljac (Fitosanitarni informacijski sustav, FIS, 2024).

Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA, European Food Safety Authority), potvrdila je da je upotreba gljive *B. bassiana* dovoljno insekticidno učinkovita, te da do sada nisu otkriveni ekotoksikološki problemi (EFSA, 2020). Ključni metabolit vrste *B. bassiana* je beauvericin. Optimalni pH za nastanak ovog metabolita iznosi 7,2, a optimalna temperatura 25-27 °C. Sintetaza beauvericina je neaktivna na temperaturama preko 30 °C. To dokazuje da toksičnost i rezidue ovise o uvjetima okoline te o količini proizvedenog beauvericina (Wang, Xu, 2012).

2.7. Salata (*Lactuca sativa* L.)

Salata (*Lactuca sativa* L.) je biljka iz porodice glavočika (*Asteraceae*), koja je jednogodišnja i zeljasta (Slika 2.7.). Iako njezino točno podrijetlo nije potpuno poznato, smatra se da je potekla iz zapadne Azije i Istočne Afrike. Njezina prisutnost kao namirnice dokumentirana je već prije 500 godina prije nove ere. U starom Egiptu, salata je bila uzgajana kao poljoprivredna kultura još prije 2500 godina prije Krista, a njoj su pripisivana i afrodizijačka svojstva. Iz Egipta, salata se proširila u Grčku, gdje je preporučivana kao lijek od strane poznatog grčkog liječnika Hipokrata (460. - 377. pr. Kr.). Kasnije, iz Rimskog carstva se salata proširila u ostatak Europe, gdje je počela biti intenzivno uzgajana u 8. stoljeću. Vjeruje se da je nakon putovanja Kristofora Kolumba (1451. - 1506. g.) salata prenesena u Sjedinjene Američke Države (Lešić i sur., 2002).

Rod *Lactuca* je dobio svoje latinsko ime od riječi „lac“ što znači mlijeko, zbog sposobnosti biljaka da izlučuju bijeli mliječni sok kada su oštećene. Vrsta *sativa* naziva se „kultivirana“ ili „uzgajana“. Salata glavatica prvi je put dokumentirana u 16. stoljeću i tada se uzgajala u samostanskim vrtovima. Salata kristalka, koja je selekcionirana krajem 19. stoljeća u Sjedinjenim Američkim Državama, predstavlja jednu od varijanti salate koja je posebno uzgajana zbog svojih karakteristika. Još od početka 18. stoljeća, u Francuskoj se uzgaja salata zaštićena nauljenim pergamentnim papirom kako bi omogućila berbu za Božić. Zanimljivo je napomenuti da je salata bila prvo povrće koje je uzgajano u zaštićenim prostorima kao što su grijana klijališta i staklenici (Lešić i sur., 2002).

Radi se o jednogodišnjoj zeljastoj biljci koja karakterizira svojstvena struktura korijena smještena u površinskom sloju tla na dubini od 20 do 35 centimetara. Korijen ovog biljnog organizma formira vretenasti oblik, s postranim korijenovim žilama prvog i drugog reda koje izbijaju iz glavnog korijena. Stabljika biljke sastoji se od nodija i internodija. U prvoj godini vegetacije, ovi dijelovi su izrazito skraćeni, dok se u drugoj godini naglo produžuju, dosežući visinu čak do 1,5 metara. Tijekom početka vegetativne faze, listovi formiraju rozetu, a ovisno o obliku i strukturi, razvijeno je nekoliko tipova salate: Salata glavatica (*Lactuca sativa* var. *capitata*), lisnata salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*), salata romana (*Lactuca sativa* var. *romana*), salata stablašica (*Lactuca sativa* var. *angustana*), dugolisna salata (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) (Parađiković, 2009).

Ovi različiti tipovi salate imaju svoje specifične karakteristike i koriste se u različitim kulinarskim jelima zbog svoje teksture, okusa i prehrambene vrijednosti. Listovi salate su sjedeći, ovalni ili okrugli, a može biti i više ili manje nazubljeno, što ovisi o specifičnoj vrsti salate. Cvijet salate sastoji se od cvatne glavice koja je okružena pricvjetnim listovima. Cvjetovi su dvospolni i nepravilni te su sastavljeni od dvostrukog ocvijeća. Vjenčić cvijeta čine jezičasti cvjetovi žute boje. Cvijet salate ima pet prašnika, dok tučak čini podrasla, jednogradna plodnica koja nosi jedan sjemeni zametak. Plod salate je jednosjemeni plod sive, smeđe ili crne boje, a sjemenke su ovalnog i izduženog oblika (Parađiković, 2009).

Sorte salate tipa kristalki obilježene su razvijenijom lisnom rozetom i krupnijim glavicama u usporedbi s drugim sortama. Njihovi listovi su obično krhkiji, s nazubljenim rubom i često imaju mjehurastu površinu, dok su lisne žile izražene, često svijetlo zelene do bijele boje. Glavice ovih sorti mogu biti više ili manje zbijene, te imaju okrugli ili ovalni oblik. Ove sorte obično se uzgajaju na otvorenom polju tijekom kasnog proljeća, ljeta i rane jeseni (Matotan, 2004). Tijekom dana, optimalna temperatura za kristal salatu je između 15 °C i 25 °C jer potiče brzi rast i razvoj biljaka, dok noću temperatura može pasti nešto niže, idealno između 10 °C i 18 °C. Ovaj raspon temperature pruža biljkama optimalne uvjete za fotosintezu, proces koji omogućuje biljkama da pretvaraju svjetlost u energiju potrebnu za rast i razvoj.

Važno je istaknuti da ekstremne temperature, kako visoke tako i niske, mogu negativno utjecati na rast i razvoj kristal salate. Visoke temperature mogu uzrokovati stres biljkama, što može rezultirati sporijim rastom, promjenom boje lišća ili čak oštećenjem biljaka. S druge strane, niske temperature mogu usporiti metabolizam biljaka i smanjiti njihovu otpornost na bolesti. Sorte u tipu polukristalki su slične kristalkama u morfološkim karakteristikama, ali njihove glavice su rahlije, lisna rozeta je manja, a listovi su manje mjehurasti i imaju slabije nazubljen rub (Matotan, 2004). Ove sorte često su preferirane u različitim uvjetima uzgoja i mogu pružiti raznolike opcije za uzgajivače salate ovisno o njihovim specifičnim potrebama i preferencijama.

Za uzgoj salate potrebno je tlo koje je blago humusno i dobro zadržava vlagu. Biljke salate zahtijevaju kontinuiranu opskrbu vodom tijekom cijelog razvojnog procesa, posebno do faze zatvaranja sklopa, što označava početak formiranja glavica. Preporučuje se zalijevanje s oko 15 litara vode po kvadratnom metru dva puta tjedno ako nije razdoblje intenzivnog sunčanja. Najbolje je zalijevati salatu kada nema jakih oblačnih dana kako bi se osiguralo optimalno apsorpiranje vode. Salata najbolje uspijeva na plodnom i rastresitom tlu koje je obogaćeno organskim tvarima. Staklenička tla često su pripremljena s tim zahtjevima, omogućavajući salati da se uspješno razvija i raste. Važno je imati na umu da salata može biti osjetljiva na visoke koncentracije soli u tlu, stoga je važno pratiti razinu soli. Optimalna pH vrijednost tla za uzgoj salate kreće se između 6,0 i 7,0 (Parađiković, 2009).

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku iz 2023. godine, proizvodnja salate je porasla u odnosu na prethodnu godinu. 2022. godine ukupna proizvodnja salate iznosila je 6479 tona, od čega 5007 tona za tržište i 1472 tone u povrtnjacima za vlastite potrebe. U usporedbi s tim, 2023. godine, proizvodnja salate iznosila je 7395 tona, od čega 5279 za tržište i 2116 za vlastite potrebe u povrtnjacima. Ove brojke pokazuju značajan porast proizvodnje salate i za tržište i za vlastite potrebe (Državni Zavod za statistiku, 2024).



Slika 2.7. Salata, *Lactuca sativa* L. (foto: original)

3. Materijali i metode

3.1. Podrijetlo i uzgoj izolata *Beauveria bassiana*

U svrhu provedbe istraživanja, korišten je izolat mikrogljive *B. bassiana* (BB-19) koji je izoliran iz uginule odrasle jedinke krumpirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Izolat je molekularno identificiran do razine vrste konvencionalnom PCR metodom (prema Gebremariam i sur., 2021) uz sekvenciranje u tvrtci Macrogen Europe (Amsterdam, Nizozemska).

Mikrogljiva je uzgojena na krumpir dekstroznom agaru (PDA, eng. Potato dextrose agar) i inkubirana u klima komori, na 24 °C, u mraku, te se čuva u zbirci Zavoda za fitopatologiju (zbirka K. Martinko), na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu.

3.2. Priprema suspenzije spora

Izolat *B. bassiana* (BB-19) uzgojen je na PDA i inkubiran na 24 °C, u mraku tijekom 21 dana u svrhu stimulacije sporulacije. Nakon 21 dana, konidije su sakupljene dodavanjem otopine sterilne destilirane vode (10 ml) i sufraktanta (0,1 % Tween- 80), kako bi se uklonila vodena površinska napetost. Potopljene konidije su nježno prikupljene sterilnim gumenim kistom. Otopina je filtrirana kako bi se uklonili fragmenti micelija, a suspenzija konidija je sakupljena u sterilnu bocu. Koncentracija spora u tekućem inokulumu, određena je nizom razrjeđenja i brojanjem spora u suspenzijama korištenjem Neubauerovog hemocitometra pod svjetlosnim mikroskopom, kako bi se postigla koncentracija spora od 1×10^7 spora/ ml. Suspenzija ($9,6 \times 10^7$ spora/ml) je uskladištena na 4 °C do upotrebe.

U svrhu provjere vijabilnosti i klijavosti spora, 5 µl suspenzije spora je aplicirano na sterilno mikroskopsko stakalce s PDA, a klijavost je određena nakon 24 sata inkubacije u klima komori. Smatralo se da su spore proklijale ako je klična cijev konidije bila duža od njenog promjera. Temeljem toga, u pokusu je korištena suspenzija s konidijama koje su proklijale više od 90 % (Zemek i sur., 2021).

3.3. Sjetva salate

Kako bi se provela sjetva biljaka salate (*Lactuca sativa* L.) u uvjetima plastenika, korišteno je sjeme sorte Ostralize RZ (Kadmo d.o.o, Zagreb, Hrvatska). Sjeme je posijano u studenome 2023. godine prema uputama proizvođača, u supstrat (Potgrond H, Metković, Hrvatska) koji se nalazio u kontejnerima unutar plastenika. Uzgojene su 32 biljke, a korištene su u istraživanju kada su razvile 2-3 prava lista (BBCH 12-13). Sadnice su zalijevane po potrebi.

3.4. Pokus u plasteniku

Istraživanje je provedeno u plasteniku na OPG Šutalo (Metković, Hrvatska) prema modificiranoj metodi Staffa i sur. (2020.). Provedena je višekratna aplikacija suspenzije konidija (50 ml/sadnici) zalijevanjem u zonu korijena salate kroz pet tjedana (Shema 3.4.). Prva aplikacija suspenzije konidija ($9,6 \times 10^7$), provedena je u fenofazi 2-3 prava lista salate (BBCH 12-13). Pokus je postavljen slučajnim bloknim rasporedom u četiri varijante, a svaka varijanta u 8 ponavljanja. Testne varijante uključivale su biljke tretirane suspenzijom konidija mikrogljive *B. bassiana*. Kontrolna skupina sadržavala je biljke koje su zalijevane otopinom sterilne destilirane vode i sufraktanta (0,1 % Tween- 80).

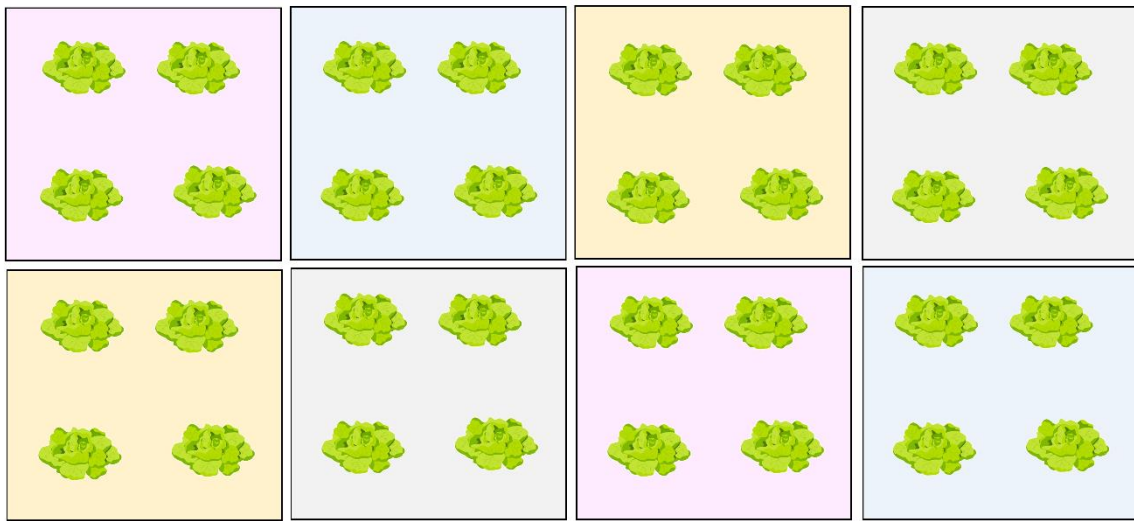
3.5. Očitavanje rezultata pokusa

Berba salate provedena je nakon 10 tjedana od postavljanja pokusa. Prikupljene su cijele biljke (biljke s korijenom i rozetom), a učinak potencijalne mikorize procijenjen je mjerenjem površine rozete i korijena te vaganjem biomase biljaka. Površina rozete i korijena mjerena je na način da su rozete i korijen biljaka, pojedinačno postavljeni na bijelu podlogu i fotografirani (leća fotoaparata je postavljena okomito na biljku, na visinu 70 cm), a fotografije su obrađene računalnim programom ImageJ prema Martinko i sur. (2022). Dobivene vrijednosti su statistički analizirane metodom One Way ANOVA i Tukey testom ($p < 0,05$) korištenjem računalnog programa SPSS (IBM, version 15.0, Chicago, IL, USA).

3.6. Re-izolacija mikrogljive *Beauveria bassiana* iz korijena salate

Re-izolacija mikrogljive *B. bassiana* iz korijena testiranih biljaka, provedena je u 10. tjednu od postavljanja pokusa, odnosno nakon 5 tjedana od posljednje aplikacije prema modificiranoj metodi Staffa i sur. (2020) (Slika 3.4.).

Prikupljeni korijeni (32) nježno su isprani vodom iz slavine i zatim postavljeni na sterilni papir u laminar s protokom zraka. Nakon što su izrezani na manje fragmente, površinski su sterilizirani 70 % etanolom u trajanju od jedne minute, isprani dva puta sterilnom destiliranom vodom i odvojeno (ovisno o varijantama) postavljeni na površinu PDA u Petrijeve zdjelice. Nacijepljeni biljni uzorci su inkubirani u klima komori, na 25°C, u mraku. Prisutnost i odsutnost rasta *B. bassiana* zabilježena je nakon 7 dana. Prisutnost *B. bassiana* u barem jednom dijelu korijena, smatrala se pokazateljem kolonizacije biljke. Podaci su izraženi kao postotak kolonizacije ($[\text{broj koloniziranih biljaka} / \text{broj replikacija}] \times 100$). U svrhu morfološke potvrde prisutnosti vrste roda *Beauveria*, provedena je mikroskopska analiza.



varijanta 1.
 varijanta 2.
 varijanta 3.
 varijanta 4.

		Tretmani / tjedni				
		1.	2.	3.	4.	5.
Test (biljka + <i>B. bassiana</i>)	var. 1.	+	-	-	-	-
	var. 2.	+	-	+	-	+
	var. 3.	+	+	+	+	+
Kontrola (biljka + dH ₂ O)	var. 4.	-	-	-	-	-

Slika 3.4. Shematski prikaz pokusa *in vivo* – višekratne aplikacije suspenzije (+) kroz 5 tjedana.

4. Rezultati istraživanja

4.1. Rezultati učinka aplikacije suspenzije spora *Beauveria bassiana* na razvoj salate

4.1.1. Učinak aplikacije na rast korijena salate

Rezultati učinka višekratne aplikacije suspenzije konidija izolata *B. bassiana* na rast korijena tretiranih biljaka salate nakon 10 tjedana, usporedno s kontrolnom varijantom, prikazani su tablicom 4.1. i slikom 4.1.

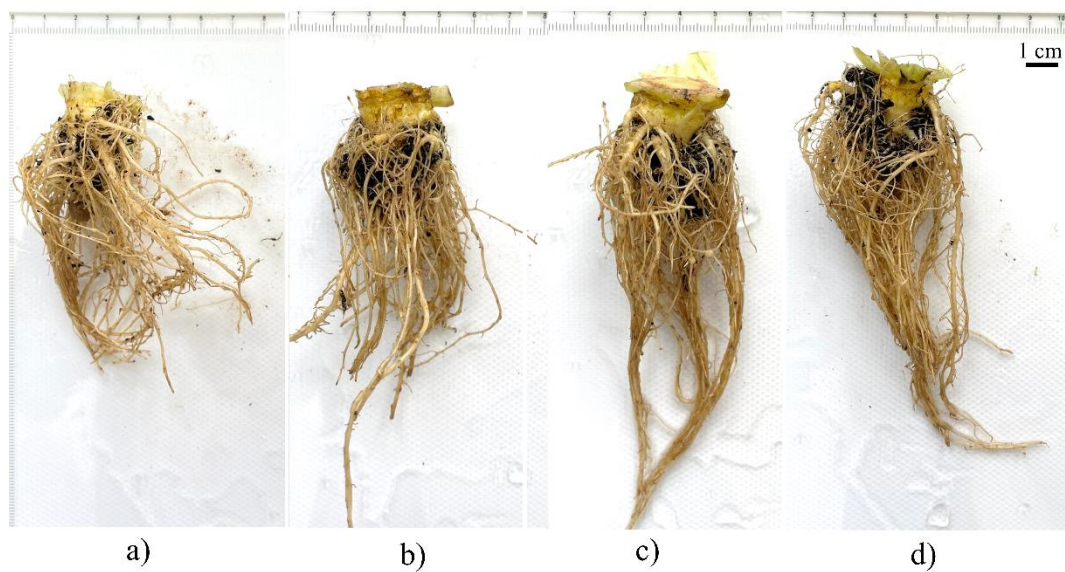
U svim testnim varijantama, zabilježeno je povećanje površine korijena salate u odnosu na biljke iz kontrolne varijante. Aplikacija suspenzije konidija, provedena jednom tjedno (3. varijanta) te svaki drugi tjedan (2. varijanta), dovela je do povećanja površine korijena tretiranih biljaka salate za 30,5 % i 31,6 %, dok je tretman biljaka proveden jednom (1. varijanta), doveo do povećanja površine korijena test biljaka za 23,7 %, u odnosu na biljke iz kontrolne varijante.

Srednje vrijednosti površine korijena salate u testnim varijantama gdje je aplikacija provedena svaki drugi tjedan (varijanta 2.) i jednom tjedno (varijanta 3.), bile su značajno više u odnosu na srednje vrijednosti varijante s jednom aplikacijom (varijanta 1.) i kontrolne skupine, prema Tukey testu ($p < 0,05$). Srednje vrijednosti biljaka koje su tretirane samo jednom, statistički nisu bile značajne u usporedbi s kontrolom (Tukey test, $p < 0,05$).

Tablica 4.1. Učinak višekratne aplikacije suspenzije konidija *Beauveria bassiana* na rast korijena salate nakon 10 tjedana.

Varijante u pokusu	1. varijanta	2. varijanta	3. varijanta	4. varijanta (kontrola)
Broj aplikacija/5 tjedana	1/5 <i>B.b.</i> + biljka	3/5 <i>B.b.</i> + biljka	5/5 <i>B. b.</i> + biljka	dH ₂ O + biljka
Površina korijena \bar{x} (cm ₂) ± SD	30,4 ± 6,6 ab	33,9 ± 5,5 b	33,4 ± 4,6 b	23,2 ± 4,7 a
Površina korijena (%)	23,7	31,6	30,5	0

*različita slova označavaju statistički značajnu razliku između srednjih vrijednosti (\bar{x}) varijanti u pokusu (Tukey test, $p < 0,05$), SD – standardna devijacija.



Slika 4.1. Učinak višekratne aplikacije suspenzije konidija *Beauveria bassiana* na površinu korijena salate nakon 10 tjedana; a) kontrola, b) 1 aplikacija, c) 3 aplikacije, d) 5 aplikacija (foto: original).

4.1.2. Učinak aplikacije na rast rozete salate

Rezultati učinka višekratne aplikacije suspenzije konidija izolata *B. bassiana* na rast rozete tretiranih biljaka salate u 10. tjednu, usporedno s kontrolnom skupinom, prikazani su tablicom 4.2. i slikom 4.2.

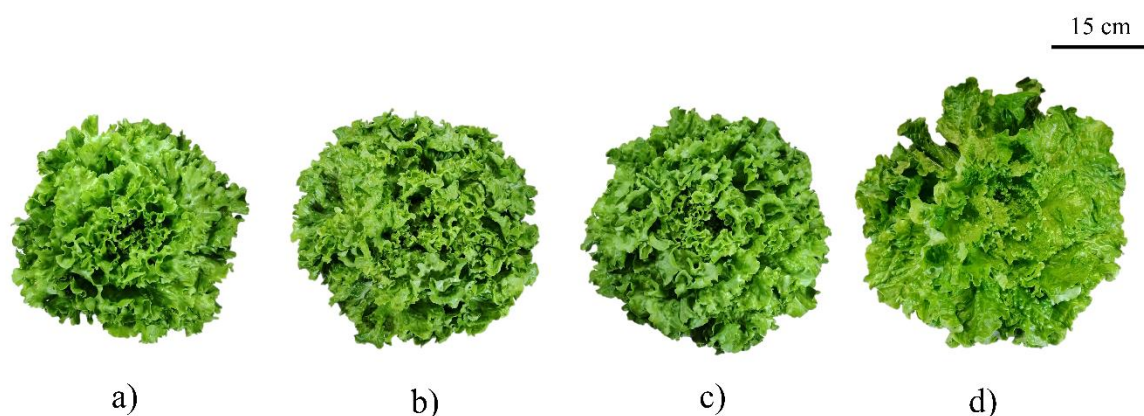
U svim testnim varijantama, zabilježena je veća površina rozete salate u odnosu na kontrolnu skupinu. Aplikacija suspenzije konidija provedena jednom tjedno kroz pet tjedana (1. varijanta), dovodi do povećanja rozete tretiranih biljaka salate za 5,5 %, dok aplikacija provedena svaki drugi tjedan (2. varijanta) i samo jednom (3. varijanta) za 12,6 % i 14,7 %, u usporedbi s kontrolom.

Srednje vrijednosti površine rozete salate u svim test varijantama (1., 2. i 3.) nisu značajno više u odnosu na srednje vrijednosti kontrolnih biljaka (Tukey testu, $p < 0,05$).

Tablica 4.2. Učinak višekratne aplikacije suspenzije konidija *Beauveria bassiana* na rast rozete salate nakon 10 tjedana.

Varijante u pokusu	1. varijanta	2. varijanta	3. varijanta	4. varijanta (kontrola)
Broj aplikacija/5 tjedana	1/5 <i>B. b.</i> + biljka	3/5 <i>B.b.</i> + biljka	5/5 <i>B. b.</i> + biljka	dH ₂ O + biljka
Površina rozete \bar{x} (cm ₂) ± SD	798,8 ± 92,3 a	863,2 ± 64,5 a	884,4 ± 94,7 a	754,8 ± 90,3 a
Površina rozete (%)	5,5	12,6	14,7	0

*različita slova označavaju statistički značajnu razliku između srednjih vrijednosti (\bar{x}) varijanti u pokusu (Tukey test, $p < 0,05$), SD – standardna devijacija.



Slika 4.2. Učinak višekratne aplikacije suspenzije konidija *Beauveria bassiana* na površinu rozete salate nakon 10 tjedana; a) kontrola, b) 1 aplikacija, c) 3 aplikacije, d) 4 aplikacije (foto: original).

4.1.3. Učinak aplikacije na biomasu salate

Tablicom 4.3. i slikom 4.3, prikazani su rezultati učinka višekratne aplikacije suspenzije konidija izolata *B. bassiana* na biomasu biljaka salate nakon 10 tjedana, usporedno s biljkama iz kontrolne skupine.

U svim testnim varijantama, zabilježena je veća masa biljaka salate u odnosu na kontrolnu skupinu. Aplikacija suspenzije konidija provedena jednom tjedno (3. varijanta) i dva puta tjedno (2. varijanta) unutar pet tjedana, dovela je do povećanja mase tretiranih biljaka salate za 20 %, a tretman proveden samo jednom unutar pet tjedana (1. varijanta), do povećanja biomase od 16,7 %, u odnosu na kontrolne biljke.

Srednje vrijednosti mase biljaka u svim testnim varijantama (1., 2. i 3.) su značajno više, u usporedbi sa srednjim vrijednostima kontrolne skupine prema Tukey testu ($p < 0,05$).

Tablica 4.3. Učinak višekratne aplikacije suspenzije konidija *Beauveria bassiana* na masu salate nakon 10 tjedana.

Varijante u pokusu	1. varijanta	2. varijanta	3. varijanta	4. varijanta (kontrola)
Broj aplikacija/5 tjedana	1/5 <i>B. b.</i> + biljka	3/5 <i>B.b.</i> + biljka	5/5 <i>B. b.</i> + biljka	dH ₂ O + biljka
masa biljke \bar{x} (kg) \pm SD	0,31 \pm 0,33 b	0,31 \pm 0,31 b	0,31 \pm 0,43 b	0,25 \pm 0,53a
masa biljke (%)	16,7	20	20	0

*različita slova označavaju statistički značajnu razliku između srednjih vrijednosti (\bar{x}) varijanti u pokusu (Tukey test, $p < 0,05$), SD – standardna devijacija.

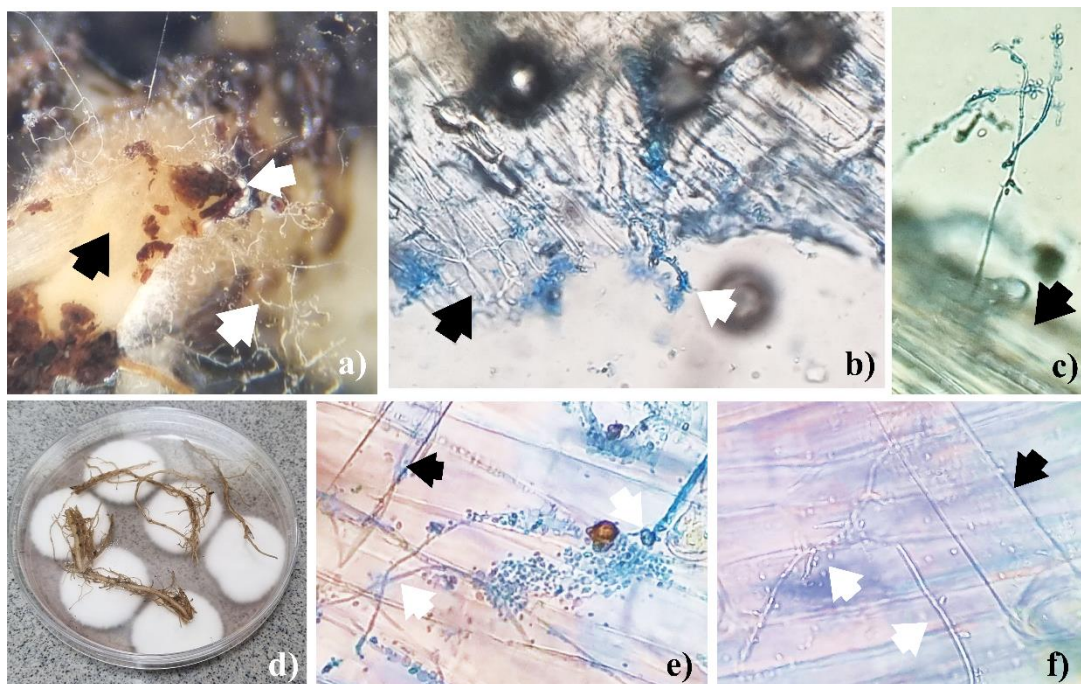
4.2. Rezultati re-izolacije i mikroskopske analize uzoraka korijena salate

Re-izolacijom uzoraka korijena tretiranih biljaka salate, nakon 10 tjedana od početka pokusa i 5 tjedana od posljednje aplikacije, potvrđena je kolonizacija mikrogljive *B. bassiana* na uzorcima korijena iz pokusnih varijanti 2. i 3 (Slika 4.3., Tablica 4.4.)

Re-izolacija mikrogljive nije potvrđena na uzorcima korijena salate iz varijante 1. Mikroskopskom analizom i temeljem morfoloških ključeva za determinaciju, potvrđeno je da micelij i ostale strukture pripadaju vrsti roda *Beauveria*.

Tablica 4.4. Prikaz re-izolacije mikrogljive *Beauveria bassiana* iz uzoraka korijena salate nakon 10 tjedana ovisno o učestalosti aplikacije.

Varijante u pokusu	1. varijanta	2. varijanta	3. varijanta	4. varijanta (kontrola)
Broj aplikacija/5 tjedana	1/5 <i>B. b.</i> + biljka	3/5 <i>B.b.</i> + biljka	5/5 <i>B. b.</i> + biljka	dH ₂ O + biljka
Broj uzoraka (korijen + <i>B.b.</i>)/8 biljaka	0	3	5	0
Kolonizirane biljke (%)	0	37,5	62,5	0



Slika 4.3. Potvrda kolonizacije i prisustva *B. bassiana* u korijenu tretiranih biljaka salate (crne strelice – korijen, bijele strelice – *B. bassiana*): a) micelij na korijenu salate (stereomikroskopija); b, c) konidiofor na presjeku korijena (mikroskopija); d) re-izolacija nakon 5 tjedana; e, f) spore i konidiofori na tkivu korijena i korjenovih dlačica (mikroskopija) (foto: original).

5. Rasprava

Kako je prikazano u rezultatima istraživanja, svi testni tretmani biljaka suspenzijom konidija *B. bassiana* doveli su do povećanja površine korijena, rozete i ukupne biomase tretiranih biljaka, u odnosu na biljke iz kontrolne varijante.

Povećanje površine korijena tretiranih biljaka je značajno više u varijanti s aplikacijom provođenom svaki drugi tjedan (za 31,6 %) i jednom tjedno (za 30,5 %), dok u varijanti s jednom aplikacijom, to povećanje nije značajno više u odnosu na kontrolu (Tablica 4.1.). Što se tiče učinka aplikacije na rast rozete salate, istraživanje pokazuje da je u testnim varijantama zabilježena veća površina rozete salate, međutim povećanje nije statistički značajno u usporedbi s kontrolnom varijantom (Tablica 4.2.). Rezultati učinka aplikacije na biomasu salate pokazuju da je zabilježena značajno veća masa biljke (za 16,7 % - 20 %) u odnosu na kontrolnu skupinu (Tablica 4.3.). Re-izolacijom uzoraka korijena tretirane salate nakon 10 tjedana, potvrđena je kolonizacija tretiranih biljaka salate s mikrogljivom *B. bassiana* u varijantama koje uključuju aplikaciju suspenzije spora više od jednom. Mikrogljiva *B. bassiana* nije nađena u korijenu salate desetog tjedna od posljednje aplikacije, dok je u petom tjednu prisutna.

Rezultati ovog istraživanja u skladu su s onima drugih istraživača. U radu autora Liu i sur. (2022.) procijenjeni su kolonizacija i učinci entomopatogenih mikrogljiva *B. bassiana* i *Metarhizium anisopliae* na poticanje rasta sadnica kukuruza. Sadnice kukuruza tretirane su suspenzijom navedenih mikrogljiva, a visina biljaka, duljina korijena i masa biljaka praćeni su u razdoblju od 35 dana. U navedenom istraživanju, potvrđeno je da *B. bassiana*, jednako kao i *M. anisopliae*, ima sposobnost kolonizacije tkiva kukuruza. Ove mikrogljive su značajno pospješile i rast presadnica kukuruza (Liu i sur., 2022).

Rezultati istraživanja Tall i Meyling (2018.) dokazuju da je sjeme kukuruza tretirano sporama *B. bassiana* rezultiralo biljkama s dužim korijenom i većom nadzemnom masom. U istraživanju Canassa i sur. (2019), inokulacija sjemena graha konidijskom suspenzijom *B. bassiana* dovela je do stimulacije rasta biljaka u usporedbi s kontrolom. Tretmanom se poboljšala ne samo dužina biljaka, već i broj listova te svjež i suha masa korijena. Premda su ovo rezultati istraživanja utjecaja tretmana sjemena biljaka (kukuruza i graha), primjena *B. bassiana* je dovela do stimulacije podzemnog i nadzemnog dijela biljaka, što je u skladu s ovim istraživanjem.

S druge strane, istraživanje Dara (2016) donosi oprečne rezultate. U istraživanju utjecaja primjene mikrogljive *B. bassiana* u uzgoju jagoda, prosječna masa biljaka tretiranih s *B. bassiana*, iznosila je 28,8 g, sa razlikom od 0,1 g u odnosu na prosječnu masu kontrolnih biljaka. Kako ističe Dara (2016), vrsta *B. bassiana* nije imala značajan utjecaj na prinos niti na rast biljke jagode. Autor navodi da je ovo prvo istraživanje koje je istraživalo utjecaj gljive *B. bassiana* na jagode pa sugerira da bi se trebalo provesti više istraživanja (Dara, 2016). Obzirom da u radu nisu navedeni podaci o ponovnoj re-izolaciji gljive iz uzoraka jagoda, ne može se potvrditi da je kolonizacija nakon primjene *B. bassiana* bila uspješna.

Rajab i sur. (2020.) bavili su se istraživanjem utjecaja *B. bassiana* u nasadu krastavca. Istraživanje je obuhvatilo pet različitih metoda inokulacije, a *B. bassiana* bila je prisutna unutar

tkiva biljke krastavca do 90 dana od inokulacije. Rezultati su pokazali sposobnost mikrogljive *B. bassiana* da kolonizira biljku i da se održava u njenim različitim dijelovima u uvjetima *in vitro* (Rajab i sur., 2020). Tretmani sjemena i korijena olakšali su kolonizaciju biljke kupusa, ali endofitska kolonizacija varirala je u vremenskom razdoblju uzorkovanja. Kolonizacija je bila veća u listovima i stabljikama nego u korijenu te nije imala utjecaj na rast biljke kupusa (Heviefo i sur., 2017).

Različiti rezultati utjecaja *B. bassiana* na različite biljke je posljedica razlike u izolatima i njihove sposobnosti da koloniziraju domaćinsku biljku te da se održe unutar iste. Različiti faktori mogu utjecati na uspješnost endofitske kolonizacije *B. bassiana*, uključujući metodu inokulacije, odabir izolata gljive i vrstu biljke domaćina, kako ističu Vidal i Jaber (2015).

6. Zaključak

Temeljem rezultata, izvedeni su sljedeći zaključci:

- 1) Višekratna aplikacija suspenzije konidija izolata *B. bassiana* značajno povećava rast korijena i biomase salate, dok povećanje površine rozete nije značajno, u uvjetima *in vivo*, zbog čega se prva hipoteza djelomično prihvaća.
- 2) Izolat vrste *B. bassiana*, primijenjen kao suspenzija spora u zonu korijena, kolonizira salatu, a u biljci se zadržava do 5 tjedana od posljednje aplikacije temeljem mikroskopske analize i re-izolacije mikrogljive iz korijena tretiranih biljaka. Budući da *B. bassiana* nije prisutna u salati u 10. tjedanu pokusa od prve aplikacije, druga hipoteza se ne prihvaća.

Temeljem navedenih rezultata, možemo zaključiti da je izolat BB-19 entomopatogene/endofitne mikrogljive vrste *B. bassiana* pokazao "mikorizi sličnu interakciju" s tretiranim biljkama salate potičući rast i razvoj salate u vidu značajnog povećanja biomase i površine korijena salate u uvjetima plastenika.

Potvrđena biološka aktivnost ove multifunkcionalne mikrogljive mogla bi dovesti do povećanja njene primjene u biljnoj proizvodnji, no potrebna su dodatna istraživanja u uvjetima *in vivo*.

7. Popis literature

1. Abdel-Fattah G.M., Asrar A.W.A. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungal application to improve growth and tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in saline soil. *Acta Physiol. Plant* 34, 267–277. <https://doi.org/10.1007/s11738-011-0825-6> (pristupljeno 2. veljače 2024.)
2. Abdel-Kareem M.M., Zohri A.N.A., Nasr S.A.E.E. (2021). Novel marine yeast strains as plant growth-promoting agents improve defense in wheat (*Triticum aestivum*) against *Fusarium oxysporum*. *J. Plant Dis. Prot.* 128, 973–988. <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00461-y> (pristupljeno 29. siječnja 2024.)
3. Afandhi A., Widjayanti T., Emi A.A.L., Tarno H., Afiyanti M., Handoko R.N.S. (2019). Endophytic fungi *Beauveria bassiana* Balsamo accelerates growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Chem. Biol. Technol. Agric.* 6, 11. <https://doi.org/10.1186/s40538-019-0148-1> (pristupljeno 1. veljače 2024.)
4. Espinoza F., Vidal S., Rautenbach F., Lewu F., Nchu F. (2019). Effects of *Beauveria bassiana* (Hypocreales) on plant growth and secondary metabolites of extracts of hydroponically cultivated chive (*Allium schoenoprasum* L. Amaryllidaceae). *Heliyon* 5(12), e03038. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03038> (pristupljeno 1. veljače 2024.)
5. Andrade-Linares D. R., Franken P. (2013). Fungal endophytes in plant roots: taxonomy, colonization patterns, and functions. U: Aroca, R. *Symbiotic Endophytes. Soil Biology* 37, 311–334. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39317-4_16 (pristupljeno 12. veljače 2024.)
6. Araya T., Noguchi K., Terashima I. (2009). Effect of nitrogen nutrition on the carbohydrate repression of photosynthesis in leaves of *Phaseolus vulgaris* L. *J. Plant Res.* 123(3), 371–379. <https://doi.org/10.1007/s10265-009-0279-8> (pristupljeno 11. ožujka 2024.)
7. Atkins S.D., Clark I.M. (2004). Fungal molecular diagnostics: a mini review. *J Appl Genet* 45(1), 3-15. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14960763/> (pristupljeno: 3. ožujka 2024.)
8. Atsatt P. R., Whiteside M. D. (2014). Novel symbiotic protoplasts formed by endophytic fungi explain their hidden existence, lifestyle switching, and diversity within the plant kingdom. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095266> (pristupljeno 10. ožujka 2024.)
9. Avio L., Turrini A., Giovannetti M., Sbrana C. (2018). Designing the Ideotype Mycorrhizal Symbionts for the Production of Healthy Food Front. *Plant Sci.* 9(1089), 1-19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01089> (pristupljeno 11. ožujka 2024.)
10. Aziz T., Maqsood M.A., Kanwal S., Hussain S., Ahmad H.R., Sabir M. (2015). Fertilizers and environment: Issues and challenges. U: *Crop Production and Global Environmental Issues*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 575–598. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23162-4_21 (pristupljeno 1. veljače 2024.)
11. Bacon C. W., White J. F. (2016). Functions, mechanisms and regulation of endophytic and epiphytic microbial communities of plants. *Symbiosis* 68(1-3), 87–98. <https://doi.org/10.1007/s13199-015-0350-2> (pristupljeno 1. veljače 2024.)

12. Bacon C.W. (1993). Abiotic stress tolerances (moisture, nutrients) and photosynthesis in endophyte-infected tall fescue. *Agric. Ecosyst. Environ.* 44(1–4), 123–141. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(93\)90042-N](https://doi.org/10.1016/0167-8809(93)90042-N) (pristupljeno 1. veljače 2024.)
13. Bamisile B.S., Akutse K.S., Siddiqui J.A., Xu Y. (2021). Model application of entomopathogenic fungi as alternatives to chemical pesticides: Prospects, challenges, and insights for next-generation sustainable agriculture. *Front. Plant Sci.* 12, 741–804. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.741804> (pristupljeno 12. veljače 2024.)
14. Barra-Bucarei L., France-Iglesias A., Gerding-González M., Silva-Aguayo G., CarrascoFernández J., Castro J.F., Ortiz Campos J. (2020). Antifungal activity of *Beauveria bassiana* endophyte against *Botrytis cinerea* in two Solanaceae crops. *Microorganisms* 8(1), 65. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010065> (pristupljeno 11. ožujka 2024.)
15. Barelli L., Moonjely S., Behie W. S., Bidochka M. J. (2016). Fungi with multifunctional lifestyles: endophytic insect pathogenic fungi. *Plant Mol. Biol.* 90(6), 657–664. <https://doi.org/10.1007/s11103-015-0413-z> (pristupljeno 3. veljače 2024.)
16. Bascom-Slack C.A., Arnold A.E, Strobel S.A. (2012). Student-directed discovery of the plant microbiome and its products. *Science* 338(6106), 485–486. <https://doi.org/10.1126/science.1215227> (pristupljeno 4. veljače 2024.)
17. Bayissa W., Ekesi S., Mohamed S.A., Kaaya G.P., Wagacha J.M., Hanna R., Maniania N.K. (2017). Selection of fungal isolates for virulence against three aphid pest species of crucifers and okra. *Anz. Schädlingskunde Pflanz. Umweltschutz* 90(1), 355–368. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0781-4> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
18. Behie S.W., Zelisko P.M., Bidochka M.J. (2012). Endophytic insect-parasitic fungi translocate nitrogen directly from insects to plants. *Science* 336(6088), 1576–1577. <https://doi.org/10.1126/science.1222289> (pristupljeno 2. veljače 2024.)
19. Bing L. A., Lewis L. C. (1991). Suppression of *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) by endophytic *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Environ. Entomol.* 20(4), 1207–1211. <https://doi.org/10.1093/ee/20.4.1207> (pristupljeno 2. veljače 2024.)
20. Brundrett M. C. (2002). Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytol.* 154(2), 275– 304. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00397.x> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
21. Brundrett M. C. (2006). Understanding the Roles of Multifunctional Mycorrhizal and Endophytic Fungi. U: *Microbial Root Endophytes*. Berlin, Heidelberg, 281–298. https://doi.org/10.1007/3-540-33526-9_16 (pristupljeno 20. siječnja 2024.)
22. Bugarčić S. (2015). Tlo i mikorizne gljive. <http://www.zdravasrbija.com/lat/Zemlja/Povrtarstvo/2041-Tlo-imikorizne-gljive.php> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
23. Bonfante, P., Genre, A. (2010). Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nat Commun* 1, 48 <https://doi.org/10.1038/ncomms1046>
24. Canassa F., Tall S., Moral R.A., de Lara I.A.R., Delalibera I., Jr., Meyling N.V. (2019). Effects of bean seed treatment by the entomopathogenic fungi *Metarhizium robertsii* and *Beauveria bassiana* on plant growth, spider mite populations and behavior of

- predatory mite. *Biol. Control* 132(10), 199–208. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.02.003> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
25. Card S., Johnson L., Teasdale S., Caradus, J. (2016). Deciphering endophyte behaviour: The link between endophyte biology and efficacious biological control agents. *FEMS Microbiol. Ecol.* 92(8), 114. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw114> (pristupljeno 29. siječnja 2024.)
 26. Carroll G. (1988). Fungal endophytes in stems and leaves: From latent pathogen to mutualistic symbiont. *Ecology* 69(1), 2–9. <https://doi.org/10.2307/1943154> (pristupljeno 15. siječnja 2024.)
 27. Chan K., Shah S., Sharma J., Paudel M.R., Pant B. (2020). Isolation, characterization, and plant growth-promoting activities of endophytic fungi from a wild orchid *Vanda cristata*. *Plant Signal. Behav.* 15(5), 1744294. <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1744294> (pristupljeno 19. siječnja 2024.)
 28. Charron G., Furlan V., Bernier-Cardou M., et.al. (2001). Response of onion plants to arbuscular mycorrhizae. *Mycorrhiza* 11, 187–197. <https://doi.org/10.1007/s005720100121> (pristupljeno 7. veljače 2024.)
 29. Chunjuan D., Lingling W., Qian L., Shang Q. (2021). Epiphytic and endophytic fungal communities of tomato plants. *Hortic. Plant J.* 7(1), 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2020.09.002> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
 30. Čolić S. (2013). Nevjerojatno otkriće – biljni svijet komunicira preko vlastite podzemne mreže. <http://alternativa-za-vas.com/index.php/clanak/article/mikoriza> (pristupljeno 7. veljače 2024.)
 31. Dara S. K. (2013). Entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* promotes strawberry plant growth and health. *UCANR eJournal Strawberries and Vegetables*, <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=11624> (pristupljeno 1. ožujka 2024.)
 32. Dara S. K. (2016). IPM solutions of insect pests in California strawberries: efficacy of botanical, chemical, mechanical, and microbial options. *CAPCA Adviser* 19(2), 40-46.
 33. Dara S. K., Dara S. R. (2015). Entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* endophytically colonizes strawberry plants. *UCANR eJournal Strawberries and Vegetables*, <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=16811> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
 34. Dara S. K., Dara S.S.R., Dara S. S. (2016). First report of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea*, and *Metarhizium brunneum* promoting the growth and health of cabbage plants growing under water stress. *UCANR eJournal Strawberries and Vegetables*, <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=22131> (pristupljeno 11. ožujka 2024.)
 35. Dara S.K., Dara S.S.R., Dara S.S. (2017). Impact of Entomopathogenic Fungi on the Growth, Development, and Health of Cabbage Growing under Water Stress. *American Journal of Plant Sciences* 8(6), 1224-1233. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.86081> (pristupljeno 18. ožujka 2024.)

36. Dara S.K. (2019). Non-entomopathogenic roles of entomopathogenic fungi in promoting plant health and growth. *Insects* 10(9), 277. <https://doi.org/10.3390/insects10090277> (pristupljeno 11. ožujka 2024.)
37. Dara S. (2016). First field Study evaluating the impact of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on strawberry plant growth and yield, <https://ucanr.edu/blogs/strawberries-vegetables/index.cfm?start=79> (pristupljeno 4. svibnja 2024.)
38. Dash C.K., Bamisile B.S., Keppanan R., Qasim M., Lin Y., Islam S.U., Hussain M., Wang L. (2018). Endophytic entomopathogenic fungi enhance the growth of *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) and negatively affect the development and reproduction of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Microb. Pathog.* 125, 385–392. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.09.044> (pristupljeno 12. ožujka 2024.)
39. Deckert R. J., Melville L. H., Peterson R. L. (2001). Structural features of a *Lophodermium* endophyte during the cryptic life-cycle phase in the foliage of *Pinus strobus*. *Mycol. Res.* 105(8), 991–997. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(08\)61957-7](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(08)61957-7) (pristupljeno 2. travnja 2024.)
40. Državni zavod za statistiku (2024). Proizvodnja povrća, voća i grožđa u 2023. – privremeni podaci. <https://podaci.dzs.hr/2023/hr/58459> (pristupljeno 11. svibnja 2024.)
41. EFSA (2020). Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Beauveria bassiana* strain 203. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6295> (pristupljeno 6. travnja 2024.)
42. Eyles A., Bonello P., Ganley R. (2010). Induced resistance to pests and pathogens in trees. *New Phytol. Rev.* 185(4), 893–908. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03127.x> (pristupljeno 2. travnja 2024.)
43. Fang W., Feng J., Fan Y., Zhang Y., Bidochka M.J., Leger R.J.S., Pei Y. (2009). Expressing a fusion protein with protease and chitinase activities increases the virulence of the insect pathogen *Beauveria bassiana*. *J. Invertebr. Pathol.* 102(2), 155–159. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.07.013> (pristupljeno 2. travnja 2024.)
44. FAO (2018). The Future of Food and Agriculture—Alternative Pathways to 2050. Rome, <https://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf> (pristupljeno 12. ožujka 2024.)
45. Feng M. G., Poprawski T.J., Khachatourians, G.G. (1994). Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status. *Biocon. Sci. Tech.* 4, 3-34. <https://doi.org/10.1080/09583159409355309> (pristupljeno 10. ožujka 2024.)
46. Feng P., Shang Y., Cen K., Wang C. (2015). Fungal biosynthesis of the bibenzoquinone oosporein to evade insect immunity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 112(36), 11365–11370. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503200112> (pristupljeno 9. siječnja 2024.)
47. Fitosanitarni informacijski sustav FIS (2024). Velifer. <https://fis.mps.hr/fis/javna-trazilica-szb/pregled/1430> (pristupljeno 19. siječnja 2024.)
48. Gautam S., Mohankumar S., Kennedy J.S. (2016). Induced host plant resistance in cauliflower by *Beauveria bassiana* induced host plant resistance in cauliflower by *Beauveria bassiana*. *J. Entomol. Zool. Stud.* 476(42), 476–482.

- https://www.researchgate.net/publication/301486302_Induced_host_plant_resistance_in_cauliflower_by_Beauveria_bassiana (pristupljeno 10. ožujka 2024.)
49. Gautam, A. K., & Avasthi, S. (2019). Fungal endophytes: potential biocontrol agents in agriculture. Role of Plant Growth Promoting Microorganisms in Sustainable Agriculture and Nanotechnology, 241–283. doi:10.1016/b978-0-12-817004-5.00014-2 (pristupljeno, 12.travnja 2024.)
 50. Goettel M.S., Eilenberg J., Glare T.R. (2005). Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations. U: Gilbert, L.I., Iatrou, K., Gill, S. (eds) Comprehensive Molecular Insect Science. Elsevier, Amsterdam
 51. González-Guzmán A., Sacristán D., Quesada-Moraga E., Carmen M., Sánchez-Rodríguez A.R. (2020). Effects of entomopathogenic fungi on growth and nutrition in wheat grown on two calcareous soils: Influence of the fungus application method. Ann. Appl. Biol. 177(1), 26–40. <https://doi.org/10.1111/aab.12596> (pristupljeno 1. ožujka 2024.)
 52. González-Mas N., Gutiérrez-Sánchez F., Sánchez-Ortiz A., Grandi L., Turlings T.C.J. (2021). Endophytic colonization by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* affects plant volatile emissions in the presence or absence of chewing and sap-sucking insects. Front. Plant Sci. 12, 660460. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.660460> (pristupljeno 9. veljače 2024.)
 53. Gebremariam, A., Chekol, Y., & Assefa, F. (2021). Phenotypic, molecular, and virulence characterization of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (Balsam) Vuillemin, and *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin from soil samples of Ethiopia for the development of mycoinsecticide. Heliyon, 7(5), e07091. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07091> (pristupljeno, 03.travnja 2024.)
 54. Hamouda M.M., Saad-Allah K.M., Gad, D. (2022). Potential of seaweed extract on growth, physiological, cytological and biochemical parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. J. Soil Sci. Plant Nutr. 22, 1818–1831. <https://doi.org/10.1007/s42729-022-00774-3> (pristupljeno 19. siječnja 2024.)
 55. Hardoim P. R., van Overbeek L. S., Berg G., Pirttilä A. M., Compant S., Campisano A., et al. (2015). The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 79(3), 293–320. <https://doi.org/10.1128/mmlr.00050-14> (pristupljeno 14. ožujka 2024.)
 56. Hartley S.E., Gange A.C. (2009). Impacts of plant symbiotic fungi on insect herbivores: Mutualism in a multitrophic context. Ann. Rev. Entomol. 54(1), 323–342. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.54.110807.090614> (pristupljeno 17. ožujka 2024.)
 57. Heviefo A.G., Nyamador S.W., Glitho I.A., Tamo M. (2017). Establishment of the Fungal Entomopathogen *Beauveria bassiana* as Endophyte in Cabbage Plant for Disease And Lepidopteran Larvae Pest Control. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, Numéro Spécial Développement Agricole Durable (DAD)-Décembre 2017, 1–12. https://www.researchgate.net/publication/323734527_Establishment_of_the_fungal_entomopathogen_Beauveria_bassiana_as_endophyte_in_cabbage_plant_Brassica_oleracea_for_disease_and_lepidopteran_larvae_pest_control (pristupljeno: 5. svibnja 2024.)
 58. Hiruma K., Kobae Y., Toju H. (2018). Beneficial associations between Brassicaceae plants and fungal endophytes under nutrient-limiting conditions: evolutionary origins and

- host – symbiont. *Curr Opin Plant Biol.* 44, 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2018.04.009> (pristupljeno 1. veljače 2024.)
59. Holder D.J., Keyhani N.O. (2005). Adhesion of the entomopathogenic fungus *Beauveria* (Cordyceps) *bassiana* to substrata. *Applied and environmental microbiology*, 71(9), 5260–5266. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.9.5260-5266.2005> (pristupljeno 3. veljače 2024.)
 60. Hu S., Bidochka M.J. (2021). Root colonization by endophytic insect-pathogenic fungi. *J. Appl. Microbiol.* 130(2), 570–581. <https://doi.org/10.1111/jam.14503> (pristupljeno 27. veljače 2024.)
 61. Hu, S., & Bidochka, M. J. (2019). Root colonization by endophytic insect pathogenic fungi. *Journal of Applied Microbiology*. doi:10.1111/jam.14503 (pristupljeno, 27. veljače 2024.)
 62. Ibrahim M., Oyebanji E., Fowora M., Aiyeolemi A., Orabuchi C., Akinnawo B., Adekunle A.A. (2021). Extracts of endophytic fungi from leaves of selected Nigerian ethnomedicinal plants exhibited antioxidant activity. *BMC Complement. Med. Ther.* 21, 98. <https://doi.org/10.1186/s12906-021-03269-3> (pristupljeno 17. ožujka 2024.)
 63. IndexFungorum (2024). www.indexfungorum.org (pristupljeno. 20. travnja 2024.)
 64. Jaber L.R., Ownley B.H. (2018). Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens *Biol. Control.* 116, 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.018> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
 65. Jansa J., Rezacova V., Smilauer P., et.al. (2016). Root colonization of bait plants by indigenous arbuscular mycorrhizal fungal communities is not a suitable indicator of agricultural land-use legacy. *Agric Ecosyst Environ* 231, 310–319. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.013> (pristupljeno 15. ožujka 2024.)
 66. Kaiser W.M., Epstein E., Bloom A. (2004). *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*, 2nd ed.; Sinauer Associates, Inc. Publishers: Sunderland, MA, USA.
 67. Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W., Stalpers J.A. (2008). *Dictionary of the Fungi*, 10th ed. CABI Publisher, Wallingford
 68. Koch E., Zink P., Ullrich C. I., Kleespies R. G. (2018). Light microscopic studies on the development of *Beauveria bassiana* and other putative endophytes in leaf tissues. *J. Kulturpflanzen* 70(3), 95–107. <https://doi.org/10.5073/JKI.2018.03.02> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
 69. Kovač M. (2021). Entomopatogene gljive roda *Beauveria* u Hrvatskoj i mogućnosti njihove uporabe u biološkoj kontroli šumskih štetnika. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb
 70. Kramski D.J., Nowinski D., Kowalczyk K., Kruszyński P., Radzimska J., Greb-Markiewicz B. (2023). *Beauveria bassiana* Water Extracts' Effect on the Growth of Wheat. *Plants* 12, 326. <https://doi.org/10.3390/plants12020326> (pristupljeno 18. veljače 2024.)
 71. Lacković N., Pernek M. (2012). Mogućnost primjene entomopatogene gljive *Beauveria bassiana* za suzbijanje jasenove pipe (*Stereonychus fraxini*). *Radovi (Hrvat. šumar. inst.)* 44(2), 101-111. <https://hrcak.srce.hr/93258> (pristupljeno 1. veljače 2024.)

72. Lešić R., Borović J., Buturac I., Ćustić M., Poljak M., Romić D. (2002). Povrćarstvo. Čakovec: Zrinski d.d.
73. Liao, X.; O'Brien, T.R.; Fang, W.; Leger, R.J.S. The plant beneficial effects of *Metarhizium* species correlate with their association with roots. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2014, 98, 7089–7096. (pristupljeno, 13. veljače 2024.)
74. Liu H., Carvalhais L.C., Crawford M., Singh E., Dennis P.G., Pieterse C.M.J. (2017). Inner plant values: Diversity, colonization and benefits from endophytic bacteria. *Front. Microbiol.* 8, 2552. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02552> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
75. Liu W., Mu W., Zhu B., Du Y., Liu F. (2008). Antagonistic activities of volatiles from four strains of *Bacillus* spp. and *Paenibacillus* spp. against soil-borne plant pathogens. *Agric. Sci. China* 7(9), 1104–1114. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(08\)60153-4](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60153-4) (pristupljeno 17. veljače 2024.)
76. Liu Y., Yang Y., (2022). Wang, B. Entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* play roles of maize (*Zea mays*) growth promoter. *Sci Rep* 12, 15706. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19899-7> (pristupljeno 7. svibnja 2024.)
77. Lopez D. C., Sword, G. A. (2015). The endophytic fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Purpureocillium lilacinum* enhance the growth of cultivated cotton (*Gossypium hirsutum*) and negatively affect survival of the cotton bollworm (*Helicoverpa zea*). *Biol. Control* 89, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.03.010> (pristupljeno 9. siječnja 2024.)
78. Lovato P.E., Guillemain J.P., Gianinazzi S. (1992). Application of commercial arbuscular endomycorrhizal fungal inoculants to the establishment of micropropagated grapevine rootstock and pineapple plants. *Agronomie* 12(10), 873-881. <https://hal.science/hal-00885445> (pristupljeno 7. veljače 2024.)
79. Macuphe N., Oguntibeju O.O., Nchu F. (2021). Evaluating the Endophytic Activities of *Beauveria bassiana* on the Physiology, Growth, and Antioxidant Activities of Extracts of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Plants* 10, 1178. <https://doi.org/10.3390/plants10061178> (pristupljeno 7. svibnja 2024.)
80. Mantzoukas S., Lagogiannis I., Mpousia D., Ntoukas A., Karmakolia K., Eliopoulos P.A., Poulas K. (2021). *Beauveria bassiana* endophytic strain as plant growth promoter: The case of the grape vine *Vitis vinifera*. *J. Fungi* 7(2), 142. <https://doi.org/10.3390/jof7020142> (pristupljeno 13. veljače 2024.)
81. Mantzoukas S, Eliopoulos PA. Endophytic Entomopathogenic Fungi: A Valuable Biological Control Tool against Plant Pests. *Applied Sciences.* 2020; 10(1):360. <https://doi.org/10.3390/app10010360> (pristupljeno, 13. veljače 2024.)
82. Marks S., Clay K., Cheplick G.P. (1991). Effects of fungal endophytes on interspecific and intraspecific competition in the grasses *Festuca arundinacea* and *Lolium perenne*. *J. Appl. Ecol.* 28(1), 194–204. <https://doi.org/10.2307/2404125> (pristupljeno 2. travnja 2024.)
83. Marschner P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic, London
84. Martinko K., Ivanković S., Lazarević B., Đermić E., Đermić D. (2022). Control of Early Blight Fungus (*Alternaria alternata*) in Tomato by Boric and Phenylboronic Acid.

- Antibiotics 11, 320. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11030320> (pristupljeno: 26. travnja 2024.)
85. Martinko, K. (2024). Uloga endofita u zaštiti bilja // Glasilo biljne zaštite, XXIV (2024), 3; 417-427. <https://hrcak.srce.hr/file/457662> (pristupljeno: 05. lipnja 2024.)
 86. Mascarin G. M., Jaronski S. T. (2016). The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 32(11), 177. <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2131-3> (pristupljeno 3. travnja 2024.)
 87. Matotan Z. (2004). Suvremena proizvodnja povrća. Zagreb: Globus
 88. McKinnon A. C., Glare T. R., Ridgway H. J., Mendoza-Mendoza A., Holyoake A., Godsoe W. K., Bufford J. L. (2018). Detection of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* in the Rhizosphere of Wound-Stressed Zea mays Plants. Frontiers in Microbiology 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01161> (pristupljeno 2. travnja 2024.)
 89. McKinnon A. C., Saari S., Moran-Diez M. E., Meyling N. V., Raad M., Glare T. R. (2017). *Beauveria bassiana* as an endophyte: a critical review on associated methodology and biocontrol potential. BioControl 62(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9769-5> (pristupljeno 11. travnja 2024.)
 90. Miransari M. (2013). Soil microbes and the availability of soil nutrients. Acta Physiol. Plant. 35, 3075–3084. <https://doi.org/10.1007/s11738-013-1338-2> (pristupljeno 2. travnja 2024.)
 91. Mohammed A.E., Sonbol H., Alwakeel S.S., Alotaibi M.O., Alotaibi S., Alothman N., Suliman R.S., Ahmedah H.T., Ali R. (2021). Investigation of biological activity of soil fungal extracts and LC/MS-QTOF based metabolite profiling. Sci. Rep. 11(1), 4760. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83556-8> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
 92. Moloinyane S., Nchu F. (2019). The effects of endophytic *Beauveria bassiana* inoculation on infestation level of Planococcus ficus, growth and volatile constituents of potted greenhouse grapevine (*Vitis vinifera* L.). Toxins 11(2), 72. <https://doi.org/10.3390/toxins11020072> (pristupljeno 15. ožujka 2024.)
 93. Moore, D., Robson, G.D., Trinci, A.P.J., 2011. 21st Century Guidebook to Fungi. Cambridge University Press, Cambridge. (pristupljeno, 10. travnja 2024.)
 94. Muvea A.M., Meyhöfer R., Subramanian S., Poehling H.-M., Ekesi S., Maniania N.K. (2014). Colonization of onions by endophytic fungi and their impacts on the biology of Thrips tabaci. PLoS ONE 9(9), e108242. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108242> (pristupljeno 5. ožujka 2024.)
 95. Nishi O., Sushida H., Higashi Y., Iida Y. (2021). Epiphytic and endophytic colonisation of tomato plants by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* strain GHA. Mycology 12(1), 39–47. <https://doi.org/10.1080/21501203.2019.1707723> (pristupljeno 2. svibnja 2024.)
 96. Odoh C.K., Eze C.N., Obi C.J., Anyah F., Egbe K., Unah U.V., Akpi U.K. Adobu U.S. (2020). Fungal biofertilizers for sustainable agricultural productivity. U: *Agriculturally Important Fungi for Sustainable Agriculture*. Berlin/Heidelberg, Springer, 199–225. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45971-0_9 (pristupljeno 27. travnja 2024.)

97. Olsson P.A., Thingstrup I., Jakobsen I. et.al. (1999). Estimation of the biomass of arbuscular mycorrhizal fungi in a linseed field. *Soil Biol Biochem* 31(13), 1879–1887. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00119-4](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00119-4) (pristupljeno 27. travnja 2024.)
98. Omomowo O.I., Babalola O.O. (2019). Bacterial and Fungal Endophytes: Tiny Giants with Immense Beneficial Potential for Plant Growth and Sustainable Agricultural Productivity. *Microorganisms* 7(11), 481. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7110481> (pristupljeno 17. travnja 2024.)
99. Ortaş I., Rafique M., Ahmed İ.A.M. (2017). Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi into Agriculture. U: Wu Q.S. (eds) *Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4115-0_13 (pristupljeno 15. ožujka 2024.)
100. Ortiz-Urquiza A., Keyhani N.O. (2013). Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. *Insects* 4(3), 357–374. <https://doi.org/10.3390/insects4030357> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
101. Ownley B.H., Griffin M.R., Klingeman W.E., Gwinn K.D., Moulton J.K., Pereira R.M. (2008). *Beauveria bassiana*: Endophytic colonization and plant disease control. *J. Invertebr. Pathol.* 98(3), 267–270. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2008.01.010> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
102. Ownley B.H., Gwinn K.D., Vega F.E. (2010). Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: Ecology and evolution. *Bio Control* 55, 113–128. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3966-8_9 (pristupljeno 5. ožujka 2024.)
103. Pan W.Y., Zheng H. (1988). Report on application of *Beauveria bassiana* against *Dendrolimus tabulaeformis* in arid forest region. U: Li Y.W., Wu J.W., Wu Z.K., Xu Q.F. (eds) *Study and Application of Entomogenous Fungi in China, Vol 1*. Academic Periodical Press, Beijing, China
104. Parađiković N. (2009). *Opće i specijalno povrćarstvo*. Osijek: Poljoprivredni fakultet Osijek
105. Parniske M. (2004). Molecular genetics of arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Plant Biology* 7(4), 414-421. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2004.05.011> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
106. Parniske M. (2008) Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nat Rev. Microbiol* 6, 763–775. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1987> (pristupljeno 1. veljače 2024.)
107. Pérez L.I., Gundel P.E., Chersa C.M., Omacini M. (2013). Family issues: Fungal endophyte protects host grass from the closely related pathogen *Claviceps purpurea*. *Fungal Ecol.* 6(5), 379–386. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2013.06.006> (pristupljeno 5. ožujka 2024.)
108. Posada F., Vega. F.E. (2005). Establishment of the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (*Ascomycota: Hypocreales*) as an endophyte in cocoa seedlings (*Theobroma cacao*). *Mycologia* 97(6), 1195-1200. <https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832729> (pristupljeno 17. veljače 2024.)

109. Prasad K. (2017). Biology, Diversity and Promising Role of Mycorrhizal Endophytes for Green Technology. In: Maheshwari, D. (eds) Endophytes: Biology and Biotechnology. Sustainable Development and Biodiversity, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66541-2_11 (pristupljeno 4. ožujka 2024.)
110. Radić, T. (2013). Budućnost je u mikorizi, skrivenom životu masline. <http://maslina.slobodnadalmacija.hr/novosti/ID/6715/Buducnost-je-umikorizi-skrivenom-zivotu-masline> (pristupljeno 15. siječnja 2024.)
111. Rai M., Rathod D., Agarkar G., et.al. (2014). Fungal growth promotor endophytes: a pragmatic approach towards sustainable food and agriculture. *Symbiosis* 62(2), 63–79. <https://doi.org/10.1007/s13199-014-0273-3> (pristupljeno 12. ožujka 2024.)
112. Rajab L., Ahmad M., Gazal I. (2020). Endophytic establishment of the fungal entomopathogen, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil., in cucumber plants. *Egypt. J. Biol. Pest Control.* 30(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00344-8> (pristupljeno 5. svibnja 2024.)
113. Raya-Díaz S., Sanchez-Rodríguez A.R., Segura-Fernandez J.M., del Carmen del Campillo M., Quesada-Moraga E. (2017). Entomopathogenic fungi-based mechanisms for improved Fe nutrition in sorghum plants grown on calcareous substrates. *PLoS ONE* 12, e0185903. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185903> (pristupljeno 17. ožujka 2024.)
114. Rehner S.A. (2005). Phylogenetics of the insect pathogenic genus *Beauveria*. U: Vega, F.E., Blackwell, M. (eds) *Insect-Fungal Associations: Ecology and Evolution*. Oxford University, Press, New York
115. Rehner S.A., Minnis A.M., Sung G.H., Luangsaard J.J., Devotto L., Humber R.A. (2011). Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus *Beauveria*. *Mycologia* 103(5), 1055–1073. <https://doi.org/10.3852/10-302> (pristupljeno 5. ožujka 2024.)
116. Rodriguez R. J., White Jr. J. F., Arnold A. E., Redman R. S. (2009). Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytol.* 182(2), 314–330. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02773.x> (pristupljeno 9. veljače 2024.)
117. Roy H.E., Vega F.E., Chandler D. (2010). *The Ecology of Fungal Entomopathogens*. Springer, The Netherlands
118. Rúa M.A., McCulley R.L., Mitchell C.E. (2013). Fungal endophyte infection and host genetic background jointly modulate host response to an aphid-transmitted viral pathogen. *J. Ecol.* 101(4), 1007–1018. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12106> (pristupljeno 5. travnja 2024.)
119. Rudgers J. A., Swafford A. L. (2009). Benefits of a fungal endophyte in *Elymus virginicus* decline under drought stress. *Basic Appl. Ecol.* 10(1), 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2007.12.004> (pristupljeno 6. travnja 2024.)
120. Rodriguez, R.J., White Jr., J.F., Arnold, A.E., Redman, R.S., 2009. Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytologist* 182, 314e330. Smith, S. E. & Read, D. J. *Mycorrhizal Symbiosis* (Academic Press, 2008). (pristupljeno, 28. ožujka 2024.)
121. Schellenbaum L., Berra G., Ravolanirina F., Tisserant B., Gianinazzi S., Fitter A.H. (1991). Influence of endomycorrhizal infection on root morphology in a micropropagated woody plant species (*Vitis vinifera* L.). *Annals of botany* 68, 135-141.

122. Shah S., Shrestha R., Maharjan S., Selosse M.A., Pant, B. (2019). Isolation and characterization of plant growth-promoting endophytic fungi from the roots of *Dendrobium moniliforme*. *Plants* 8(1), 5. <https://doi.org/10.3390/plants8010005> (pristupljeno 17. veljače 2024.)
123. Shrestha B., Hyun M.W., Oh J., Han J.G., Lee T.H., Cho J.Y., Kang H., Kim S.H., Sung G.H. (2014). Molecular evidence of a teleomorph-anamorph connection between *Cordyceps scarabaeicola* and *Beauveria sungii* and its implication for the systematics of *Cordyceps sensu stricto*. *Mycoscience* 55(3), 231–239. <https://doi.org/10.1016/j.myc.2013.09.004> (pristupljeno 5. ožujka 2024.)
124. Siswanto U., Pusponegoro D., Anindyawati N. (2024). The use of cabbage compost and indigenous microorganism for cultivation of lettuce (*Lactuca sativa L.*). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1302(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1302/1/012120> (pristupljeno 17. travnja 2024.)
125. Smith S.E., Read D.J. (1996). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, San Diego
126. Staffa P., Nyangiwe N., Msalya G., Nagagi Y.P., Nchu F. (2020). The effect of *Beauveria bassiana* inoculation on plant growth, volatile constituents, and tick (*Rhipicephalus appendiculatus*) repellency of acetone extracts of *Tulbaghia violacea*, *Veterinary World*, 13(6), 1159-1166
127. Strullu-Derrien C., Spencer A. R. T., Goral T., Dee J., Honegger R., Kenrick P., et al. (2018). New insights into the evolutionary history of fungi from a 407 Ma Blastocladiomycota fossil showing a complex hyphal thallus. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 373, 1739. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0502> (pristupljeno 5. travnja 2024.)
128. Syamala M., Sivaji, M. (2017). Functional characterization of various plant growth promoting activity of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* from *Aloe vera* rhizosphere. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 6(3), 120–122. <https://www.phytojournal.com/archives/2017.v6.i3.1201/functional-characterization-of-various-plant-growth-promoting-activity-of-pseudomonas-fluorescens-and-bacillus-subtilis-from-aloe-vera-rhizosphere> (pristupljeno 8. veljače 2024.)
129. Tall S., Meyling N.V. (2018). Probiotics for plants Growth promotion by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* depends on nutrient availability. *Microb. Ecol.* 76(4), 1002–1008. <https://doi.org/10.1007/s00248-018-1180-6> (pristupljeno 5. veljače 2024.)
130. Tisserant E., Malbreil M., Kuo A., Kohler A., Symeonidi A., Balestrini R., et al. (2013). Genome of an arbuscular mycorrhizal fungus provides insight into the oldest plant symbiosis. *Proc. Natl. Acad. Sci.U.S.A.* 110(50), 20117–20122. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313452110> (pristupljeno 19. travnja 2024.)
131. Tiwari S., Lata C. (2018). Heavy Metal Stress, Signaling, and Tolerance Due to Plant-Associated Microbes: An Overview. *Front. Plant Sci.* 9, 452. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00452> (pristupljeno 8. ožujka 2024.)
132. Ullrich C. I., Koch E., Matecki C., Schäfer J., Burkl T., Rabenstein F., et al. (2017). Detection and growth of endophytic entomopathogenic fungi in dicot crop plants. *J. Kulturpflanzen* 69(9), 291–302. <http://dx.doi.org/10.1399/JfK.2017.09.02> (pristupljeno 5. ožujka 2024.)

133. Vega F.E. (2018). The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: A review. *Mycologia* 110(1), 4–30. <http://dx.doi.org/10.1080/00275514.2017.1418578> (pristupljeno 5. travnja 2024.)
134. Vega, F.E.; Posada, F.; Aime, M.C.; Pava-Ripoll, M.; Infante, F.; Rehner, S.A. Entomopathogenic fungal endophytes. *Biol. Control* 2008, 46, 72–82. (pristupljeno, 3. ožujka 2024.)
135. Vega F.E., Goettel M.S., Blackwell M., Chandler D., Jackson M.A., Keller S., Koike M., Maniania N.K., Monzón A., Ownley B.H. et al. (2009). Fungal entomopathogens: New insights on their ecology. *Fungal Ecol.* 2(4), 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2009.05.001> (pristupljeno 15. veljače 2024.)
136. Verma S.K., Kumar K., Pal G., Verma A. (2021). The roles of endophytes in modulating crop plant development. U: *Microbiome Stimulants for Crops Mechanisms and Applications*, 1st ed.; White J., Kumar A., Droby S. Woodhead Publishing: Chennai, India. 33–39. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822122-8.00007-8> (pristupljeno 6. veljače 2024.)
137. Vidal S., Jaber L. R. (2015). Entomopathogenic fungi as endophytes: plant-endophyte-herbivore interactions and prospects for use in biological control. *Curr. Sci.* 109(1), 46–54. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20153297217> (pristupljeno 6. veljače 2024.)
138. Wang C., Feng M.G. (2014). Advances in fundamental and applied studies in China of fungal biocontrol agents for use against arthropod pests. *Biol. Control* 68, 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.06.017> (pristupljeno 2. ožujka 2024.)
139. Wang H., Peng H., Li W., Cheng P., Gong M. (2021). The toxins of *Beauveria bassiana* and the strategies to improve their virulence to insects. *Front. Microbiol.* 12, 705343. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.705343> (pristupljeno 8. veljače 2024.)
140. Wang Q., Xu L. (2012). Beauvericin, a Bioactive Compound Produced by Fungi: A Short Review. *Molecules*, 17(3), 2367–2377. <https://doi.org/10.3390/molecules17032367> (pristupljeno 2. travnja 2024.)
141. White J.F., Torres M.S. (2010). Is plant endophyte-mediated defensive mutualism the result of oxidative stress protection? *Physiol. Plant.* 138(4), 440–446. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2009.01332.x> (pristupljeno 10. veljače 2024.)
142. Wraight S.P., Ramos M.E. (2005). Synergistic interaction between *Beauveria bassiana*- and *Bacillus thuringiensis tenebrionis*-based biopesticides applied against field populations of Colorado potato beetle larvae. *J Invertebr Pathol* 90(3), 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2005.09.005> (pristupljeno 2. ožujka 2024.)
143. Wu S., Toews M.D., Oliveira-Hofman C., Behle R.W., Simmons A.M., Shapiro-Ilan D.I. (2020). Environmental tolerance of entomopathogenic fungi: A new strain of *Cordyceps javanica* isolated from a whitefly epizootic versus commercial fungal strains. *Insects* 11(10), 711. <https://doi.org/10.3390/insects11100711> (pristupljeno 4. veljače 2024.)
144. Yun H., Kim D., Gwak W., Shin T. (2017). Entomopathogenic fungi as dual control agents against both the pest *Myzus persicae* and phytopathogen *botrytis*

- cinereal. *Microbiology* 45(3), 192–198. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2017.45.3.192> (pristupljeno 12. veljače 2024.) (pristupljen, 05. travnja 2024.)
145. Qiu, Z.; Tan, H.; Zhou, S.; Cao, L. Enhanced phytoremediation of toxic metals by inoculating endophytic *Enterobacter* sp. CBSB1 expressing bifunctional glutathione synthase. *J. Hazard. Mat.* 2014, 267, 17–20 (pristupljeno, 3. veljače 2024.)
146. Zemek R., Konopická J., Jozová E. (2021). Skoková Habuštová, O. Virulence of *Beauveria bassiana* Strains Isolated from Cadavers of Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Insects* 12, 1077. <https://doi.org/10.3390/insects12121077> (pristupljeno: 27. travnja 2024.)
147. Zitalpopoca-Hernandez G., Najera-Rincon M. B., del-Val E., Alarcon A., Jackson T., Larsen J. (2017). Multitrophic interactions between maize mycorrhizas, the root feeding insect *Phyllophaga vetula* and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Applied Soil Ecology*, 115, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.03.014> (pristupljeno 2. veljače 2024.)

8. Prilog – popis kratica i simbola

%	percentage, postotak
°C	degree Celsius, stupnjeva celzijevih
µl	microliter, mikrolitar
µm	micrometer, mikrometar
ANOVA	Analysis of variance, analiza varijance
cm	centimeter, centimetar
cm ²	square centimeter, kvadratni centimetar
FIS	Phyosanitary information system, fitosanitarni informacijski sustav
kg	kilogram
g	gram, gram
mg	miligram, miligram
ml	milliliter, mililitar
p	p value (probability), vrijednost p (vjerojatnost)
PCR	Polymerase chain reaction, lančana reakcija polimeraze
PDA	Potato dextrose agar, krumpir dekstrozni agar
sp.	species, vrsta
EFSA	European Food Safety Authority, Europska agencija za sigurnost hrane

Životopis

Martin Šutalo rođen je 09.06.1997. godine u Metkoviću. U svom rodnom gradu završava osnovnu školu Stjepana Radića, gdje nakon iste godine odlazi u Dubrovnik i upisuje Medicinsku školu, usmjerenje laboratorijski tehničar. Srednju školu završava 2016. godine nakon koje odrađiva pripravnički staž u domu zdravlja Ministarstva unutranjih poslova u Zagrebu u trajanju od 1 godine.

Nakon završetka pripravničkog staža, 2019. godine prvi puta upisuje prvu godinu preddiplomskog studija Fitomedicine na Agronomskog fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te 2022. godine brani svoj završni rad pod nazivom “Mikorizacija paprike pripravkom Mycogel” gdje nakon obrane stječe naziv Sveučilišni prvostupnik inženjer fitomedicine. Nakon obrane završnog rada, iste godine upisuje sveučilišni diplomski studij Fitomedicine.