

Utjecaj endofitne gljive *Fusarium solani* na porast pšenice

Radovanić, Dora

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:351313>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-24**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dora Radovanić

Sveučilišni diplomski studij Ekološka poljoprivreda

Smjer Ekološka poljoprivreda

UTJECAJ ENDOFITNE GLJIVE *Fusarium solani* NA PORAST PŠENICE

Diplomski rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dora Radovanić

Sveučilišni diplomski studij Ekološka poljoprivreda

Smjer Ekološka poljoprivreda

UTJECAJ ENDOFITNE GLJIVE *Fusarium solani* NA PORAST PŠENICE

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof.dr.sc. Jasenka Ćosić, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Jelena Ilić, mentor
3. prof.dr.sc. Karolina Vrandečić, član

Osijek, 2021.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	2
2.1. Endofitni organizmi	2
2.2. Endofitne gljive.....	3
2.3. Endofitne bakterije.....	5
2.4. Rod <i>Fusarium</i>	7
2.5. Sekundarni metaboliti	10
2.6. <i>Fusarium solani</i>	12
3. MATERIJAL I METODE.....	15
4. REZULTATI	20
5. RASPRAVA.....	23
6. ZAKLJUČAK.....	25
7. LITERATURA	26
8. SAŽETAK	28
9. SUMMARY.....	29
10. POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA	30

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

1. UVOD

Endofitni organizmi su gljive i bakterije koje se nalaze unutar biljnog tkiva i pozitivno utječu na tkivo domaćina. Endofiti čine izuzetno raznoliku skupinu mikroorganizama koji su sveprisutni u biljkama i koji održavaju neprimjetnu povezanost s domaćinima barem dio njihovog životnog ciklusa. Pozitivno utječu na ubrzan rast biljke, negativne učinke okoliša i povećavaju otpornost na fitopatogene (Domijan, 2017.). Gljive se od bakterija razlikuju po načinu razmnožavanja, fiziologiji, te imaju jezgru i dvoslojnu membranu (Domijan, 2017.). Gljive pripadaju heterotrofnim organizmima jer ne sadrže kloroplaste. Najpoznatiji su uzročnici biljnih bolesti. Heterotrofne organizme djelimo na saprofite, nekrofite, simbiote i parazite. Saprofiti se hrane na mrtvoj biljci, biotrofi prikupljaju hranjive tvari iz žive biljke, a nekrofiti parazitiraju zdrave stanice biljke i hrane se njihovim nutritijentima.

Pojam „endofiti“ prvi puta je spomenuo De Bary 1886. godine, a opisani su 1904. godine (Freeman). Od 1904. godine do danas izdvojeni su iz različitih dijelova biljaka, od prirodnih staništa do agronomskog ekosistema, te je na taj način zaključeno kako sve vrste biljaka koje su proučavane u sebi sadrže barem jednog endofita. 1926. Petrotti je prepoznao rast endofita kao stupanj infekcije i kao blizak odnos s mutualističkom simbiozom. Također je prvi koji je spomenuo nepatogenu floru u tkivu korijena.

Cilj istraživanja u radu je utvrditi utjecaj endofitne gljive *Fusarium solani* na porast pšenice. Rod *Fusarium* pripada razredu *Hyphomycetes*, a redu *Hyphales*. Rod *Fusarium* obuhvaća više od 1000 vrsta prisutnih u svim dijelovima svijeta zbog velike sposobnosti prilagođavanja različitim agroklimatskim uvjetima (Domijan, 2017.). Označava rod nitastih gljiva koji agronomski sadrže mnoge važne biljne patogene, proizvođače mikotoksina i patogene ljudi. Čini veliku monofiletsku skupinu nekoliko stotina vrsta koje, osim nekoliko, daju karakteristične krupne makrokonidije. Rod *Fusarium* uključuje poljoprivredno važne biljne patogene, endofite i saprofite koji su sposobni metabolizirati različite podloge i patogene u nastajanju. Može pozitivno utjecati na rast, razvoj i zdravstveno stanje biljaka.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Endofitni organizmi

Endofitni organizmi su organizmi koji se često primjenjuju u ekološkoj poljoprivredi i zaštiti bilja. U endofitne organizme najčešće ubrajamo bakterije i gljive, koje cijeli život ili samo dio njega provedu kolonizirajući inter ili intracelularne dijelove zdravog tkiva biljke. U cijelosti borave unutar tkiva biljke, stabljike ili lišća, nastanjuju spore biljaka ili uzrokuju starenje tkiva domaćina (Ižaković, 2017.). Endofitizam se definira kao sposobnost mikroorganizama da prodru u tkivo biljaka i da žive u metabiotičkom ili mutualističkom odnosu sa biljkama, a da pri tome ne izazivaju oboljenja. Njihova ogromna biološka raznolikost, zajedno sa njihovom sposobnošću biosinteze bioaktivnih sekundarnih metabolita, omogućila je poticaj za niz istraživanja na endofitima (Kusari i sur., 2012.).

Veliki broj endofita sposoban je sintetizirati različite bioaktivne metabolite koji mogu biti korišteni direktno ili indirektno protiv bolesti. Također su dosta pouzdan i bogat izvor genetske raznolikosti. Mogu kolonizirati biljku, nalaziti se unutar njenog tkiva, uzimati joj nutrijente, ali zauzvrat joj daju sposobnost za obranu tako što proizvode određene funkcionalne metabolite. Biljke koje su zaražene endofitima vrlo pozitivno djeluju na adaptivnost biljke, na taj način da povećavaju njezinu toleranciju na negativne učinke okoliša koji prouzrokuju stres, a povećavaju i otpornost na fitopatogene i na biljojede uključujući i neke insekte koji se hrane na biljci domaćina. Ujedno su sposobni zaštititi biljku od nekih sisavaca, insekata, nematoda i bakterijskih i gljivičnih patogena. Bilo koja interakcija koja se događa između gljiva i biljke mora prethoditi fizičkom susretu između te dvije vrste, a u taj susret su uključene brojne fizičke i kemijske barijere, koje je potrebno prevladati kako bi se moglo uspješno uspostaviti udruživanje (Ižaković, 2017.). Patogeni i endofiti posjeduju mnoge čimbenike zaraze koji se suprotstavljaju sredstvima obrane biljaka. Veliki broj endofita važan je izvor sekundarnih metabolita i biljnih hormona, imaju potencijal sintetizirati različite bioaktivne metabolite koji se mogu koristiti kao terapijski agensi protiv biljnih bolesti. Obično se može izdvojiti do nekoliko stotina vrsta endofita iz jedne biljke, među njima, barem jedna vrsta pokazuje specifičnosti domaćina. Uvjeti okoliša pod kojima domaćin raste, također utječe na populaciju endofita (Tan i Zou, 2001.). Endofiti se mogu izolirati iz blago površinski steriliziranih biljnih tkiva i uzgajati na hranjivom agaru. Mogu aktivno ili pasivno i intracelularno ili ekstracelularno kolonizirati biljku. U biljnom tkivu se nalazi 10^2 do 10^4 živih endofita po gramu.

2.2. Endofitne gljive

Gljive su najrasprostranjeniji živi organizmi na zemlji. Endofitne gljive su važna komponenta, sveprisutne su i javljaju se u svim poznatim biljkama, uključujući široki spektar domaćina u raznim ekosustavima te stoga igraju važnu ulogu u prirodnom okolišu (Xiang i Liang-Dong, 2012.). Koloniziraju živo biljno tkivo bez izazivanja negativnih učinaka. Procjenjuje se da više od 1 milijun vrsta endofitnih gljiva postoji na temelju omjera vaskularnih biljaka i gljivičnih vrsta 1: 4 ili 1: 5 (Xiang i Liang-Dong, 2012.). Opisano je samo oko 100 000 vrsta gljiva, a u svijetu postoji čak oko 1 000 000 različitih vrsta. Nalaze se u vodi, zemlji, zraku, kod biljaka, životinja i ljudi.

De Bary (1866) prvi puta je uveo pojam „endofiti“, odnosi se na sve organizme koji se javljaju unutar tkiva biljaka. Carroll (1986) je definirao pojam endofit kao uzajamne osobe koje koloniziraju nadzemne dijelove živih biljnih tkiva i ne uzrokuju simptome bolesti, od kojih su patogeni i mikorizne gljive isključene. Petrini (1991.) je predložio proširenje Carrollove definicije kako bi se obuhvatilo sve organizme koji nastanjuju biljne organe koji, u neko vrijeme svojeg života mogu kolonizirati unutarnja biljna tkiva bez uzrokovanja prividne štete (Xiang i Liang-Dong, 2012.).

Gljiva je organizam koji apsorbira hranjive sastojke kroz svoje stanične stijenke (Carris i sur., 2012.). Proizvode veliki broj sekundarnih metabolita koji su neobične kemijske strukture u vrijeme aktivnog rasta, te nisu neophodni za primarne metaboličke procese. Proizvedeni sekundarni metaboliti su različiti i po biološkoj aktivnosti, pojedini imaju pigmente, dok su drugi otrovni za biljke ili životinje, jedan dio njih regulira rast biljaka ili posjeduje farmaceutska svojstva, a neki, uključujući i metabolite roda *Fusarium*, pridonose patogenezi biljaka. Veliki broj gljiva nastao je reprodukcijom spora, posjeduju tijelo talus koje je građeno od mnogih isprepletenih hifa i nazivamo ga micelij. Pripadaju heterotrofima, kao rezervnu tvar koriste glikogen ili masti. Mogu se razmnožavati spolno ili nespolno, ali većina gljiva se razmnožava nespolno, nespolnim rasplodnim stanicama koje se nazivaju hife (Slika 1.). Spore gljivama omogućuju rasprostranjivanje. Sastoje se od jedne ili nekoliko stanica koje su sposobne klijati za proizvodnju nove hife koja će izgraditi micelij. Micelij se zatim razvija u plodište koje će nakon nekog vremena ponovno proizvoditi spore. Kod većine gljiva micelij se nalazi pod zemljom, ali raste i na zemlji ili drugim podlogama. Micelij je poput guste bjelkaste mreže razgranatih hifa koje gljivi služe za upijanje tvari iz

okoline. Hife u zemlju luče enzime kojima razgrađuju organske tvari mrtvih organizama na jednostavnije komponente. Micelij, zbog razgranatih niti hifa ima veliku površinu preko koje ima sposobnost upijati razgrađene hranjive tvari, mineralne tvari i vodu iz okolne zemlje.



Slika 1. Hife gljiva (<https://hr.play-azlabs.com/>)

Gljive imaju iznimno značajnu ulogu u odvijanju ekoloških procesa u kopnenim ekosustavima, posebice u šumskim. Razgrađujući mrtvu organsku tvar omogućuju kruženje materije, bez kojeg život ne bi bio moguć. Životinjske ostatke većinom razgrađuju bakterije, a u razgradnji biljnih ostataka (celuloze, hemiceluloze, pektina i lignina) su dominantne gljive. Razgradnja lignina zadaća je gljiva te je tako njihova uloga u razgradnji nezamjenjiva. Veliki broj gljiva s biljkama tvore mikorizu, iznimno je važna za zdravlje šumskog drveća i drugih mikoriznih biljaka. Npr. orhideja se ne bi mogla razvijati bez gljivičnog partnera. Gljive mogu napadati oslabljene i stare organizme te tako imaju značajnu ulogu u prirodnoj selekciji, životnim ciklusima (ubrzava kruženje tvari u prirodi) i povećanju raznolikosti šumskih staništa. Micelij i plodišta gljive su važna hrana velikom broju životinja jer se veliki broj vrsta kukaca hrani sa gljivama.

Endofitni mikroorganizmi mogu naseljavati unutrašnjost biljnih tkiva i organa bez nanošenja oštećenja svom domaćinu. Endofitne gljive povezane su s biljkama duže od 400 milijuna godina, široko su proučavane u raznim zemljopisnim i klimatskim zonama. Odnos između endofita i biljke domaćina kreće se od latentne fitopatogeneze do uzajamne simbioze. Mikroorganizmi su sveprisutni organizmi i javljaju se unutar svih poznatih biljaka. Sastoje

se od pripadnika *Ascomycota* ili njihovih mitospornih gljiva, kao i nekih *Basidiomycota*, *Zygomycota* i *Oomycota*, koji mogu proizvesti brojne bioaktivne kemikalije, promovirati rast domaćina, otpornost na okolišni stres. Endofitna gljiva je važna komponenta prirodnih ekosustava te može igrati važnu ulogu u recikliranju materijala i energije. Biljna tkiva su višeslojna, prostorno i vremenski raznolika mikrobna staništa, a time podržavaju bogate i raznolike endofitne mikrobiote koji tvore specijalizirane asocijacije s raznim biljnim vrstama (Sun i Guo, 2012.).

Za domaćine trave (*Poaceae*), riječ endofit korištena je za označavanje određene vrste sustavne, nepatogene simbioze. Trava i endofitne gljive su toliko usko povezane da djeluju kao cjelina slično kao jedan organizam. Endofiti trave pružaju svojim domaćinima brojne pogodnosti kao što su zaštita od biljojeda i patogena, što povećava njihovu kondiciju. Mnoge gljive koje se pojavljuju kao endofiti šuma smatraju se manjim ili sekundarnim patogenima od strane patogena. Njihova uobičajena pojava u zdravom i bolesnom tkivu podcrtava nesigurnost granice razdvajanja endofita, fakultativnih patogena i latentnih patogena (Stone i sur., 2004.). Endofitne gljive javljaju se u mahovinama, paprati, kod velikog broja kritosjemenjača i golosjemenjača, uključujući tropske palme, širokolisna stabla, caklenjače, raznolike jednogodišnje biljke, te mnoge listopadne i zimzelene trajnice. Endofitne mikrogljive mogu biti raznolike u izuzetno malim razmjerima, jedna iglica četinjače može sadržavati čak nekoliko desetaka vrsta mikrogljiva. Prisutne su kao unutarnje, neviđene, mikroskopske hife, njihova prisutnost je otkrivena samo izvana kada se sporuliraju, obično kao sezonski i kratkotrajni događaj.

Većina biljaka nije proučavana na prisutstvo endofita, samim time otvaraju se mnoge mogućnosti za otkrivanje novih gljiva, njihovih oblika, vrsta i biotopa. Proizvodnja bioaktivnih spojeva, a posebice onih koje su važne za biljke domaćina, nije važna samo iz ekološke nego i iz biokemijske i molekularne perspektive (Ižaković, 2017.).

2.3. Endofitne bakterije

Endofitne bakterije su biljne korisne bakterije koje uspijevaju u biljkama i mogu poboljšati rast biljaka u normalnim i izazovnim uvjetima. Mogu postojati unutar biljnog domaćina, uključujući pritom nadzemne i podzemne dijelove biljaka, pa čak i sjeme, čime pozitivno utječu na razvoj biljaka. Henning i Villfotr (1940.) su prvi koji su dokazali prisutnost

bakterije u stabljici, lišću i korijenu zdrave biljke. Osim što mogu pospješiti rast biljke domaćina, mogu pomoći domaćinu u toleriranju stresnih uvjeta i proizvesti alelopatske učinke na druge konkurentne biljne vrste. Da bi se pružile navedene blagodati, bakterije moraju kolonizirati biljnu endosferu nakon kolonizacije rizosfere. Kolonizacija se postiže uporabom skupine svojstava koje uključuju pokretljivost, vezivanje, razgradnju biljnih polimera i izbjegavanje obrane biljaka (Afzal i sur., 2019.). Kod endofitnih bakterija prisutna je diferencijacija obzirom na kompatibilnost s biljkom domaćinom, učinkovitost same simbioze, konkurentnost s ostalim bakterijama u tlu i sposobnosti adaptacije na nepovoljne uvjete (Krznarić, 2018.).

Bakterije koje žive i uspjevaju unutar biljke domaćina nazivaju se endofitne bakterije. Rodovi endofitnih bakterija su *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Bradyrhizobium*, *Pseudomonas* i *Sphingomonas*. Najčešće se nalaze u tlu i inficiraju biljku domaćina kolonizirajući pukotine formirane u čvorištu lateralnog korijenja, gdje se vrlo brzo šire unutar intracelularnih prostora korijenja. Ujedno mogu ući unutar biljke kroz oštećenja koja su uzrokovana fitopatogenim nematodama ili unutar otvorenih puči lišća. Oštećenja koja se nalaze na korijenu biljke su glavna pristupna točka za bakterijsku kolonizaciju. Neke endofitne bakterije mogu imati širok raspon domaćina i mogu se koristiti kao biološki inokulanti u razvoju sigurnog i održivog poljoprivrednog sustava. Endofitne bakterije su sposobne ući unutar biljnih stanica kolonizirajući apoplast i intracelularne prostore biljke (Krznarić, 2018.). 1926. endofitski rast opisan je kao posebna faza rasta bakterija, gdje bakterije zaraze i razvijaju bliske uzajamne odnose sa biljkama. Endofitne bakterije su danas opisane kao bakterijski izolirane iz površinski steriliziranog biljnog tkiva i ne uzrokuju primjetnu štetu biljci domaćinu.

Endofitne bakterije imaju simbiozno djelovanje, ali mogu ujedno djelovati kao bakterije koje potiču biljni rast PGPR (plant-growth promoting rhizobacteria). Povećavaju biljni rast tako što cirkuliraju hranjive tvari i minerale kao što su dušik i fosfor. Mogu utjecati na rast izravnim (sniženje razine etilena u biljci i dr.) ili neizravnim (proizvodnja antibiotika, proizvodnja biokontrola i degradacija ksenobiotika) načinima. Također, omogućuju aktivnost solubilizacije fosfata, proizvodnju indol octene kiseline i proizvodnju siderofora. Niz drugih korisnih djelovanja na rast biljaka koji se pripisuju endofitnim bakterijama su osmotska prilagodba, modifikacija morfologije korijena i pojačani unos minerala (Krznarić, 2018.). Bakterije koje imaju sposobnost poticanja biljnog rasta koriste se većinom na

području za regeneraciju šuma i za fitomeridijaciju onečišćenih tala. Endofiti kao mikrobi uključuju bakterije, arhee, gljivice i protiste koji koloniziraju biljnu unutrašnjost, neki bakterijski endofiti potencijalno nose gene potrebne za biološku fiksaciju dušika omogućujući im pretvaranje plinovitog dušika (N₂) u korisne oblike dušika kao što su amonij i nitrat unutar biljke domaćina (Kandel i sur., 2017.). Bakterijski endofiti borave u unutarnjim biljnim tkivima koja mogu biti povoljno okruženje za dušičnu fiksaciju koja umanjuje konkurenciju s drugim mikrobima u rizosferi, kao i moguće osiguravanje mikroaerobnog okruženja potrebnog za nitrogenazu (enzimi koji kataliziraju redukciju atmosferskoga dušika u amonijak).

Korištenje bakterijskih endofita u poljoprivredi ima neizmjeran potencijal za smanjenje negativnog utjecaja na okoliš koji je uzrokovan kemijskim gnojivima, posebno N gnojivima. Korištenje simbionata poput bakterijskih endofita može dovesti do smanjenja potrebe za unosima gnojiva u rastu biljaka, usjeva i potencijalno dovesti do poljoprivrede koja će biti ekološki održiva u budućnosti. Inokulacija biljaka endofitnim bakterijama može smanjiti bakterijske, gljivične i virusne bolesti te smanjiti pojavu štete koja je uzrokovana insektima i nematodama.

2.4. Rod *Fusarium*

Fusarium je globalno jedan od najvažnijih rodova gljiva koji uzrokuju niz biljnih bolesti proizvodeći mikotoksine koji štetno utječu na zdravlje ljudi, ujedno može značajno utjecati na prinos i kvalitetu uzgojenih biljaka. Ime *Fusarium* potječe od latinskog naziva *fusus* što znači vreteno, pripada razredu *Hyphomycetes* i redu *Hyphales*. Veliki je rod gljivičnog oblika koji je stariji od 200 godina. Rod je poznat po taksonomskim poteškoćama i predpostavlja se da ima i do 1000 vrsta. Tijekom cijele svoje povijesti gljiva poznat je po svojim sposobnostima biljnog patogena. *Fusarium* spp. obično su na tlu, premda ih mogu rapršiti vjetar i kiša. Sojevi *Fusarium* spp. javljaju se u tlu i na biljnim površinama kao saprofiti i unutar biljaka kao patogeni i endofiti (Poštić i sur., 2012.).

Fusarium je kozmopolitski rod nitastih gljiva askomiceta koji uključuju mnoge biljne patogene koji proizvode toksine od poljoprivrednog značaja. Obuhvaća široku skupinu gljiva važnih u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji, medicini i poljoprivredi. Fusarijske bolesti uključuju uvenulost, plamenjaču, trulež i rak mnogih hortikulturanih, poljskih,

ukrasnih i šumskih usjeva u poljoprivrednim i prirodnim ekosustavima. *Fusarium* također proizvodi raznolik niz toksičnih sekundarnih metabolita (mikotoksini), poput trihotecena, fumonizina i zearalenonina koji mogu kontaminirati poljoprivredne proizvode, čineći ih neprikladnima za konzumaciju ako uđu u prehrambeni lanac. Trihoteceni mogu djelovati kao čimbenici virulencije kod biljnih bolesti. *Fusarium* infekcije kod ljudi i životinja relativno su rijetke i pokazuju široku rezistenciju na antimikotične lijekove. Rod *Fusarium* uključuje do 300 filogenetski dijagnosticiranih vrsta, od kojih većina nema formalna imena. Vrste *Fusarium* su rasprostranjene širom svijeta od umjerenih do tropskih krajeva. Rod se dijeli na saprofitne, endofite i patogene (biljaka, ljudi i životinja). Općenito su patogeni velikog spektra biljaka (rajčica, mahunarke, sirak, kukuruz, bob, ananas, pšenica, ječam, zob, karanfil, kava, banana, riža, šećerna trska, mango, šparoge i trave) u prirodnim staništima. Kao fitopatogen *Fusarium* koristi široki raspon u strategiji zaraze. Većina se može slobodno klasificirati kao hemibiotrofi, jer infekcija u početku nalikuje na patogene koji se hrane na živom domaćinu (biotrofi), ali na kraju prelazi u ubijanje i konzumiranje stanica domaćina (nekrofiti). Rod *Fusarium* obuhvaćen je sa nekoliko načina preživljavanja, tu pripada brz kapacitet za promjenu (morfološku i fiziološku) kada je suočen sa promjenama u okolišu. Mogu biti patogeni i nepatogeni oblici. Posljednji mogu kolonizirati korteks korijena biljaka bez ikakvih simptoma bolesti te preživljavati u živom tkivu, kao i pokazati antagonizam prema patogenim oblicima u tlu. Fitopatogene vrste uzrokuju veliki broj bolesti kao što su trulež korijena, venuće provodnih tkiva, žućenje i lisna nekroza (Ma i sur., 2013.).

Fusarium bolesti mogu započeti u korijenu iz inokuluma u tlu ili u nadzemnim biljnim dijelovima zrakom ili vodom. Trulež krune i korijena najrasprostranjenija je vrsta bolesti koju uzrokuje *Fusarium*. U puno slučajeva ovi uzročnici bolesti teško se određuju jer se mogu pojaviti u biljkama na koje utječu drugi čimbenici koji su istodobno zaraženi slabim patogenima ili saprofitima. Vrste poput *Fusarium solani* uzrokuju bolesti kod kojih korijen i krunica biljke domaćina istrune, što rezultira nedovoljnim ili neučinkovitim korijenskim sustavom. *Fusarium oxysporum* (Slika 2.) u korijen u početku asiptomatski prodire, naknadno kolonizira vaskularno tkivo i izaziva masovno uvenuće, nekrozu i klorozu nadzemnih dijelova biljaka. *Fusarium graminearum* (Slika 3.) je glavni uzročnik fusarijske paleži klasa u svijetu, može uzrokovati trulež korijena i plamenjaču sadnica. Utječe na prinos, tehnološku kvalitetu zrna te zdravstvenu ispravnost zbog akumuliranja mikotoksina. Trulež stabljike sirka uzrokovana je sa *Fusarium thapsinum* (Slika 4.). Specifičnosti domaćina variraju među vrstama *Fusarium*. *Fusarium verticillioides* (Slika 5.) uzrokuje

truljenje uha uglavnom kod kukuruza i sirka, ali može zaraziti i mnoge druge biljke. Kukuruz je ekonomski važna biljka koja je poznati domaćin vrsta *Fusarium*. Članovi kompleksa vrsta *Fusarium oxysporum* su sposobni izazvati bolesti uvenuća u preko stotinu agronomski važnih biljnih vrsta čime dolazi do gubitka prinosa.



Slika 2. Mikroskopski prikaz *Fusarium oxysporum* (<https://alchetron.com/>)



Slika 3. Mikroskopski prikaz *Fusarium graminearum* (<https://www.researchgate.net/>)



Slika 4. Mikroskopski prikaz *Fusarium thapsinum* (<https://www.jstor.org/>)



Slika 5. Mikroskopski prikaz *Fusarium verticillioides* (<https://en.wikipedia.org/wiki/>)

2.5. Sekundarni metaboliti

Gljive tijekom razvojnog ciklusa produciraju primarne metabolite koji su neophodni za rast i razvoj, a pojedine od njih mogu sintetizirati sekundarne metabolite (mikotoksine). Sekundarni metaboliti (mikotoksini) su trihoteceni, fumonizini i zearalenon. Plijesni roda *Fusarium* jedni su od najčešćih kontaminata žitarica u poljoprivrednoj proizvodnji u agroekološkim uvjetima. *Fusarium spp.* metaboliziraju sekundarne toksične metabolite-mikotoksine koji mogu uzrokovati akutna i kronično toksična djelovanja na ljude i životinje (Kanižai Šarić i sur., 2011.). Biosinteza sekundarnih metabolita ovisi o vrsti gljiva, o

gljivičnom soju te njegovim genetskim osobinama, potaknuti je mogu i okolišni uvjeti (fizikalno-kemijski parametri; količina slobodne vode, temperature, količine kisika, sastava i pH supstrata i dr.). Sekundarni metaboliti su organske molekule niske molekularne težine koje nisu bitne za normalan rast gljivica, ali u nekim sredinama mogu pružiti selektivnu prednost. Nastanak mikotoksina može započeti predžetveno u inficiranoj biljci koja je još u polju i može biti nastavljena ili inicirana poslije žetve, a može nastati i u uskladištenim proizvodima (Kanižai Šarić i sur., 2011.). Uzrokuju bolesti koje se nazivaju mikotoksikoze, a simptomi bolesti ovise o koncentraciji i dužini izlaganja mikotoksinu, o vrsti i farmakodinamičkim osobinama mikotoksina, spolu, vrsti, starosti te zdravstvenom stanju životinje. Gljivični sekundarni metaboliti su različiti po strukturi i biološkoj aktivnosti. Neki su pigmentirani, drugi otrovni za biljke i/ili životinje, neki reguliraju rast biljaka i imaju farmaceutska svojstva (antibiotici), a neki uključuju metabolite roda *Fusarium* koji doprinose patogenezi biljaka (Izzati i sur., 2011.). Većina gljivičnih sekundarnih metabolita sintetizirana je djelovanjem neribosomskih peptidnih sintetaza. Ti enzimi kataliziraju strukturno jednostavne molekule koje tvore složenije strukture (neribosomni peptidi, poliketidi i terpeni). Kemijski proizvodi obično prolaze kroz više enzimskih modifikacija za stvaranje biološki aktivnih sekundarnih metabolita. U *Fusariumu* i mnogim drugim gljivama geni koji kodiraju uzastopne enzime u biosintetskom putu sekundarnog metabolita obično su fizički grupirani. Pored enzima koji tvore i kroje matične spojeve, biosintetski genski klasteri sekundarnih metabolita mogu kodirati transportere koji pokreću metabolite preko membrana i transkripcijskih čimbenika specifičnih za put koji aktiviraju ekspresiju gena u nakupinama. Postoje mnoge mogućnosti za iskorištenje endofitnih gljiva za proizvodnju mnoštva poznatih i novih biološki aktivnih sekundarnih metabolita (Kusari i sur., 2013.). Mikotoksini mogu nastati u procesu proizvodnje hrane pa bi tako prevencija nastanka mikotoksina trebala obuhvatiti cjelokupan proces u proizvodnji. Biljka je živi organizam koja ima slijed vegetativnih i generativnih funkcija, što omogućava normalan razvojni ciklus biljke (sjeme, klica, cvatnja, oplodnja, plod) i održanje vrste (Cvjetković, 2014.). Primjenom agrotehničkih mjera (odabir parcele, područja uzgoja, kultivara, sjemena i sadnog materijala, plodored, malčiranje, pravilna gnojidba i dr.) se biljci stvaraju povoljniji uvjeti za rast i razvoj. Primjena dobre gospodarske prakse za proizvodnju zdravoga kvalitetnoga zrna prva je mjera u smanjenju zaraza s toksikogenim gljivicama i u smanjenju mikotoksina (Cvjetković, 2014.).

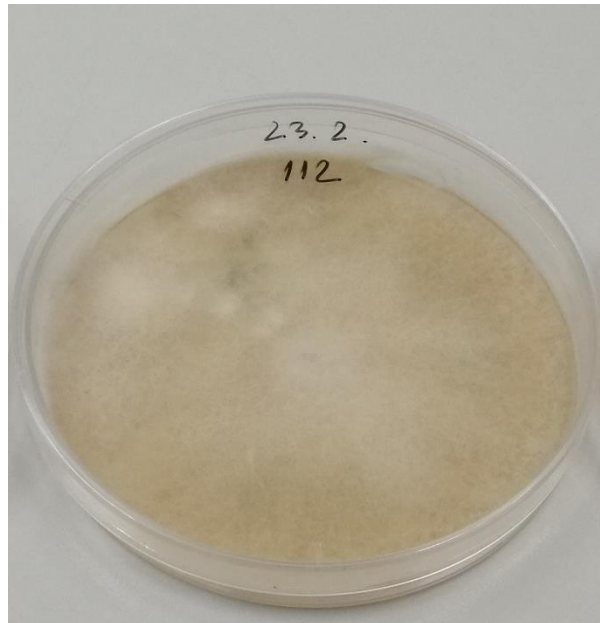
2.6. *Fusarium solani*

Rod *Fusarium* čini veliku monofiletsku skupinu nekoliko stotina vrsta koje, osim nekoliko, daju karakteristične krupne srpaste makrokonidije. Rod uključuje poljoprivredno važne biljne patogene, endofite i saprofite koji su sposobni metabolizirati različite podloge i patogene u nastajanju. Molekularno filogenetska analiza ovog roda otkrila je da obuhvaća najmanje 20 klada (skupina organizama za koje se vjeruje da su evoluirali od zajedničkog pretka, prema načelima kladistike), ili „kompleksne vrste“ i da je nastao u sredini razdoblja Krede prije otprilike 91,3 milijuna godina. *Fusarium solani* jedna je od najčešće izoliranih gljiva iz ostataka tla i biljaka, a povezana je i s ozbiljnim invazivnim mikoza kod imunokopromitiranih i imunosupresivnih bolesnika. Povezana je sa korijenjem biljaka i može se naći duboko u zemlji (80 cm), pH tla nema značajan utjecaj na pojavu, međutim fumigacija tla uzrokuje porast pojavnosti. Osjetljiva je na fungicide koji se nalaze u tlu. Nalazi se u tlima širom svijeta gdje klamidospore prezimljuju na biljnom tkivu ili sjemenu ili kao micelij u tlu. Patogen ulazi u domaćina kroz korijenje u razvoju, gdje može zaraziti domaćina. Nakon infekcije *F. solani* proizvodi nespolne makro i mikrokonidije koje se raspršuju kroz vjetar i kišu. Patogen u tlu može postojati desetljećima, a ako se ne poduzmu odgovarajuće mjere može prouzročiti potpuni gubitak usjeva.

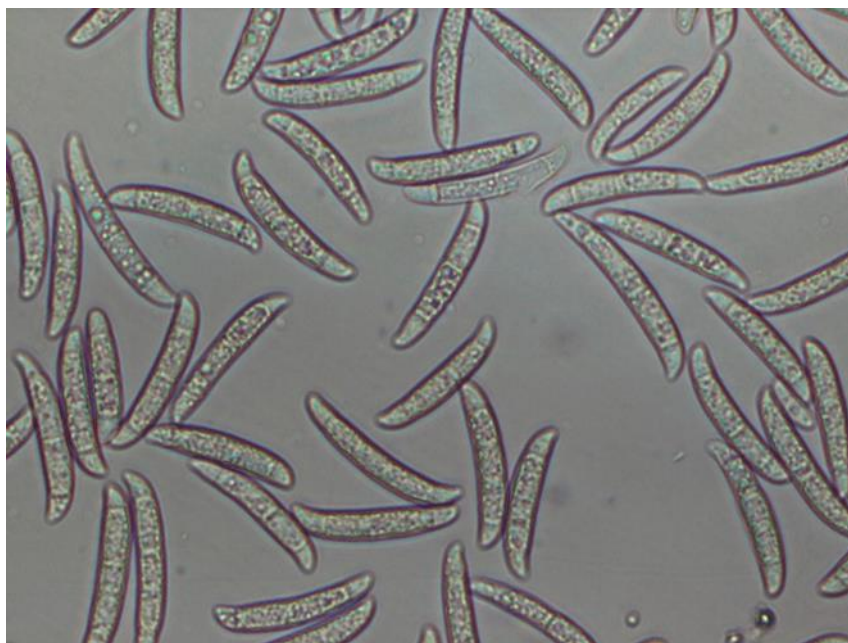
Ova vrsta, kako je definirana na temelju morfologije, zapravo je raznolik kompleks od preko 45 filogenetskih i/ili bioloških vrsta nazvanih kompleksom vrsta *Fusarium solani* (FSSC). Sveprisutni su u tlu i u propadajućem biljnom materijalu gdje djeluju kao razlagači. Patogeni su brojnih poljoprivredno važnih biljaka (grašak, tikvica, batat i dr.) te su sve češće povezani s oportunističkim infekcijama kod ljudi i životinja, uzrokujući sistavne infekcije s visokom stopom smrtnosti, kao i lokalizirane infekcije na koži i ostalim dijelovima tijela. Trenutno se za kompleks vrsta *Fusarium solani* (FSSC) procjenjuje da sadrži najmanje 60 različitih vrsta. Kako su definirali Snyder i Hansen (1941.), *F. solani* je bila jedina vrsta koja je danas priznata kao FSSC (kompleks vrsta *Fusarium solani*). Kao članovi kompleksa vrsta *Fusarium solani* najopsežnije su proučavani biljni patogeni, te su gljivice dalje podijeljene u posebne oblike na temelju specifičnosti domaćina (Coleman, 2016.). Članovi FSSC-a predstavljaju raznolik set samoplodnih (homotaličnih) i samo-sterilnih (heterotalnih) vrsta, iako su spolni ciklusi poznati samo kod otprilike jedne trećine vrsta. Članovi su važni patogeni niza poljoprivrednih kultura. Raznolik raspon domaćina ne postoji samo u čitavom kompleksu vrsta, nego i unutar jedne vrste. Na primjer, izolati *N. haematococca* i *F. solani*

najpoznatiji su po tome što uzrokuju truljenje korijena vrtnog graška (*Pisum sativum* L.); međutim oni imaju raznolik raspon staništa i potvrđeno je da su patogeni na najmanje 10 drugih biljaka domaćina (Coleman, 2016.). Četiri patogena koji uzrokuju sindrom iznenadne smrti *F. virguliforme*, *F. tucumaniae*, *F. brasiliense* i *F. cuneirostrum*, članovi su FSSC-a. Iako se tradicionalno smatra da je samo patogen na soji, rasprostranjenost domaćina *F. virguliforme* je veća i raznolika jer može izazvati nekrozu korijena na lucerni, grahu, bijeloj i crvenoj djetelini, grašku i dr. Osim što su biljni patogeni, članovi kompleksa vrsta odgovorni su za većinu infekcija kod ljudi i životinja s oslabljenim imunitetom. Kod imunokompetentnih osoba, bolesti uzrokovane FSSC izolatima se mogu manifestirati kao lokalizirane, manje invazivne infekcije, uključujući apsces, onihomikozu i / ili keratitis. Kao dio obrambene reakcije na patogene, biljke oslobađaju antimikrobne spojeve male molekularne težine. Ti spojevi mogu se ili izraditi ili podijeliti u odjeljak neaktivno stanje unutar biljne stanice. Bez obzira na vrijeme sinteze, gljivični patogen mora biti u stanju tolerirati antimikrobne lijekove u spojevima kako bi se utvrdila infekcija na domaćinu biljke, i na kraju razvila bolest. Patogeni prvenstveno posjeduju tri mehanizma pomoću kojih ostvaruju ovaj pothvat: 1) enzimska razgradnja ili modifikacija spoja na manje otrovne molekule, 2) nalet antimikrobnog sredstva koji zabranjuje koncentraciju koja ima fiziološki učinak i 3) modifikacija ciljnog mjesta spoja (Coleman, 2016.).

Na PDA podlozi *Fusarium solani* proizvodi slabo razvijen bijeli micelij koji s vremenom postaje žućkast (Slika 6.). Proizvodi veliki broj makrokonidija koje su krupne i blago srpaste, najčešće sa 5 septi, ali može imati i 3 do 7 septi (slika 7.). Makrokonidije sa 5 septi veličine su od 48,0-62,0 x 4,5-6,2 μm . Mikrokonidije imaju zadebljale bazalne stanice, izdužene su sa jednom ili dvije septe koje ne moraju biti prisutne, ovalne su ili cilindrične, hijalinske i glatke. Jednostanične mikrokonidije se kreću od 7,3-12,6 x 3,4-4,5 μm i sa jednom septom od 10,9-18,1 x 3,6-4,6 μm . *Fusarium solani* stvara bijele i pamučne kolonije koje brzo rastu, ali mogu biti i promjenjive boje. Hlamidospore formira u velikom broju na CLA podlozi te se njihova veličina kreće od 9,3 do 12,2 μm , smeđe su i okrugle. Ima nazdemne hife koje bočno stvaraju konidiofore. Konidiofore se granaju u tanke izdužene monofialide koje proizvode konidije. *Fusarium solani* ima 5-13 kromosoma s veličinom genoma od oko 40 Mb. Micelij je bogat aminokiselinom alanin, kao i nizom masnih kiselina (aminobuterna, palmitinska, oleinska, linoleinska). Za rast zahtijeva kalij. Ova vrsta može razgraditi celulozu na optimalnom pH od 6,5 i temperaturi od 30° C.



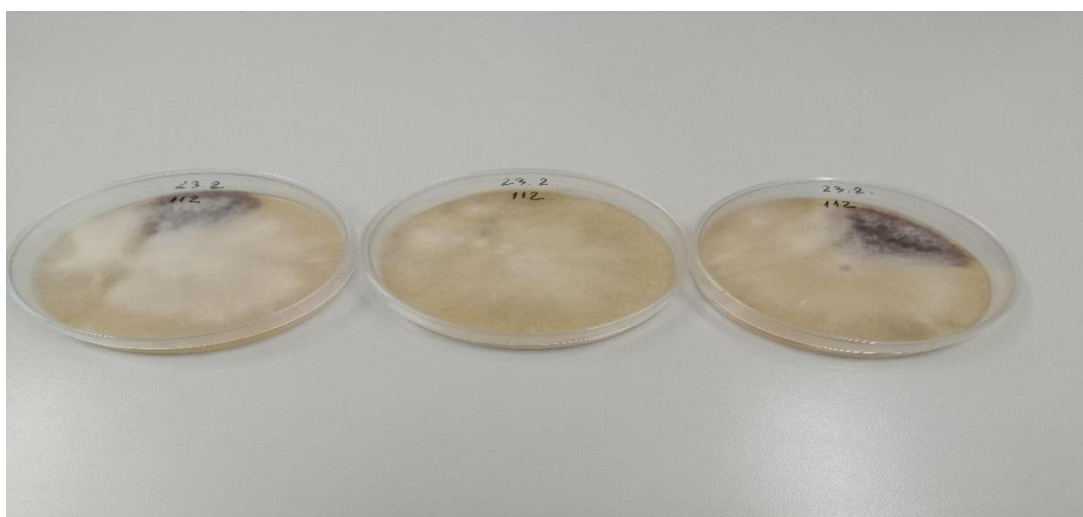
Slika 6. Micelij *Fusarium solani* (original)



Slika 7. Makrokonidije *Fusarium solani* (<https://repositorij.fazos.hr/>)

3. MATERIJAL I METODE

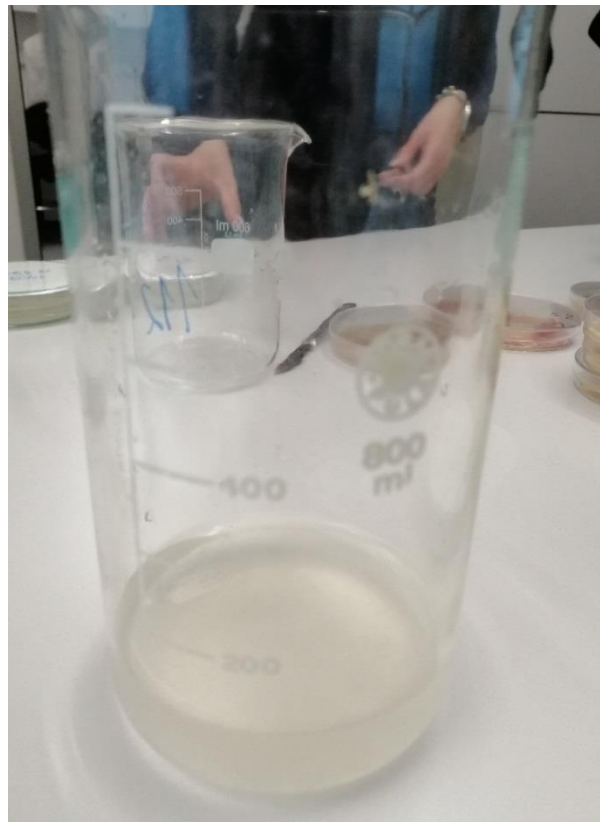
Endofitna gljiva *Fusarium solani* (izolat 112) izolirana je sa korova i prethodno je bila iskorištena u istraživanju o utjecaju endofitnih gljiva na kultivirane biljke. *Fusarium solani* je naciepljen na PDA podlogu (krumpir-dekstrozni agar, Difco) u Petrijevim zdjelicama koje su nakon naciepljivanja stavljene u komoru za uzgoj gljiva s režimom 12 sati dan, 12 sati noć, sa temperaturom od 22°C. Nakon 7 dana micelij gljive (Slika 8.) skalpelom je sastrugan sa podloge, te pomiješan s destiliranom vodom u mikseru (Slika 9.) kako bi se na kraju dobila suspenzija gljive (Slika 10.). Zrna pšenice su zatim površinski sterilizirana s etilnim alkoholom kako bi došlo do smanjenja mogućnosti razvitka sekundarnih organizama. U Petrijeve zdjelice je stavljen navlažen filter papir, te je zatim u svaku zdjelicu stavljeno 10 sjemenki netretirane pšenice (Slika 11.). Pokus se odvijao u 3 ponavljanja plus 3 ponavljanja kontrole. Kontrolna zrna su bila tretirana samo destiliranom vodom, a ostala su tretirana sa suspenzijom gljive koju smo dobili miješanjem u mikseru. Nakon tretiranja pšenica je stavljena u komoru sa temperaturom od 22°C na 24 sata. Nakon završetka 24 sata pšenica je sijana u posude sa pijeskom koji je bio prethodno steriliziran (Slika 12.). Pijesak se sterilizirao u sušioniku 6 sati na temperaturi od 100°C. 10 zrna pšenice je posijano u svaku posudu s pijeskom, ukupno je bilo posijano 6 posuda sa pijeskom (Slika 13.). Nakon završetka sijanja pšenice posude su stavljenje u komoru za uzgoj biljaka na 15 dana, te su redovito zalijevane (Slika 14.). Biljke su obrađene tako što je izmjeren broj izniklih zrna, duljina stabljike od mjesta gdje počinje korijen, broj listova i duljina listova te masa svježe tvari (Slika 15., i 16.). Pokus se ponavljao dva puta te su se nakon toga dobivene vrijednosti statistički obrađivale.



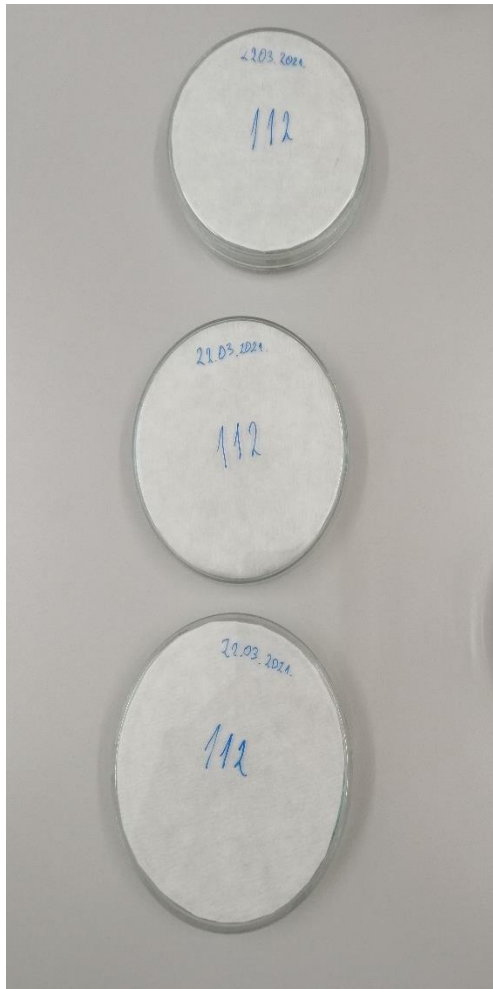
Slika 8. Micelij gljive *Fusarium solani* (original)



Slika 9. Meksanje micelija gljive sa destiliranom vodom (original)



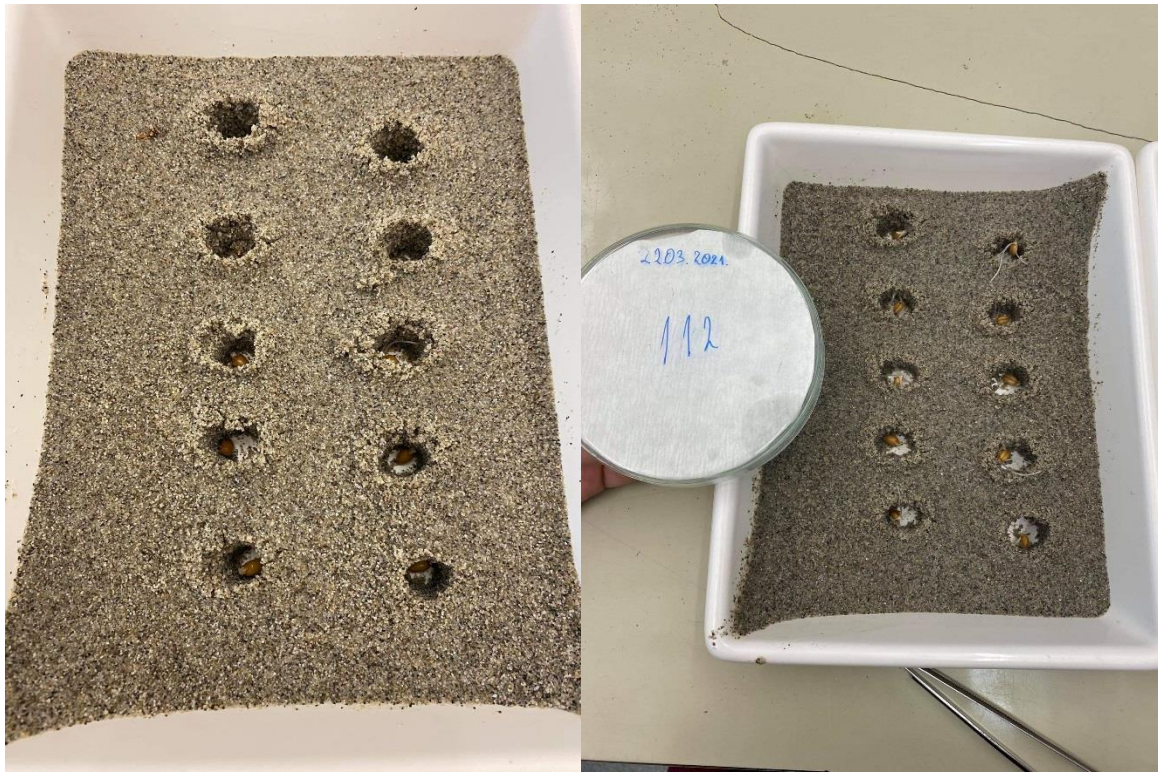
Slika 10. Suspenzija gljive (original)



Slika 11. Petrijeve zdjelice sa sjemenkama pšenice (original)



Slika 12. Steriliziran pijesak (original)



Slika 13. Sjetva zrna pšenice (original)



Slika 14. Komora za uzgoj biljaka (original)



Slika 15. Pokus 1, mjerenje iznikle pšenice (original)



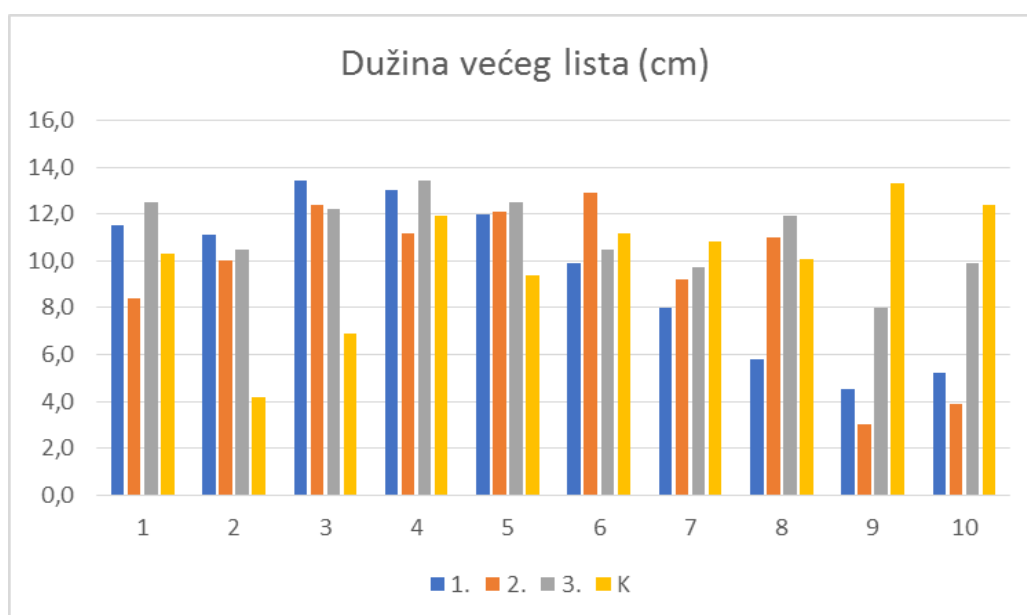
Slika 16. Pokus 2, mjerenje iznikle pšenice (original)

4. REZULTATI

Nakon mjerenja manjeg i većeg lista pšenice te masa svježe tvari dobiveni su sljedeći rezultati koji su prikazani u tablicama 1, 2 i 3, i grafikonima 1, 2 i 3.

Tablica 1. Utjecaj endofitne gljive *F. solani* na porast većeg lista pšenice (cm)

	1. Ponavljanje	2. Ponavljanje	3. Ponavljanje	Kontrola
	11,5	8,4	12,5	10,3
	11,1	10,0	10,5	4,2
	13,4	12,4	12,2	6,9
	13,0	11,2	13,4	11,9
	12,0	12,1	12,5	9,4
	9,9	12,9	10,5	11,2
	8,0	9,2	9,7	10,8
	5,8	11,0	11,9	10,1
	4,5	3,0	8,0	13,3
	5,2	3,9	9,9	12,4
Ukupno	94,4	94,1	111,1	100,5

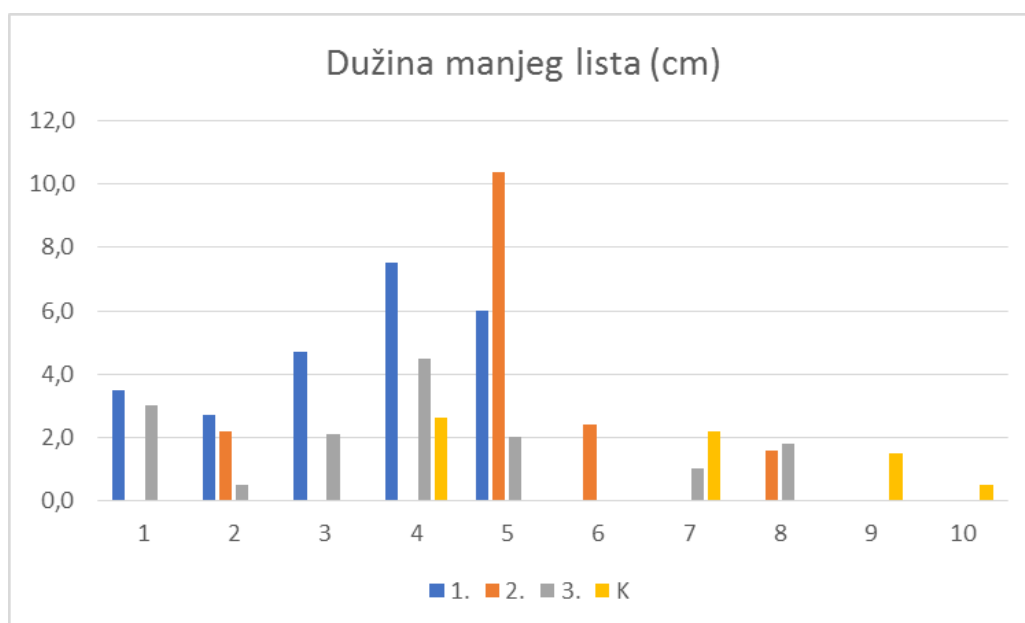


Grafikon 1. Utjecaj endofitne gljive *F. solani* na porast većeg lista

U zabilježenim podacima (Tablica 1., i grafikon 1.) prikazana je dužina većeg lista u usporedbi sa kontrolom u kojima je dobiven pozitivan utjecaj na porast većeg lista pšenice na biljkama koje su tretirane sa endofitnom gljivom *F. solani*.

Tablica 2. Utjecaj endofitne gljive *F. solani* na porast manjeg lista pšenice (cm)

	1. Ponavljanje	2. Ponavljanje	3. Ponavljanje	Kontrola
	3,5	x	3,0	x
	2,7	2,2	0,5	x
	4,7	x	2,1	x
	7,5	x	4,5	2,6
	6,0	10,4	2,0	x
	x	2,4	x	x
	x	x	1,0	2,2
	x	2,6	1,8	x
	x	x	x	1,5
	x	x	x	0,5
Ukupno	24,4	17,6	14,9	6,8

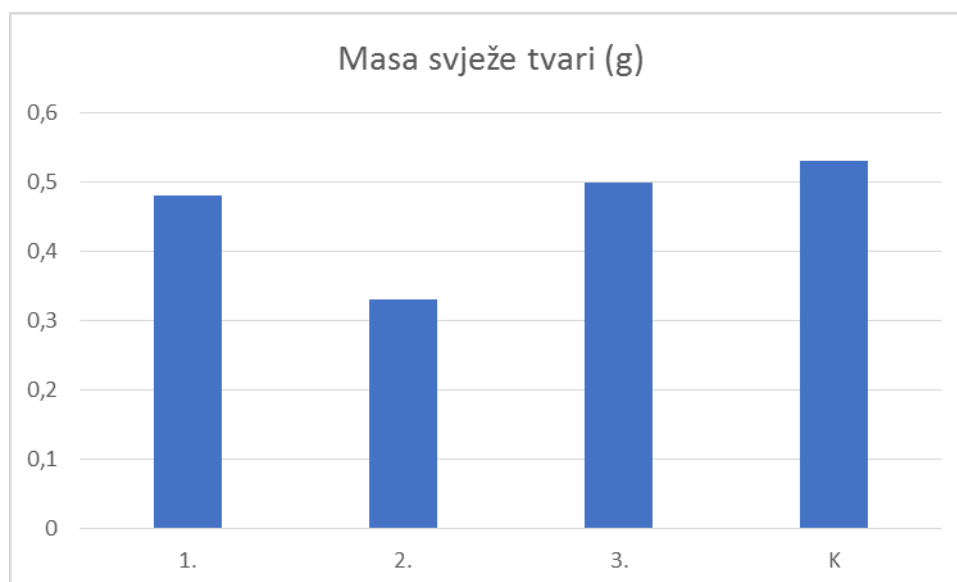


Grafikon 2. Utjecaj endofitne gljive *F. solani* na porast manjeg lista pšenice

Iz 2. grafikona također se može vidjeti pozitivan utjecaj na porast manjeg lista pšenice koji se dosta razlikuje u usporedbi sa kontrolom.

Tablica 3. Utjecaj endofitne gljive *F. solani* na masu svježe tvari pšenice

1. Ponavljanje	2. Ponavljanje	3. Ponavljanje	Kontrola
0,48	0,33	0,50	0,53



Grafikon 3. Utjecaj endofitne gljive *F. solani* na masu svježe tvari pšenice

Tretiranje biljaka endofitnom gljivom *Fusarium solani* nije značajno utjecalo na masu svježe tvari pšenice (Grafikon 3.) kao što je to bilo u slučaju sa porastom manjeg i većeg lista tretirane pšenice gdje je razlika vizualno dosta vidljiva, ali i u ovom slučaju odstupanja nisu znatno velika između netretiranih i tretiranih biljaka.

5. RASPRAVA

U našem istraživanju je bio uočljiv pozitivan utjecaj endofitne gljive *Fusarium solani* na porast i masu biljaka pšenice. Iako statistički nije bio značajan u tablicama i grafikonima je prikazan pozitivan utjecaj na porast većeg lista u usporedbi sa kontrolom, također kod utjecaja endofitne gljive *F. solani* na porast manjeg lista pšenice može se vidjeti da su dobiveni pozitivni rezultati u usporedbi sa kontrolom. Kod grafikona i tablice u kojemu je prikazana masa svježe tvari pšenice, kontrola ima nešto veću masu u usporedbi sa tretiranim biljkama. Iz tablica 1, 2 i 3 uočljivo je da ne postoji statistički značajna razlika između ne tretiranih i tretiranih biljaka. Vidljivo je da biljke koje su tretirane daju povećanje u porastu lista i masi svježe tvari. Može se zaključiti da endofitna gljiva *F. solani* pospješuje rast biljaka, ali da u ovom pokusu nije bila statistički značajna. Osim što mogu djelovati kao patogeni, gljive mogu pozitivno utjecati na rast i razvoj biljaka. Mikrobiološki inženjering je postupak unošenja mikroorganizama (u ovom istraživanju endofitna gljiva *Fusarium solani*) u biljku za poboljšanje njihovog razvitka te otpornosti na nepovoljne uvjete okoliša i štetne organizme. Potiču rast kroz poboljšanje fiksacije dušika, proizvodnju fitohormona, solubilizaciju fosfata te poticanje tolerancije na abiotske i biotske stresove (Jelenić i Ilić 2019.). Rizičnost primjene pojedinih insekticida, fungicida i herbicida za rukovatelja, potrošača, životnu sredinu te brza pojava rezistentnih jedinki u populaciji nekih štetnih vrsta, zabrana primjene sintetskih sredstava za zaštitu bilja u vrijeme zrenja i berbe doveli su do povećanja interesa i javnosti i struke za uvođenje alternativnih mjera u zaštiti bilja, gdje zaslužno mjesto zauzimaju biološki preparati i druge nepesticidne mjere (Lovrić, 2019.). Primjena mikroorganizama te njihovih metabolita u biološkoj zaštiti bilja nema negativan učinak na zdravlje ljudi, životinja i okoliš. Daljnja istraživanja o endofitnoj gljivi *F. solani* će se nastaviti provoditi i napredovati zbog njenog širokog raspona funkcionalnosti u poljoprivrednoj i farmaceutskoj industriji, u kontroli protiv biljnih bolesti i dr. O pozitivnom utjecaju endofitne gljive *Fusarium solani* na rast i razvoj biljaka istraživanjem je dokazao veliki broj autora.

Jelenić i Ilić (2019.) su proveli istraživanje o primjeni endofitnih *Fusarium* gljiva za poboljšanje rasta vinove loze u kojem su utvrdili da biljke koje su tretirane s endofitnom gljivom *Fusarium solani* imaju značajno veći porast i bujnije listove te da gljive pozitivno djeluju na zdravstveno stanje biljke čime se indirektno smanjuje mogućnost pojave bolesti jer su biljke otpornije.

Poštić i sur., (2012.) su proveli istraživanje gdje su iz korova koji rastu na poljoprivrednim tlima izolirali *Fusarium* vrste. Nakon toga za istraživanje se odabralo 30 *Fusarium* izolata za pšenicu i ispitivanje njihove patogenosti. Istraživanje je pokazalo da jedan dio izolata ima pozitivan učinak na masu zrna pšenice.

Ilić i sur., (2017.) proveli su istraživanje u kojem je izdvojeno pet *Fusarium* izolata, cilj je bio odrediti utjecaj izolata na parametrima rasta trešnje koje su uzgojene iz kulture tkiva. Rezultati su pokazali da je većina parametara veća nakon tretiranja endofitom. U prvom tretmanu se provodila inokulacija podloge, a u drugom inokulacija podloge i biljke. *Fusarium solani* je pokazala najveći utjecaj na rast i razvoj trešnje.

6. ZAKLJUČAK

Cilj diplomskog rada je bio utvrditi utjecaj endofitne gljive *Fusarium solani* na porast pšenice. Pri završetku pokusa biljke su se obrađivale na taj način da se je mjerio broj izniklih zrna, duljina stabljike gdje počinje korijen, broj listova te duljina listova i masa svježe tvari pšenice. Nakon ispitivanja utvrđeno je da *Fusarium solani* pozitivno utječe na porast lista i masu svježe tvari, ali da se dobiveni rezultati značajno ne razlikuju. Iako u radu rezultati nisu statistički značajni smatram da mogu biti predmet daljnih istraživanja jer su pokazali određeni pozitivan utjecaj te da se treba nastaviti ispitivanje djelovanja endofitne gljive *Fusarium solani* na porast biljaka i njihovo zdravstveno stanje.

7. LITERATURA

1. Afzal, I., Shinwari, Z. K., Sikandar, S., Shahzad, S. (2019.): Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. *Microbiological research*, 221, 36-49.
2. Carris, L.M., Little, C.R., Stiles, C.M. (2012.): Introduction to fungi. The Plant Health Instructor. *Phytopathology News*.
3. Coleman, J. J. (2016.): The *Fusarium solani* species complex: ubiquitous pathogens of agricultural importance. *Molecular plant pathology*, 17(2), 146-158.
4. Cvjetković, B. (2014.): Upravljanje rizikom od mikotoksina počinje u polju. *Glasilo biljne zaštite*, 14 (4), 317-328.
5. Domijan, K. (2017). Ispitivanje antifungalnog djelovanja sekundarnih metabolita endofitnih gljivica (Završni rad). 29.09.2017. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:529810>. (Pristupljeno: 20.04.2021.).
6. Ižaković, E. (2017). Utjecaj sekundarnih metabolita *Fusarium solani* na patogenu gljivicu *Fusarium culmorum* (Završni rad). 27.06.2017. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:371571>. (Pristupljeno: 20.04.2021.).
7. Izzati, M. N. A., Azmi, A. R., Nordahliawate, M. S., Norazlina, J. (2011.): Contribution to the knowledge of diversity of *Fusarium* associated with maize in Malaysia. *Plant Protection Science*, 47(1), 20-24.
8. Ilic, J., Cosic, J., Vrandecic, K., Dugalic, K., Pranjic, A., Martin, J. (2017.): Influence of endophytic fungi isolated from symptomless weeds on cherry plants. *Mycosphere*, 8(1), 18-30.
9. Jelenić, J., Ilić, J. (2019.): Primjena endofitnih *Fusarium* gljiva za poboljšanje rasta vinove loze. *Glasnik Zaštite Bilja*, 42(4), 44-47.
10. Krznarić, D. (2018). Izolacija i karakterizacija endofitskih bakterija iz soje (*Glycine max* L.) (Diplomski rad). 5.11.2018. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:332404>. (Pristupljeno: 5.5.2021.).
11. Kusari, S., Hertweck, C., Spiteller, M. (2012.): Chemical ecology of endophytic fungi: origins of secondary metabolites. *Chemistry & biology*, 19(7), 792-798.
12. Kandel, S. L., Joubert, P. M., Doty, S. L. (2017.): Bacterial endophyte colonization and distribution within plants. *Microorganisms*, 5(4), 77.

13. Kusari, S., Pandey, S. P., Spiteller, M. (2013.): Untapped mutualistic paradigms linking host plant and endophytic fungal production of similar bioactive secondary metabolites. *Phytochemistry*, 91, 81-87.
14. Kanižai Šarić, G., Milaković, Z., Krstanović, V. (2011.): Toksičnost *Fusarium* toksina. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, 6(3-4), 112-116.
15. Ma, L. J., Geiser, D. M., Proctor, R. H., Rooney, A. P., O'Donnell, K., Trail, F., Kazan, K. (2013.): *Fusarium* pathogenomics. *Annual review of microbiology*, 67, 399-416.
16. Postić, J., Cosić, J., Vrandečić, K., Jurković, D., Saleh, A. A., Leslie, J. F. (2012.): Diversity of *Fusarium* species isolated from weeds and plant debris in Croatia. *Journal of phytopathology*, 160(2), 76-81.
17. Sun, X., Guo, L. D. (2012.): Endophytic fungal diversity: review of traditional and molecular techniques. *Mycology*, 3(1), 65-76.
18. Stone, J. K., Polishook, J. D., White, J. F. (2004.): Endophytic fungi. *Biodiversity of Fungi*. Elsevier Academic Press, Burlington, 241-270.
19. Tan, R.X., Zou, W.X. (2001.): Endophytes: a rich source of functional metabolites. *Natural product reports*, 18(4), 448-459.

8. SAŽETAK

Cilj rada bio je ispitati utjecaj endofitne gljive *Fusarium solani* na porast pšenice. U pokusu su kontrolna zrna tretirana destiliranom vodom, a ostala suspenzijom gljive (*F. solani*). Pri završetku pokusa biljkama se mjerio broj izniklih zrna, duljina stabljike od mjesta gdje počinje korijen, broj listova, duljina listova i masa svježe tvari pšenice. Iz dobivenih rezultata može se potvrditi pozitivan utjecaj endofitne gljive *Fusarium solani* u usporedbi sa kontrolom, iako nije bio statistički značajan.

Ključne riječi: endofitna gljiva, *Fusarium solani*, pšenica, zrna, pokus.

9. SUMMARY

The aim of this study was to examine the influence of the endophytic fungus *Fusarium solani* on wheat growth. In the experiment, control grains were treated with distilled water and the rest with a suspension of the fungus (*F. solani*). At the end of the experiment, the number of sprouted grains, the length of the stem from the place where the root begins, the number of leaves, the length of the leaves and the mass of fresh wheat matter were measured. The obtained results can confirm the positive influence of the endophytic fungus *Fusarium solani* compared to the control, although it was not statistically significant.

Key words: endophytic fungus, *Fusarium solani*, wheat, grains, experiment.

10. POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA

Slika 1. Hife gljiva (https://hr.play-azlabs.com/obrazovanje/84050-cto-takoe-gify-osobnosti-stroeniya-gribov.html).....	4
Slika 2. Mikroskopski prikaz <i>Fusarium oxysporum</i> (https://alchetron.com/Fusarium-oxysporum).....	9
Slika 3. Mikroskopski prikaz <i>Fusarium graminearum</i> (https://www.researchgate.net/figure/Fusarium-graminearum-on-potato-dextrose-agar-PDA-and-macroconidia_fig2_235909623).....	9
Slika 4. Mikroskopski prikaz <i>Fusarium thapsinum</i> (https://www.jstor.org/stable/3761002?seq=1).....	10
Slika 5. Mikroskopski prikaz <i>Fusarium verticillioides</i> (https://en.wikipedia.org/wiki/Fusarium_verticillioides).....	10
Slika 6. Micelij <i>Fusarium solani</i> (original).....	14
Slika 7. Makrokonidije <i>Fusarium solani</i> (https://repositorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A1023/datastream/PDF/view	14
Slika 8. Micelij gljive <i>Fusarium solani</i> (original).....	15
Slika 9. Miksanje micelija gljive sa destiliranom vodom (original).....	16
Slika 10. Suspenzija gljive (original).....	16
Slika 11. Petrijeve zdjelice sa sjemenkama pšenice (original).....	17
Slika 12. Steriliziran pijesak (original).....	17
Slika 13. Sjetva zrna pšenice (original).....	18
Slika 14. Komora za uzgoj biljaka (original).....	18
Slika 15. Pokus 1, mjerenje iznikle pšenice (original).....	19
Slika 16. Pokus 2, mjerenje iznikle pšenice (original).....	19
Tablica 1. Utjecaj endofitne gljive <i>F. solani</i> na porast većeg lista pšenice (cm).....	20
Tablica 2. Utjecaj endofitne gljive <i>F. solani</i> na porast manjeg lista pšenice (cm).....	21
Tablica 3. Utjecaj endofitne gljive <i>F. solani</i> na masu svježe tvari pšenice.....	22
Grafikon 1. Utjecaj endofitne gljive <i>F. solani</i> na porast većeg lista.....	20

Grafikon 2. Utjecaj endofitne gljive <i>F. solani</i> na porast manjeg lista pšenice.....	21
Grafikon 3. Utjecaj endofitne gljive <i>F. solani</i> na masu svježe tvari pšenice.....	22

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij Ekološka poljoprivreda, smjer Ekološka poljoprivreda

Utjecaj endofitne gljive *Fusarium solani* na porast pšenice

Dora Radovanić

Sažetak:

Cilj rada bio je ispitati utjecaj endofitne gljive *Fusarium solani* na porast pšenice. U pokusu su kontrolna zrna tretirana destiliranom vodom, a ostala suspenzijom gljive (*Fusarium solani*). Pri završetku pokusa biljkama se mjerio broj izniklih zrna, duljina stabljike od mjesta gdje počinje korijen, broj listova, duljina listova i masa svježe tvari pšenice. Iz dobivenih rezultata može se potvrditi pozitivan utjecaj endofitne gljive *Fusarium solani* u usporedbi sa kontrolom, iako nije bio statistički značajan.

Rad je izrađen u: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: izv.prof.dr.sc. Jelena Ilić

Broj stranica: 30

Broj grafikona i slika: 19

Broj tablica: 3

Broj literaturnih navoda: 19

Broj priloga: -

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: endofitna gljiva, *Fusarium solani*, pšenica, zrna, pokus.

Datum obrane: 19.07.2021.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof.dr.sc. Jasenka Čosić, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Jelena Ilić, mentor
3. prof.dr.sc. Karolina Vrandečić, član

Rad je pohranjen u: Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Graduate thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

University Graduates studies Organic farming, course Organic farming

Influence of endophytic fungus *Fusarium solani* on wheat growth

Dora Radovanić

Abstract:

The aim of this study was to examine the influence of the endophytic fungus *Fusarium solani* on wheat growth. In the experiment, control grains were treated with distilled water and the rest with a suspension of the fungus (*F. solani*). At the end of the experiment, the number of sprouted grains, the length of the stem from the place where the root begins, the number of leaves, the length of the leaves and the mass of fresh wheat matter were measured. The obtained results can confirm the positive influence of the endophytic fungus *Fusarium solani* compared to the control, although it was not statistically significant.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences

Mentor: Jelena Ilić, PhD, Associate profesor

Number of pages: 30

Number od figures: 19

Number of tables: 3

Number of references: 19

Number of appendices: -

Original in: Croatian

Key words: endophytic fungus, *Fusarium solani*, wheat, grains, experiment.

Thesis defended on date: 19.07.2021.

Reviewers:

1. Jasenka Čosić, PhD, Full professor, president
2. Jelena Ilić, PhD, Associate professor, mentor
3. Karolina Vrandečić, PhD, Full professor, member

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