Ispitivanje antifungalnog djelovanja sekundarnih metabolita endofitnih gljivica

Domijan, Kristina

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:529810

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

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

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Kristina Domijan
Preddiplomski stručni studij Bilinogojstvo
Smjer Ratarstvo

Ispitivanje antifungalnog djelovanja sekundarnih metabolita endofitnih gljivica

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Kristina Domijan
Preddiplomski stručni studij Bilinogojstvo
Smjer Ratarstvo

Ispitivanje antifungalnog djelovanja sekundarnih metabolita endofitnih gljivica

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Kristina Domijan
Preddiplomski stručni studij Bilinogojstvo
Smjer Ratarstvo

Ispitivanje antifungalnog djelovanja sekundarnih metabolita endofitnih gljivica

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:
1. doc.dr.sc. Jelena Ilić, mentor
2. prof.dr.sc. Jasenka Ćosić, član
3. prof.dr.sc. Karolina Vrandečić, član

Osijek, 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Preddiplomski stručni studij Bilinogojstvo, smjer Ratarstvo

Završni rad

Kristina Domijan

Ispitivanje antifungalnog djelovanja sekundarnih metabolita endofitnih gljivica

Sažetak: Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi kako endofitna vrsta *Fusarium subglutinans* djeluje na fitopatogenu gljivicu *Fusarium culmorum*. Provedena su dva pokusa: ispitivanje antimikrobnog djelovanja ekstrakta endofitnih gljivica i metoda inokulacije sjemena. Ekstrakt gljivice *F. subglutinans* nije pokazao fungistatično djelovanje na porast gljivice *F. culmorum*. Metoda inokulacije sjemena s endofitom je dala statistički značajne razlike između klijanaca tretiranih s endofitom *F. subglutinans* i klijanaca koji su bili izloženi samo patogenu. Zrna pšenice inokulirana s endofitom su imala dulje klice. Možemo zaključiti da je endofit *F. subglutinans* pospješio rast i razvoj klice pšenice umjetno zaražene s *F. culmorum* te da je taj utjecaj bio statistički značajan.

Ključne riječi: endofiti, sekundarni metaboliti, *Fusarium subglutinans, Fusarium culmorum*

16 stranica, 9 slika, 2 tablice i 17 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agriculture in Osijek
Professional study Plant production

Final work

Investigation of antifungal influence of secondary metabolites of endophytic fungi

Summary: The aim of this study was to find out how endophytic species *Fusarium solani* affects growth of pathogenic fungi *Fusarium culmorum*. Two exsperiments were carried out: investigation of antimicrobial activity of extracts of endophytic fungi and method of grain inoculation. Extract of fungi *F. subglutinans* did not show fungistatic inflence on growth of fungi *F. culmorum*. Method of grain inoculation gave statistically significant difference between shoots infected with endophyte *F. subglutinans* and shoots only infected with pathogen. Wheat grains inoculated with endophyte had longer shoots. We can conclude that endophyte *F. subglutinans* promoted growth and development of grain shoot artificially infected with *F. culmorum* and that influence was statistically significant.

Key words: endophyte, secondary metabolites, *Fusarium subglutinans, Fusarium culmorum*

16 pages, 9 figures, 2 tables, 17 references

Final work is archived in Library of Faculty og Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek

SADRŽAJ Str.

1. UVOD…….…...1

1.1. Biološka kontrola bolesti…….2

1.2. *Fusarium subglutinans*…….....3

1.3. *Fusarium culmorum*…….....4

2. MATERIJAL I METODE…….……..5

2.1. Priprema ekstrakta endofitnih gljivica….……5

2.2. Uzgoj endofitnih i patogenih gljivica……..……....5

2.3. Ispitivanje antimikrobnog djelovanja ekstrakta endofitnih gljivica…….....5

2.3.1. *Primjena filter papira*…….……..5

2.3.2. *Primjena metode otvora na PDA podlozi*…….….....6

2.3.3. *Metoda inokulacije sjemena*……7

3. REZULTATI I RASPRAVA…….…….....10

4. ZAKLJUČAK…….....14

5. LITERATURA…….....……..15

1. UVOD

U endofitne organizme spadaju bakterije i gljive koje borave unutar biljnog tkiva te uzrokuju starenje tkiva domaćina (Tan i Zou, 2001). Sve vrste biljaka koje su proučavane u sebi skrivaju barem jednog endofita (Kusari i sur., 2012). Od biljke domaćina endofiti uzimaju nutrijente, a proizvode funkcionalne metabolite za njenu obranu. Endofiti pozitivno utječu na ubrzan rast biljke, negativne učinke okoliša i povećavaju otpornost na fitopatogene.

Gljive se od bakterija razlikuju po načinu razmnožavanja, fiziologiji, te imaju jezgru i dvoslojnu membranu (Karakašević, 1987.). Budući da nemaju kloroplaste, gljive ubrajamo u heterotrofne organizme. Djelimo ih na saprofite, nekrotrofite, simbionte i parazite (Pusztahelyi i sur., 2015). Gljive koje se hrane na mrtvoj biljci nazivaju se saprofiti, one koje prikupljaju hranjive tvari iz žive biljke nazivaju se biotrofi, a gljive koje parazitiraju zdrave stanice biljke i hrane se njihovim nutrijentima nazivaju se nekrotrofi (Carris i sur., 2012.). Gljive proizvode velik broj sekundarnih metabolita neobične kemijske strukture, najčešće u vrijeme aktivnog rasta (Tan i Zou, 2001).

Gljive roda *Fusarium* pripadaju razredu *Hyphomycetes*, redu *Hyphales*. Rod *Fusarium* obuhvaća više od 1000 vrsta prisutnih u svim dijelovima svijeta zbog velike sposobnosti prilagođavanja različitim agroklimatskim uvjetima (Ćosić i sur., 2004.). Pojedine vrste su saprofitske, a neke vrste su fakultativni paraziti. Fitopatogene vrste napadaju velik broj kulturnih biljnih vrsta i korova, značajno smanjuju prinos i kakvoću uroda te radi toga spadaju u ekonomski najznačajnije štetnike (Ćosić i sur., 2004.). Uzročnici su mikoza kod biljaka i mikotoksikoza kod životinja i ljudi (Poštić, 2012.a). Mogu izazvati različite vrste bolesti ovisno o biljnoj vrsti i stadiju razvoja u kojem je zaraza nastala: truljenje sjemena, palež klijanaca, trulež korijena, lukovica i gomolja, korijenovog vrata, donjeg dijela stabljike, palež klasova, trulež klipa, uvelost biljaka (Lević, 2008.). *Fusarium* vrste se razlikuju od ostalih gljiva po svojim srpastim makrokonidijama koje se razlikuju po zakrivljenosti, dužini, širini, broju septi, izgledu bazalne i vršne stanice (Poštic, 2012.a).

U prethodnom istraživanju Poštić i sur (2012.b) izolirani *su Fusarium spp*. s korova koji rastu na poljoprivrednim tlima. Izvršen je test patogenosti 30 *Fusarium* izolata za pšenicu (Ilić i sur., 2012.). Neki od izolata pozitivno djeluju na masu zrna pšenice. Na

višnji uzgojenoj iz kulture tkiva endofiti pozitivno djeluju na njen rast i razvoj (Ilić i sur., 2017.).

Iste izolate primjenjujemo u daljnjem istraživanju utjecaja na patogene uzročnike bolesti iz roda *Fusarium* spp. Cilj našeg istraživanja bio je utvrditi kako endofitna vrsta *Fusarium subglutinans* djeluje na fitopatogenu vrstu *Fusarium culmorum*.

1.1. Biološka kontrola bolesti

U poljoprivrednoj proizvodnji vrlo je važna biološka zaštita. U prirodi svaki živi organizam ima svog prirodnog neprijatelja što osigurava ravnotežu u prirodi. Biološka zaštita je ekološki prihvatljivija, ali i složenija od kemijske zaštite te koristi prirodne neprijatelje patogena za suzbijanje njihove populacije. Najuspješnija sredstva za biološku kontrolu su ona koja se mogu primijeniti pomoću postojećih strojeva i metoda. Stoga su formirana u obliku granula, praha za prskanje ili na bazi ulja tekućih proizvoda s raznim aditivima. U budućnosti možemo očekivati pad u korištenju kemijskih sredstava. Endofitne gljivice se također mogu primjenjivati kao biološka zaštita u borbi protiv patogenih organizama.

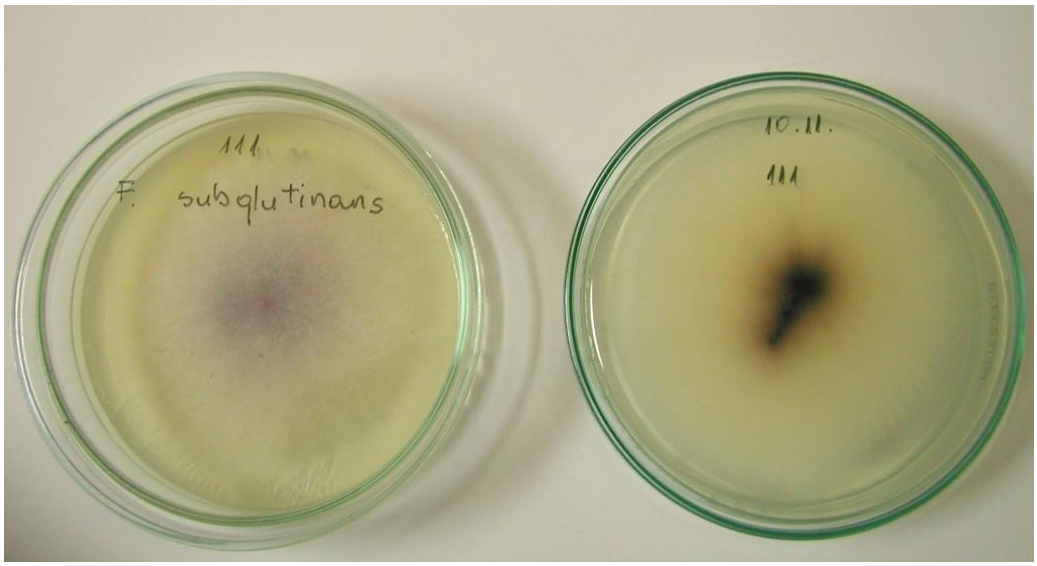
1.2. *Fusarium subglutinans* (Wollenw. & Rein.) Nelson, Tousson & Marasas

Teleomorf *Gibberella subglutinans* Nelson, Tousson i Marasas.

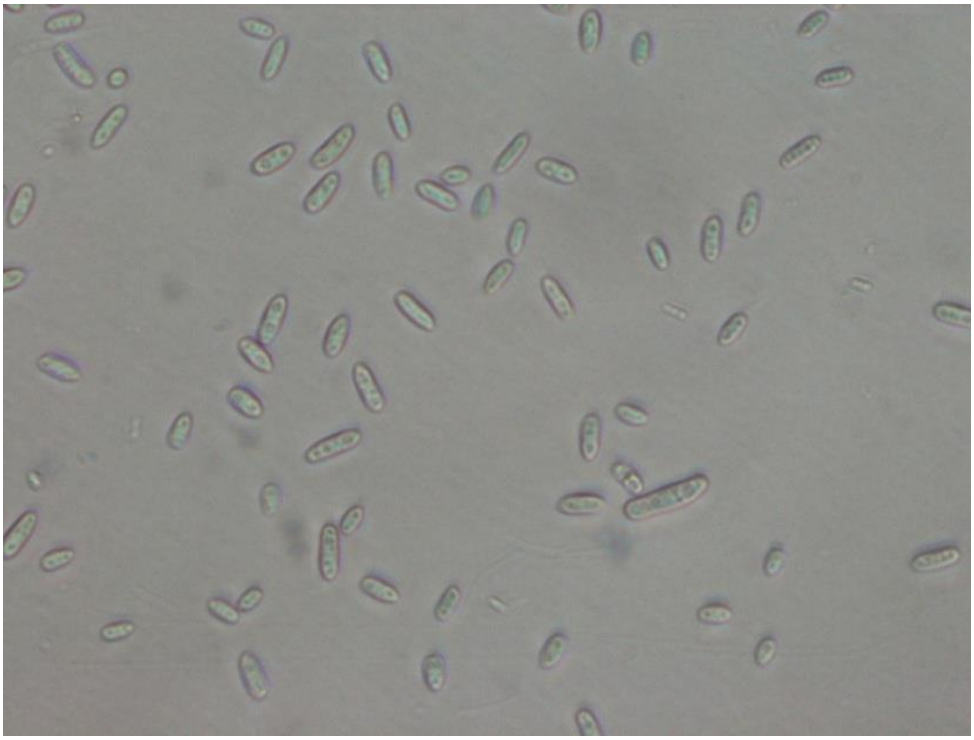
Sinonimi: *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*, *Fusarium sacchari* var. *subglutinans*, *Gibberella fujikuroi* mating population E

Fusarium subglutinans na PDA podlozi razvija bijeli micelij koji vremenom mijenja boju u ljubičastu (slika 1.), dok se boja podloge kreće od bezbojne do tamno ljubičaste ili crne (Poštić, 2012.a). Jednostanične i ovalne mikrokonidije veličine 7,3-12,4 x 1,5-2,8 µm (slika 2.) nastaju u lažnim glavicama. Stvara ih u velikom broju na mono i polifijalidama. Makrokonidije s tri septe veličine 28,1-45,6 do 3,5-4,1 µm., tanke i srpaste češće su na CLA podlozi. Ne stvara hlamidospore.

F. subglutinans je izoliran s ostataka kukuruza (28 izolata), *A. theophrasti* (2 izolata), *A. artemisiifolia* (2 izolata) te po jedan izolat s *C. album*, *A. blitoides*, *R. crispus*, *P. lapathifolium* i *X. strumarium.*



Slika 1. *F. subglutinans* na PDA podlozi (Poštić, 2012.a)



Slika 2. Mikrokonidije *F. subglutinans* (Poštić, 2012.a)

1.3. *Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc.

Teleomorf: nepoznat

Patogena gljiva koja pripada skupini Discolor je uzročnik fuzariozna žitarica i stvara mikrokonidije samo pod određenim uvjetima. Najčešće obitava na biljnim ostacima u tlu, u hladnijim dijelovima Europe.

Glavni način širenja *F. culmorum su* aseksualne askospore ili konidije koje se šire putem vjetra i kiše. Klas pšenice je inficiran tijekom anteze, a stupanj zaraženosti ovisi o vanjskim čimbenicima, otpornosti kulture na patogen i primjerenu gnojidbu N.

Na PDA podlozi (potato dextrose agar) gljiva vrlo brzo razvija svoj micelij. U početnom porastu micelij je blijedo narančaste boje, vremenom prelazi u crvenkastu do tamno smeđu boju.

Makrokonidije su podijeljene na 3 do 4 septe, jednake veličine i oblika. Nastaju na konidioforima u sporodohijama. Kratke su, šire u sredini, trbušna strana im je ravna a leđna zakrivljena. Hlamidospore stvara vrlo brzo u velikom broju, u zasebnim zancima ili u skupinama.

Fusarium culmorum na žitaricama malog zrna, a najviše na pšenici i ječmu prouzrokuje fuzarijsku palež klasa, trulež korijena i donjeg dijela stabljike. Smanjena je kvaliteta i prinos te su žitarica zagađene mikotoksinima (Scherm i sur., 2013.). Pravi štete i na jagodama, karanfilima, poriluku.

Slika 3. *Fusarium culmorum* (Poštić, 2012.a)

2. MATERIJAL I METODE

2.1. Priprema ekstrakta endofitnih gljivica

U Petrijevu se zdjelicu sa endofitnom gljivicom *F. subglutinans* (izolat broj 111) doda 20 ml 100% metanola te se posude oblijepe parafilomom. Zbog mogućnosti trovanja otrovnim parama metanol se izlije u male labaratorijske čaše i ostavi u digestoru kako bi ispario. Tankom sloju suhog taloga ostalog na dnu čašice se doda destilirana voda.

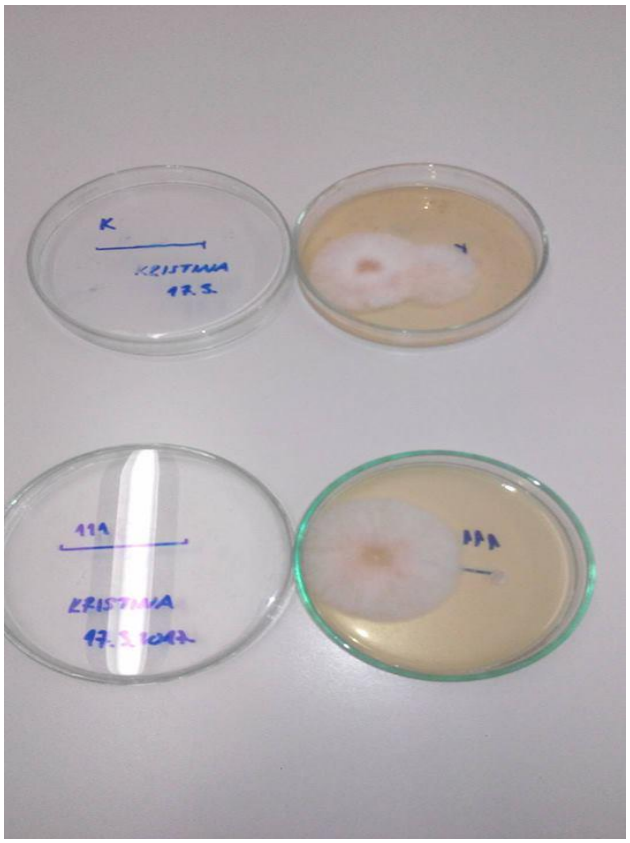
2.2. Uzgoj endofitnih i patogenih gljivica

Endofitnu gljivicu *F. subglutinans* (izolat broj 111) i patogenu gljivicu *F. culmorum* uzgajali smo na hranjivoj podlozi krumpir dekstrozni agar (potato dextrose agar - PDA). Micelij gljivice se s prethodno steriliziranom iglom stavi na sredinu PDA podloge u Petrijevu zdjelicu. Uzgaja se 7 dana u komori na 22°C pri relativnoj vlazi zraka 80% i u svjetlosnom režimu 12 sati dan, 12 sati noć. Razvijeni micelij *F. culmorum* odvojimo u čašu te dodamo 100 ml destilirane vode. Nastalu suspenziju koristimo kao izolat patogena.

2.3. Ispitivanje antimikrobnog djelovanja ekstrakta endofitnih gljivica

2.3.1. *Primjena filter papira*

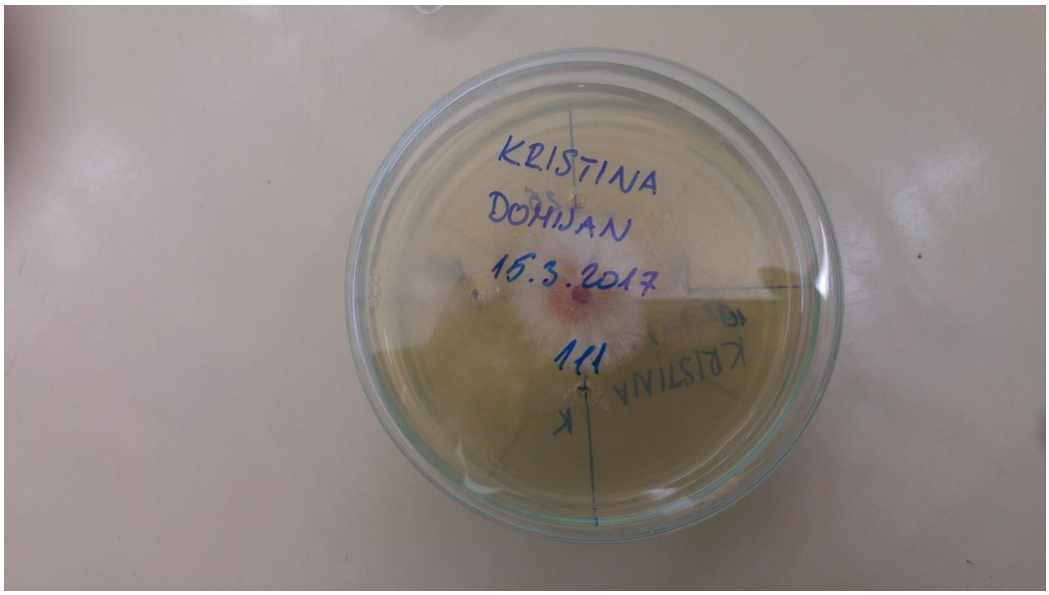
Kružić filter papira stavi se pincetom na 30 sec. u prethodno pripremljeni ekstrakt te na PDA podlogu. *F. culmorum* se nacijepi na PDA podlogu u Petrijevoj zdjelici na udaljenosti od 4cm.



Slika 4. Mjerenje porasta *F.c.* i kontrola (original)

2.3.2. *Primjena metode otvora na PDA podlozi*

U PDA podlozi s prethodno steriliziranim bušačem se naprave četiri okrugla otvora koja se ispune podlogom kako tekućina ne bi otišla pod podlogu. Svaki otvor se ispuni ekstraktom endofitne gljivice, a u sredinu se nacijepi patogena gljivica *F. culmorum.* Brzina rasta patogene *F. culmorum* mjeri se 3., 5. i 7. dan nakon nacjepljivanja (Slika 4.).

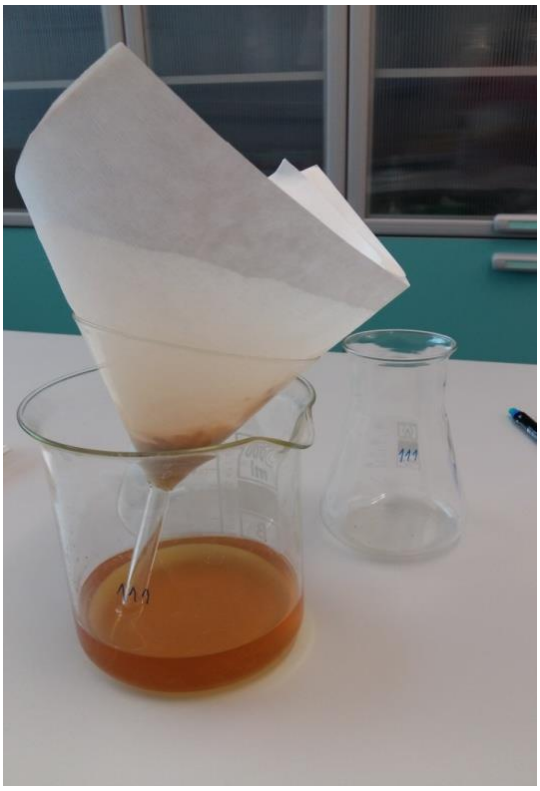


Slika 5. Metoda otvora u PDA podlozi (original)

2.3.3. *Metoda inokulacije sjemena*

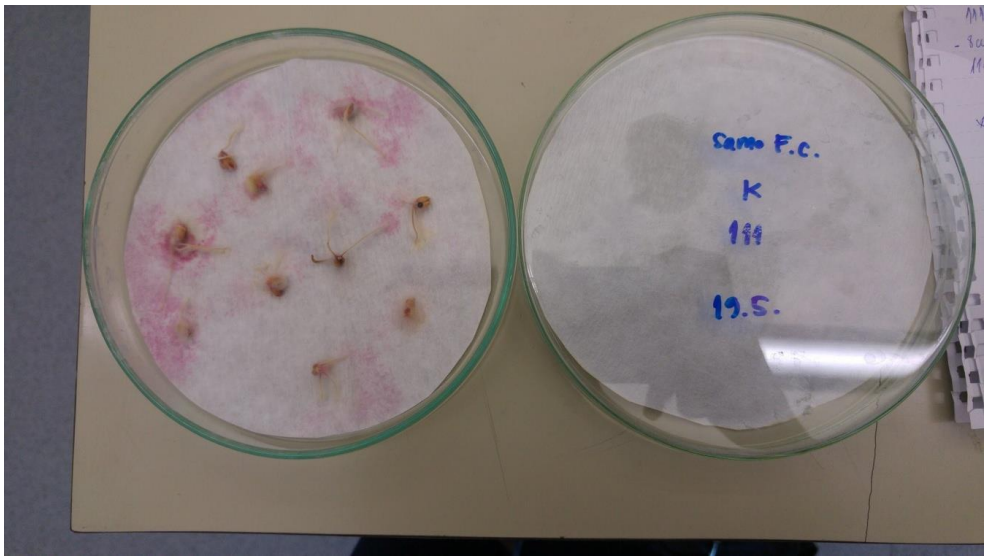
Fusarium se uzgaja na PDA podlozi 7 dana te nakon toga nacijepi u tekuću podlogu PDB (Potato Dextrose Broth). U svaku Erlenmayer tikvicu od 500 ml se stavi 250 ml podloge i drži na horizontalnoj tresilici 7 dana. Tim postupkom se omogućava aeracija uzorka i spriječava razvoj štetnih mikroorganizama. Suspenziju procijedimo kroz filter papir nakon 7 dana. Za antifungalno djelovanje primjenimo tekući dio.

U dobivenu suspenziju natopimo zrna pšenice. Nakon 2 sata ista zrna stavimo na vlažni filter papir u Petrijevu zdjelicu. Klijance 3 dana nakon toga natapamo sat vremena u suspenziju *F. culmorum.* Suspenzija *F. culmorum* se dobija tako da se *F. culmorum* uzgaja na PDA podlozi 7 dana, micelij se sastruže i doda mu se 40 ml vode. Klijanci se stave na vlažni filter papir po 10 zrna u jednu Petrijevu zdjelicu. Nakon 7 dana se mjeri dužina klijanaca i broj isklijalih zrna.

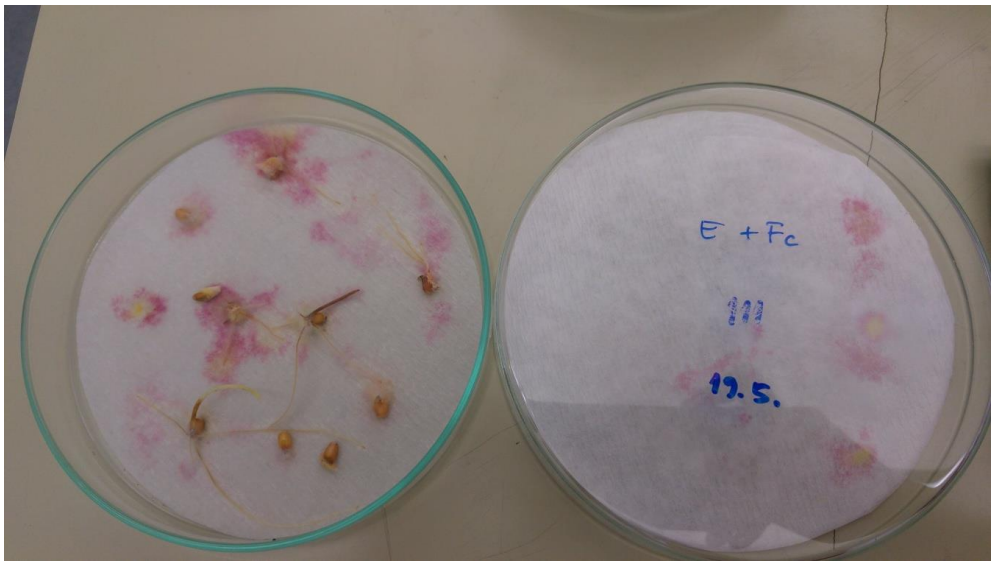


Slika 6. *Fusarium* nacijepljen u tekuću podogu (original)

Slika 7. Mućkalica (original)



Slika 8. Kontrola samo *F.culmorum* (original)



Slika 9. Kontrola endofit + *F. culmorum* (original)

3. REZULTATI I RASPRAVA

Metode kružića filter papira i otvora u PDA podlozi nisu dale statistički značajne rezultate pri poređenju utjecaja endofitne gljivice na patogen *F. culmorum*.

Metoda inokulacije sjemena s endofitom je pokazala statistički značajne razlike između sjemena inokuliranog s endofitom te naturalnog sjemena, gdje je kod prvog klica bila dulja (Tablica 1 i 2).

Tablica 1. Dužine klica isklijalih zrna pšenice

PONAVLJANJA	TRETMANI			
	1	2	3	K
1	0,3	3,8	4,0	1,3
2	0,5	1,9	3,5	0,3
3	1,3	0,3	0,3	0,4
4	-	0,5	0,2	-
5	-	0,2	0,6	-
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-

TRETMAN 1, 2, 3 – *F. subglutinans* i *F. culmorum;* K – kontrola (samo *F. culmorum*)

Unutar svakog od tri tretmana *F. subglutinans* i *F. culmorum* korišteno je 10 zrna pšenice. U prvom tretmanu pri mjerenju 3. dan, isklijalo je 3 zrna pšenice. U drugom tretmanu pri mjerenju 5. dan, isklijalo je 5 zrna pšenice. U trećem tretmanu pri mjerenju 7.

dan isklijalo je 5 zrna pšenice. Unutar kontrole *F. culmorum* korišteno je 10 zrna pšenice. Isklijalo je 3 zrna pšenice.

Tablica 2. Ispitivanje utjecaja gljivice *F. subglutinans* na klijavost zrna pšenice zaraženog s *F. culmorum* (jednosmjerna analiza varijance)

Izvor varijabilnosti	Stupanj slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F
Tretmani	1	0.4931	0.4931	1.741875**
Greška	4	1.1323	0.2831	
Ukupno	5	1.6253		
Prosjek pokusa	0.9533	$LSD_{5\%}$	1.2059	
Standardna greška pokusa	0,3072	$LSD_{1\%}$	2.0000	

Za uspoređivanje sredine tretmana $T = (x_1 – x_2)/0,434$

Statističkom analizom utvrđene su statistički značajne razlike između zaraženih klijanaca tretiranih s endofitom *F. subglutinans* i klijanaca koji su bili izloženi samo patogenu. Zrna pšenice umjetno inficirana s endofitom su imala dulje klice. Možemo zaključiti da endofit *F. subglutinans* pospješuje razvoj klice pšenice umjetno inficirane s *F. culmorum* te da je njegov utjecaj statistički značajan.

Danas se sve više ispituje antifungalno djelovanje sekundarnih metabolita endofitnih gljivica. Da sekundarni metaboliti povećavaju otpornost na fitopatogene i pozitivno utječu na biljku domaćina do danas je dokazao velik broj autora.

Kriptocin je snažan antimikotik izoliran iz endofitne gljive *Cryptosporiopsis quercina* prisutnoj u stabljici *Tripterygium wilfordii*, a djeluje na snijet riže *Pyricularia oryzae* koja čini 30 % ukupne svjetske štete na usjevu riže (Tan i Zou, 2001.).

Biofungicid izoliran iz endofitne gljive *Ampelomyces quisqualis* pokazuje visok stupanj učinkovitosti u borbi protiv pepelnice vinove loze.

Vrste gljivica *Trichoderma harzianum* imaju svojstva proizvođača antibiotika i enzima kojima razgrađuju hitin i glukone, te su tako značajni u suzbijanju patogena sive pljesni *Botrytis cinerea* na vinovoj lozi, ratarskim i povrtnim kulturama. Pozitivno djeluju na svojstva tla, rast biljaka i prinos (Šubić, 2013.).

Obledo i sur. (2003.) izolirali su *Fusarium oxysporum* iz biljke *Agave vitoria reginae Moore*. Uzorak su koristili u stakleniku za umjetnu infekciju mikro propagiranih biljaka *Agave vitoria reginae*. *Fusarium oxysporum* je dao pozitivan učinak na biljku. Biljke su imale veći korijen, veći broj postrnih korjenčića i stomata, te se povećao sadržaj šećera i klorofila. Biljka je otpornija na bolesti zbog veće fotosintetske učinkovitosti.

Kumar i Kaushik (2013.) izolirali su *Fusarium oxysporum* iz biljke *Jatropha curcas* L, velikog potencijala kao biogorivo. To je biljka koja se prilagođava različitim uvjetima okoliša, te je otporna je na bolesti i štetnike. Ekstrakti endofitnih gljiva izoliranih iz listova *Jatropha curcas L* antifungalno djeluju protiv patogenih gljiva roda *Fusarium.*

Taechowisan i sur. (2005.) izolirali su gljivu *Streptomyces aureofaciens* CMUAc130 iz korijena *Zingiber officinale*. *Streptomyces aureofaciens* CMUAc130 sprječava rast *Fusarium oxysporum* i *Colletotrichum musae* koji su uzročnici antraknoze žita pšenice.

Istraživanje opisano u ovom radu je potaknuto prijašnjim istraživanjem koje je provedeno 2012. godine, gdje su izolirane *Fusarium* vrste s korova na poljoprivrednim tlima. Neki od izolata pozitivno djeluju na masu zrna pšenice (Poštić i sur., 2012.b). Ilić i sur. (2017.) su u drugom istraživanju ispitali utjecaj pet *Fusarium* izolata na rast trešnje uzgojene iz kulture tkiva. U prvom tretmanu provedena je inakulacija podloge, a u drugom inakulacija podloge i biljke. *Fusarium solani* pokazao je najveći pozitivan utjecaj na razvoj trešnje.

U budućnosti treba nastaviti ispitivati antifungalno djelovanje endofitne gljivice *Fusarium subglutinans*, čiji je izolat korišten u ovom istraživanju. Rezultati su pokazali

određeni pozitivan utjecaj na klijavost zrna pšenice, te rast i razvoj klijanaca tretiranih u kombinaciji patogena i endofita. Otvara se mogućnost da je potrebno duže vrijeme razvoja endofita unutar biljke kako bi mogao imati antifungalni utjecaj. Endofitne *Fusarium* vrste kao antagonistički mikroorganizmi su budućnost u biološkoj kontroli fitopatogena.

4. ZAKLJUČAK

Nakon ispitivanja u prvom pokusu utvrdili smo da ekstrakt gljivice *F. subglutinans* ne pokazuje fungistatično djelovanje na porast gljivice *F. culmorum*. Jedan od razloga može biti taj što endofitna gljivica u biljci konstantno izlučuje sekundarne metabolite i tako dulje vrijeme štiti biljku od patogena. Otvara se mogućnost da u metodama koje smo primjenili sekundarni metaboliti gljivica nakon prve aplikacije gube učinak.

Metoda inokulacije sjemena s endofitom je pokazala statistički značajne razlike između zaraženih klijanaca tretiranih s endofitom *F. subglutinans* i klijanaca koji su bili izloženi samo patogenu. Zrna pšenice umjetno inficirana s endofitom su imala dulje klice. Možemo zaključiti da endofit *F. subglutinans* pospješuje rast i razvoj klice pšenice umjetno inficirane s *F. culmorum* te da je njegov utjecaj statistički značajan.

Mala je vjerojatnost da će biološka zaštita u potpunosti zamijeniti korištenje kemijskih sredstava, no ona je poljoprivrednoj proizvodnji vrlo je važna pa možemo očekivati pad u korištenju kemijskih sredstava.

5. LITERATURA

Knjiga:

1. Carris, L.M., Little, C.R., Stiles, C.M. (2012.): Introduction to fungi. The Plant Health Instructor.
2. Ćosić, J., Vrandečić, K., Svitlica, B. (2004.): Fusarium vrste izolirane s pšenice i kukuruza u istočnoj Hrvatskoj. Poljoprivreda, 10 (1): 5-8.
3. Karakašević, B. (1987): Mikrobiologija i parazitologija, Medicinska knjiga Bgd – Zgb, 1391.
4. Kumar, S., Kaushik, N. (2013.): Endophytic fungi isolated from oil-seed crop *Jatropha curcas* produces oil and exhibit antifungal activity. PloS one, 8(2): e56202.
5. Kusari, S., Hertweck, C., & Spiteller, M. (2012.): Chemical ecology of endophytic fungi: origins of secondary metabolites. *Chemistry & biology*, *19*(7), 792-798.
6. Lević, J. (2008.): Vrste roda Fusarium. Cicero. Beograd, Srbija.
7. Obledo, E.N., Barragán-Barragán, L.B., Gutiérrez-González, P., Ramírez-Hernández, B. C., Ramírez, J.J., Rodríguez-Garay, B. (2003.): Increased Photosyntethic efficiency generated by fungal symbiosis in *Agave victoriareginae*. Plant cell, tissue and organ culture, 74(3): 237-241.
8. Pusztahelyi, T., Holb, I.J., Pócsi, I. (2015.): Secondary metabolites in fungus-plant interactions. Frontiers in plant science, 6, 573.
9. Scherm, B., Balmas, V., Spanu, F., Pani, G., Delogu, G., Pasquali, M., Migheli, Q. (2013.): Fusarium culmorum: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. Molecular Plant Pathology, 14(4), 323-341.
10. Šubić, M.(2013.): Biološkom borbom protiv biljnih patogena, medjimurje hr.
11. Tan, R.X., Zou, W.X. (2001.): Endophytes: a rich source of functional metabolites. Natural product reports, 18(4), 448-459.
12. Taechowisan, T., Lu, C., Shen, Y., Lumyong, S. (2005.): Secondary metabolites from endophytic *Streptomyces aureofaciens* CMUAc130 and their antifungal activity. Microbiology, 151(5): 1691-1695.

Kvalifikacijski radovi:

1. Ilić, J., Ćosić, J., Jurković, D., Vrandečić, K. (2012.): Pathogenicity of *Fusarium* spp. isolated from weeds and plant debris in eastern Croatia to wheat and maize. Agriculture 18, 7-11.
2. Ilić, J., Ćosić, J., Vrandečić, K., Dugalić, K., Pranjić, A., Martin. J. (2017.): Influence of endophytic fungi isolated from symptomless weeds on cheery plants. Mycosphere 8(1): 18-30.
3. Postic, J., Cosic, J., Jurkovic, D., Vrandecic, K., 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.
4. Poštić, J. (2012). Morfološka i molekularna identifikacija *Fusarium* vrsta i njihova patogenost za pšenicu. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

Internetske stranice:

5. http://bugs.bio.usyd.edu.au/learning/resources/PlantPathology/disease_mgmt/biological_ctrl.html (23.5.2016.).