

Mogućnosti primjene *Trichoderma* vrsta u suzbijanju gljivičnih bolesti masline (*Olea europaea* L.)

Sažetak

Maslina (*Olea europaea* L.) je važna kultura koja se uzgaja u mediteranskom dijelu Republike Hrvatske. U posljednje vrijeme gljivične bolesti maslina predstavljaju sve veći izazov za proizvođače. Kao najčešća mjera u suzbijanju primjenjuju se kemijska sredstva za zaštitu bilja. Međutim, kemijska sredstva ispoljavaju vrlo štetan utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi i životinja i ne samo da suzbijaju štetne organizme već čine štete i po korisne organizme, što dovodi do ekološke neravnoteže. Stoga, proizvođači se sve češće okreću alternativnim metodama zaštite i primjeni bioloških sredstava za zaštitu bilja. *Trichoderma* vrste dokazano suzbijaju veliki broj fitopatogenih gljiva i pokazuju potencijal u suzbijanju fitopatogena masline.

Gljučne riječi: biološka zaštita, maslina, *Trichoderma* spp.

Uvod

Maslina (*Olea europaea* L.) je kultura od iznimnog značaja u mediteranskom dijelu Republike Hrvatske te je, iza vinove loze, najzastupljenija kultura koja se uzgaja na ovom području (Gluhić, 2020). Proteklih godina zabilježena je povećana potražnja za maslinama i maslinovim uljem, a posljedično dolazi i do povećanja proizvodnje. Intenziviranjem proizvodnje raste i potreba za primjenom sredstava za zaštitu bilja. Gljivične bolesti maslina predstavljaju sve veći problem za proizvođače. Bez obzira na postignuti napredak u istraživanjima novih mogućnosti i metoda zaštite bilja, uporaba kemijskih sredstava za zaštitu bilja još će dugo ostati osnovna mjera zaštite poljoprivrednih kultura od štetočinja (Havranek i sur., 2014). Nestručna, nekontrolirana i prekomjerna upotreba kemijskih sredstava može dovesti do pojave rezistentnosti patogena, nakupljanja rezidua u vodi, hrani i tlu, negativnog utjecaja na kompletni ekološki sustav, uključujući i korisne organizme te posljedično može imati negativan utjecaj i na zdravlje ljudi i životinja.

Trenutno u FIS bazi (FIS, 2023) postoji 16 registriranih fungicida koji se mogu primjenjivati u suzbijanju patogenih gljiva na maslini (Tablica 1).

Gramaje i sur. (2018) ističu važnost primjene antagonističkih mikroorganizama i biološke zaštite. Naglašavaju kako bi ovaj način zaštite trebao biti prioritet budućih istraživanja, s obzirom na ograničenja i poteškoće primjene kemijskih sredstava za zaštitu s kojima se suočava većina zemalja. Potencijal u biološkoj zaštiti od fitopatogenih gljiva pokazale su gljive iz roda *Trichoderma*.

¹ Elena Petrović, mag.ing.agr, dr.sc. Sara Godena, Institut za poljoprivredu i turizam, Karla Huguesa 8, 52 440 Poreč, Hrvatska
² Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek, Hrvatska
Autor za korespondenciju: elena@iptpo.hr

Tablica 1. Popis registriranih fungicida za primjenu u proizvodnji maslina u Hrvatskoj
Table 1. List of registered fungicides for olive production in Croatia

Registracijski broj/Registration number	Vlasnik registracije/The owner of the registration
COSAVET DF	Sulphur Mills Limited
NATIVO 75 WG	BAYER AG
NEORAM WG	Gowan Crop Protection Limited
NORDOX 75 WG	Nordox AS
CODIMUR SC	Exclusivas Sarabia S.A.
COPPER KEY FLOW	INDUSTRIAL QUIMICA KEY S.A.
CUPRA	LAINCO S.A.
COPPER KEY	INDUSTRIAL QUIMICA KEY S.A.
CODIMUR 50	Exclusivas Sarabia S.A.
COPPER LAINCO	LAINCO S.A.
CUPRABLAU Z 35 WG	CINKARNA metalurško-kemična industrija Celje d.d.
AIRONE SC	Gowan Crop Protection Limited
SERENADE ASO	BAYER AG
SUGOBY	LAINCO S.A.
QUIMERA	INDUSTRIAS AFRASA, S.A.
AZUMO WG	Azufrera y Fertilizantes Pallares, S.A.U.

Izvor/Source: Fitosanitarni informacijski sustav, 2023

Mogućnosti primjene *Trichoderma* vrsta

Rod *Trichoderma* (syn. *Chromocrea*, *Creopus*, *Hypocrea*, *Pseudohypocrea*, *Sarawakus*, *Aphysiostroma*) obuhvaća veliki broj vrsta od kojih se mnoge primjenjuju u biološkoj zaštiti. Rod je prvi put opisan 1794. godine, kao zelena plijesan koja se razvija na oštećenim granama i drugim supstratima (Persoon, 1794). Ove vrste rasprostranjene su u tlima širom svijeta, obično u korijenju biljaka, tlu i biljnom otpadu. Nakon pokusnog apliciranja 1930. godine *Trichoderma* je postala popularna u zaštiti usjeva od napada biljnih patogena jer se spoznalo kako su dio njenih sekundarnih metabolita kako hlapivi tako i ne hlapivi antibiotici (Čačić, 2017).

Okolo 90 % bioloških fungicida čine različite vrste gljive *Trichoderma*, navode Hermosa i sur. (2012), dok Abbey i sur. (2019) ističu da je trenutno više od 60 % učinkovitih bio-fungicida dobiveno iz gljive *Trichoderma*. Gljive iz ovog roda primjenjuju se u biološkom suzbijanju patogenih mikroorganizama, a kao sporedni učinak primjene zamijećen je brži porast biljaka (Vinale i sur., 2008, Wilson i sur., 2008, Lorito i sur., 2010, Topolovec-Pintarić i sur., 2013). Zhang i sur. (2017) navode kako gljiva *Trichoderma* pokazuje antagonističan odnos prema više fitopatogenih organizama, uključujući bakterije, nematode, a osobito gljive; inhibirajući njihov rast kroz direktne (hiperparazitizam, kompeticija za hranjive tvari i odnos, antibioza); i indirektne interakcije, pospješujući razvoj biljke i vigor, otpornost na stres, aktivno uzimanje nutrijenata i bioremedijaciju kontaminirane rizosfere, opskrbljujući biljku s pojedinim sekundarnim metabolitima, enzimima i PR proteinima, ističe Kumar (2013). Antibioza predstavlja štetno djelovanje antagonističkih mikroorganizama na biljne patogene putem toksičnih produkata njihovog metabolizma. Kompeticija podrazumijeva nadmetanje antagonističkih mikroorganizama s biljnim patogenima, prije svega za izvore hrane, ali i za ostale potrebne čimbenike važne za život. Para-

zitzizam je direktni napad ili parazitiranje antagonističkih mikroorganizma na biljnim patogenima koji se često naziva i hiperparazitizam. Takvo djelovanje imaju vrste iz roda *Trichoderma* pa se taj vid hiperparazitizma naziva i mikoparazitizam (Miličević i Kaliterna, 2006). Gljive iz roda *Trichoderma* kao izvor ugljikohidrata koriste fitopatogene gljive (Harman i sur., 2004). Mutualistički odnos biljke i gljive iz roda *Trichoderma* zasniva se na tome da gljivu privlače određeni kemijski signali koje otpušta korijen biljke, za čime slijedi penetracija i kolonizacija korijena. Gljive ovog roda penetriraju staničnu stjenku domaćina formiranjem strukture u obliku kuke. Gljive rastu istovremeno uz hife domaćina. Tijekom procesa penetracije mehanički i enzimatski se izlučuju enzimi razgradnje stanične stijenke (Brotman i sur., 2010). Kolonizaciju olakšavaju proteini bogati cisteinom koje proizvode *Trichoderma asperellum* i *T. harzianum*. Važnu ulogu u biološkoj zaštiti i potpomaganju rasta biljke imaju i litički enzimi (amilaze, celulaze, glukanaze, hitinaze, proteaze) (Whipps i sur., 2001) i antimikrobne tvari (6-pentil- α -piron, gliotoksin, gliovirin, trihodermin, triholin, viridan i viridol) (Worasatit i sur., 1994; Howell, 1982) koje proizvode *Trichoderma* spp. β -glukanaza i hitinaza, metaboliti *T. spirale*, razgrađuju hitin koji je glavna komponenta većine gljiva (Zin i Baddaludin, 2020). *Trichoderma* spp. proizvode koniginine koji inhibiraju rast patogenih mikroorganizama (Zhou i sur., 2014). Sekundarni metaboliti gljive *T. harzianum*, peptaiboli, inhibiraju sintezu β -(1,3) glukana patogenih mikroorganizama (Lorito i sur., 1996).

Positivan učinak vrsta ovog roda na biljke predmet je brojnih znanstvenih istraživanja u kojima je ispitivana njihova učinkovitost u suzbijanju bolesti brojnih poljoprivrednih i povrtarskih kultura, ukrasnog bilja te pri uzgoju voća (Harman, 2000). Primjerice protiv gljive *Verticillium dahliae*, jednog od vodećih uzročnika sušenja stabala maslina, mogu se primjenjivati vrste *Trichoderma* spp. (Morán-Diez i sur., 2019), *T. asperellum* (Carrero-Carrón i sur., 2016), *T. harzianum* u kombinaciji s Harpin proteinom i preparatom Mycorrhiza na bazi 18 vrsta mikoriznih gljiva (Arici i Demirtas, 2019) i *T. koningiopsis* (Kong i sur., 2022).

Protiv vrste *Armillaria mellea*, uzročnika truleži korijena i odumiranja stabala maslina, mogu se primjenjivati vrste *T. hamatum*, *T. virens* (Rees i sur., 2020), *T. harzianum* i *T. viride* (Aslan i sur., 2021). Također, mogu se primjenjivati sredstva koja djeluju preventivno i primjenjuju se prije zaraze poput sredstava na bazi *Trichoderma* vrsta, Tellus WP® i Patriot Dry® (Godena i sur., 2019). Na tržištu postoje i druga sredstva koja se mogu koristiti za zaštitu, primjerice Trichostar®, Trichodex, Supresvit, Root Pro, Promote, Trichopel, Trichoject, RootSchield koji suzbijaju razne vrste fitopatogenih gljiva i pseudogljiva u tlu kao što su *Fusarium*, *Rhizoctonia* i *Pythium*.

Trichoderma spp. može se primjenjivati i u suzbijanju vrsta *Botryosphaeria dothidea*, *Dothiorella sarmentorum* i *Neofusicoccum parvum* (Karličić i sur., 2021), uzročnika sušenja plodova i stabala maslina. Također, djelotvorne su i protiv gljiva *Fusarium oxysporum*, *Alternaria brassicae*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Rhizoctonia solani* i *Sclerotium rolfsii* koje su patogeni drugih biljnih vrsta (Rahman i sur., 2021). Trichokompost (kompost inokuliran s *Trichoderma* spp.) pokazuje potencijal u suzbijanju gljiva roda *Diplodia* (Resiani i sur., 2019). Vrste *T. asperelloides*, *T. atroviride* i *T. canadense* pokazale su isti ili čak bolji rezultat u usporedi s komercijalnim kemijskim sredstvima u suzbijanju vrsta *Diplodia seriata* i *N. parvum* (Pollard-Flamand i sur., 2022).

Vrsta *T. harzianum* ima pozitivan učinak na suzbijanje rasta i drugih gljiva koje su uzročnici propadanja plodova i sušenja stabala maslina poput vrsta *Colletotrichum gloeosporoides* (Živković i sur., 2010) i gljiva iz rodova *Botryosphaeria*, *Phaeoemoniella* i *Phaeoacremonium* (Ammad i sur., 2018). Vrsta *T. viridae* može se primjenjivati protiv vrsta *Fusarium* sp. i *Cylindrocladium floridanum* (Verma i sur., 2006). Vinceković i sur. (2016) navode mogućnost primjene i mikrokapsula kitozana/alginata, napunjenih bakrenim kationima i gljivom *T. viridae*. S obzirom da se *T. viride* može primjenjivati za suzbijanje vrste *A. mellea* postoji potencijal u primjeni ove metode u maslinarstvu.

S ciljem poboljšanja učinkovitosti biološke zaštite, gljive iz roda *Trichoderma* mogu se primjenjivati u kombinaciji s drugim antagonističkim mikroorganizmima poput bakterijske vrste *Bacillus amyloliquefaciens*. Kombinacija ovih mikroorganizama dovodi do povećanja proizvodnje mikoparazitirajućih enzima, sekundarnih metabolita i spojeva koji potiču rast biljaka (Karrupiah i sur., 2019).

Gljiva roda *Trichoderma* mogu dovesti i do povećanja koncentracije fenolnih komponenti u ekstra djevičanskom maslinovom ulju i proizvodima od maslinova ulja te povećanja proizvodnje volatilnih organskih komponenti u stablima masline (Dini i sur., 2020; Dini i sur., 2021).

S obzirom da je područje rizosfere najčešće mjesto na kojemu obitavaju ove vrste, osobito na površini korijena biljke, često se preporučuje tretman sadnog materijala kako bi se omogućila kolonizacija korijena ovom gljivom (Xue et al., 2017, Siddaiah et al, 2017). *Trichoderma* pozitivno utječe na razvoj korijena biljke te se hipotetizira da su za isti odgovorni biljni hormoni poput auksina i harzionalida koje proizvode vrste ovog roda (Cai i sur., 2013; Vinale i sur., 2013). S obzirom da su istraživanja kolonizacije korijena masline s *Trichoderma* sp. u suzbijanju patogena koji inficiraju korijen, poput vrste *V. dahliae*, provedena u kontroliranim uvjetima upitno je kakva bi bila njihova učinkovitost u praksi (Carrero-Carrón i sur., 2016). U Republici Hrvatskoj 2009. godine je bio registriran samo jedan biofungicid, Trichodex WP, na bazi *T. harzianum* (Lučić, 2009), međutim sredstvo više nije dostupno na tržištu. Najveći broj sredstava na tržištu nalazi se u obliku praha ili granula. Matić i Siber (2019) navode kako na tržištu postoji nekoliko sredstava na bazi *Trichoderma* vrsta koja se klasificiraju kao ojačivači biljaka (Trichostar®, Trianum P, Trianum G na bazi *T. harzianum* i Promot®Plus na bazi *T. koningii* i *T. harzianum*), i, iako su klasificirani kao ojačivači, ne izostavlja se činjenica kako antagonističke gljive koje čine njihovu aktivnu tvar izravno djeluju na suzbijanje brojnih fitopatogenih gljiva.

U FIS bazi podataka sredstvo Vintec navodi se kao biološki fungicid namijenjen suzbijanju biljnih bolesti u vinogradarstvu. *Trichoderma* vrste mogu spriječiti razvoj spora pojedinih patogena te tako spriječiti razvoj infekcija putem rana nastalih rezidbom (Kortekamp i sur., 2013). Sredstvo Vintec primjenjuje se nakon rezidbe na mjestima reza u razdoblju mirovanja vegetacije te se za postizanje maksimalne učinkovitosti preporučuje primjena na temperaturama od minimalno 10 °C te uz najmanje 70% relativne vlage zraka. Sredstvo se može primjenjivati za suzbijanje vrsta *Phaeoconiella chlamydospora*, *Phaeoacremonium aleophilum* i *Eutypa lata*. Navedene vrste opisane su i kao patogeni masline (Úrbez-Torres i sur., 2013; Carlucci i sur., 2013) stoga se ostavlja mogućnost primjene ovog sredstva i na maslini. Nažalost, *Trichoderma* spp. ne utječe samo na patogene organizme, već može imati štetan utjecaj i na korisne mikororganizme (Ros i sur., 2017) i biljke (Li Destri Nicosia i sur., 2015).

Zaključak

Antagonističke gljive roda *Trichoderma* pokazuju visok potencijal u borbi protiv fitopatogenih gljiva (uključujući vrste koje napadaju maslinu) te predstavljaju moguću alternativu kemijskih sredstvima za zaštitu bilja. Rezultati dobiveni u brojnim istraživanjima pokazuju kako su vrste ovog roda vrlo dobri kandidati u biološkoj zaštiti od uzročnika biljnih bolesti, međutim velika većina istraživanja provedena je u kontroliranim uvjetima „*in vitro*“. Kako bi njihova primjena bila učinkovita u praksi potrebno je provesti daljnja istraživanja u kojima će se ispitati njihova učinkovitost u uvjetima „*in vivo*“, gdje će rezultati učinkovitosti ovisiti i o prisutnosti ostalih endofita, varijabilnosti samog patogena i drugim uvjetima. *Trichoderma* vrste ne samo da pokazuju potencijal za suzbijanje fitopatogenih gljiva, već ojačavaju i samu biljku, iako u pojedinim slučajevima mogu imati i negativan utjecaj na biljku i korisne mikroorganizme.

Zahvala

Istraživan je financirala Hrvatska zaklada za znanost; projekti: UIP-2020-02-7413 "Prirodni bioaktivni spojevi kao izvor potencijalnih antimikrobnih tvari u suzbijanju bakterijskih i drugih gljivičnih patogena masline", Anti-Mikrobi-OL (AMO) i DOK-2021-02-2882, "Projekt razvoja karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti".

Literatura

Abbey J.A., Percival D., Abbey L., Asiedu S.K., Prithiviraj B., Schilder A. (2019) Biofungicides as alternative to synthetic fungicide control of grey mould (*Botrytis cinerea*) – prospects and challenges. *Biocontrol Science and Technology*, 29, 207–228. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1548574>

Ammad, F., Moumen, O., Gasem, A., Othmane, S., Hisashi, K-N., Zebib, B., Merah, O. (2018) The potency of lemon (*Citrus limon* L.) essential oil to control some fungal diseases of grapevine wood. *Comptes Rendus Biologies*, 341 (2), 97–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crvbi.2018.01.003>

Arici, S.E., Demirtas, A.E. (2019) The effectiveness of rhizosphere microorganisms to control *Verticillium* wilt disease caused by *Verticillium dahliae* Kleb. in olives. *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 781. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-019-4962-3>

Aslan, A.M., Yuksel, B., Ozturk, N. (2022) Antagonistic effects of *Trichoderma* species in biocontrol of *Armillaria* root rot disease in vitro conditions. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22 (1), 17–23. DOI: <http://dx.doi.org/10.17475/kastorman.1095712>

Brotman, Y., Kapuganti, J.G., Viterbo, A. (2010) *Trichoderma*. *Current Biology*, 20, R390–R391. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.02.042>

Cai, F., Yu, G., Wang, P., Wei, Z., Fu, L., Shen, Q., Chen, W. (2013) Harzianolide, a novel plant growth regulator and systemic resistance elicitor from *Trichoderma harzianum*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 73, 106–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.08.011>

Carlucci, A., Raimondo, M. L., Cibelli, F., Phillips, A., Lops, F. (2013) *Pleurostomophora richardsiae*, *Neofusicoccum parvum* and *Phaeoacremonium aleophilum* associated with a decline of olives in southern Italy. *Phytopathologia Mediterranea*, 52 (3), 517–527. DOI: https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-13526

Carrero-Carrón, I., Trapero-Casas, J. L., Olivares-García, C., Monte, E., Hermosa, R., Jiménez-Díaz, R. M. (2016) *Trichoderma asperellum* is effective for biocontrol of *Verticillium* wilt in olive caused by the defoliating pathotype of *Verticillium dahliae*. *Crop Protection*, 88, 45–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.05.009>

Čačić, B. (2017) *Primjena benefiitne gljivice Trichoderma spp. u biološkoj kontroli poljoprivrednih kultura*. Diplomski rad. Osijek: Sveučilište J.J. Strossmayera.

Dini, I., Graziani, G., Fedele, F.L., Sicari, A., Vinale, F., Castaldo, L., Ritieni, A. (2020) Effects of *Trichoderma* biostimulation on the phenolic profile of extra-virgin olive oil and olive oil by-products. *Antioxidants*, 9 (4), 284. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9040284>

Dini, I., Marra, R., Cavallo, P., Pironti Sepe, I., Troisi, J., Scala, G., Lombardi, P., Vinale, F. (2021) *Trichoderma* strains and metabolites selectively increase the production of volatile organic compounds (VOCs) in olive trees. *Metabolites*, 11 (4), 213. DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo11040213>

Fitosanitarni informacijski sustav, FIS. URL: [Tražilica - Fitosanitarni informacijski sustav \(mps.hr\)](http://trazilica-fitosanitarni.informacijski.sustav(mps.hr)) (28.02.2023.)

Gluhčić, D. (2020) *Jesenska gnojidba vinove loze i masline*. Glasnik zaštite bilja, 37 (5), 97–110. DOI: <https://doi.org/10.31727/gzb.43.5.12>

Godena, S., Ivić, D., Goreta Ban, S. (2019) *Uzročnici djelomičnog ili potpunog sušenja stabala maslina*. Priručnik o rezultatima VIP projekta. Poreč: Institut za poljoprivredu i turizam, Poreč.

Gramaje, D., Ūrbez-Torres, J.R., Sosnowski, M.R. (2018) Managing grapevine trunk diseases with respect to etiology and epidemiology: current strategies and future prospects. *Plant Disease*, 102 (1), 12–39. DOI: <https://doi.org/10.1094/pdis-04-17-0512-fe>

Harman G.E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I., Lorito M. (2004) *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2 (1), 43–56. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>

Havraneck, J., Tudor Kalit, M., Bažok, R., Đugum, J., Grbeša, D., Hadžiosmanović, M., Ivanković, A., Jakopović, I., Orešković, S., Rupičić, V., Samaržija, D. (2014) *Sigurnost hrane od polja do stola*. Zagreb: M.E.P.

Hermosa R., Viterbo A., Chet I., Monte E. (2012) Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology*, 158 (1), 17–25. DOI: <https://doi.org/10.1099/mic.0.052274-0>

Howell C.R. (1982) Effect of *Gliocladium virens* on *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, and damping-off of cotton seeds. *Phytopathology*, 72 (5), 496–498. DOI: <https://doi.org/10.1094/phyto-72-496>

Karličić, V., Zlatković, M., Jovičić-Petrović, J., Nikolić, M. P., Orlović, S., Raičević, V. (2021). *Trichoderma* spp. from pine bark and pine bark extracts: potent biocontrol agents against *Botryosphaeriaceae*. *Forests*, 12 (12), 1731. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12121731>

Karupiah, V., Sun, J., Li, T., Vallikkannu, M., Chen, J. (2019) Co-cultivation of *Trichoderma asperellum* GDFS1009 and *Bacillus amyloliquefaciens* 1841 causes differential gene expression and improvement in the wheat growth and biocon-

- trol activity. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1068. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01068>
- Kong, W.L., Ni, H., Wang, W.Y., Wu, X.Q. (2022) Antifungal effects of volatile organic compounds produced by *Trichoderma koningiopsis* T2 against *Verticillium dahliae*. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1013468. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1013468>
- Kortekamp, A., Hausteine, M., Kckerling, J., Eder, J. (2013) *Trichoderma* gegen Esca. *Das deutsche wein-magazin*, 1/5, 34-36.
- Kumar S. (2013) Trichoderma: A biological weapon for managing plant diseases and promoting sustainability. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 1 (3), 106–121.
- Li Destri Nicosia, M.G., Mosca, S., Mercurio, S., Schena, L. (2015) Dieback of *Pinus nigra* seedlings caused by a strain of *Trichoderma viride*. *Plant Disease*, 99, 44-49. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-14-0433-RE>
- Lorito, M., Farkas, V., Rebuffat, S., Bodo, B., Kubicek, C.P. (1996) Cell wall synthesis is a major target of mycoparasitic antagonism by *Trichoderma harzianum*. *Journal of Bacteriology*, 178, 6382-6385. DOI: <https://doi.org/10.1128/jb.178.21.6382-6385.1996>
- Lorito M., Woo S.L., Harman G.E., Monte E. (2010) Translational research on Trichoderma: From omics to the field. *Annual Review of Phytopathology*, 48, 395–417. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-073009-114314>
- Lučić, K. (2009) Sadržaj sredstava za zaštitu bilja. *Glasnik zaštite bilja*, 1-2, 191-192.
- Matić, M., Siber, T. (2019) Gljive i bakterije u biološkoj kontroli uzročnika bolesti biljaka. *Glasnik zaštite bilja* 4/2019, 38-43. DOI: <https://doi.org/10.31727/gzb.42.4.5>
- Miličević, T., Kaliterna, J. (2006) Biološko suzbijanje bolesti kao dio integrirane zaštite bilja. *Glasilo biljne zaštite*, 5/2014.
- Morán-Diez, M. E., Carrero-Carrón, I., Rubio, M. B., Jiménez-Díaz, R. M., Monte, E., Hermosa, R. (2019) Transcriptomic Analysis of *Trichoderma atroviride* overgrowing plant-wilting *Verticillium dahliae* reveals the role of a new M14 Metalloprotease CPA1 in biocontrol. *Frontiers in microbiology*, 10, 1120. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01120>
- Pollard-Flamand, J., Boule, J., Hart, M., Úrbez-Torres, J.R. (2022) Biocontrol activity of *Trichoderma* species isolated from grapevines in British Columbia against *Botryosphaeria* dieback fungal pathogens. *Journal of Fungi*, 8 (4), 409. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof8040409>
- Persoon C.H. (1794) *Dispositio methodical fungorum*. *Neues Magazin für die Botanik*, 1:81–128.
- Rahman, M., Borah, P.K., Bora, L.C., Bora, P. (2021) Evaluation of *Trichoderma*-based biopesticides against plant pathogens and agronomic crop response. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 91 (5), 767–770. DOI: <http://dx.doi.org/10.56093/ijas.v91i5.113101>
- Rees, H.J., Bashir, N., Drakulic, J., Cromey, M.G., Bailey, A.M., Foster, G.D. (2020) Identification of native endophytic *Trichoderma* spp. for investigation of in vitro antagonism towards *Armillaria mellea* using synthetic- and plant-based substrates. *Journal of Applied Microbiology*, 131 (1), 392-403. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.14938>
- Resiani, N.M.D., Sunanjaya, I.W., Aurum, F.S. (2019) Controlling *Diplodia* using Trichocompost and sulfur-calcium to improve siam citrus fruit yield in Bali. *Proceedings of the emerging challenges and opportunities in horticulture supporting sustainable development goals*. ISH 2018. Kuta, Bali, Indonesia, 13-22.
- Ros, M., Raut, I., Santísima-Trinidad, A.B., Pascual, J.A. (2017) Relationship of microbial communities and suppressiveness of *Trichoderma* fortified compost for pepper seedlings infected by *Phytophthora nicotianae*. *PloS One* 12, e0174069, DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174069>
- Siddaiah, C.N., Satyanarayana, N.R., Mudili, V., Gupta, V.K., Gurunathan, S., Rangappa, S., Huntrike, S.S., Srivastava, R.K. (2017). Elicitation of resistance and associated defense responses in *Trichoderma hamatum* induced protection against pearl millet downy mildew pathogen. *Scientific reports*, 7, 43991. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep43991>
- Topolovec-Pintarič, S., Žutić, I., Đermić, E. (2013) Enhanced growth of cabbage and red beet by *Trichoderma viride*. *Acta agriculturae Slovenica*, 101 (1), 87 – 92. DOI: <https://doi.org/10.2478/ACAS-2013-0010>
- Úrbez-Torres, J. R., Peduto, F., Vossen, P. M., Krueger, W. H., Gubler, W. D. (2013) Olive Twig and Branch Dieback: Etiology, Incidence, and Distribution in California. *Plant Disease*, 97 (2), 231-244. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-12-0390-RE>
- Verma M., Brar S.K., Tyagi R.D., Surampalli R.Y., Valéro J.R. (2006) Dissolved oxygen as principal parameter for conidia production of biocontrol fungi *Trichoderma viride* in a non-Newtonian wastewater. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 33 (11), 941–952. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10295-006-0164-6>
- Vinale, F., Nigro, M., Silvasithamparam, K., Flematti, G., Ghisalberti, E., Ruocco, M., Varlese, R., Marra, R., Lanzuise, S., Eid, A., Woo, S.L., Lorito, M. (2013) Harzianic acid: a novel siderophore from *Trichoderma harzianum*. *FEMS Microbiology Letters*, 347, 123-129. DOI: <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12231>
- Vinale F., Silvasithamparam K., Ghisalberti E.L., Marra R., Woo S.L., Lorito M. (2008) Trichoderma – plant – pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40 (1), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002>
- Vinceković, M., Jalšenjak, N., Topolovec-Pintarič, S., Đermić, E., Bujan, M., Jurić, S. (2016) Encapsulation of biological and chemical agents for plant nutrition and protection: chitosan/alginate microcapsules loaded with copper cations and *Trichoderma viride*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64 (43), 8073–8083. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02879>
- Whipps, J., Lumsden, R., Butt, T., Jackson, C., Magan less, N. (2001) Commercial use of fungi as plant disease biologi-

cal control agents: status and prospects. *Biology*, 9-22. DOI: <https://doi.org/10.1079/9780851993560.0009>

Wilson P.S., Ketola E.O., Ahvenniemi P.M., Lehtonen M.J., Valkonen J.P.T. (2008) Dynamics of soilborne *Rhizoctonia solani* in the presence of *Trichoderma harzianum*: Effects on stem canker, black scurf, and progeny tubers of potato. *Plant Pathology*, 57 (1), 152–161. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01706.x>

Worasatit N., Sivasithamparam K., Ghisalberti E.L., Rowland C. (1994) Variation in pyrone production, lytic enzymes and control of *Rhizoctonia* root rot of wheat among single-spore isolates of *Trichoderma koningii*. *Mycological Research*, 98 (12), 1357–1363. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)81063-0](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)81063-0)

Xue, A.G., Guo, W., Chen, Y., Siddiquim L., Marchand, G., Liu, J., Ren, C. (2017) Effect of seed treatment with novel strains of *Trichoderma* spp. on establishment and yield of spring wheat. *Journal of Crop Protection*, 96, 97-102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.02.003>

Zhang J., Chen G.-Y., Li X.-Z., Hu M., Wang B.-Y., Ruan B.-H., Zhou H., Zhao L.-X., Zhou J., Ding Z.-T., Yang, Y.-B. (2017) Phytotoxic, antibacterial, and antioxidant activities of mycotoxins and other metabolites from *Trichoderma* sp. *Natural Product Research*, 31 (23), 2745–2752. DOI: <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1295235>

Zhou, X.X., Li, J., Yang, Y.H., Zeng, Y., Zhao, P.J. (2014) Three new koninginins from *Trichoderma neokongii* 8722. *Phytochemistry Letters*, 8, 137-140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2014.03.004>

Zin, N.A., Badaluddin, N.A. (2020) Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65, 168-178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.09.003>

Živković, S., Stojanović, S., Ivanović, Z., Gavrilović, V., Popović, T., Balaž, J. (2010) Screening of antagonistic activity of microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*. *Archives of biological sciences*, 62 (3), 611-623. DOI: <http://dx.doi.org/10.2298/ABS1003611Z>

Prispjelo/Received: 1.3.2023.

Prihvaćeno/Accepted: 3.4.2023.

Review paper

Possibilities of application of *Trichoderma* species in fungal disease control of olive (*Olea europaea* L.)

Abstract

Olive (*Olea europaea* L.) is an important crop grown in the Mediterranean part of the Republic of Croatia. Recently, fungal diseases of olives are becoming an increasing challenge for producers. As the most common fungal disease control, chemical products are applied. However, chemical products have a very harmful impact on the environment and human and animal health and not only suppress pathogens but also do harm to beneficial organisms, which leads to ecological imbalances. Therefore, producers are increasingly turning to alternative methods of protection and the application of biological plant protection products. *Trichoderma* species have been proven to suppress a large number of phytopathogenic fungi and show potential against fungal pathogens of olives.

Keywords: biological control, olive, *Trichoderma* spp.