

Т. І. Тугай^{1,2,*}, А. В. Тугай^{1,2}, В. О. Желтоножський³, О. М. Юрьєва²,
Л. Т. Наконечна², Л. В. Садовніков³, Н. М. Сергійчук¹, О. Б. Поліщук⁴

¹ Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», Київ, Україна

² Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, Київ, Україна

³ Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

⁴ Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

*Відповідальний автор: tatyanatugay2@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ АНТАГОНІСТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ШТАМІВ *TRICHODERMA* SPP., ЩО ВИДІЛЕНІ ЗІ СТАЦІОНАРІВ З РІЗНИМ РІВНЕМ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ ЧАЕС ПО ВІДНОШЕННЮ ДО ФІТОПАТОГЕННИХ ГІФАЛЬНИХ ГРИБІВ

Проведено радіометричний аналіз зразків ґрунту з досліджуваних стаціонарів зони відчуження, що знаходяться під впливом хронічного опромінення понад три десятиліття, з яких були виділені мікроміцети різних видів роду *Trichoderma* і досліджено їхню біологічну активність. Показано, що швидкість радіального росту цих грибів перевищує середні показники для видів цього роду. Встановлено, що виділені штами видів *T. koningi* та *T. atroviride* мають дуже високу (понад 90 %) антагоністичну активність по відношенню до фітопатогенних грибів *Rhizoctonia solani* та *Nectria inventa*, а види *T. viride*, *T. harzianum* та *Trichoderma* sp. проявляли антагоністичну активність до всього дослідженого кола фітопатогенних гіфальних грибів, проте її величина відрізнялася.

Ключові слова: хронічне опромінення, малі дози, чорнобильська зона відчуження, швидкість радіального росту, антагоністична активність, фітопатогенні гриби, штами роду *Trichoderma*.

Т. І. Тугай^{1,2,*}, А. В. Тугай^{1,2}, В. О. Zheltonozhsky³, О. М. Yurieva²,
Л. Т. Nakonechna², Л. В. Sadovnikov³, Н. М. Sergiichuk¹, О. В. Polishchuk⁴

¹ The Open International University of Human Development "Ukraine", Kyiv, Ukraine

² Zabolotny Institute of Microbiology and Virusology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³ Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

⁴ National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

*Corresponding author: tatyanatugay2@gmail.com

STUDY OF THE ANTAGONISTIC ACTIVITY OF *TRICHODERMA* SPP. STRAINS ISOLATED FROM SITES WITH DIFFERENT LEVELS OF RADIATION CONTAMINATION IN THE CHORNOBYL EXCLUSION ZONE AGAINST PHYTOPATHOGENIC HYPHAL FUNGI

A radiometric analysis of soil samples from the studied areas of the exclusion zone, which have been under exposure to chronic irradiation for more than three decades, was carried out, from which micromycetes of different species of the genus *Trichoderma* were isolated, and their biological activity was studied. It was shown that the radial growth rate of these fungi exceeds the average values for species of this genus. It was found that the isolated strains of the species *T. koningi* and *T. atroviride* have very high (over 90 %) antagonistic activity towards the phytopathogenic fungi *Rhizoctonia solani* and *Nectria inventa*, and the species *T. viride*, *T. harzianum*, and *Trichoderma* sp. showed antagonistic activity towards the studied species of phytopathogenic hyphal fungi researched, but their magnitude was different.

Keywords: chronic irradiation, low doses, Chornobyl Exclusion Zone, radial growth rate, antagonistic activity, phytopathogenic fungi, strains of the genus *Trichoderma*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. N.N. Zhdanova et al. Ionizing radiation attracts soil fungi. *Mycol. Res.* 108(9) (2004) 1089.
2. T. Tugay et al. The influence of ionizing radiation on spore germination and emergent hyphal growth response reactions of microfungi. *Mycologia* 98(4) (2006) 521.
3. Т.І. Тугай. Вплив низьких доз іонізуючого випромінювання на накопичення меланінових пігментів та активність каталази і супероксиддисмутази у *Cladosporium cladosporioides*. Укр. біохім. журн. 79(6) (2007) 93. / Т.І. Тугай. Effect of low doses of ionizing radiation on the accumulation of melanin pigments and the activity of catalase and superoxide dismutase in *Cladosporium cladosporioides*. Ukr. Biochem. J. 79(6) (2007) 93. (Ukr)
4. J. Dighton, T. Tugay, N. Zhdanova. Fungi and ionizing radiation from radionuclides. *FEMS Microbiol. Lett.* 281(2) (2008) 109.
5. T. Tugay et al. Effects of ionizing radiation on the antioxidant system of microscopic fungi with radioadaptive properties found in the Chernobyl Exclusion Zone. *Health Phys.* 101(4) (2011) 375.

6. Т.І. Тугай. Вплив іонізуючого опромінення на активність ферментів антиоксидантного захисту *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson. *Мікробіол. журн.* 73(1) (2011) 29. / T.I. Tugay. Influence of ionizing radiation on activity of enzymes of antioxidant protection of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson. *Microbiol. Z.* 73(1) (2011) 29. (Ukr)
7. Т.І. Тугай, А.В. Тугай. Adaptation of microfungi to chronic ionizing radiation. New facts and hypotheses. *Мікробіол. З.* 79(1) (2017) 36.
8. А.В. Тугай та ін. Швидкість радіального росту та активність ферментів антиоксидантного захисту у трьох пострадіаційних генерацій *Cladosporium cladosporioides*. *Ядерна фізика та енергетика* 18(1) (2017) 72. / A.V. Tugay et al. Radial growth and activity of antioxidant enzymes in the three post-radiation *Cladosporium cladosporioides* generations. *Nucl. Phys. At. Energy* 18(1) (2017) 72. (Ukr)
9. Н.В. Борзова та ін. Глікозидазна та протеолітична активність мікроміцетів, виділених з чорнобильської зони відчуження. *Мікробіол. журн.* 82(2) (2020) 51. / N.V. Borzova et al. Glycosidase and proteolytic activity of micromycetes isolated from the Chernobyl Exclusion Zone. *Мікробіол. З.* 82(2) (2020) 51. (Ukr)
10. S. Haouhach et al. Three new reports of *Trichoderma* in Algeria: *T. atrobrunneum*, (South) *T. longibrachiatum* (South), and *T. afroharzianum* (Northwest). *Microorganisms* 8(10) (2020) 1455.
11. H. Zheng et al. New species of *Trichoderma* isolated as endophytes and saprobes from Southwest China. *J. Fungi* 7(6) (2021) 467.
12. R. Wang et al. The newly identified *Trichoderma harzianum* partitivirus (ThPV2) does not diminish spore production and biocontrol activity of its host. *Viruses* 14(7) (2022) 1532.
13. I. Vicente et al. Combined comparative genomics and gene expression analyses provide insights into the terpene synthases inventory in *Trichoderma*. *Microorganisms* 8(10) (2020) 1603.
14. A. Abbas et al. *Trichoderma* spp. genes involved in the biocontrol activity against *Rhizoctonia solani*. *Front. Microbiol.* 13 (2022) 884469.
15. B. Tilocca, A. Cao, Q. Migheli. Scent of a killer: microbial volatilome and its role in the biological control of plant pathogens. *Front. Microbiol.* 11 (2020) 41.
16. D.C. Fontana et al. Endophytic fungi: biological control and induced resistance to phytopathogens and abiotic stresses. *Pathogens* 10(5) (2021) 570.
17. B. Sánchez-Montesinos et al. Biological control of fungal diseases by *Trichoderma aggressivum* f. *europaeum* and its compatibility with fungicides. *J. Fungi* 7(8) (2021) 598.
18. A.A. Al-Surhanee. Protective role of antifusarial eco-friendly agents (*Trichoderma* and salicylic acid) to improve resistance performance of tomato plants. *Saudi J. Biol. Sci.* 29(4) (2022) 2933.
19. R. Tyśkiewicz et al. *Trichoderma*: the current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *Int. J. Mol. Sci.* 23(4) (2022) 2329.
20. P.K. Mukherjee et al. Mycoparasitism as a mechanism of *Trichoderma*-mediated suppression of plant diseases. *Fungal Biol. Rev.* 39 (2022) 15.
21. A. Alfiky, L. Weisskopf. Deciphering *Trichoderma*-plant-pathogen interactions for better development of biocontrol applications. *J. Fungi* 7(1) (2021) 61.
22. M.A. Abro et al. Biocontrol potential of fungal endophytes against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* causing wilt in cucumber. *Plant Pathol. J.* 35(6) (2019) 598.
23. P.L. Kashyap et al. Biocontrol potential of salt-tolerant *Trichoderma* and *Hypocrea* isolates for the management of tomato root rot under saline environment. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 20 (2020) 160.
24. J.G. Erazo et al. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma harzianum* ITEM 3636 against peanut brown root rot caused by *Fusarium solani* RC 386. *Biol. Control* 164 (2021) 104774.
25. P. Guzmán-Guzmán, H. Etesami, G. Santoyo. *Trichoderma*: a multifunctional agent in plant health and microbiome interactions. *BMC Microbiol.* 25 (2025) 434.
26. V.A. Zheltonozhsky et al. Spectroscopy of radiostrontium in fuel materials retrieved from the Chernobyl Nuclear Power Plant. *Health Physics* 120(4) (2021) 378.
27. N.V. Strilchuk. The WinSpectrum. Manual (Kyiv, 2000).
28. M.A. Rifai. *A Revision of the Genus Trichoderma*. Mycological papers. Vol. 116 (England, Kew, Surrey, Commonwealth Mycological Institute, 1969) 56 p.
29. K.H. Domsch, W. Gams, T.-H. Anderson. *Compendium of Soil Fungi*. 2nd ed. (Eching, IHW-Verlag, 2007) 672 p.
30. Ya.I. Savchuk et al. *Trichoderma* strains – antagonists of plant pathogenic micromycetes. *Мікробіол. З.* 84(1) (2022) 24.
31. I.M. Kurchenko et al. Antibacterial activity of different strains of the genus *Trichoderma*. *Мікробіол. З.* 84(4) (2022) 59.
32. S. Singh et al. Harnessing *Trichoderma* mycoparasitism as a tool in the management of soil dwelling plant pathogens. *Microbial Ecology* 87 (2024) 158.
33. Y. Tian et al. Antagonistic and detoxification potentials of *Trichoderma* isolates for control of zearalenone (ZEN) producing *Fusarium graminearum*. *Front. Microbiol.* 8 (2018) 325406.

34. K. Saravanakumar et al. Effect of *Trichoderma harzianum* on maize rhizosphere microbiome and biocontrol of *Fusarium* Stalk rot. [Sci. Rep. 7 \(2017\) 1771](#).
35. V.I. Herrera-Téllez et al. The protective effect of *Trichoderma asperellum* on tomato plants against *Fusarium oxysporum* and *Botrytis cinerea* diseases involves inhibition of reactive oxygen species production. [Int. J. Mol. Sci. 20\(8\) \(2019\) 2007](#).
36. X. Yao et al. *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. [Front. Microbiol. 14 \(2023\) 1160551](#).
37. R.A. Metwally. Arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma viride* cooperative effect on biochemical, mineral content, and protein pattern of onion plants. [J. Basic Microbiol. 60\(8\) \(2020\) 712](#).
38. X. Wang et al. Preparation of porous carbon based on partially degraded raw biomass by *Trichoderma viride* to optimize its toluene adsorption performance. [Environ. Sci. Pollut. Res. 28 \(2021\) 46186](#).
39. Z.A. Alothman et al. Bioremediation of explosive TNT by *Trichoderma viride*. [Molecules 25\(6\) \(2020\) 1393](#).
40. D. Luo et al. *Trichoderma viride* involvement in the sorption of Pb(II) on muscovite, biotite and phlogopite: Batch and spectroscopic studies. [J. Hazard. Mater. 401 \(2021\) 123249](#).

Надійшла / Received 24.07.2025