

О. О. Орлов<sup>1,2,\*</sup>, О. В. Жуковський<sup>2</sup>, Т. В. Курбет<sup>2,3</sup>, В. В. Шевчук<sup>2</sup>, С. В. Суховецька<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», Київ, Україна

<sup>2</sup> Поліський філіал Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, с. Довжик, Житомирська обл., Україна

<sup>3</sup> Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, Україна

\*Відповідальний автор: orlov.botany@gmail.com

## СУЧАСНЕ НАКОПИЧЕННЯ <sup>137</sup>Cs ГРИБАМИ У РІЗНИХ ТИПАХ ЛІСОРОСЛИННИХ УМОВ СОСНОВИХ ЛІСІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Вивчення радіоактивного забруднення <sup>137</sup>Cs плодівих тіл грибів проведено у вересні - жовтні 2022 р. на 18 тимчасових пробних площах, закладених у Коростенському районі Житомирської області, у 3 найбільш поширених у регіоні типах лісорослинних умов (ТЛУ) – свіжий бір (А<sub>2</sub>), свіжий та вологий суббір (В<sub>2</sub> та В<sub>3</sub>). Установлено, що у досліджених ТЛУ найвищі рівні вмісту <sup>137</sup>Cs були характерними для симбіотрофних видів – *Cortinarius mucosus*, *Cortinarius caperatus*, *Sarcodon imbricatus*, *Imleria badia*, *Tricholoma equestre*, *Paxillus involutus*, *Hygrophorus hypothejus*, а найнижчі – для ксилотрофів-сапротрофів, таких, як *Armillaria mellea* та *Tapinella atrotomentosa*. Продемонстровано, що міжвидові відмінності середніх значень коефіцієнтів переходу <sup>137</sup>Cs у кожному ТЛУ широко варіювали: вони сягали  $1,1 \cdot 10^3$  разів у свіжому борі (А<sub>2</sub>) – від 435 у *Cortinarius mucosus* до  $0,4 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  у *Armillaria mellea*; 71,4 раза – у свіжому субборі (В<sub>2</sub>) – від 162 у *Sarcodon imbricatus* до  $2,3 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  у *Armillaria mellea*; 12 разів – у вологому субборі (В<sub>3</sub>) – від 111 у *Imleria badia* до  $9,2 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  у *Leccinum scabrum*. Також показано, що у роді *Russula* у свіжому субборі (В<sub>2</sub>) серед п'яти досліджених видів спостерігалася 24-кратна різниця середніх значень коефіцієнта переходу <sup>137</sup>Cs – від 67 у *Russula vinosa* до  $2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  у *Russula aeruginea*. Обговорено результати дисперсійного аналізу – суттєвості різниці середніх значень коефіцієнту переходу у грибів у різних ТЛУ.

**Ключові слова:** сосновий деревостан, питома активність <sup>137</sup>Cs, щільність радіоактивного забруднення ґрунту, коефіцієнт переходу, допустимі рівні.

О. О. Орлов<sup>1,2,\*</sup>, О. В. Zhukovskiy<sup>2</sup>, Т. В. Kurbet<sup>2,3</sup>, В. В. Shevchuk<sup>2</sup>, S. V. Sukhovetska<sup>3</sup>

<sup>1</sup> State Institution “Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Poliskyi Branch of Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, vil. Dovzhyk, Zhytomyr region, Ukraine

<sup>3</sup> State University “Zhytomyr Polytechnic”, Zhytomyr, Ukraine

\*Corresponding author: orlov.botany@gmail.com

## CURRENT <sup>137</sup>Cs ACCUMULATION BY MUSHROOMS IN DIFFERENT SITE TYPES OF SCOTS PINE FORESTS OF UKRAINIAN POLISSIA

The study of <sup>137</sup>Cs radioactive contamination of fruiting bodies of mushrooms was carried out in September - October 2022 in 18 sampling sites laid out in the Korosten district of Zhytomyr region in 3 of the most widespread forest site types (FST): fresh infertile pine site type (A<sub>2</sub>), fresh fairly infertile pine site type (B<sub>2</sub>) and moist fairly infertile pine site type (B<sub>3</sub>). It was found that the highest levels of <sup>137</sup>Cs content in investigated FST were characteristic of symbiotrophic mushroom species – *Cortinarius mucosus*, *Cortinarius caperatus*, *Sarcodon imbricatus*, *Imleria badia*, *Tricholoma equestre*, *Paxillus involutus*, *Hygrophorus hypothejus*, and the lowest – for xylophores-saprotrophes such as *Armillaria mellea* and *Tapinella atrotomentosa*. When analyzed, it was shown that interspecific differences of average values of <sup>137</sup>Cs aggregated transfer coefficient (Tag) among mushrooms in each FST varied in a wide range: they reached  $1,1 \cdot 10^3$  times in FST-A<sub>2</sub> – from 435 in *Cortinarius mucosus* to  $0,4 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  in *Armillaria mellea*; 71.4 times – in FST-B<sub>2</sub> – from 162 in *Sarcodon imbricatus* to  $2,3 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  in *Armillaria mellea*; and 12 times – in FST-B<sub>3</sub> – from 111 in *Imleria badia* to  $9,2 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  in *Leccinum scabrum*. Also, it was shown that in genus *Russula* even in the same FST-B<sub>2</sub> among five studied species a 24-fold change in average values of <sup>137</sup>Cs Tag are observed – from 67 in *Russula vinosa* to  $2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$  in *Russula aeruginea*. The results of ANOVA were discussed as well as the essentiality of the difference of the average values of Tag in mushroom species in different FST.

**Keywords:** pine stand, <sup>137</sup>Cs activity concentration, density of contamination, <sup>137</sup>Cs aggregated transfer coefficient, permissible levels.

## REFERENCES

1. L. Betti et al. <sup>137</sup>Caesium in samples of wild-grown *Boletus edulis* Bull. from Lucca province (Tuscany, Italy) and other Italian and European geographical areas. *Food Additives & Contaminants: Part A* 34 (2017) 49.
2. O. Harkut, P. Alexa, R. Uhlář. Radiocaesium contamination of mushrooms at high- and low-level Chernobyl exposure sites and its consequences for public health. *Life* 11(12) (2021) 1370.
3. P. Dvořák et al. <sup>137</sup>Cs activity concentration in mushrooms from the Bobrůvka river valley. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* 14 (2020) 254.
4. J. Falandysz et al. An evaluation of the occurrence and trends in <sup>137</sup>Cs and <sup>40</sup>K radioactivity in King Bolete *Boletus edulis* mushrooms in Poland during 1995 - 2019. *Environmental Science and Pollution Research* 28 (2021) 32405.
5. T. Zalewska, L. Cocchi, J. Falandysz. Radiocaesium in *Cortinarius* spp. mushrooms in the regions of the Reggio Emilia in Italy and Pomerania in Poland. *Environmental Science and Pollution Research* 23 (2016) 23169.
6. M. Lacheva et al. Activity concentrations of Cs-137, Cs-134, Th-234 and K-40 in wild edible mushrooms gathered 32 years after the Chernobyl power plant accident in Batak Mountain, Bulgaria. *Bulgarian Chemical Communications* 52 A (2020) 47.
7. A. Pekşen et al. Determination of radioactivity levels in different mushroom species from Turkey. *Yüzüncü Yil Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 31(1) (2021) 30.
8. L. Cui et al. Radiocesium concentrations in mushrooms collected in Kawauchi village five to eight years after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *PLoS ONE* 15(9) (2020) e0239296.
9. M. Komatsu, K. Nishina, S. Hashimoto. Extensive analysis of radiocesium concentrations in wild mushrooms in eastern Japan affected by the Fukushima nuclear accident: Use of open accessible monitoring data. *Environmental Pollution* 255 (2019) 113236.
10. M. Saniewski et al. <sup>90</sup>Sr in King Bolete *Boletus edulis* and certain other mushrooms consumed in Europe and China. *Science of the Total Environment* 543 (2016) 287.
11. *Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency*. IAEA Safety Series No. 109 (Vienna: IAEA, 1994) 117 p.
12. G.A. Grodzynska. Radionuclide contamination of macromycetes. *Visnyk Natsionalnoyi Akademiyi Nauk Ukrainy (Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine)* 6 (2017) 61. (Ukr)
13. V.P. Krasnov, O.O. Orlov, T.V. Kurbet. *Radioecology of Edible Macromycetes* (Zhytomyr: Volyn, 2006) 220 p. (Rus)
14. I. Tucaković et al. <sup>137</sup>Cs in mushrooms from Croatia sampled 15 - 30 years after Chernobyl. *Journal of Environmental Radioactivity* 181 (2018) 147.
15. A. Grodzinskaya et al. Radioactive contamination of wild mushrooms from Ukraine under conditions of contrasting radiation loads: 36 years after the Chernobyl nuclear power plant catastrophe. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 24(9) (2022) 25.
16. M. Orita et al. Activities concentration of radiocesium in wild mushroom collected in Ukraine 30 years after the Chernobyl power plant accident. *PeerJ* 6 (2018) e4222.
17. N.E. Zarubina et al. Two stages in the accumulation of <sup>137</sup>Cs by mushroom *Suillus luteus* after the Chernobyl accident. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 22(3) (2021) 294.
18. V.I. Tkachuk. *Problems of Cultivation of Scots Pine on Right-Bank Polissia* (Zhytomyr: Volyn, 2004) 464 p. (Ukr)
19. *Quality of Soil. Methodology of Soil Sampling for Radiation Control*. Organization Standard of Ukraine 74.14-37-425:2006 (Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2006) 11 p. (Ukr)
20. M. Belli et al. Dynamics of Radionuclides in Semi-Natural Environments. In: I. Linkov, W.R. Schell (Eds.). *Contaminated Forests*. NATO Science Series. Vol 58 (Dordrecht: Springer, 1999) p. 17.
21. G.F. Lakin. *Biometry* (Moskva: Higher School, 1973) 348 p. (Rus)
22. P.S. Pohrebniak. *Fundamentals of Forest Typology* (Kyiv: Publishers of Academy of Sciences of Ukrainian SSR, 1955) 452 p. (Rus)
23. J. Braun-Blanquet. *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*. 3rd ed. (Berlin: Springer-Verlag, 1964) 631 p.
24. R.H. Whittaker et al. *Classification of Plant Communities*. Handbook of Vegetation Science (HAVS, Vol. 5-1) (Hague: Dr. W. Junk Publishers, 1978) 416 p.
25. D.V. Dubyna (Ed.). *Prodrome of the Vegetation of Ukraine* (Kyiv: Naukova Dumka, 2019) 783 p. (Ukr)
26. *Index Fungorum* (2015).
27. *The Main Sanitary Rules of Procuring Radiation Security in Ukraine*. *State Sanitary Rules: 6.177-2005-09-02* (Kyiv: Ministry of Health of Ukraine, 2005) 98 p. (Ukr)
28. K. Haselwandter, M. Berreck, P. Brunner. Fungi as bioindicators of radiocaesium contamination: pre- and post-Chernobyl activities. *Transactions of the British Mycological Society* 90 (1988) 171.
29. M. Strandberg Long-term trends in the uptake of radiocesium in *Rozites caperatus*. *Science of the Total Environment* 327 (2004) 315.
30. E. Malinowska, P. Szefer, R. Bojanowski. Radionuclides content in *Xerocomus badius* and other commercial mushrooms from several regions of Poland. *Food Chemistry* 97(1) (2006) 19.

31. J.W. Mietelski et al. Radioactive contamination of forests in Poland. *Biological Trace Element Research* 43-45 (1994) 715.
32. J.W. Mietelski et al. Radioactive contamination of Polish mushrooms. *Science of the Total Environment* 157 (1994) 217.
33. G.A. Grodzynska et al. Macromycetes – bioindicators of radiocaesium contamination of Ukrainian forest ecosystems. *Visnyk Natsionalnoyi Akademiyi Nauk Ukrayiny (Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine)* 9 (2008) 26. (Ukr)
34. J. Falandysz et al. Radiocaesium in *Tricholoma* spp. from the Northern Hemisphere in 1971 - 2016. *Science of the Total Environment* 802 (2022) 149829.
35. J. Klán et al. Investigation of non-radioactive Rb, Cs, and radiocaesium in higher fungi. *Česká Mykologie* 42 (1988) 158.
36. Permissible Content Levels of Radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in Foodstuffs and Drinking Water. Hygienic Standard HS 6.6.1.1.-130-2006 (Kyiv: Ministry of Health of Ukraine, 2006) 22 p. (Ukr)
37. P.L. Nimis et al. The effect of microniches in a natural ecosystem on the radiocontamination of vascular plants. In: *Transfer of Radionuclides in Natural and Semi-Natural Environments*. Eds. G. Desmet et al. (London - New-York: Elsevier Applied Science, 1990) p. 84.

Надійшла/Received 27.02.2023