

**Курбет Т.В., к.с.-г.н.** (Поліський філіал Українського науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, м. Житомир)

## **ІНТЕНСИВНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ МАКРОМІЦЕТАМИ У СВІЖИХ ДІБРОВАХ ПОДІЛЬСЬКОЇ ВИСОЧИНИ**

**Наведені результати дослідження інтенсивності акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  плодовими тілами макроміцетів у свіжих дібровах Подільської височини. Зроблений висновок про те, що вивчені види макроміцетів в регіоні можуть заготовлюватися без обмеження.**

**Ключові слова:** макроміцети, коефіцієнт переходу,  $^{137}\text{Cs}$ .

**Приведены результаты изучения интенсивности аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  плодовыми телами макромицетов в свежих дубравах Подольской возвышенности. Сделан вывод о том, что изученные виды макромицетов в регионе могут заготавливаться без ограничения.**

**The intensity of  $^{137}\text{Cs}$  accumulation by fruit bodies of macromycetes in the type of forest habitat fresh oak of Podol'sk Hills has been studied. A conclusion about possibility of harvesting of all mushroom species in the region without any limitation is made.**

До останнього часу радіоекологічні дослідження в лісах України, Білорусі та Росії в переважній більшості проводилися у бореальних екосистемах хвойних лісів. Це було обумовлено інтенсивною міграцією техногенних радіонуклідів в даних екосистемах внаслідок високих рівнів радіоактивного забруднення території та бідності ґрунтів. В той же час, в лісових екосистемах підзони широколистяних лісів такі дослідження до теперішнього часу залишаються фрагментарними, хоча і представляють безперечний науковий інтерес і практичну цінність. Особливо це стосується радіоактивного забруднення харчової продукції лісу, зокрема грибів, вживання яких в їжу місцевим населенням може обумовлювати значні рівні додаткового внутрішнього опромінювання населення [8].

Для **листяних лісів** дані про інтенсивність акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  плодовими тілами макроміцетів є далеко не повними. Приведений ранжируваний ряд видів макроміцетів для дубово-грабових лісів свіжих сугрудів ( $\text{C}_2$ ) для території Українського Полісся [1; 3]. Показано, що відмінності середніх значень КП у різних видів макроміцетів перевищують математичний порядок. Особливий інтерес представляє той факт, що акумуляція  $^{137}\text{Cs}$  в плодкових тілах *Boletus*

edulis в згаданих екологічних умовах була значно сильнішою, ніж в таких відомих накопичувачах даного радіонукліда в хвойних лісах, як *Lactarius rufus* і більшість видів роду *Russula*. Окремі фрагментарні дані про інтенсивність накопичення  $^{137}\text{Cs}$  плодовими тілами ряду їстівних грибів приведені в методичній публікації [2]. Зокрема, показано, що плодові тіла *Boletus edulis* в свіжих грудях ( $D_2$ ) накопичують згаданий радіонуклід приблизно в 12 разів слабкіше, ніж в свіжому бору ( $A_2$ ). Узагальнення значного об'єму інформації щодо здатності їстівних грибів різних видів накопичувати  $^{137}\text{Cs}$  в хвойних лісах бореального типу проведено О.О. Орловим із співавторами [4], зокрема, був зроблений висновок про те, що міжвидові відмінності КП  $^{137}\text{Cs}$  у їстівних грибів в одному і тому ж едатопі можуть складати від 10 до 100 разів. За даними А.І. Щеглова [7], в лісостеповій зоні, де ліси зростають на опідзолених чорноземних ґрунтах, накопичення  $^{137}\text{Cs}$  їстівними грибами було на 4 порядки нижче у порівнянні з торф'янисто-підзолистими ґрунтами. Таким чином, аналіз наявних публікацій дозволяє зробити висновок про те, що для дубово-грабових лісів Лісостепу України ( $D_2$ ) дані щодо акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  плодовими тілами макроміцетів практично відсутні, тому дослідження в даному напрямі представляються актуальними.

**Дослідження проведені в дубово-грабових лісах** Подільської височини у Чечельницькому лісовому господарстві Вінницької області, в умовах свіжих дібров ( $D_2$ ). На трьох ділянках був представлений один і той же фітоценоз: *Quercus petraea* + *Quercus robur* + *Carpinus betulus* + *Carex brevicollis* + *Carex pilosa*. Тип ґрунтів – темно-сірі лісові, важко суглинні, на бурих неогенових глинах. На трьох лісових ділянках в 3-5-кратній повторності були відібрані плодові тіла макроміцетів 25 видів. В місцях відбору зразків плодових тіл грибів також відбиралися парні до них зразки ґрунту циліндровим буром, діаметром 5 см, на глибину 20 см, методом конверта. Всього було вивчене близько 250 зразків грибів і ґрунту. Зразки висушувались до повітряно-сухого стану впродовж 72 годин при  $t = 60^\circ\text{C}$  та розмелювались на пробопідготовлювачах ПРП-1 і ПРГ-01. Вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  проводилося на багатоканальному гамма-спектрометрі СЕГ-01 з напівпровідниковим детектором ДГДК-100 ВЗ. Відносна погрішність вимірювання даного показника не перевищувала 15%. Показником інтенсивності акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  плодовими тілами макроміцетів з ґрунту слугував коефіцієнт переходу (КП) в загальноприйнятій розмірності  $\text{м}^2\text{кг}^{-1}\cdot 10^{-3}$  [9]. Статистична обробка отриманих результатів проведена за допомогою стандартного пакету програм Excel.

**На вивчених ділянках грабово-дубових лісів**, в достатньо вузькому діапазоні щільності забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  123-176  $\text{кБк}/\text{м}^2$  були відібрані плодові тіла макроміцетів. Навіть при дуже близьких значеннях щільності забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  ( $A_s$ ) міжвидові відмінності питомої активності даного радіонукліда в сухих плодових тілах грибів складали до 35 разів. Так, наприклад, при щільності радіоактивного забруднення ґрунту 176  $\text{кБк}/\text{м}^2$  вміст

$^{137}\text{Cs}$  в плодкових тілах *Paxillus involutus* склав 1126 Бк/кг, а при 171 кБк/м<sup>2</sup> у *Russula xerampellina* – 60 Бк/кг; при  $A_s=155$  кБк/м<sup>2</sup> вміст  $^{137}\text{Cs}$  у *Clitocybe gibba* склав 1205 Бк/кг, а при 153 кБк/м<sup>2</sup> у *Armillariella mellea* – 35 Бк/кг. Відповідно, розраховані середні значення КП  $^{137}\text{Cs}$  по всьому масиву даних у різних видів також варіювали в широких межах. При цьому мінімальне значення КП було характерним для *Pholiota squarrosa* –  $0,2\pm 0,02$ , а максимальне – для *Russula foetens* –  $8,5\pm 0,97$ . Таким чином, міжвидові відмінності КП становили близько 45 разів, що в цілому добре узгоджується з даними інших дослідників про значний розмах варіювання середніх значень КП у різних видів грибів в одному і тому ж едотопі [7].

Вивчені види макроміцетів були нами ранжирувані в порядку убавання середніх значень КП. Крім того, методом однофакторного дисперсійного аналізу [6] були виділені однорідні дисперсійні групи видів макроміцетів, в межах кожної з яких істотні відмінності середніх значень КП були відсутні, але були чітко виражені між групами (рисунок).

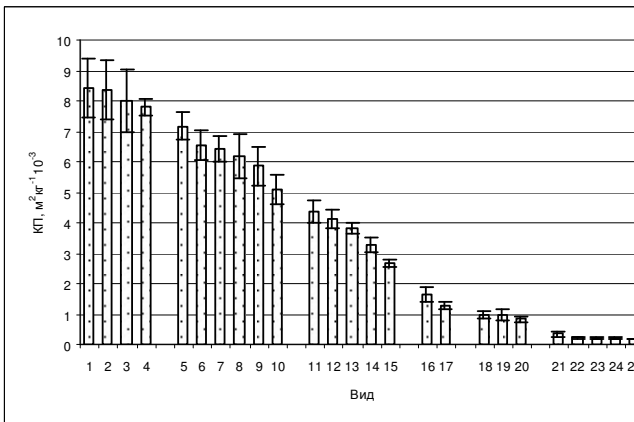


Рисунок. Однорідні групи видів макроміцетів за інтенсивністю акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  плодковими тілами з ґрунту

Умовні позначення:

- |                                                      |                                                             |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1. <i>Russula foetens</i> Fr.                        | 14. <i>Russula cyanoxantha</i> Schff. ex Fr.                |
| 2. <i>Clitocybe geotropa</i> (Bull. ex Fr.) Quél.    | 15. <i>Leccinum aurantiacum</i> (Bull. ex St. Am.) S.F.Gray |
| 3. <i>Boletus edulis</i> Fr.                         | 16. <i>Lactarius uvidus</i> Fr.                             |
| 4. <i>Clitocybe gibba</i> Fr.                        | 17. <i>Langermannia gigantea</i> (Batsch ex Pers.) Rostk.   |
| 5. <i>Agaricus arvensis</i> Schff. ex Fr.            | 18. <i>Lactarius quietus</i> Fr.                            |
| 6. <i>Xerocomus badius</i> (Fr.) Kühn.               | 19. <i>Russula virescens</i> (Schff. ex Zant.) Fr.          |
| 7. <i>Paxillus involutus</i> Fr.                     | 20. <i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.                        |
| 8. <i>Agaricus sylvaticus</i> Schff.                 | 21. <i>Russula xerampellina</i> Fr.                         |
| 9. <i>Mycena rosea</i> Kumm.                         | 22. <i>Armillariella mellea</i> (Vahl. ex Fr.) Karst.       |
| 10. <i>Cantharellus cibarius</i> Fr.                 | 23. <i>Hypholoma sublateritium</i> (Fr.) Quél.              |
| 11. <i>Macrolepiota procera</i> (Scop. ex Fr.) Sing. | 24. <i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull. ex Fr.) Murrill     |
| 12. <i>Xerocomus subtomentosus</i> (Fr.) Quél.       | 25. <i>Pholiota squarrosa</i> (Pers. Ex Fr.) Kumm.          |
| 13. <i>Leccinum scabrum</i> Fr.                      |                                                             |

Між всіма однорідними групами за величиною КП відмінності істотні на 95% довірчому рівні ( $F_{\text{факт.}} = 19,59-769,92 \gg F_{\text{теор.}}(0,95;1) = 4,14-4,54$ ). Аналіз даних свідчить, що всі вивчені види макроміцетів за інтенсивністю акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  можна розділити на 6 однорідних дисперсійних груп.

В I дисперсійній групі, що складається з 4-х видів, середні значення КП варіювалися від  $8,5 \pm 0,97$  у *Russula foetens* до  $7,8 \pm 0,26$  у *Clitocybe gibba* при середньому значенні КП в даній групі  $8,1 \pm 2,17$ . II дисперсійна група складалася з 6 видів і характеризувалася середніми значеннями КП від  $7,2 \pm 0,45$  у *Agaricus arvensis* до  $5,1 \pm 0,48$  у *Cantharellus cibarius* при середньому значенні КП в групі  $6,1 \pm 1,37$ . Для III групи амплітуда значень КП становила від  $4,4 \pm 0,39$  у *Macrolepiota procera* до  $2,7 \pm 0,13$  у *Leccinum aurantiacum* при середньому значенні КП по даній групі  $3,6 \pm 0,87$ . У IV дисперсійну групу увійшли 2 вида макроміцетів, з діапазоном КП  $1,6-1,3$  і середнім значенням КП в групі  $1,5 \pm 0,60$ . У V групі максимальне значення КП спостерігалось у *Lactarius quietus* –  $1,0 \pm 0,19$ , а мінімальне – у *Lycoperdon perlatum* –  $0,8 \pm 0,09$  при середньому значенні КП по групі в цілому  $0,9 \pm 0,27$ . VI групу видів склали гриби з величинами КП від  $0,35 \pm 0,08$  у *Russula xerampellina* до  $0,19 \pm 0,02$  у *Pholiota squarrosa* при середньому значенні КП по даній групі  $0,24 \pm 0,06$ . Дані рисунку свідчать про те, що кожна з виділених однорідних груп видів за інтенсивністю акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  в таксономічному відношенні була різномірною і складалася з представників різних видів, що належать до різних родів. В той же час, представники одного роду, наприклад *Russula*, розподілилися по 4-м групам з 6-ти.

Значний інтерес представляють дослідження інтенсивності акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту представниками окремих родів макроміцетів. Отримані дані свідчать про те, що навіть в одному типі лісорослинних умов (D2) середні значення КП у видів одного роду характеризувалися певною амплітудою. Так, у роді *Xerocomus* середні значення КП у різних видів відрізнялися істотно ( $F_{\text{факт.}} = 17,54 \gg F_{\text{теор.}}(0,95;1;6) = 7,71$ ). Аналогічна картина була характерною і для родів *Leccinum* ( $F_{\text{факт.}} = 23,33 \gg F_{\text{теор.}}(0,95;1;6) = 7,71$  та *Russula* ( $F_{\text{факт.}} = 64,63 \gg F_{\text{теор.}}(0,95;115) = 3,71$ ). При цьому в роді *Russula* істотні відмінності середніх значень КП спостерігалися між всіма 4-а видами, досягаючи мінімуму у *Russula xerampellina* –  $0,35 \pm 0,08$ , а максимуму – у *Russula foetens* –  $8,45 \pm 0,97$ . Таким чином, у представників даного роду міжвидові відмінності середніх значень КП в свіжій діброві склали 24 рази, що, найімовірніше, пов'язано з різною глибиною розташування основної маси міцелію в ґрунті. В той же час, у представників ряду родів грибів істотні відмінності середніх значень КП були відсутні. Так, у роді *Lactarius* середні значення КП у *L. quietus* і *L. uvidus* склали відповідно  $1,6 \pm 0,22$  і  $0,97 \pm 0,13$  ( $F_{\text{факт.}} = 4,89 \ll F_{\text{теор.}}(0,95;1;6) = 7,71$ ); у роді *Agaricus* у *A. arvensis* середнє значення КП складало  $7,2 \pm 0,45$ , а у *A. sylvaticus* –  $6,2 \pm 0,72$  ( $F_{\text{факт.}} = 1,31 \ll F_{\text{теор.}}(0,95;1;6) = 7,71$ ); в роді *Clitocybe* у *C. gibba* і *C. geotropa* значення КП склали відповідно  $7,8 \pm 0,26$  і  $8,4 \pm 0,96$

( $F_{\text{факт.}} = 0,32 \ll F_{\text{теор.}(0,95;1;6)} = 7,71$ ). Таким чином, отримані нами результати для даних екологічних умов суперечать усталеній думці про те, що максимальна інтенсивність акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  в цілому характерна для симбіотрофів. Нами раніше було показано [3], що підстилкові сапротрофи у свіжих судібровах Українського Полісся, зокрема представники роду *Clitocybe*, характеризувалися більшими величинами КП, ніж більшість видів симбіотрофів.

У практичному плані важливим є те, що з вивчених 25 видів 16 є цінними їстівними грибами, а 2 види – умовно їстівними, які використовуються місцевим населенням. Характерною особливістю регіону досліджень є те, що в умовах малолісної Подільської височини широко заготовлюються такі їстівні види, як *Clitocybe gibba* або умовно-їстівні, наприклад *Paxillus involutus*, що не збираються населенням в інших регіонах України. Тому нами були розраховані значення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в сухих плодкових тілах їстівних грибів у свіжих дібровах при щільності забруднення  $^{137}\text{Cs}$  37 кБк/м<sup>2</sup>. Отримані дані свідчать про те, що вміст даного радіонукліда в їстівних грибах коливався від 9 Бк/кг в плодкових тілах *Armillariella mellea* до 296 Бк/кг у *Boletus edulis*, а в умовно їстівних – від 7 Бк/кг у *Laetiporus sulphureus* до 238 Бк/кг у *Paxillus involutus*. Також нами були розраховані граничні значення щільності забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  для заготівлі їстівних грибів різних видів в свіжих дібровах. Згідно розрахунків плодове тіла *Boletus edulis* та *Agaricus arvensis* можливо заготовлювати при  $A_s$  до 9 Кі/км<sup>2</sup>, *Xerocomus badius* – 10 Кі/км<sup>2</sup>, *Cantharellus cibarius* – 13 Кі/км<sup>2</sup>. Решту видів їстівних грибів можна використовувати при  $A_s$  до верхньої межі можливого ведення лісового господарства – 555 кБк/м<sup>2</sup> (15 Кі/км<sup>2</sup>). Заготівля умовно їстівних грибів можлива при таких значеннях  $A_s$ : *Paxillus involutus* – до 11 Кі/км<sup>2</sup>, а *Laetiporus sulphureus* – до 15 Кі/км<sup>2</sup>. Таким чином, в цілому нами підтверджений висновок про те, що екологічні умови свіжих дібров у радіологічному плані є істотно більш благополучними, ніж судіброви і особливо – субори і бори [5]. Порівняльний аналіз отриманих гранично допустимих значень щільності забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  для заготівлі їстівних грибів у свіжих дібровах з реальними величинами щільності забруднення даним радіонуклідом лісових масивів Правобережного Лісостепу України дозволяє зробити важливий практичний висновок про те, що всі вивчені види грибів у даному регіоні можуть використовуватися на даній території без обмеження.

**Висновки.** Міжвидові відмінності середніх значень питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  в плодкових тілах грибів на одних і тих же ділянках в свіжих дібровах складали близько 35 разів, а середніх значень КП – близько 45 разів. За інтенсивністю акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  у свіжих дібровах виділено 6 однорідних груп видів макроміцетів із середніми значеннями коефіцієнта переходу: I група – 8,1; II група – 6,1; III – 3,6; IV – 1,5; V – 0,9; VI – 0,24. Враховуючи реальні рівні забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  на Подільській височині в даний час, всі вивчені види їстівних і умовно їстівних грибів в даному регіоні можуть заготовлюватися без обмеження.

1. Краснов В. П. Радиоэкология лесов Полесья Украины. – Житомир: Волянь, 1998. – 112 с.
2. Орлов А. А., Калиш А. Б. Методические аспекты изучения миграции техногенных радионуклидов в лесах: дискретный и континуальный подходы // Проблемы ландшафтного разнообразия Украины / Сборник научных трудов. – Киев, 2000. – С. 266-270.
3. Орлов А. А. Особенности аккумуляции <sup>137</sup>Cs макромицетами дубово-грабовых лесов Центрального Полесья // Вестник Киевского национального университета им. Т. Шевченко. – Вып. 33. – Серия «Биология». – Киев: Издательский Центр «Киевский университет», 2001. – С. 66-70.
4. Орлов А. А., Краснов В. П., Прищепа А. Л. Радиоактивно загрязненные леса как критические ландшафты: радиоактивность пищевых продуктов и влияние на формирование дозы внутреннего облучения населения (аналитический обзор). – Житомир: ЖИТИ, 2002. – 104 с.
5. Рекомендации по ведению лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения / Краснов В. П., Орлов А. А., Иркиенко С. П. и др. / под ред. В. П. Краснова. – К.: Аграрная наука, 1995. – 62 с.
6. Урбах В. Ю. Биометрические методы. – М.: Наука, 1964. – 415 с.
7. Щеглов А. И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: по материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС. – М.: Наука, 1999. – 268 с.
8. Bruk G. J., Shutov V. N., Travnikova I. G., Balonov M. I., Kaduka M. V., Basalaeva L. N. The Role of the Forest Products in the Formation of Internal Exposure Dose to the Population of Russia after the Chernobyl Accident // Contaminated Forests. Recent developments in risk identification and future perspectives / Eds. I.Linkov and W.R.Schell. – Series 2: Environmental Security. – Vol. 58. – Dordrecht–Boston–London: Kluwer Academic Publishers, 1999. – P. 343-352.
9. ECP-5. Behaviour of radionuclides in natural and semi-natural environments. – Final Report of ECP-5 / Eds. M. Belli and F. Tikhomirov. – Luxembourg, 1996. – 147 p.

Рецензент: доктор сільськогосподарських наук, професор Веремеєнко С.І. (НУБГП)