

**КАЛІЙ, РУБІДІЙ І ЦЕЗІЙ (^{133}Cs ТА ^{137}Cs) У ПОПУЛЯЦІЇ
SUILLUS VARIEGATUS В ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ ШВЕЦІЇ**

М. Вінічук^{1,2*}, А. Далберг³

*¹Житомирський державний технологічний університет
вул. Черняхівського, 103, Житомир 10005, Україна*

*^{1,2}Кафедра ґрунтів і навколишнього середовища
Шведський університет сільськогосподарських наук
PO Box 7014, SE-750 07, Упсала, Швеція*

*³Кафедра лісової мікології та патології
Шведський університет сільськогосподарських наук
PO Box 7026, SE-750 07, Упсала, Швеція*

**e-mail: Mykhailo.Vinichuk@slu.se*

Аналіз ізотопних співвідношень $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ і співвідношень концентрацій $^{137}\text{Cs}/\text{K}$, $^{133}\text{Cs}/\text{K}$, $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$, $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ та K/Rb у плодкових тілах масляюка жовто-бурого не виявив відмінностей у варіюванні співвідношень $^{137}\text{Cs}/\text{K}$ та $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$ у межах генотипів і всієї популяції. Діапазони варіювання співвідношень $^{133}\text{Cs}/\text{K}$, $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ та K/Rb у межах окремих генотипів, як правило, майже удвічі вужчі, ніж варіювання в межах усієї популяції.

Ключові слова: генотип, популяція, радіоцезій, співвідношення концентрацій.

Як сапротрофні, так і мікоризні гриби не лише забезпечують кругообіг вуглецю й елементів живлення у ґрунтах лісових екосистем [7], а й також активно накопичують ^{137}Cs у своїх плодкових тілах, причому значно ефективніше, ніж судинні рослини [17]. Поряд із тим, механізми, що забезпечують високу ефективність поглинання радіоцезію грибами, залишаються невідомими [3, 17]. Крім радіоцезію, гриби також активно акумулюють інші елементи першої групи періодичної системи, а саме лужні метали – стабільний цезій (^{133}Cs), калій (K) та рубідій (Rb) [7, 9], що мають подібні фізико-хімічні властивості [7], а отже, надходять у гриби як аналоги ^{137}Cs . Калій є життєво необхідним елементом для будь-яких біологічних систем, але у грибах його особливо багато – частка калію серед мінеральних елементів золи грибів становить близько 50%. Фізіологічна роль рубідію, який не менш ефективно поглинається грибами, невідома, але показано, що у нитчастих грибах іони рубідію (а також цезію) можуть замінювати калій [6]. Поряд із тим, дослідження цих елементів-аналогів у грибах допомагає краще зрозуміти механізми, що забезпечують високу радіоактивність грибів та їхні радіоекологічні функції в лісових екосистемах.

Значення концентрацій лужних металів (калію, рубідію і стабільного цезію) було досліджено як у плодкових тілах грибів [1, 15], так і в їхньому вегетативному тілі, міцелії та ризосфері [14]. Були встановлені кореляційні зв'язки між цезієм (^{133}Cs та ^{137}Cs) та рубідієм при їх надходженні у гриби і показано, що надходження цезію залежить від концентрації рубідію, але не залежить від концентрації калію [11, 14]. Аналізуючи такі залежності, японські дослідники S. Yohsida і Y. Muramatsu [17] припустили, що радіоцезій надходить у гриби за іншим(и) механізмом(ами), ніж калій, тоді як рубідій надходить за деяким(и) проміжним(и) механізмом(ами), відмінними від механізмів надходження як калію, так і цезію. Водночас подібні припущення базуються на результатах дослідження хоча і значної кількості проаналізованих зразків плодкових тіл грибів, але тих, що належать до різ-

них видів, включаючи як сапротрофи, так і мікоризні. Між тим, як показали A.G. Gillett і N.M.J. Crout [9], рівні радіоцезію у плодкових тілах грибів сильно варіюють, причому таке варіювання може досягати кількох порядків, і не лише у тих, що належать до різних видів, а й також у межах популяції одного і того ж виду і навіть у окремих генотипах [5].

У попередній роботі [15] ми проаналізували плодові тіла ектомікоризного виду маслюк жовто-бурий (*Suillus variegatus* (Fr.) Kuntze) і показали наявність кореляційних залежностей між цезієм (^{133}Cs та ^{137}Cs) та рубідієм, а також між згаданими елементами й ізотопним співвідношенням $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ як усередині популяції, так і в окремих генотипах. Оскільки величина активності радіоцезію у плодкових тілах грибів залежить від концентрації стабільного цезію та рубідію, але не калію, то метою даної роботи є дослідження співвідношень активності цезію (^{137}Cs) та концентрації стабільного цезію (^{133}Cs), калію і рубідію на рівні популяції та в окремих генотипах маслюка жовто-бурого. Наша гіпотеза полягала у тому, що співвідношення між згаданими елементами (ізотопами) в межах генотипу варіюють у вужчому діапазоні, ніж у межах усїєї популяції.

Матеріали та методи

Дослідження проводились у лісових екосистемах центральної Швеції (66°59'50" пн. ш; 15°73'60" сх. д.), що зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської аварії у 1986 році. Рівень забруднення за ^{137}Cs становить 33 ± 10 кБк м⁻² [12]. Ґрунти (за класифікацією FAO/WRB) **Folic Leptosol та Haplic Podzol розвинені на піщаних гляціальних відкладеннях** [16]. У насадженнях переважає сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) та ялина європейська (*Picea abies* L.) з домішками листяних дерев, переважно берези (*Betula pendula* Roth. та *Betula pubescens* Ehrh.). У трав'янистому покриві переважають брусниця, чорниця і верес. Для досліджень було використано плодові тіла маслюка жовто-бурого (*Suillus variegatus* (Fr.) Kuntze), **зібраних у 1994 р. протягом одного грибного сезону в межах дослідних ділянок площею від 100 до 1600 м² в межах загальної площі близько 1 км²** [5]. Плодові тіла в межах кожного генотипу були відібрані з ділянок, просторово обмежених розміром 10–12 м. Усі генотипи були включені в розрахунки на рівні популяції, але тільки генотипи, що містять 4 і більше зразків, були включені в розрахунки на рівні генотипів. Плодові тіла, що не були перевірені на генетичну сумісність (представлені одним або різними генотипами), **об'єднані у серію під назвою «Генотип невідомий».** Методика тестування на генетичну сумісність і активність ^{137}Cs в одиницях кБк кг⁻¹ подана у Dahlberg et al. [5]. Концентрації калію, рубідію та стабільного цезію визначено за методами ICP-AES та ICP-SFMS в лабораторії ALS Scandinavia (Luleå, Швеція) в одиницях мг кг⁻¹ сухої речовини. Ізотопне співвідношення $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ розраховували згідно з Chao et al. [4]:

$$\frac{^{137}\text{Cs}}{\text{Cs}} = 3.05 \times 10^{-10} \times \frac{A}{C},$$

де A – активність ^{137}Cs , Бк·кг⁻¹, C – концентрація ^{133}Cs , мг·кг⁻¹.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили з використанням програми Minitab® 15.1.1.0. (© 2007 Minitab Inc.).

Результати і їхнє обговорення

Критерієм для оцінки коливань у співвідношеннях концентрацій (активності) досліджуваних елементів, виражених у різних одиницях вимірювання, є коефіцієнт варіації.

Варіювання співвідношень концентрацій $^{137}\text{Cs}/\text{K}$, $^{133}\text{Cs}/\text{K}$. З даних табл. 1 і 2 випливає, що найвищі значення коефіцієнтів варіації (близько 40–60%) у плодкових тілах маслюка жовто-бурого спостерігаються у співвідношеннях концентрацій цезію та калію ($^{137}\text{Cs}/\text{K}$,

$^{133}\text{Cs}/\text{K}$). Варіювання співвідношень концентрацій стабільного цезію та калію ($^{133}\text{Cs}/\text{K}$) у межах усєї популяції виявилось навіть сильнішим, ніж варіювання між активністю ^{137}Cs та концентрацією калію ($^{137}\text{Cs}/\text{K}$).

Таблиця 1

Ізотопне співвідношення ^{137}Cs (кБк·кг⁻¹)/ ^{133}Cs (мг·кг⁻¹) та співвідношення ^{137}Cs (кБк·кг⁻¹)/K (мг·кг⁻¹), ^{137}Cs (кБк·кг⁻¹)/Rb (мг·кг⁻¹) у плодкових тілах маслюка жовто-бурого *Suillus variegatus* (M±m та коефіцієнт варіації, V)

Параметри	n*	$^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$, x10 ⁻⁷	$^{137}\text{Cs}/\text{K}$, x10 ⁻³	$^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$
Генотип 1				
M±m	8	1,67±0,31	2,21±0,60	0,14±0,036
V		22,2	35,9	33,5
Генотип 2				
M±m	6	1,43±0,37	2,91±1,05	0,16±0,049
V		36,4	44,8	40,3
Генотип 3				
M±m	4	3,16±0,27	2,44±0,40	0,18±0,023
V		10,4	21,8	16,5
Генотип 4				
M±m	5	3,27±0,23	2,18±0,42	0,22±0,04
V		9,2	24,9	24,5
Генотип невідомий				
M±m	19	2,62±0,42	1,99±0,66	0,18±0,055
V		20,0	31,7	26,6
Популяція в цілому				
M±m	51	2,50±0,73	2,07±0,66	0,16±0,055
V		34,6	41,6	33,6

Примітка. n – кількість проаналізованих зразків.

Стабільний цезій (^{133}Cs) акумулюється грибами разом із радіоактивним ізотопом (^{137}Cs), хоча біологічна доступність ^{133}Cs є нижчою, оскільки останній, на відміну від ^{137}Cs , міститься у каліймістких мінералах ґрунту. Результати послідовного екстрагування ^{137}Cs та ^{90}Sr (чорнобильського походження) та стабільних Cs і Sr із верхніх шарів забрудненого радіонуклідами ґрунту (0-4 см) показали, що частка ^{137}Cs в обмінній фракції була більшою порівняно з часткою ^{133}Cs [13]. Незважаючи на те, що варіювання концентрації калію у плодкових тілах маслюка жовто-бурого було приблизно удвічі меншим (21,3%), ніж варіювання концентрації ^{133}Cs (50,1%) та активності ^{137}Cs (38,0%), між величиною активності ^{137}Cs та концентрацією стабільного ^{133}Cs не встановлено будь-яких кореляційних залежностей [14]. У той же час відсутність кореляційних зв'язків між радіоцезієм і калієм не обов'язково означає, що ці два іони надходять у гриби різними шляхами. Ймовірною причиною може бути нерівномірний перерозподіл цезію у ґрунті та різна глибина залягання міцелію. На думку Baeza et al. [2], відсутність кореляції між калієм (у даному випадку ^{40}K) та радіоцезієм пояснюється тим, що процес поглинання калію, який є необхідним елементом мінерального живлення грибів, регулюється ними відповідно до фізіологічних потреб, тоді як надходження ^{137}Cs є нерегульованим процесом.

Варіювання співвідношень концентрацій $^{137}\text{Cs}/\text{K}$ у межах генотипів майже не відрізняється від варіювання в межах популяції, тоді як варіювання співвідношень концентрацій $^{133}\text{Cs}/\text{K}$ у межах окремих генотипів приблизно удвічі вужче порівняно з варіюванням у межах популяції. Очевидно, що надходження цезію (насамперед ^{137}Cs) у гриби значною мірою залежить від ґрунтових умов, які визначають його біологічну доступність. Детальний аналіз факторів, що обумовлюють варіювання активності ^{137}Cs у плодкових тілах маслюка жовто-бурого, наведено у роботі Dahlberg et al. [5].

Таблиця 2

Співвідношення ^{133}Cs (мг·кг⁻¹)/К (мг·кг⁻¹), ^{133}Cs (мг·кг⁻¹)/Rb (мг·кг⁻¹) та К (мг·кг⁻¹)/Rb (мг·кг⁻¹) у плодкових тілах маслюка жовто-бурого *Suillus variegatus* (M±m та коефіцієнт варіації, V)

Параметри	n	$^{133}\text{Cs}/\text{K}$, $\times 10^{-4}$	$^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$, $\times 10^{-2}$	K/Rb
Генотип 1				
M±m	8	3,95±0,64	2,53±0,33	64,4±3,17
V		20,1	16,6	6,7
Генотип 2				
M±m	6	6,23±1,35	3,39±0,44	55,8±5,83
V		25,9	16,7	12,5
Генотип 3				
M±m	4	2,33±0,18	1,69±0,07	72,7±2,58
V		12,2	6,9	5,4
Генотип 4				
M±m	5	2,04±0,41	2,01±0,39	99,0±2,26
V		23,7	16,6	3,0
Генотип невідомий				
M±m	19	2,35±0,45	2,06±0,32	89,5±5,42
V		27,8	20,9	10,8
Популяція в цілому				
M±m	51	2,88±1,23	2,14±0,58	83,2±14,8
V		58,1	35,3	21,8

Примітка. n – кількість проаналізованих зразків.

Варіювання співвідношень концентрацій $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$ та $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$. Діапазон варіювання співвідношень концентрацій цезію та рубідію ($^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$ та $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$) також досить широкий (34–35% для всієї популяції), але помітно вужчий порівняно з діапазоном варіювання співвідношень цезію та калію ($^{137}\text{Cs}/\text{K}$ та $^{133}\text{Cs}/\text{K}$) (табл. 1, 2). Відомо, що серед досліджуваних елементів рубідій накопичується грибами найбільш ефективно: коефіцієнти накопичення (відношення концентрації у плодкових тілах грибів до концентрації у ґрунті) становили 40 для ^{133}Cs , 67 для К та 122 для Rb [13]. Між концентраціями цезію (^{133}Cs та ^{137}Cs) та рубідію у плодкових тілах грибів також існує тісний кореляційний зв'язок, як у тих, що належать до різних видів [14], так і у межах популяції одного виду [15]. Однією з можливих причин відмінностей у варіюванні співвідношень концентрацій $^{137}\text{Cs}/\text{K}$, $^{133}\text{Cs}/\text{K}$ та $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$, $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ є те, що у своїй хімічній та біогеохімічній поведінці цезій більше схожий до рубідію, ніж до калію: іонний радіус цезію (0,165 нм) є ближчим до іонного радіуса рубідію (0,149 нм), ніж калію (0,133 нм). З точки зору відмінностей у варіюванні співвідношень концентрацій $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$ та $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ в межах окремих генотипів та в межах усієї популяції спостерігається та ж закономірність, що і у випадку з калієм. Варіювання співвідношень концентрацій $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$ в окремих генотипах є навіть сильнішим (генотип 2), ніж варіювання в межах популяції, тоді як варіювання співвідношень концентрацій $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ у межах окремих генотипів приблизно удвічі нижче порівняно з варіюванням у межах популяції.

Варіювання ізотопного співвідношення $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$. Ізотопні співвідношення ($^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$) у плодкових тілах маслюка жовто-бурого варіюють приблизно у тому ж діапазоні, що і співвідношення концентрацій $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$ (табл. 1). Варіювання ізотопних співвідношень $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ в окремих генотипах суттєво не відрізняється (генотип 2) від варіювання в межах популяції.

Варіювання співвідношень концентрацій K/Rb. Співвідношення концентрацій K/Rb у плодкових тілах маслюка жовто-бурого варіюють у найменшому діапазоні. Варіювання співвідношення концентрацій K/Rb в окремих генотипах, як правило, є слабким (V=3,0 12,5), тоді як варіювання в межах популяції – середнім (V=21,8) (табл. 2).

Одержані дані дають підставу вважати, що варіювання співвідношень концентрацій досліджуваних елементів (ізоотопів) у плодових тілах маслака жовто-бурого обумовлюються швидше екологічними чинниками (грунтовими умовами), ніж генетичними чи фізіологічними відмінностями.

Аналіз ізоотопних співвідношень $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ і співвідношень концентрацій $^{137}\text{Cs}/\text{K}$, $^{133}\text{Cs}/\text{K}$, $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$, $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ та K/Rb у плодових тілах маслака жовто-бурого на рівні популяції показує, що співвідношення $^{137}\text{Cs}/\text{K}$ та $^{133}\text{Cs}/\text{K}$ варіюють у широкому діапазоні ($V=42\text{--}58\%$), співвідношення $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$, $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ та ізоотопні співвідношення $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ варіюють у вужчому діапазоні ($V=34\text{--}35\%$), а діапазон варіювання співвідношень K/Rb є найвужчим ($V=21,8\%$). Відмінностей у варіюванні співвідношень концентрацій $^{137}\text{Cs}/\text{K}$ та $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$ у межах генотипів і популяції не встановлено, тоді як діапазони варіювання співвідношень концентрацій $^{133}\text{Cs}/\text{K}$, $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ та K/Rb у межах окремих генотипів, як правило, майже удвічі вужчі, ніж діапазони варіювання в межах усієї популяції.

Автори висловлюють подяку професорам Шведського університету сільськогосподарських наук К. Йохансону та К. Розену. Проект було виконано за підтримки Шведського університету сільськогосподарських наук (SLU).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Baeza A., Guillén J., Hernández S. et al. Influence of the nutritional mechanism of fungi (mycorrhize/saprophyte) on the uptake of radionuclides by mycelium // *Radiochim. Acta*. 2005. Vol. 93. N 4. P. 233–238. doi: 10.1524/ract.93.4.233.64074.
2. Baeza A., Hernández S., Guillén F. J. et al. Radiocaesium and natural gamma emitters in mushrooms collected in Spain // *Sci. Tot. Environ*. 2004. Vol. 318. N 1–3. P. 59–71.
3. Bystrzejewska-Piotrowska G., Bazala M. A. A study of mechanisms responsible for incorporation of cesium and radiocaesium into fruitbodies of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) // *J. Environ. Radioact*. 2008. Vol. 99. P. 1185–1191.
4. Chao J. H., Chiu C. Y., Lee H. P. Distribution and uptake of ^{137}Cs in relation to alkali metals in a perhumid montane forest ecosystem // *Appl. Radiat. Isot*. 2008. Vol. 66. P. 1287–1294.
5. Dahlberg A., Nikolova I., Johanson K. J. Intraspecific variation in ^{137}Cs activity concentration in sporocarps of *Suillus variegatus* in seven Swedish populations. *Mycol. Res*. 1997. Vol. 101. P. 545–551.
6. Das J. Influence of Potassium in the Agar Medium on the Growth Pattern of the Filamentous Fungus *Fusarium solani* // *Appl. Environ. Microb*. 1991. Vol. 57. N 10. P. 3033–3036.
7. Dighton J. *Fungi in Ecosystem Processes*. Marcel Dekker, New York. 2003. 387 p.
8. Enghag P. Jordens grundämnen och deras upptäckt. Industrilitteratur. Stockholm, 2000. 512 p.
9. Gillett A. G., Crout N. M. J. A review of ^{137}Cs transfer to fungi and consequences for modeling environmental transfer // *J. Environ. Radioact*. 2000. Vol. 48. P. 95–121.
10. Gaso M. I., Segovia N., Morton O. et al. ^{137}Cs and relationships with major and trace elements in edible mushrooms from Mexico // *Sci. Tot. Environ*. 2000. Vol. 262. N 1–2. P. 73–89.
11. Gyuricza V., Dupré de Boulois H., Declerck S. Effect of potassium and phosphorus on the transport of radiocaesium by arbuscular mycorrhizal fungi // *J. Environ. Radioact*. 2010. Vol. 101. P. 482–487.
12. Johanson K. J., Bergström R. Radiocaesium transfer to man from moose and roe deer in Sweden // *Sci. Tot. Environ*. 1994. Vol. 157. P. 309–316.
13. Oughton D. H., Salbu B., Riise G. et al. Radionuclide mobility and bioavailability in Norwe-

- gian and Soviet soils. *Analyst*. 1992. Vol. 117. P. 481-486.
14. Vinichuk M., Taylor A. F. S., Rosén K., Johanson K. J. Accumulation of potassium, rubidium and caesium (^{133}Cs and ^{137}Cs) in various fractions of soil and fungi in a Swedish forest // *Sci. Tot. Environ.* 2010. Vol. 408. P. 2543–2548.
 15. Vinichuk M., Rosén K., Johanson K. J., Dahlberg A. Correlations between potassium, rubidium and cesium (^{133}Cs and ^{137}Cs) in sporocarps of *Suillus variegatus* in a Swedish boreal forest // *J. Environ. Radioact.* 2010a. Submitted to journal.
 16. WRB. *World reference base for soil resources 2006*. World Soil Resources Reports 2006. Vol. 103. FAO, Rome, 103 p.
 17. Yoshida S., Muramatsu Y. Concentration of Alkali and Alkaline Earth Elements in Mushrooms and Plants Collected in a Japanese Pine Forest, and Their Relationship with ^{137}Cs // *J. Environ. Radioact.* 1998. Vol. 41. N 2. P. 183–205.

Стаття: надійшла до редакції 20.01.11

доопрацьована 15.02.11

прийнята до друку 24.02.11

POTASSIUM, RUBIDIUM AND CAESIUM (^{133}CS AND ^{137}CS) IN POPULATION OF *SUILLUS VARIEGATUS* IN FOREST ECOSYSTEMS OF SWEDEN

M. Vinichuk^{1,2*}, A. Dahlberg³

¹Zhytomyr State Technological University
103, Chernyakhovsky St., Zhytomyr 10005, Ukraine

^{1,2}Department of Soil and Environment
Swedish University of Agricultural Sciences
SLU, Box 7014, SE-75007, Uppsala, Sweden

³Department of Forest Mycology and Pathology
Swedish University of Agricultural Sciences
P.O. Box 7026, 750 07, Uppsala, Sweden

*e-mail: Mykhailo.Vinichuk@slu.se

Isotopic ratios $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ and concentration ratios $^{137}\text{Cs}/\text{K}$, $^{133}\text{Cs}/\text{K}$, $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$, $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ and K/Rb in fruit bodies of *Suillus variegatus* were analysed. Variation in ratios $^{137}\text{Cs}/\text{K}$ and $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$ within genotype was found similar to within whole population. Ranges of variation in ratios $^{133}\text{Cs}/\text{K}$, $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ та K/Rb within individual genotypes are about twice narrower than within whole population.

Key words: genotype, population, radiocaesium, concentration ratios.

КАЛИЙ, РУБИДИЙ И ЦЕЗИЙ (^{133}CS И ^{137}CS) В ПОПУЛЯЦИИ *SUILLUS VARIEGATUS* В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ШВЕЦИИ

М. Винчук^{1,2*}, А. Далберг³

*¹Житомирский государственный технологический университет
ул. Черняховского, 103, Житомир 10005, Украина*

^{1,2}Кафедра почв и окружающей среды

Шведский университет сельскохозяйственных наук

PO Vox 7014, SE-750 07, Упсала, Швеция

³Кафедра лесной микологии и патологии

Шведский университет сельскохозяйственных наук

PO Vox 7026, SE-750 07, Упсала, Швеция

**e-mail: Mykhailo.Vinichuk@slu.se*

В результате анализа изотопных соотношений $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$, а также соотношений концентраций $^{137}\text{Cs}/\text{K}$, $^{133}\text{Cs}/\text{K}$, $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$, $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ та K/Rb в плодовых телах маслёнка жёлто-бурого различий в варьировании $^{137}\text{Cs}/\text{K}$ та $^{137}\text{Cs}/\text{Rb}$ в пределах генотипов и популяции не обнаружено. Диапазоны варьирования $^{133}\text{Cs}/\text{K}$, $^{133}\text{Cs}/\text{Rb}$ та K/Rb в пределах генотипов почти в два раза уже, чем в пределах популяции.

Ключевые слова: генотип, популяция, радиоцезий, соотношение концентраций.