

**ОСОБЛИВОСТІ МІГРАЦІЇ<sup>137</sup>Cs  
В СИСТЕМІ ЛІСОВИЙ ҐРУНТ-РОСЛИНА  
ПІСЛЯ ВНЕСЕННЯ КАЛІЙНОГО  
ДОБРИВА ТА ДЕРЕВНОГО ПОПЕЛУ**

Вінічук М. М., д. б. н., професор, Мандро Ю. Н., аспірант  
Житомирський державний технологічний університет

Чорнобильська катастрофа істотно змінила стан навколишнього середовища більшості європейських країн. За підрахунками експертів, підчас вибуху на 4 енергоблоці ЧАЕС в атмосферу було викинуто

радіонукліди сумарною активністю понад 50 МКі. Основний удар прийняли ліси, зігравши роль природних фільтрів. Оскільки масштабні контрзаходи в лісових екосистемах майже не проводились, останній досі залишаються концентраторами радіоактивних випадінь. Зважаючи на радіоактивне забруднення значні площі лісів були повністю або частково вилучені з господарського використання. Лише в Житомирській області радіоактивно-забруднена площа лісів у 2011 році складала 316,9 тис. га або 42,4% площі лісів, враховуючи очищення за рахунок фізичного розпаду радіонуклідів. З огляду на приведені вище очевидні потреби подальшого дослідження лісових екосистем і розробки контрзаходів для ефективного лісокористування та забезпечення безпеки харчування населення. Одним з таких заходів може бути внесення у ґрунт калійних добрив. Калій – хімічний аналог  $^{137}\text{Cs}$  і, тому, може конкурувати з цезієм при його надходженні у рослини. Цей метод широко досліджений та внесений до переліку контрзаходів при забрудненні орних земель [1], але мало досліджувався як контрзахід у лісових екосистемах. Результати окремих досліджень свідчать що калійне удобрення може зменшувати надходження радіоцезію у окремі види лісових трав, чагарників, кущів, грибів та хвойних порід [2, 3, 4]. Іншим методом може бути внесення деревного попелу. Попіл містить 3-6 % калію та ряд інших макро і мікроелементів, які можуть впливати на міграцію радіонукліду в системі "ґрунт-рослина". Ефективність використання золи у таких цілях також вивчена недостатньо [5, 6]. Метою даної роботи було дослідити та порівняти вплив внесення калійного добрива та деревного попелу, а також їх поєднання на надходження  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту у листя тамолодіпагони таких деревних видів як горобина звичайна (*Sorbus aucuparia* L.) та крушина ламка (*Rhamnus frangula* L.).

Дослід закладено в лісових екосистемах Базарського лісництва Народицького р-ну Житомирської області із щільністю радіоактивного забруднення за  $^{137}\text{Cs}$  200–380 кБк/м<sup>2</sup>. Дослідні ділянки (200 м<sup>2</sup>) розміщено рендомізовано на площі близько 0,6 га. Дослід було закладено у квітні 2012 року. Схема досліду представлена 4 варіантами: 1 – контроль (без внесення добрив); 2 – калійні добрива (KCl); 3 – деревний попіл («Попіл»); 4 – деревний попіл (50 %) та калійні добрива (50 %) – «Попіл+KCl». Добрива та попіл вносилися одноразово у квітні 2012 року з розрахунку 100 кг/га діючої речовини калію. Протягом першого (2012) року зразки листя та молодих пагонів горобини та крушини відбиралися кожного місяця у період з травня по вересень включно, а протягом другого (2013) року через місяць (травень, липень, вересень). Зразки висушувались до повітряно-

сухого стану, подрібнювались, ретельно перемішувались та поміщались в пластмасові ємності (35 або 60 мл) для вимірювання вмісту  $\text{Cs}^{137}$ . Грунт відбирали металевим пробовідбірником з діаметром 57 мм та довжиною робочої частини 150 мм. Після висушування до повітряно-сухого стану грунт розмелювали та просіювали через сито 2 мм після чого поміщали в ємності, як для рослин. Вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  з використанням HPGe та NaI детекторів. Час вимірювання кожного зразка забезпечував досягнення похибки не більше 5 % і тривав не довше 24 годин. Результати вимірювання були оброблені за допомогою програм Windas, Microsoft Excel та Minitab (Minitab® 16.2.4Inc.). Коефіцієнт переходу (КП) радіоцезію з ґрунту у листя та молоді пагони розраховували за формулою:

$$КП = \frac{Am}{As} \quad (1),$$

де:  $Am$  – питома активність  $^{137}\text{Cs}$  в одиниці сухої маси горобини/крушини, (Бк/кг);  $As$  – щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$ , (кБк/м<sup>2</sup>).

В результаті досліджень встановлено, що протягом першого (2012) року спостерігалось коливання значень КП  $^{137}\text{Cs}$  для горобини та крушини як у бік зниження так і підвищення відносно контролю. Варіант «Попіл+КСІ» відрізняється явним зниженням КП  $^{137}\text{Cs}$  для горобини, яке спостерігалось уже протягом першого року після внесення добрив (на 22 % у травні та на 41 % у вересні 2012) і тривало протягом другого року досліджень (на 49 % у травні та на 44 % у вересні 2013). Для крушини тенденція зниження КП  $^{137}\text{Cs}$  на цьому ж варіанті була виявлена лише на другому році досліджень (зниження на 35 % у травні та на 34 % у вересні 2013). Ефект зниження КП  $^{137}\text{Cs}$  на варіанті «Попіл» спостерігався у період з липня по вересень 2012-2013 рр. як для горобини так і для крушини. Разом з тим, не виявлено ефекту зниження КП  $^{137}\text{Cs}$  для обох рослин на варіанті з внесенням калійних добрив. Більше того, внесення КСІ спричинило навіть незначне підвищення КП  $^{137}\text{Cs}$  для горобини та крушини протягом першого (2012) року. Ймовірно, що таке підвищення могло мати місцеві результати зниження рН ґрунту іонами хлору. Таким чином ефективність добрив виявилась різною: поєднання калійних добрив та попелу забезпечує ефект зниження надходження радіоцезію у досліджувані деревні породи уже в перший рік після їх внесення. На другий рік після внесення добрив та попелу позитивний ефект їх комбінованого застосування підсилюється. Ефективність внесення попелу виявилась дещо нижчою хоча рівень накопичення радіонуклідів

для крушини ламкої у вересні 2013 році виявився на 28 % нижчим у порівнянні з контрольним варіантом.

Різна ефективність добрив для досліджуваних порід може бути пояснена морфологічними особливостями дерев. Так відомо, що коренева система горобини звичайної стрижнева але на 3-му році головний корінь губиться за рахунок великої кількості бічних коренів розміщених переважно на глибині 30-60 см. У віці 10 та більше років бічні корені поширюються майже горизонтально на відстань 5-6 м, заглиблюючись не більше ніж на 0,5 м [7]. За іншими даними найбільша щільність кореня горобини в перерахунку на 1 м<sup>3</sup> ґрунту знаходиться на першому метрі по горизонталі і 0-20 см по вертикалі [8].

Отже, кореневу систему горобини умовно можна вважати поверхневою. Тоді як коренева система крушини ламкої стрижнева (хоча головний корінь відмирає на стадії сянців і подальший розвиток відбувається за рахунок бічних коренів), глибока, слабо розгалужена, в 2-3 рази перевищує довжиною висоту надземної частини [9]. Ймовірно, що коренева система горобини утворює мікоризу з арбускулярними грибами [10] в той час як для крушини цей факт остаточно не встановлений [9]. Розміщення кореневої системи горобини ближче до поверхні ґрунту та радіальне поширення у межах ґрунту може сприяти порівняно швидкому надходженню розчинених добрив до рослини. Очевидно, що у випадку деревних порід, кореневі системи яких відрізняються, для досягнення ефекту від внесення добрив необхідно різний проміжок часу. Відомо, що разове внесення калійних добрив у лісових екосистемах у тих же дозах сприяє зниженню концентрації <sup>137</sup>Cs у рослинах вересу, брусниці та чорниці уже в перший рік [11]. Дослідження проведені у Фінляндії та на Маршалових островах, які стосувалися хвойних та тропічних фруктових порід підтверджують позитивний ефект внесення калійних добрив [6, 12]. Деревний попіл (отриманий, як побічний продукт господарської діяльності чи утворений контрольованим випалюванням радіоактивно-забрудненого лісу) також спричиняв довготривалий ефект зниження переходу <sup>137</sup>Cs з ґрунту в лісові рослини [5,6].

Ґрунтуючись на результатах дворічних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Поєднання меліорантів (Попіл+КСІ) виявилось значно ефективнішим ніж використання будь-якого з них окремо. Для деяких видів деревних порід позитивний ефект внесення Попіл+КСІ помітний вже у перший рік (горобина), для інших може проявлятися дещо пізніше (крушина);

2. Внесення калійних добрив не зменшує надходження радіоцезію для горобини та крушини, а в перший рік після внесення КП  $^{137}\text{Cs}$  на дослідному варіанті виявились навіть дещо вищими ніж на контролі;

3. Позитивний ефект внесення деревного попелу в розрахунку 100 кг(К)/га помітний для обох видів дерев лише з середини вегетації (липень) і на кінець вегетації показує кращий результат ніж КСІ.

### Література

1. Ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забрудненн території України внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС на період 1999 – 2002 рр. Методичні рекомендації, Київ – 1998.

2. М. М. Вінічук, І. Ніколова.  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{40}\text{K}$  у рослинах кореальних лісових екосистем: ефект застосування калійних добрив, Вісник ХНАУ, серія Біологія, 2011, вип. 3 (24), с. 74-80.

3. K. Rosén, M. Vinichuk, T. Nilsson, I. Nikolova, K. Johanson, Effect of potassium application in forest soil on  $^{137}\text{Cs}$  levels in plants and fungi, International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, June 2011, Hamilton, Canada.

4. L. Aro, A. Rantavaara, Long-term effect of fertilization on  $^{137}\text{Cs}$  concentration in Scots pine needles, EDP Sciences, 2011.

5. M. Moilanen, H. Fritze, M. Nieminen, S. Piirainen, J. Issakainen, J. Piispanen. Does wood ash application increase heavy metal accumulation in forest berries and mushrooms? Forest Ecology and Management 226 (2006) 153–160.

6. T. Levula, A. Saarsalmi, A. Rantavaara, Effects of ash fertilization and prescribed burning on macronutrient, heavy metal, sulphur and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea*). Forest Ecology and Management 126 (2000) 269–279.

7. <http://otvet.mail.ru/question/75539331>

8. <http://yagodovodstvo.ru/ryabina-obyknovennaya-biologicheskie-osobennosti.html>

9. Н. А. Аксенова. Биологическая флора Московской области. Вып. 4. Издательство московского университета, 1978

10. <http://memim.com/sorbus-aucuparia.html>

11. Rosén, K., Vinichuk, M., Nikolova, I., Johanson, K. 2011. Long-term effect of a single potassium fertilization on  $^{137}\text{Cs}$  levels in plants and fungi in a boreal forest ecosystem. J. Environ. Radioact. 102(2), 178-184.

12. W. L. Robison, E.L. Stone, T.F. Hamilton, C.L. Conrado, Long-term reduction in  $^{137}\text{Cs}$  concentration in food crops on coral atolls resulting from potassium treatment. *Journal of Environmental Radioactivity* 88 (2006) 251-266.