

Особливості накопичення ^{137}Cs чорницею та брусницею протягом річного циклу розвитку в умовах Західного Полісся

Роботу виконано на кафедрі екології та охорони навколишнього середовища ВНУ імені Лесі Українки

Досліджено параметри розподілу питомої активності ^{137}Cs у вегетативних та генеративних органах дикорослих чагарничків чорниці й брусниці в лісових екосистемах Західного Полісся в процесі їх розвитку залежно від виду, хімічних і фізико-хімічних властивостей ґрунтів.

Ключові слова: лісові екосистеми, міграція ^{137}Cs , система ґрунт – рослина, чорниця, брусниця.

Myzushenko O. S. Features of Accumulation a ^{137}Cs Bilberry and Cow-Berry During Annual to the Cycle of Development of Western Polissya. Explored parameters of division of specific activity of ^{137}Cs in the vegetative and generative organs of wildling bilberry and cow-berry in the conditions in forest ecosystems of Western Polissya in the process of their development depending on a kind, chemical and physical and chemical properties soils.

Key words: forest ecosystems, migration of ^{137}Cs , the system soil – plant, bilberry, cow-berry.

У результаті Чорнобильської катастрофи в навколишнє середовище викинуто близько 50 МКі ($1,85 \cdot 10^{18}$ Бк) радіоактивних речовин, із яких 2 МКі ($7,4 \cdot 10^{16}$ Бк) припадає на долю ^{137}Cs . Особливостями Чорнобильської аварії є широкомасштабність забруднення території України, Білорусі та Росії ^{137}Cs і його нерівномірний розподіл на території. Загальна площа території Волинської області станом на 2006 рік щільністю забруднення ^{137}Cs від 1 до 5 Кі/км² становить близько 60 тис. га, із них близько 12 тис. га – сільськогосподарські угіддя.

Забруднення великих територій радіонуклідами призвело до довгострокового надходження радіонуклідів у природні екосистеми. На території зони радіоактивного забруднення області 60 % земель характеризуються підвищеним коефіцієнтом переходу радіоактивних речовин із ґрунту в рослини. У лісовій зоні, крім сільськогосподарської продукції, у харчуванні та лікуванні людей використовується значна кількість недеревної продукції лісу.

Опубліковані наукові праці свідчать [1, 2, 8], що природа поглинання ^{137}Cs рослинами з різноманітних ґрунтів Полісся для лісових біогеоценозів під впливом комплексу фізико-хімічних ґрунтових параметрів ще не достатньо вивчена. Тому актуальним є вивчення особливостей біологічного накопичення ^{137}Cs лісовими рослинами в різні фази їх вегетації залежно від фізико-хімічних показників ґрунту в умовах лісових ландшафтів Волинського Полісся.

Залишаються мало вивченими питання рівнів накопичення радіонуклідів у різних частинах рослини, у тому числі ^{137}Cs у дикорослих ягідниках, можливості збору та заготівлі їх як лікарської сировини. *Метою* цієї роботи є дослідження особливостей накопичення ^{137}Cs чорницею та брусницею протягом річного циклу розвитку в умовах Західного Полісся.

Відповідно до вказаної мети слід розв'язати такі завдання: вивчити особливості радіоактивного забруднення лісів Волині й закономірності міграції радіонуклідів у лісових ґрунтах; установити особливості накопичення радіонуклідів дикорослими ягідниками чорниці та брусниці протягом річного циклу розвитку та природно-кліматичних умов.

На накопичення радіонуклідів у рослинах можуть значно впливати особливості мінерального живлення, тривалість вегетативного періоду, характер кореневої системи й інші біологічні, сортові особливості рослин щодо здатності до накопичування радіонуклідів [6].

Радіонукліди в надземних частинах рослини розділяються по-різному. Близько половини їх кількості, що потрапила до рослини, нагромаджується у стеблі. Значно менше радіоактивних речовин проникає в листя, ще менше – у колосся й лише кілька відсотків – у зерно. Отже, виявляється закономірна залежність – чим далі по транспортному ланцюгу від кореня знаходиться орган, тим менше радіоактивних речовин він нагромаджує [7].

Надходження радіоактивних речовин у рослини з ґрунту прямо пропорційно залежить від умісту їх у ґрунті. Під час збільшення калію у ґрунті надходження ^{137}Cs в рослину зменшується [9].

Серед природних екосистем особливе місце займають лісові екосистеми, які роблять помітний внесок у дозу внутрішнього опромінення населення як важлива ланка в трофічному ланцюгу. Здебільшого цей внесок виступає переважаючим, що робить ці екосистеми “критичними” у випадку радіаційної аварії [8].

Загальна площа лісів державного лісового фонду Волинської області із забрудненням ^{137}Cs понад 1 Ки/км^2 становить $19\,530$ га або $10,44\%$ їх території, з них у держлісгоспах Маневицького району – $18\,130$ га, Любешівського району – $1\,400$ га. Площа міжгосподарських лісів зі щільністю забруднення ^{137}Cs від 1 до 5 Ки/км^2 становить $14,408$ га. Із них у Камінь-Каширському районі – $6\,419$ га, Любешівському – $3\,071$ га, Маневицькому – $4\,918$ га. Найбільш забрудненими ^{137}Cs є лісові господарства Маневицького державного лісового фонду, загальна площа яких становить $133\,035$ га.

Дослідження проводилися в Маневицькому районі на двох стаціонарах площею по 1 га кожен. Вони розташовані в межах розповсюдження радіоактивних випадань конденсаційного типу. Перший стаціонар містить комплекси соснових лісів пухівково-сфагнових вологих борів (на сх. від с. Карасин), другий – соснові ліси чорнично-зеленомохові у вологих суборах (на пн. – зх. від с. Довжиця). Щільність радіоактивного забруднення ґрунту обох стаціонарів на момент проведення досліджень (2005–2006 рр.) була менше 1 Ки/км^2 .

Асоціація сосняку чагарниково-пухівково-сфагнового подана розрідженим деревостаном, зімкнутість крон $0,2$ – $0,3$. Сформований деревостан сосни (*Pinus sylvestris* L.) у віці 40 років (висота $2,0$ – $2,5$ м, діаметр 6 – 8 см). Підлісок і підріст майже відсутні. У трав'янисто-чагарниковому ярусі з проективним покриттям 30 – 40% переважають бореальні види: пухівка (*Eriophorum vaginatum* L.) (20 – 25%), лохина (*Vaccinium uliginosum* L.) (3 – 5%), багно звичайне (*Ledum palustre* L.) (3 – 5%), журавлина (*Oxycoccus palustris* (L.) Pers.) (3 – 5%), андромеда багатоліста (*Andromeda polifolia* L.) (13%). Моховий ярус із проективним покриттям 95 – 98% максимально формує сфагнум (*Sphagnum fallax* Klinggr.).

Асоціація соснового лісу чорнично-зеленомохового на дерново-середньопідзолистих супіщаних ґрунтах сформована деревостаном віком 45 років, висота 22 – 24 м і діаметр 20 – 22 см. Зімкнутість $0,8$ – $1,0$ представлена, як правило, сосною (*Pinus sylvestris* L.) з невеликою домішкою берези пухнастої (*Betula pubescens* Ehrh.), негустий підлісок зімкнутістю до $0,2$ складається з крушини ламкої (*Frangula alnus* Mill.) Трав'янисто-чагарниковий ярус має проективне покриття 60 – 75% . Основу його утворюють бореальні чагарнички: чорниця (*Vaccinium myrtillus* L.) (50 – 60%), брусниця (*Vaccinium vitis-idaea* L.) (5 – 10%), верес звичайний (*Calluna vulgaris* (L.) Hull.) (1 – 5%).

Моховий ярус із проективним покриттям 80 – 95% складається винятково із зелених мохів: плеуроциума Шредера (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.) (40 – 50%) і дікранума багатоніжкового (*Dicranum polysetum* Sw.) (30 – 45%).

Дикорослі ягідні види за інтенсивністю накопичення ^{137}Cs ягодами утворюють такий ряд: малина < суниці лісові < брусниця < чорниця [4]. Екологічні умови істотно впливають на інтенсивність накопичення ^{137}Cs у ягодах дикорослих видів. Зокрема, у гідроморфних умовах цей радіонуклід накопичується набагато інтенсивніше, ніж в автоморфних. При підвищеному зволоженні накопичення ^{137}Cs у ягодах зростає в 17 разів і перевищує таке в листках. Загальною тенденцією для ^{137}Cs у свіжих ягодах є, як і для всієї наземної фітомаси, збільшення при підвищенні щільності забруднення ґрунту радіонуклідом [2, 3, 4].

Акумуляція ^{137}Cs в лісових біогеоценозах залежить від маси рослин та рівня питомої активності радіонуклідів у ній. У процесі наших досліджень встановлено, що чорниця виступає як сильний накопичувач ^{137}Cs . Аналіз сезонної динаміки питомої активності ^{137}Cs у пагонах чорниці свідчить про те, що найвищі значення цього показника спостерігаються в період формування та досягання ягід (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Динаміка питомої активності ^{137}Cs в ґрунті та загальній фітомасі чорниці за фазами вегетації в умовах вологого субору на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах (середній показник за 2005 р.)

Фаза вегетації	Питома активність ^{137}Cs , Бк/кг		КН	КП, $\frac{\text{Бк/кг}}{\text{кБк/м}^2}$
	у ґрунті	у рослинах		
Весняне відновлення вегетації	362,8+132,96	1 419,2±754,08	3,90	30,08
Цвітіння	367,7±118,34	1 630,3±665,20	4,43	34,10
Плодоносність	363,2±119,42	1 936,7±552,30	5,33	41,02
Опадання листя	361,1+121,50	1 254,8±616,93	3,47	26,73

Примітка. КН – коефіцієнт накопичення, КП – коефіцієнт поглинання.

Різде зменшення значення питомої активності ^{137}Cs у надземній фітомасі чорниці відзначається наприкінці вегетації – у фазі опадання листя. Із початком листопаду в чорниці, як і в решті листяних рослин, відбувається відтік шкідливих речовин, у тому числі й радіонуклідів до листків, тобто відбувається самоочищення рослин.

У процесі проведених досліджень встановлено, що в лісах Полісся Волині найбільшу активність ^{137}Cs мають молоді вегетативні органи чорниці, у яких активно проходять фізіологічні процеси.

Таблиця 2

Динаміка питомої активності ^{137}Cs у ґрунті та загальній фітомасі чорниці за фазами вегетації в умовах вологого субору на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах (середній показник за 2006 р.)

Фази вегетації	Питома активність ^{137}Cs , Бк/кг		КН	КП, $\frac{\text{Бк/кг}}{\text{кБк/м}^2}$
	у ґрунті	у рослинах		
Весняне відновлення вегетації	358,1+124,13	1 398,9±695,34	3,88	29,83
Цвітіння	365,3±112,56	1 590,4±641,90	4,40	33,79
Плодоносність	361,4±114,19	1 892,3±527,80	5,29	40,62
Опадання листя	359,5+119,72	1 199,6±579,82	3,42	26,04

Питома активність ^{137}Cs в чорниці становила від 1 199,6±579,82 Бк/кг у період опадання листя до 1 936,7±552,3 Бк/кг у період дозрівання плодів. Допустимий рівень ^{137}Cs у лісових ягодах становить 500 Бк/кг. Це означає, що чорниці (за ДР-97) мають підвищений уміст ^{137}Cs , і тому під час збирання ягід слід здійснювати суворий радіоекологічний контроль. Широкий діапазон коливань показників характерний і для коефіцієнта переходу ^{137}Cs із ґрунту в фітомасу чорниці – 26,04–41,02.

Динаміка надходження ^{137}Cs у чорниці за роками вказує на більше накопичення радіонуклідів у рослинах протягом 2005 року. Це пов'язано насамперед із погодними умовами, а саме більшою кількістю опадів за вегетаційний період, що сприяє підвищеній міграції ^{137}Cs у рослини.

У результаті досліджень, проведених іншими авторами, встановлено, що питома активність ^{137}Cs у фітомасі брусниці найбільше залежить від щільності радіоактивного забруднення ґрунту [3, 4]. Уміст згаданого радіонукліда в надземній фітомасі брусниці в наших дослідженнях також значно перевищував допустимі рівні на всіх досліджуваних ділянках (табл. 3–4).

Таблиця 3

Динаміка питомої активності ^{137}Cs в ґрунті та загальній надземній фітомасі брусниці за фазами вегетації в умовах вологого бору на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах (середній показник за 2005 р.)

Фаза вегетації	Питома активність ¹³⁷ Cs, Бк/кг		КН	КП, <u>Бк/кг</u> кБк/м ²
	у ґрунті	у рослинах		
Весняне відновлення вегетації	362,8±133,0	1 134,5±565,1	3,12	24,04
Цвітіння	367,7±118,3	1 234,8±511,6	3,35	25,83
Плодоносність	363,2±119,4	1 445,3±431,5	3,97	30,61
Інтенсивний ріст підземних пагонів	361,1±121,5	996,2±460,4	2,75	20,78

Є видові сезонні відмінності в накопиченні радіонуклідів брусницею та чорницею. У брусниці значне збільшення інтенсивності накопичення ¹³⁷Cs триває до фази плодоносності, яка розпочинається з кінця липня та збігається з періодом закінчення росту нових однорічних приростів, дозріванням ягід.

Таблиця 4

**Динаміка питомої активності ¹³⁷Cs в ґрунті та загальній надземній
фітомасі брусниці за фазами вегетації в умовах вологого бору
на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах (середній показник 2006 р.)**

Фаза вегетації	Питома активність ¹³⁷ Cs, Бк/кг		КН	КП, <u>Бк/кг</u> кБк/м ²
	у ґрунті	у рослинах		
Весняне відновлення вегетації	358,1±124,13	1 079,6±550,4	3,10	23,92
Цвітіння	365,3±112,56	1 205,3±498,5	3,33	25,39
Плодоносність	361,4±114,19	1 427,8±415,2	3,90	30,59
Інтенсивний ріст підземних пагонів	359,5±119,72	988,5±396,9	2,73	20,69

Періоди найбільш інтенсивного накопичення ¹³⁷Cs у брусниці не збігається з такими ж у чорниці тому, що, на відміну від чорниці, брусниця не є листопадною рослиною, а, як відомо, з опаданням листя зменшується масова частка шкідливих речовин у рослині, куди належать й радіонукліди.

Явище поступового опадання листя спостерігається в чорниці вже належать після закінчення плодоносності (кінець липня – початок серпня). Крім того, ягоди брусниці досягають значно пізніше, ніж у чорниці, і мають різний хімічний склад.

Головною причиною, яка обумовлює більше накопичення ¹³⁷Cs у фітомасі чорниці порівняно з брусницею, є процес транспірації. У чорниці, яка є листопадною рослиною, кожен рік з'являються нові ніжні листочки, які характеризуються більшим транспіраційним коефіцієнтом, ніж листки брусниці. Якщо врахувати, що в надземні органи обох видів мінеральні речовини надходять в розчиненому вигляді, то зі збільшенням транспіраційного коефіцієнта збільшується й кількість катіонів й аніонів у клітинах, оскільки випаровується лише вода, а мінеральні речовини залишаються в листках, стеблах та генеративних органах. Крім того, листя брусниці має значний шар кутикули, що захищає рослину від надмірного випаровування, а отже до надземних органів рослин із водою надходить менше розчинених мінеральних речовин (у т. ч. і ¹³⁷Cs) [4, 5].

Найбільше накопичення ¹³⁷Cs в обох видів спостерігалось в період плодоношення. Це пояснюється тим, що саме в ці періоди спостерігається найбільша інтенсивність транспірації, і, відповідно, збільшується концентрація мінеральних речовин у клітинах, а після цього періоду (незалежно від календарних дат) обидва види, як і всі багаторічники, готуються до періоду спокою. У листках та

стеблах концентрація мінеральних речовин зменшується, одночасно збільшуючись у підземних органах. Під час збирання та заготівлі ягідної сировини для запобігання надмірного накопичення ^{137}Cs в організмі людей слід урахувати ґрунтові показники, що сприяють найбільш низькому накопиченню ^{137}Cs .

Подальше проведення наукових досліджень із вивчення особливостей накопичення радіонуклідів дикорослими ягідниками обумовлене лікувальними властивостями чорниці та брусниці, що в умовах постійно зростаючих потреб медицини вимагає збільшення заготівлі дикорослих лікарських рослин.

Заготівлю лікарської сировини можна було би здійснювати з урахуванням середніх значень коефіцієнта переходу ^{137}Cs у лікарські рослини в різних типах лісорослинних умов і за величиною коефіцієнта переходу та з прийнятною точністю розраховувати рекомендації щільності забруднення для заготівлі певних видів лікарської сировини, вміст ^{137}Cs у якій не перевищував би допустимих рівнів, передбачених ДР-97.

Література

1. Гринь Т. А. Изучение особенностей перехода радиоцезия в лекарственные растения // Проблемы сельскохозяйственной радиоекологии: Десять лет спустя после аварии на Чернобыльской АЭС: Тезисы докл.– Житомир: Вид-во ЖИТИ.– 1996.– С. 196–197.
2. Краснов В. П., Орлов А. А., Иркиенко С. П. и др. Особенности накопления цезия-137 лекарственными растениями *Vacciniaceae* S.F. Gray и *Ericaceae* Juss. в Украинском Полесье // Укр. ботан. журн.– 1995.– Т. 52.– № 4.– С. 472–478.
3. Краснов В. П., Орлов О. О. Радиційний моніторинг лісових екосистем на прикладі дикорослих ягідних рослин // Наук. вісн. Укр. держ. лісотехн. ун-ту.– Вип. 12.4.– Л.: УДЛУ, 2002.– С. 151–154.
4. Орлов О. О., Іванюк І. Д., Краснов В. П. Сучасні тенденції та результати вивчення радіоактивного забруднення ягідних рослин // Лісівництво і агролісомеліорація.– Вип. 101.– Х., 2002.– С. 36–43.
5. Орлов О. О., Іркиєнко С. П., Коткова Т. М., Долгилевич М. Й. Вплив агрохімічних властивостей ґрунту на мобільність ^{137}Cs у ланцозі “Ґрунт–чорниця” // Вісн. аграр. науки.– 2001.– № 5.– С. 60–66.
6. Основи лісової радіоекології / За ред. М. М. Калетник.– К.: Ярмарок, 1999.– 252 с.
7. Турко В. М., Орлов О. О., Іркиєнко С. П., Іванюк І. Д. Накопичення ^{137}Cs сосною звичайною в суборах Центрального Полісся України // Вісн. ДАА України.– 2000.– № 1.– Житомир.– С. 32–40.
8. Щеглов А. И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах.– М.: Наука, 1999.– 267 с.
9. Щеглов А. И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах.– М.: Наука, 1999.– 267 с.

Адреса листування:
просп. Грушевського 16/25
м. Луцьк 43005.
Тел. 48947.

Статтю подано до редколегії
07.02.2008 р.