

**НАГРОМАДЖЕННЯ  $^{137}\text{Cs}$  У ОРГАНАХ І ТКАНИНАХ ЯБЛУНІ**

*Висвітлено особливості нагромадження  $^{137}\text{Cs}$  у коренях, штабмі, гілках, листках та плодах яблуні*

**Вступ**

На сучасному етапі радіоекологічних досліджень велике значення набуває встановлення закономірностей міграції радіонуклідів антропогенного походження у рослинному організмі та їх розподілу по різних органах. Дослідження даного питання сприятиме удосконаленню механізму прогнозування забруднення радіонуклідами господарської частини урожаю у конкретних екологічних умовах.

Особливості нагромадження  $^{137}\text{Cs}$  у різних вегетативних і генеративних органах плодкових культур майже не вивчені. Певною мірою висвітлене співвідношення питомих радіоактивностей (ПР)  $^{137}\text{Cs}$  у плодах, листках і пагонах сливи та абрикоса [5].

Більшість досліджень щодо вивчення нагромадження  $^{137}\text{Cs}$  проводилися з трав'янистими рослинами, у яких поверхнева коренева система. У сортів яблуні на насінневих підщепах, які мають потужну, глибокозалегаючу кореневу систему, є можливість встановити концентрацію  $^{137}\text{Cs}$  у коренях, що функціонують в забрудненому та порівняно незабрудненому радіонуклідами шарах ґрунту.

В ряді наукових джерел наводяться особливості нагромадження  $^{137}\text{Cs}$  лісовими деревними породами [6]. Зокрема співвідношення ПР  $^{137}\text{Cs}$  у різних органах і тканинах берези (при забрудненні ґрунту  $566 \text{ кБк/м}^2$ ) становило: кора внутрішня – 3,7, кора зовнішня – 4,7, деревина без кори – 1,0, пагони – 6,9, листя – 7,6; у осики ( $582 \text{ кБк/м}^2$ ), відповідно: 1,2, 4,0, 0,2, 2,1, 1,1.

Метаболізм елементів живлення у рослинах достатньо вивчений. Відомо, що елементи живлення із коренів у надземні органи переміщуються по ксилемі. Проходить також значне латеральне переміщення елементів живлення між ксилемою і флоемою [4]. Такі елементи як K, Na, S, Cl, N переміщуються по флоемі [3].

Нагромадження радіоцезію рослинами, очевидно, контролюється генетичними системами, які відповідають за метаболізм калію [7]. При транспорті іонів через плазмолему H, K, NH<sub>4</sub>, Rb, Cs конкурують за один і той же переносник [2]. Ізотопи <sup>137</sup>Cs, маючи подібні властивості з калієм, надходять у рослини з ґрунту у великих кількостях [1]. При дослідженні 16 видів рослин встановлено, що концентрація K, Rb, Cs, Mg в коренях і надземній масі однакова [2]. Відмічається також, що результатом метаболічних процесів у рослинах може бути зменшення вмісту радіонуклідів у надземній частині рослин за рахунок транспорту їх у кореневу систему [7].

### Методика досліджень

Використовувалися експедиційно-біологічний та лабораторний методи досліджень. Дослідження проводилися у колективних садах сіл Нове Шарно та Старе Шарно Народицького району Житомирської області (зона обов'язкового відселення). Період досліджень – 2001–2002 роки. Об'єкт досліджень – сорти Ренет Симиренка, Антонівка звичайна та Пепін шафранний на насінневих сильнорослих підшепах. Вік рослин – 45 років. Крони сформовані за типом ярусної. Розміри дерев: висота – 5–6 м, діаметр крони – 5–5,5 м. Ґрунти дерново-середньопідзолисті супіщані. Обробіток ґрунту в саду після забруднення чорнобильськими викидами не проводився.

Для радіологічного аналізу (сорти Ренет Симиренка та Антонівка звичайна) відбирали зразки: ґрунту (шар 0–20 см), штамбу, основних гілок другого порядку галузження, плодоносних утворень (плодушки, плодухи), однорічних гілок, листків, плодів.

Зразки коренів поряд зі зразками штампів і скелетних гілок (для визначення вмісту <sup>137</sup>Cs у корі та деревині) відбирали з яблунь сорту Пепін шафранний. При розкопуванні кореневих систем яблунь застосовувався метод скелета. Питому радіоактивність <sup>137</sup>Cs визначали у двох типах зразків коренів: 1) горизонтальні провідні корені, по яких може проходити висхідний потік <sup>137</sup>Cs, оскільки розміщені на них корені вищих порядків (зокрема всисні та ростові) функціонують у забрудненому радіонуклідами шарі ґрунту 0–20 см і мають можливість вбирати <sup>137</sup>Cs; 2) вертикальні провідні корені, по яких практично не може проходити висхідний потік <sup>137</sup>Cs, оскільки розміщені на них корені вищих порядків (зокрема всисні та ростові) функціонують у порівняно незабрудненому радіонуклідами шарі ґрунту глибше 25 см і не мають можливості вбирати <sup>137</sup>Cs. Діаметр коренів – 1–3 см. Період відбору зразків – вересень (біологічна стиглість плодів).

Питому радіоактивність  $^{137}\text{Cs}$  у зразках (на абсолютно суху речовину) визначали на гама-спектрометрі (детектор БДЕГ-20Р1).

### Результати досліджень

Рівні забруднення різних органів сортів яблуні відрізняються у 3,5–7,1 разів (табл. 1). Ймовірно, на вбирання  $^{137}\text{Cs}$  і його акумуляцію в певних органах яблуні впливають сортові особливості та різне співвідношення процесів росту і плодоношення у досліджуваних рослин. При забрудненні ґрунту 10600,0–11200,0 Бк/кг найбільша ПР  $^{137}\text{Cs}$  була у листках, при 3670,0–3740,0 Бк/кг – у штамбі та основних гілках другого порядку галузження. Це свідчить у першому випадку про інтенсивне вбирання коренями радіонуклідів та його основне значення для нагромадження  $^{137}\text{Cs}$  у різних утвореннях рослин; у другому випадку найвищі рівні забруднення багаторічних утворень зумовлені аеральним забрудненням рослин аварійними викидами.

Таблиця 1. Питома радіоактивність (ПР)  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті та органах яблуні (Бк/кг), його коефіцієнти переходу \*(КП)

Показники	Ґрунт (0–20см)	Органи рослин					
		штамб	гілки другого порядку	одноріч- ні гілки	плодо- носні утво- рення	листки	плоди
Ренет Симиренко (Н.Шарно)							
ПР	10600,0	120,5	101,7	200,0	219,0	352,0	241,0
КП	–	0,038	0,032	0,063	0,069	0,111	0,076
Антонівка звичайна (Н.Шарно)							
ПР	11200,0	243,6	232,0	215,0	117,0	408,0	156,0
КП	–	0,073	0,069	0,064	0,035	0,121	0,046
Ренет Симиренко (С.Шарно)							
ПР	3740,0	42,9	13,9	34,1	19,2	10,3	8,3
КП	–	0,038	0,012	0,03	0,017	0,009	0,007
Антонівка звичайна (С.Шарно)							
ПР	3670,0	59,5	97,0	13,7	24,0	22,4	18,9
КП	–	0,054	0,088	0,012	0,022	0,02	0,017

\*КП – відношення ПР рослинних зразків (Бк/кг) до ПР ґрунту (кБк/м<sup>2</sup>) для шару 0–20 см

Досить мала різниця (до 1,8 рази) між забрудненням радіонуклідами однорічних гілок та плодоносних утворень. Причому в одних рослинах вміст  $^{137}\text{Cs}$  більший у однорічних гілках ніж у плодоносних утвореннях, а в інших – навпаки.

Особливістю для всіх дерев є вищий рівень забруднення  $^{137}\text{Cs}$  листя порівняно з плодами у 1,2–2,6 рази, причому при збільшенні рівня забруднення ґрунту ця різниця зростає.

Слід також відмітити більші в 1,2–17,3 разів КП  $^{137}\text{Cs}$  в органи яблуні (плодоносні утворення, однорічні гілки, листки, плоди), для яких зараз властиве надходження радіонуклідів увібраних коренями, у Новому Шарно, де рівень забруднення ґрунту майже в три рази більший, порівняно з Старим Шарно, що засвідчує різну доступність радіонуклідів для рослин.

Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  у плоди різних сортів яблуні при майже однаковому рівні забруднення ґрунту змінюються у 1,7–2,4 рази. При зміні забруднення ґрунту в 3 рази, КП  $^{137}\text{Cs}$  у плоди варіюють в 10,8 рази.

Отримані показники ПР  $^{137}\text{Cs}$  (табл. 2) в тканинах яблуні засвідчують існування залежності щодо розподілу радіонукліда між деревиною і корою з лубом. Питома радіоактивність  $^{137}\text{Cs}$  у деревині в 2,5–15,7 разів менша, ніж у корі з лубом. Це зумовлено, як відмічають і інші дослідники [6], з одного боку, наявністю у зовнішній корі радіонуклідів аерального походження, з іншого – вищою концентрацією елементів живлення (у тому числі радіоцезію) у лубі. Питома радіоактивність  $^{137}\text{Cs}$  у деревині змінюється в 4,2 рази, однак видно, що рівень забруднення деревини штамба у 1,1–1,9 рази менший рівня забруднення деревини основних гілок першого порядку. Пояснюється це більшою фізіологічною активністю гілок. Подібну закономірність у науковій літературі відмічено і для калію. Деревина першої основної гілки (від штамба) має більший рівень забруднення, ніж деревина основної гілки, що розміщена вище.

Таблиця 2. Питома радіоактивність  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті та тканинах яблуні сорту Пепін шафранний, Бк/кг

ґрунт (0–20см)	Органи і тканини рослин					
	штамб		основна гілка першого порядку галуження (1)		основна гілка першого порядку галуження (2)	
	деревина	кора	деревина	кора	деревина	кора
17000,0	89,6	1360,0	118,9	1850,0	96,4	549,0
12900,0	71,3	1090,0	135,3	1780,0	119,0	1030,0
13000,0	160,2	823,0	296,5	1420,0	242,2	594,0

Забруднення кори відрізняється у 3,2 рази. Найменша ПР кори і лубу у другій основній гілці; найбільша – у першій основній гілці; ПР  $^{137}\text{Cs}$  у корі штамба має середні значення.

Найменша різниця між ПР деревини і кори з лубом у других основних гілок, що ймовірно обумовлене меншою товщиною кори та більшою придатністю для промивання опадами, яке сприяє видаленню радіоцезію.

Важливою особливістю поширення  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті нині є його зосередження у шарі ґрунту 0–20см. Питома радіоактивність горизонтів

грунту становить: HE (0–20 см) – 12900–17000 Бк/кг, I (30–39 см) – 117 Бк/кг, P (50–59 см) – менше 5 Бк/кг.

Розкопування кореневих систем з метою встановлення особливостей їх архітекtonіки та поширення у різних горизонтах ґрунту показало, що більше 90 % коренів яблунь зосереджено у шарі 0–60 см. Корені, які поширюються глибше, через несприятливу щільність ґрунту, дуже пригнічені.

Показники ПР  $^{137}\text{Cs}$  у двох типах зразків коренів (табл. 3), які мають різний доступ до вбирання радіонукліда, дають можливість стверджувати, що забруднення коренів не залежало від наявності чи відсутності його у кореневмісному шарі ґрунту. Це вказує як на висхідні так і на низхідні потоки цезію у рослині та вирівнювання його концентрацій в кореневій системі вцілому. Варіювання вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у коренях різних дерев ймовірно пов'язане з відмінностями фізіологічних процесів, які проходять у коренях.

Таблиця 3. Питома радіоактивність  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті та деревині коренів яблуні сорту Пепін шафранний

Питома радіоактивність, Бк/кг		
ґрунт (шар 0–20 см)	горизонтальні провідні корені	вертикальні провідні корені
17000,0	257,0	264,0
12900,0	506,0	205,0
13000,0	389,0	715,0

Порівнюючи результати таблиць 2,3 слід відмітити більшу, у 1,8–7 разів концентрацію  $^{137}\text{Cs}$  у деревині коренів порівняно з деревиною штамба і основних гілок першого порядку, що можна пояснити запасанням елементів живлення у кореневій системі, оскільки зразки відбиралися восени.

### Висновки

Рівні забруднення  $^{137}\text{Cs}$  різних органів сортів яблуні відрізнялися у 3,5–7,1 разів.

Різниця між забрудненням радіонуклідами однорічних гілок та плодоносних утворень (плодушок, плідух) становила 1,8 рази.

Особливістю для всіх дерев був вищий рівень забруднення  $^{137}\text{Cs}$  листя порівняно з плодами (у 1,2–2,6 рази), причому при збільшенні рівня забруднення ґрунту ця різниця також збільшувалася.

Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  у плоди різних сортів яблуні при майже одноковому рівні забруднення ґрунту змінювалися у 1,7–2,4 рази. При зміні забруднення ґрунту в три рази, КП  $^{137}\text{Cs}$  у плоди варіювали в 10,8 рази.

Існує залежність щодо розподілу радіоцезію між деревиною та корою з лубом у штамбах і основних гілках першого порядку галузження. Питома радіоактивність  $^{137}\text{Cs}$  у деревині в 2,5–15,7 разів менша, ніж у корі з лубом.

Концентрація  $^{137}\text{Cs}$  у провідних коренях не залежала від наявності чи відсутності його у кореневмісному шарі ґрунту.

### Перспективи досліджень

Досить важливим буде вивчення міграції  $^{137}\text{Cs}$  у плодівих деревах порівняно з К, Са та іншими елементами. Це розширить можливості методу мічених атомів (використовуючи  $^{137}\text{Cs}$ ), що сприятиме поглибленню знань з фізіології живлення плодівих рослин, удосконаленню системи удобрення з метою отримання якісної продукції (зокрема екологічно безпечної у відношенні радіоцезію).

### Література

1. Агроекологія: Навч. посіб. /М. М. Городній, М. К. Шукла, І. М. Гудков та ін./ За ред. М.М. Городнього. – К.:Вища шк.,1993. – 416 с.
2. Барбер С. А. Биологическая доступность питательных веществ в почве.Механистический подход /Под ред. Э. Е. Хавкина/ Пер. с англ. – М.: Агропромиздат, 1986. – 376 с.
3. Кларксон Д. Транспорт ионов и структура растительной клетки /Под ред. Д. Б. Вахмистрова/ Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 368 с.
4. Крамер Пол Д., Козловський Теодор Т. Физиология древесных растений /Пер. с англ. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 464 с.
5. Нетреба А. Г., Ратошнюк О. Г., Соловська В. С. Шляхи зниження надходження радіонуклідів до зерняткових і кісточкових плодів //Вісн. аграр. науки. – 1998. – №9. – С. 48–50.
6. Основи лісової радіоекології /Голов. ред. М. М. Калетник. – К.: Ярмарок, 1999. – 254 с.
7. Пристер Б. С., Лоцилов Н. А., Поярков В. А. Основы сельскохозяйственной радиологии. – К.:Урожай, 1991. – 472 с.