

**ВАРІАЦІЇ КОЕФІЦІЄНТІВ НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ УНАСЛІДОК
БІОДЕСТРУКЦІЇ ПАЛИВОВМІСНИХ ЧАСТИНОК****Т. М. Лашко, А. П. Лашко***Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*

Представлено результати вегетаційних і польових експериментів по вивченню впливу ґрунтової мікобіоти на акумуляцію ^{137}Cs та ^{90}Sr деякими сільськогосподарськими рослинами з ґрунтів північного (паливного) сліду викиду. Отримано дані по трьох культурах (цукровий буряк, конюшина, капуста) для двох штамів ґрунтових мікроміцетів. Ці дані незаперечно свідчать, що ґрунтова мікобіота може бути фактором, який впливає на інтенсивність міграції радіонуклідів у системі “ґрунт - рослина”, збільшуючи або зменшуючи її.

1. Вступ

Для довгострокових оцінок і прогнозування радіаційної обстановки на територіях, забруднених радіонуклідами, визначення критеріїв безпечності проживання, коректного врахування основних дозоутворюючих факторів необхідне чітке знання механізмів поведінки радіоактивних речовин у ґрунті, кількісних характеристик їх міграції та надходження в харчові ланцюги. Це особливо важливо для радіонуклідів, що випали у вигляді твердофазних радіоактивних частинок.

Вивчення дисперсного складу, структури, фізико-хімічних властивостей, вмісту радіоактивних і стабільних ізотопів дали змогу виділити чотири основних їх типи [1]. Особливий інтерес становлять паливні частинки I та II модифікації – основний компонент паливного забруднення території від аварії на ЧАЕС.

У результаті комплексного дослідження паливних “гарячих” частинок (ПГЧ) [2] та їх взаємодії з біосферою було встановлено ряд закономірностей, які дали змогу зробити висновок, що ґрунтова біота значно прискорює процес руйнування ПГЧ. Зокрема, у модельних експериментах було виявлено, що деякі штами ґрунтових грибів здатні викликати значну корозію паливних частинок (аж до повного їх руйнування) протягом порівняно короткого терміну (~ 150 - 200 діб) [3], що більш ніж на порядок перевищувало швидкість руйнування аналогічних частинок під впливом абіотичних факторів. Тобто вивчення динаміки деструкції паливних частинок показало, що вона може суттєво зростати під впливом біотичних факторів і, як наслідок таких процесів, можна очікувати зростання акумуляції радіоактивних речовин у біомасі рослин.

Очевидно, що адекватні оцінки радіоекологічної обстановки обов’язково повинні враховувати швидкість трансформації ПГЧ і вивільнення радіоактивних елементів з твердофазних частинок, а також і вплив цих процесів на швидкість міграції радіонуклідів у ланці “ґрунт - рослина”. Кількісну оцінку процесів переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини прийнято виражати за допомогою коефіцієнта накопичення (K_n).

ґрунт – це складне за своїм мінеральним складом середовище, що містить численну біоту. Дослідження особливостей поведінки в ґрунті радіоцезію глобальних викидів показало, що цей радіонуклід може вступати в різноманітні реакції з ґрунтовими комплексами, що призводить до значного зниження його рухливості.

У цій роботі наведено результати вегетаційних і полігонних дослідів по моделюванню впливу складу ґрунтової біоти на цілеспрямовану зміну міграційних властивостей ^{137}Cs – одного з основних біологічно значимих довгоживучих радіонуклідів паливного компонента забруднення ґрунтів від аварії на ЧАЕС, а також аналогічні результати по ^{90}Sr у вегетаційних дослідях.

2. Матеріали та методи

Для проведення вегетаційних дослідів використовували дерново-підзолистий супіщаний ґрунт, аналогічний ґрунту польових дослідів. Попередньо було визначено питому радіоактивність ґрунту, вміст паливних частинок, а також їх тип. Було встановлено, що паливний компонент становив близько 91 % від загальної радіоактивності ґрунту. Рослини капусти вирощували в посудинах об'ємом 1,3 дм³. Тривалість вегетації становила 3 міс. Досліди проводили в трьох повторностях для чотирьох варіантів:

- 1) ґрунт, збагачений темнопігментованим грибом (*Cladosporium cladosporioides* 4), рослина;
- 2) ґрунт, збагачений світлопігментованим грибом (*Paecilomyces lilacinus* 1941), рослина;
- 3) ґрунт, збагачений сумішшю темнопігментованого (*Cladosporium cladosporioides* 4) і світлопігментованого (*Paecilomyces lilacinus* 1941) грибів, рослина;
- 4) контроль - ґрунт без внесення гриба, рослина.

Вплив ґрунтової біоти на зміну K_n радіоцезію для ґрунтів з паливним забрудненням досліджували за такою схемою. На дослідному полі було закладено ділянки розміром 0,5 × 0,3 м у чотирьох повторностях і чотирьох варіантах для кожної досліджуваної культури. Досліджували конюшину, цукровий буряк і капусту. Вибір рослин було зумовлено, в основному, двома факторами:

- 1) рослини повинні давати достатньо велику біомасу;
- 2) їх кореневі системи повинні суттєво відрізнитись між собою, що дало б змогу порівняти вплив ґрунтової біоти на рослини з різними кореневими системами.

Досліди проводили в таких варіантах:

- 1) радіоактивний ґрунт, рослина, темнопігментований гриб (*Cladosporium cladosporioides* 4);
- 2) радіоактивний ґрунт, рослина, світлопігментований гриб (*Paecilomyces lilacinus* 1941);
- 3) радіоактивний ґрунт, рослина, суміш темнопігментованого (*Cladosporium cladosporioides* 4) і світлопігментованого (*Paecilomyces lilacinus* 1941) грибів;
- 4) радіоактивний ґрунт, рослина, без внесення гриба - контроль.

ґрунтові гриби вносили в ґрунт у вигляді подрібненої вологої біомаси в момент посадки рослин. Біомасу мікроміцетів було отримано в Інституті мікробіології і вірусології НАН України.

Через місяць з моменту посадки й далі періодично відбирали рослини, з яких готували проби для бета- та гамма-спектрометричних аналізів. Вміст ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr визначали за методиками, рекомендованими МАГАТЕ [4].

Для приготування проб рослини ретельно промивали, подрібнювали, просушували до повітряно-сухого стану і зважували.

Для визначення вмісту гамма-випромінюючих радіонуклідів використовували гамма-спектрометр, до складу якого входили два горизонтальні коаксіальні HPGe-детектори GMX-30190 та GEM-40195, ефективністю 33 та 43 % і роздільною здатністю 1,9 та 1,7 кеВ на гамма-лінії 1,33 МеВ ⁶⁰Co відповідно, а також багатоканальний буфер 919 SPECTRUM MASTER фірми ORTEC. Обробку гамма-спектрів виконували за допомогою пакета програм MAESTRO for Windows.

Вміст ⁹⁰Sr визначали шляхом вимірювання бета-активності на 10-канальному альфа-, бета-лічильнику LB 770 Bertold після радіохімічного виділення. Власний фон приладу складав 0,5 відліків за хвилину, нижня межа чутливості методики – 0,01 Бк ⁹⁰Sr на пробу.

3. Результати та обговорення

У вегетаційних експериментах визначали K_n ^{137}Cs та ^{90}Sr у наземній фітомасі капусти, висіяної насінням, за 3 міс вегетації. K_n розраховували як відношення концентрації радіоактивного елемента в повітряно-сухій біомасі рослини до концентрації цього ж елемента в ґрунті. Похибка у визначенні K_n для всіх варіантів була менше 10 %. Як свідчать наведені діаграми (рис. 1), внесення в ґрунт окремих штамів як світло-, так і темнопігментованих мікроміцетів знижує K_n ^{137}Cs в 1,5 - 1,6 рази порівняно з контролем. У той же час внесення суміші цих штамів у тих же кількостях призводить до його збільшення відносно контролю в 1,4 рази. Для ^{90}Sr вплив комбінованого внесення штамів світло- і темнопігментованих грибів на величину K_n особливо значний. У цьому випадку спостерігається збільшення K_n більше, ніж втричі. Але, на відміну від ^{137}Cs , внесення окремих штамів також призводить до зростання K_n в 1,6 рази для світлопігментованих і в 1,8 рази для темнопігментованих грибів.

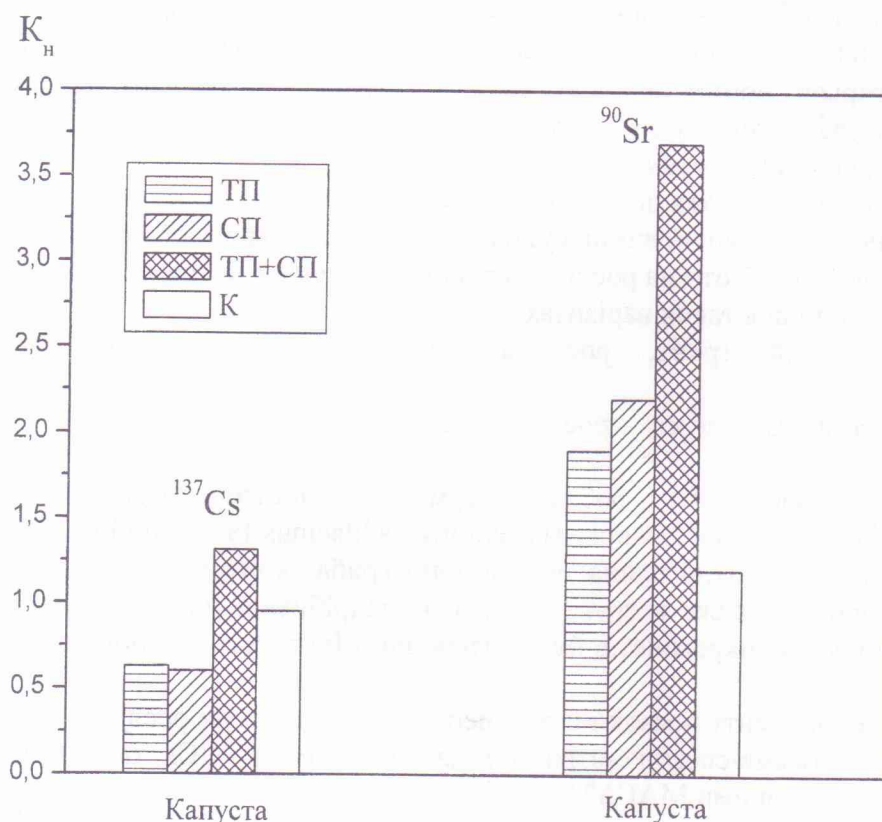


Рис. 1. Зміна K_n ^{137}Cs та ^{90}Sr для капусти у вегетаційних дослідках для різних варіантів мікобіоти. Внесення в ґрунт мікроміцетів: ТП – темнопігментованих; СП – світлопігментованих; ТП + СП – їх суміші; К – контроль (без внесення).

У польовому експерименті варіації K_n досліджували одночасно для кількох сільськогосподарських рослин. Для цукрового буряка визначали також швидкість акумуляції радіоцезію окремими вегетативними частинами рослини, зокрема наземною біомасою та коренеплодами. Досліджували також кінетику накопичення радіоактивних речовин на різних стадіях вегетації [5]. На рис. 2 наведено результати розрахунку K_n для ^{137}Cs на кінцевій стадії дозрівання культур. Як свідчать наведені дані, накопичення ^{137}Cs листям цукрового буряка відбувається більш інтенсивно, ніж коренеплодами, причому ця тенденція зберігається протягом усього періоду вегетації.

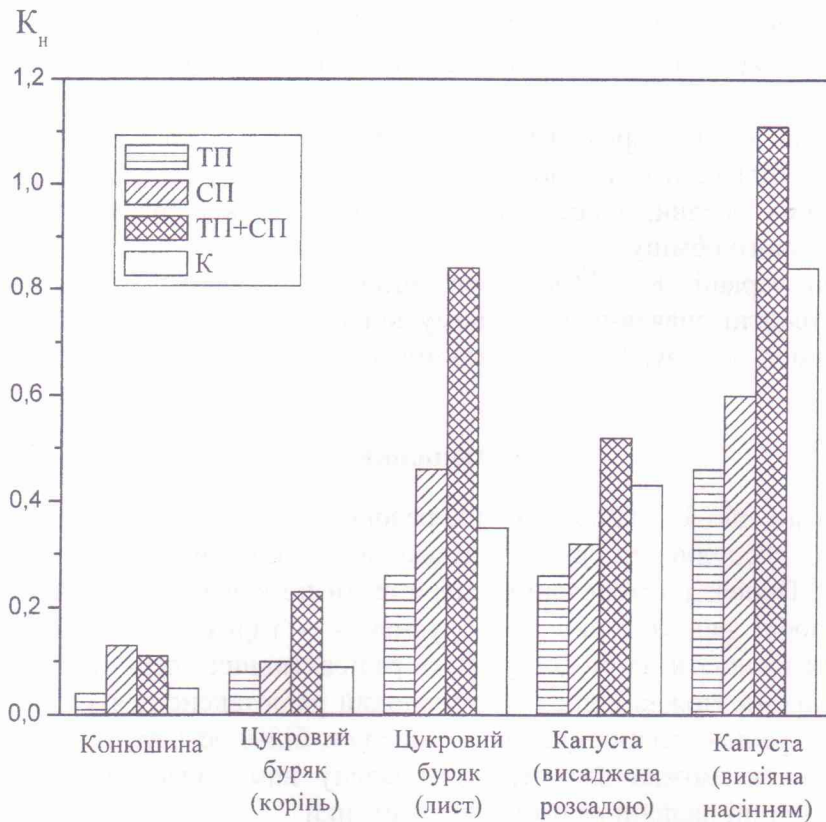


Рис. 2. Діаграми варіації $K_n^{137}\text{Cs}$ вищими рослинами залежно від зміни мікоценозу. Внесення в ґрунт мікроміцетів: ТП – темнопігментованих; СП – світлопігментованих; ТП + СП – їх суміші; К – контроль (без внесення).

Треба також зазначити, що більш інтенсивне накопичення ^{137}Cs наземною біомасою цукрового буряка не пов'язане з вітровим переносом і поглинанням безпосередньо через листя, а є наслідком надходження радіоцезію через кореневу систему, оскільки навколишні ділянки мали забруднення ^{137}Cs значно нижче (у 100 - 1000 разів), ніж дослідні.

На ділянках з відповідними мікоценозами $K_n^{137}\text{Cs}$ для капусти, висіяної насінням, був майже вдвічі вищим, ніж для капусти, висадженої розсадою. Таке збільшення можна пояснити тим, що інтенсивність накопичення радіонуклідів змінюється в процесі онтогенезу. За нашими спостереженнями, максимальний темп накопичення припадає на ранній період розвитку рослин. А оскільки розсаду капусти вирощували на чистому ґрунті, то найбільш інтенсивне накопичення раннього етапу розвитку для цих рослин було відсутнє, що і спричинило зменшення K_n на кінцевому етапі дозрівання культур. Це узгоджується з висновками робіт А. В. Петербургського, який досліджував поглинання та накопичення мінеральних речовин рослинами й показав, що накопичення найбільше на ранніх стадіях їх розвитку [6].

З наведених даних видно, що K_n залежить від індивідуальних особливостей досліджуваних рослин і змінюється в досить широких межах. У той же час для всіх досліджуваних рослин зберігається спільна тенденція: зниження K_n при внесенні в ґрунт біомаси темнопігментованого гриба в 1,1 - 1,8 рази. Найменша зміна K_n спостерігається для коренеплодів цукрового буряка ($K_n \approx 1,1$), найбільша – для капусти, висіяної насінням ($K_n \approx 1,8$). Крім того, для всіх досліджуваних культур, а також для різних вегетативних частин однієї й тієї ж культури відбувається різке збільшення K_n при внесенні в ґрунт суміші обох штамів грибів, яке складає 1,2 - 2,6 рази по відношенню до контрольного.

Вплив світлопигментованого штаму на $K_n^{137}Cs$ носить неоднозначний характер. Для конюшини, наприклад, спостерігається найбільш значний вплив у напрямку підвищення K_n , для цукрового буряка – підвищення незначне, особливо для коренеплодів, яке практично лежить у межах похибки, а для капусти внесення цього штаму дещо його зменшує (\sim у 1,3 рази).

З рис. 2 видно, що в розрізі різних культур $K_n^{137}Cs$ різко відмінні, у ряді випадків вони відрізняються більш, ніж на порядок. Це, очевидно, пов'язано з індивідуальними особливостями вищих рослин, зокрема будовою їх кореневої системи та фізіологічними особливостями калійного обміну.

Порівнюючи варіації $K_n^{137}Cs$ у вегетаційних і польових експериментах, можна бачити, що їх абсолютні значення в першому випадку дещо більші. Вважаємо, що це є наслідком різних умов поливу. У вегетаційному досліді інтенсивність поливу була значно більшою.

4. Висновки

Загальновідомо, що K_n радіоактивних речовин наземним фітоценозом залежить не стільки від ступеня забруднення ґрунту, стільки від величини біодоступного компонента цього забруднення. Попередні модельні експерименти по вивченню впливу ґрунтової біоти на твердофазні носії радіоактивного забруднення (“гарячі” частинки) виявили ряд механізмів, здатних впливати на біодоступність радіоактивних елементів, що входять до їх складу. До них, зокрема, можна віднести позитивний радіотаксис деяких штамів ґрунтових грибів і високий K_n радіоактивних елементів міцелієм більшості ґрунтових грибів [7]. Але найбільш визначальною можна вважати встановлену нами властивість окремих штамів руйнувати важкорозчинні паливні радіоактивні частинки.

Ці закономірності дали змогу припустити, що ґрунтова мікобіота впливає на ступінь виносу радіонуклідів у наземний фітоценоз, кількісною характеристикою якого може бути K_n . Проведені дослідження підтвердили цю гіпотезу й показали, що K_n у ланці “ґрунт - рослина” залежить від кількісного та якісного складу ґрунтової біоти, тобто ґрунтова біота може бути регулятором міграційних процесів.

Разом з тим експерименти показали, що вплив зміни мікоценозу на варіацію K_n радіоактивних елементів вищими рослинами дуже складний багатопараметричний процес, що вимагає детального дослідження. Зокрема, руйнівна здатність деяких штамів ґрунтових грибів поєднується з величезними власними K_n (100 - 1000) радіоактивних елементів та їх фіксацією міцелієм. Перший з цих процесів вірогідно повинен збільшувати K_n , а другий його зменшувати.

Ця проблема потребує подальшого вивчення з метою кількісного врахування фактора впливу зміни мікоценозу на зміну K_n радіонуклідів у ланці “ґрунт - рослина” як показників міграційних процесів.

Треба також підкреслити важливість таких досліджень для встановлення можливості біорегуляції виносу радіоактивних речовин з ґрунтів у наземні екосистеми як з метою зменшення їх акумуляції в рослинах (для отримання більш чистої сільськогосподарської продукції), так і з метою збільшення (як одного з можливих шляхів реабілітації забруднених територій) [8].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гаврилюк В.И., Лашко Т.Н., Лашко А.П. Классификация “горячих” частиц черномыльских выпадений // Збірник наукових праць Інституту ядерних досліджень. – 1999. – С. 273 - 275.
2. Борисик Л.Б., Гаврилюк В.И., Лашко Т.Н. и др. “Горячие” частицы в биосфере // Весті АН БССР. Сер. фіз.-енерг. наук. – 1990. – № 4. – С. 38 - 41.
3. Гаврилюк В.И., Лашко Т.Н., Музалев П.Н. и др. Исследование разрушения “горячих” частиц черномыльского происхождения микромицетами, выделенными из почв 30-км зоны ЧАЭС

- // International Conference "Radiation and Society: Comprehending Radiation Risk". Paris, France, 24 - 28 October 1994. Extended Synopsi. IAEA-CN-54.
4. Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. A Guidebook // Technical Reports Series. – Vienna: IAEA, 1989. – No. 295. – P. 1 - 169.
 5. Лашко Т.Н., Лашко А.П., Василевская А.И. и др. Влияние почвенной микобиоты на накопление ^{137}Cs растениями свеклы и клевера // Збірник наукових праць Інституту ядерних досліджень. – 2000. – № 1. – С. 154 - 157.
 6. Петербургский А.В. Обменное поглощение в почве и усвоение растениями питательных веществ. – М.: Высш. шк., 1959. – 251 с.
 7. Гаврилюк В.И., Лашко Т.Н., Лашко А.П. и др. Изучение накопления некоторых долгоживущих радионуклидов почвенными микромицетами в модельных экспериментах // Збірник наукових праць Інституту ядерних досліджень. – 1999. – С. 280 - 282.
 8. Лашко С.П., Лашко Т.Н., Лашко А.П. О мико-фитогенной рекультивации площадей радиоактивного загрязнения // Проблемы создания новых машин и технологий: Науч. тр. КГПУ. – Кременчуг: КГПУ, 2000. – Вып. 2/2000 (9). – С. 532 - 534.

ВАРІАЦІЇ КОЕФІЦІЄНТІВ НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ ВСЛІДСТВИЄ БІОДЕСТРУКЦІЇ ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ ЧАСТИЦ

Т. Н. Лашко, А. П. Лашко

Представлены результаты вегетационных и полевых экспериментов по изучению влияния почвенной микобиоты на аккумуляцию ^{137}Cs и ^{90}Sr некоторыми сельскохозяйственными растениями из почв северного (топливного) следа выброса. Получены данные по трем культурам (сахарная свекла, клевер, капуста) для двух штаммов почвенных микромицетов. Эти данные убедительно свидетельствуют о том, что почвенная микобиота может быть фактором, который влияет на интенсивность миграции радионуклидов в системе "почва - растение", увеличивая или уменьшая ее.

THE VARIATIONS OF THE ACCUMULATION COEFFICIENTS OF THE RADIONUCLIDES DUE TO BIODESTRUCTION OF THE FUEL PARTICLES

T. N. Lashko, A. P. Lashko

Results of the vegetation and field experiments on studying the influence of soil biota on ^{137}Cs and ^{90}Sr accumulation by some agricultural plants from the soils of north (fuel) trace are presented. Data on three cultures (sugar-beet, clover, cabbage) and two strains of two soil micromycetes have been obtained. These results are the evidence of the fact that soil micobiota can be the factor which allows to change the intensity of radionuclide migration in the system "soil - plant" (by increasing or decreasing it).

Надійшла до редакції 19.02.02,
після доопрацювання – 23.09.02.