



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.95:628.516:615.849

© 2015

*С.Ю. Булигін,
академік НААН,
доктор сільсько-
господарських наук*

*Національний
університет біоресурсів
і природокористування
України*

*О.І. Дутов,
доктор сільсько-
господарських наук*

*Державна екологічна
академія післядипломної
освіти та управління*

НАУКОВІ АСПЕКТИ ЗМЕНШЕННЯ КРИТИЧНОСТІ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ У ВІДДАЛЕНІЙ ПЕРІОД РОЗВИТКУ РАДІАЦІЙНОЇ СИТУАЦІЇ

Мета. Визначити закономірності надходження радіонуклідів до сільськогосподарської продукції у віддалений період розвитку радіаційної ситуації за різними рівнями мінерального живлення рослин і насиченням сівозмін сільськогосподарськими культурами, які характеризуються відносно невисокою здатністю накопичувати радіонукліди. **Методи.** Уміст ^{137}Cs як основного дозоутворювального радіонукліда в ґрунтових і рослинних зразках визначали спектрометричним методом на гамма-спектрометричному устаткуванні з напівпровідниковими детекторами GEM-30185, Ge(Li), GMX серії «EG&G ORTEC» з багатоканальним аналізатором ADCAM – 300. **Результати.** Установлено закономірності надходження ^{137}Cs до сільськогосподарської продукції на різних ґрунтах залежно від удобрення та підбору культур. **Висновки.** Насиченням польових сівозмін сільськогосподарськими культурами, що характеризуються потенційно невисокою здатністю до накопичення радіонуклідів, можна до 13-ти разів зменшити критичність радіоактивно забрудненого агроландшафту.

Ключові слова: протирадіаційні заходи, питома активність радіонуклідів, сільськогосподарська продукція, ^{137}Cs , нормативи вмісту радіонуклідів.

Чорнобильська катастрофа залишається безпрецедентною техногенною катастрофою людства, яка істотно змінила традиційний уклад життя і ведення господарської діяльності понад 2 млн чол., що постійно проживають на території 74-х районів 12-ти областей

України [4, 11, 13].

Чинним законодавством України [8, 9] визначено 4 зони радіоактивного забруднення території. Розмежування радіоактивно забрудненої території сільськогосподарських угідь (окрім зони відчуження — території,

з якої у 1986 р. евакуйовано населення) базувалося на щільності забруднення ґрунту.

Роботами науковців [7, 12, 14] було доведено, що в структурі загальної дози опромінення населення переважає внутрішнє опромінення з харчовими продуктами, які виробляються на радіоактивно забруднених територіях. При цьому залишається багато проблем, пов'язаних з радіаційно-екологічною критичністю агроландшафтів, для яких характерні аномально високі коефіцієнти переходу радіоактивного цезію з ґрунту в рослини, що зумовлює непоодинокі випадки виробництва сільськогосподарської продукції, забрудненої ^{137}Cs [1, 5, 6]. Вивчення наукових аспектів щодо зменшення ступеня критичності радіоактивно забруднених агроландшафтів у віддаленій період розвитку радіаційної ситуації, зокрема через оптимізацію мінерального живлення рослин і насичення сівозмін сільськогосподарськими культурами, які характеризуються відносно невисоким рівнем накопичення радіонуклідів, є важливим та актуальним завданням.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження з визначення зменшення критичності радіоактивно забруднених агроландшафтів проводили на дерново-підзолистих ґрунтах у зоні Полісся та чорноземах опідзолених і типових у зоні Лісостепу 5-ти найзабрудненіших областей України (Волинської, Житомирської, Рівненської, Київської і Чернігівської).

Уміст ^{137}Cs як основного дозоутворювального радіонукліда в ґрунтових і рослинних зразках визначали спектрометричним методом на гамма-спектрометричному устаткуванні з напівпровідниковими детекторами GEM-30185, Ge(Li), GMX серії «EG&G ORTEC» з багатоканальним аналізатором ADCAM-300. Відбір зразків та їх підготовку до аналізу здійснювали за загальноприйнятими методиками з урахуванням специфіки науково-дослідних робіт у галузі сільськогосподарської радіології [10].

Для оцінки накопичення радіонуклідів у врожаї за різної щільності забруднення ґрунту використовували коефіцієнт переходу (КП) ^{137}Cs з ґрунту в рослини — уміст радіонукліда в рослині за щільності забруднення ґрунту, що дорівнює 1 (Бк/кг повітряносухої маси рослин/кБк/м² ґрунту).

Результати досліджень. Застосування мінеральних добрив є одним із найефективніших чинників інтенсифікації рослинництва для отримання стабільно високих урожаїв

сільськогосподарських культур і формування їх якісних показників. Не змінюється роль мінеральних добрив і в умовах радіоактивного забруднення ґрунту. У цьому разі їх застосування має ще й чітко визначену радіаційно-екологічну специфіку, зумовлену необхідністю отримання гарантованої нормативно безпечної сільськогосподарської продукції.

Накопичення ^{137}Cs в урожаї сільськогосподарських культур, які вивчали в досліді (рис. 1), насамперед зумовлено окремим унесенням у ґрунт азотних і калійних добрив та їх поєднанням. Так, за внесення азоту (N_{120}) уміст радіонукліда підвищувався в усіх без винятку культурах. Із застосуванням фосфорних туків (120 кг/га д.р.) у бульбах картоплі, зерні вівса і люпину спостерігалася тенденція до зменшення вмісту радіонукліда (до 17%).

У разі внесення калійних добрив окремо і в поєднанні з фосфорними (K_{120} і $\text{P}_{120}\text{K}_{120}$) констатували значне (до 3 разів) зменшення накопичення ^{137}Cs в урожаї. Із застосуванням азотних і калійних добрив ($\text{N}_{120}\text{K}_{120}$) та повного мінерального удобрення в бульбах картоплі, зерні гороху і люпину також спостерігалася зменшення вмісту ^{137}Cs майже

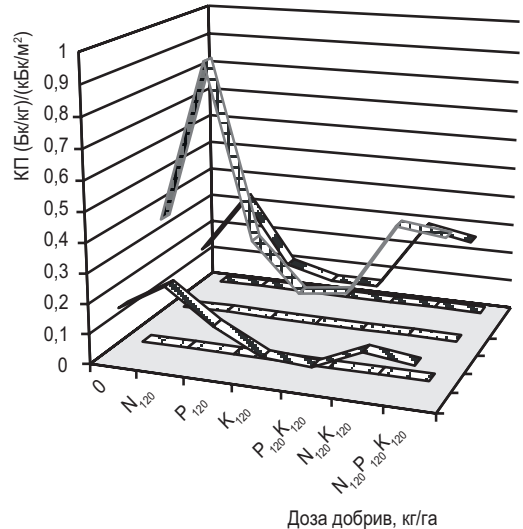


Рис. 1. Вплив мінеральних добрив на інтенсивність накопичення ^{137}Cs в урожаї сільськогосподарських культур на дерново-підзолистому ґрунті і чорноземі: ■ — картопля, бульби (дерново-підзолистий ґрунт); □ — картопля, бульби (чорнозем); ▤ — овес (дерново-підзолистий ґрунт); ▥ — овес (чорнозем); ▦ — жито озиме, зерно (дерново-підзолистий ґрунт); ▧ — пшениця озима, зерно (чорнозем)

у 1,5 раза. За внесення зазначених добрив під овес вміст радіонукліда в зерні культури збільшувався відповідно на 15 і 19%, під пшеницю озимую — на 42 і 58%.

Дещо по-іншому впливали різні види мінеральних добрив на накопичення ^{137}Cs в урожаї сільськогосподарських культур в умовах чорноземів Лісостепу. Помітне збільшення вмісту радіонуклідів у цих умовах відзначено лише в зерні пшениці озимі за внесення аміачної селітри в дозі 120 кг/га д.р. Унесення суперфосфату (P_{120}), як і використання повного мінерального добрива ($\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$), істотно впливали на накопичення ^{137}Cs у сільськогосподарських культурах не мало. Проте внесення калійної солі (K_{120}), як і її застосування разом із суперфосфатом ($\text{P}_{120}\text{K}_{120}$), також зумовило тенденцію до зменшення параметрів накопичення радіонукліда в урожаї сільськогосподарських культур.

Отже, ефективність мінеральних добрив як засобу зменшення накопичення ^{137}Cs в дерново-підзолистих ґрунтах Полісся і на чорноземах Лісостепу була досить різною. Так, вміст ^{137}Cs в урожаї бульб картоплі в контрольному варіанті без унесення мінеральних добрив на дерново-підзолистих ґрунтах був у 20 разів вищим, ніж на чорноземах, в урожаї зерна вівса — у 18, гороху — у 32 рази відповідно.

Можна стверджувати, що параметри накопичення ^{137}Cs в урожаї сільськогосподарських культур залежали переважно від застосування азотних і калійних добрив. Максимальне накопичення ^{137}Cs спостерігалось за внесення азоту, мінімальне — за внесення калію. Використання фосфорних добрив окремо і в поєднанні з азотними або калійними на параметри забрудненості врожаю сільськогосподарських культур помітно не впливало. Зважаючи на це, актуального значення набуває вивчення ефективності калійних добрив, їх еколого-радіологічна оцінка як заходу, спрямованого на зменшення накопичення ^{137}Cs у рослинах за їх вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах на радіоактивно забруднених територіях.

За результатами досліджень, параметри зниження накопичення ^{137}Cs в різних ґрунтово-кліматичних умовах залежали від дози калію, але диференціювалися залежно від біологічних особливостей сільськогосподарських культур, які вивчали в досліді (рис. 2).

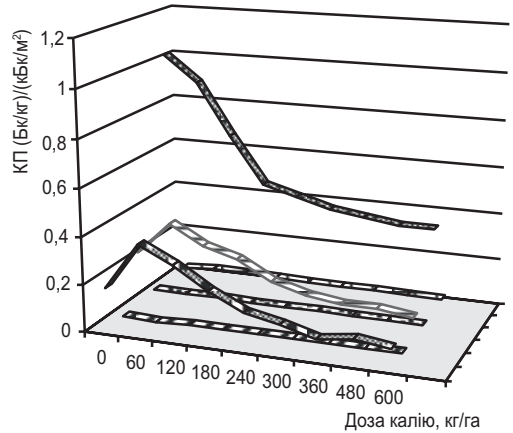


Рис. 2. Вплив доз калійних добрив на інтенсивність накопичення ^{137}Cs в урожаї сільськогосподарських культур на дерново-підзолистому ґрунті та чорноземі: калійні добрива під горох застосовували на фоні $\text{N}_{30}\text{P}_{120}$, під озимі зернові культури та овес — на фоні $\text{N}_{120}\text{P}_{120}$; ■ — жито озиме (дерново-підзолистий ґрунт); ▣ — жито озиме (чорнозем); ▤ — овес (дерново-підзолистий ґрунт); ▥ — овес (чорнозем); ▦ — горох (дерново-підзолистий ґрунт); ▧ — горох (чорнозем)

Мінімальний рівень накопичення ^{137}Cs спостерігався в озимих зернових культурах, максимальний — у зерні гороху. Збільшення дози калійних добрив помітно впливало на зниження вмісту ^{137}Cs в урожаї всіх без винятку культур. Разом з тим на чорноземах Лісостепу коефіцієнти переходу ^{137}Cs в урожай були набагато меншими. Якщо залежно від дози калійного добрива розбіжності в накопиченні ^{137}Cs в зерні жита озимого на дерново-підзолистому ґрунті Полісся становили 0,08–0,38 (Бк/кг)/(кБк/м²), то на чорноземі Лісостепу — 0,001–0,008 (Бк/кг)/(кБк/м²), у зерні вівса — 0,10–0,38 і 0,016–0,026 (Бк/кг)/(кБк/м²), гороху — 0,38–1,03 і 0,026–0,042 (Бк/кг)/(кБк/м²) відповідно.

На чорноземі набагато меншою була й радіологічна ефективність калійного добрива. На дерново-підзолистому ґрунті вміст ^{137}Cs в урожаї зерна за внесення максимальної дози калію (K_{600}) зменшився порівняно з контролем майже у 2,5–3 рази, на чорноземі — у 1,2–1,6 раза.

Зменшення параметрів накопичення ^{137}Cs у разі застосування калійних добрив, на думку вчених [2, 3], зумовлено зміною в ґрунті співвідношення концентрації радіоцезію до його неізотопного носія — калію, тобто

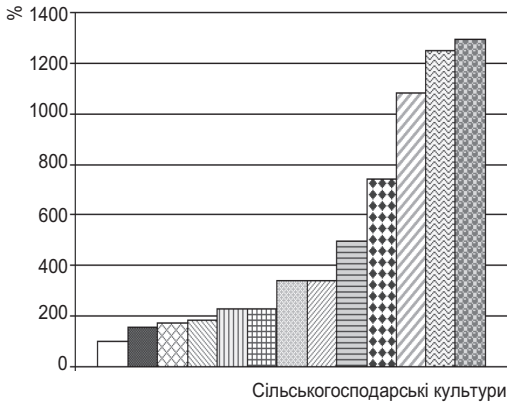


Рис. 3. Відносне накопичення ¹³⁷Cs польовими культурами, % від кукурудзи: □ — кукурудза; ■ — пшениця озима; ▨ — картопля; ▩ — ячмінь; ▪ — тритикале; ▧ — пшениця яра; ▦ — просо; ▥ — жито озиме; ▤ — овес; ▣ — гречка; ▢ — соя; □ — горох

зменшення нормованого за калієм рівня забруднення ґрунту. Якщо це співвідношення зберігається за переходу радіонукліда в рослини, то зменшується вміст ¹³⁷Cs і в урожаї сільськогосподарських культур.

За результатами досліджень, проведених в натурних умовах зон радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС,

польові сільськогосподарські культури за потенційною здатністю до накопичення ¹³⁷Cs в урожаї можна розподілити на окремі групи (рис. 3).

Зернові злакові культури найменше накопичували ¹³⁷Cs за однакових умов вирощування. У зерні кукурудзи вміст радіонуклідів був мінімальним — 0,07 (Бк/кг)/(кБк/м²), у зерні вівса — максимальним у межах цієї групи культур (майже у 5 разів вищим, ніж у зерні кукурудзи). Проміжне місце займали такі культури (у порядку зростання коефіцієнтів переходу ¹³⁷Cs з ґрунту в урожай), як пшениця озима, ячмінь, тритикале, пшениця яра і жито озиме.

До групи культур з потенційно невисокою здатністю до накопичення ¹³⁷Cs належать картопля і просо. Так, КП радіонукліда в бульби картоплі займав проміжне місце між пшеницею озимую і ячменем, але був на 71% вищим, ніж у зерні кукурудзи. Уміст ¹³⁷Cs в зерні проса був дещо більшим і займав місце між пшеницею ярою і житом озимим.

Підвищеним потенційним накопиченням радіонукліда характеризувалися гречка і соя, проте максимальне його накопичення спостерігалось в зерні гороху. Уміст ¹³⁷Cs в ньому був майже у 13 разів вищим, ніж у зерні кукурудзи.

Висновки

Наукові аспекти зменшення критичності радіоактивно забруднених агроландшафтів у віддалений період розвитку радіаційної ситуації спрямовуються на мінімізацію інтенсивності міграції радіонуклідів у системі ґрунт — рослина через впровадження комплексу протирадіаційних заходів, зокрема застосування мінеральних добрив і насичення сівозмін культурами, які характеризуються невисокою здатністю до накопичення радіонуклідів.

В умовах радіоактивного забруднення ґрунту застосування мінеральних добрив має чітку визначену радіаційно-екологічну специфіку,

зумовлену необхідністю отримання гарантованої нормативно безпечної сільськогосподарської продукції. Ефективність мінеральних добрив як засобу зменшення накопичення ¹³⁷Cs в сільськогосподарських культурах на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся є на порядок вищою порівняно з чорноземами Лісостепу.

Насиченням польових сівозмін сільськогосподарськими культурами, що мають потенційно невисоку здатність до накопичення радіонуклідів, можна до 13-ти разів зменшити критичність радіоактивно забрудненого агроландшафту.

Бібліографія

1. Актуальные проблемы и задачи научного сопровождения производства сельскохозяйственной продукции в зоне радиоактивного загрязнения

Чернобыльской АЭС/М.В. Зубец, Б.С. Пристер, Р.М. Алексахин и др.//Агроэколог. журн. — 2011. — № 1. — С. 5–20.

2. *Бондарь П.Ф.* Параметры перехода радиоцезия в урожай овса на произвесткованной почве в зависимости от применения минеральных удобрений и химических мелиорантов//П.Ф. Бондарь, А.И. Дутов/Там само. — 1992. — Вып. 2. — С. 125–132.

3. *Бондарь П.Ф.* Оценка эффективности калийных удобрений как средства снижения загрязнения урожая радиоцезием//П.Ф. Бондарь, А.И. Дутов/Там само. — 1993. — Вып. 3. — С. 69–83.

4. *Булигін С.Ю.* Щодо програми безпечно ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених радіонуклідами внаслідок Чорнобильської катастрофи//С.Ю. Булигін, Б.С. Пристер, О.І. Фурдичко, О.І. Дутов//Вісн. аграр. науки. — 2012. — № 5. — С. 53–57.

5. *Визначення критичності агропродукції в землеробстві радіоактивно забруднених регіонів*//С.Ю. Булигін, О.І. Фурдичко, О.І. Бондар, О.І. Дутов//Вісн. аграр. науки. — 2013. — № 1. — С. 55–58.

6. *Дутов О.І.* Сучасні підходи до раціонального використання радіоактивно забруднених земель (на прикладі аварії на Чорнобильській АЕС)//Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. наук. зб. — Х.: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського», 2012. — Вип. 77. — С. 38–43.

7. *Дутов О.І.* Агроекологічні підходи до мінімізації доз опромінення населення у віддаленій період розвитку радіологічної ситуації після аварії на

ЧАЕС//Екологічні науки: наук.-практ. журнал. — К.: ДЕА, 2014. — № 1 (5). — С. 24–30.

8. *Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи»*//Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР). — 1991. — № 16. — С. 199.

9. *Закон України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи»*//Там само. — С. 200.

10. *Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської радіології.* — К., 1992. — 136 с.

11. *Національна доповідь України «25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього».* — К.: КІМ, 2011. — 395 с.

12. *Пристер Б.С.* Модель для прогнозування дози внутрішнього облучення населення при почвенном пути включения долгоживущих радионуклидов в пищевые цепи//Б.С. Пристер, В.Д. Виноградская//Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. — 2009. — Вип. 11 — С. 128–135.

13. *Fesenko S.* An extended critical review of twenty years of countermeasures used in agriculture after the Chernobyl accident//S. Fesenko, R. Aleksakhin, M. Balonov//Science of total environment. — 2007. — V. 383 (1). — P. 1–24.

14. *Rural areas affected by the Chernobyl accident: Radiation exposure and remediation strategies*//R. Jacob, S. Fesenko, I. Bogdevitch et al.//Science of The Total Environment. — 2009. — V. 408. — Issue 1. — P. 14–25.

Надійшла 10.03.2015.