

УДК 621.504.039

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ КОНОПЕЛЬ, СОЇ ТА АМАРАНТУ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

О.О. Тетерук
аспірантка

Інститут агроєкології і природокористування НААН
(Україна, м. Київ; e-mail: beautybaby@bigmir.net)

В.Б. Ковальов

доктор сільськогосподарських наук, професор

Житомирський національний агроєкологічний університет
(Україна, м. Житомир; e-mail: Kovalev_zt@ukr.net)

В.П. Ландін

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Інститут агроєкології і природокористування НААН
(Україна, м. Київ; e-mail: Vlad_land@ukr.net)

В.П. Фещенко

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Житомирський національний агроєкологічний університет
(Україна, м. Житомир; e-mail: ekostartvp@gmail.com)

Екологічна ситуація, що склалася внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, поставила колективи науково-дослідних установ перед об'єктивною необхідністю розширення напрямів наукових досліджень. Серед пріоритетних можна назвати довгострокове прогнозування вмісту радіонуклідів у ланцюзі «грунт — рослина — тварина — сільськогосподарська продукція» та перерозподіл радіонуклідів у різних типах ґрунтів і ландшафтів для довгострокових оперативних прогнозних оцінок процесів та підтримки керівних рішень, а також розробку технологій реабілітації радіоактивно забруднених сільськогосподарських угідь та рекомендацій з виробництва продукції, уміст радіонуклідів у якій буде відповідати чинним нормативам. Методи проведення досліджень: стаціонарні польові, лабораторні; математичної статистики, картографічний. Дослідження проводили поблизу с. Христинівки (Житомирська обл.) на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті з високою щільністю радіоактивного забруднення.

Результати досліджень продемонстровано на прикладі вирощування конопель, сої та амаранту. Досліджувані культури засвідчили високий рівень врожайності (від потенційно можливої). Радіологічний моніторинг забруднення території ^{137}Cs засвідчив незначну строкатість і високу його щільність. Найвищий рівень питомої активності ^{137}Cs зафіксовано в зеленій масі амаранту, найнижчий — у волокні конопель. За використання добрив у дозі $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ зафіксовано зниження накопичення радіонуклідів рослинами до їх рівня у сільськогосподарських культурах. Отримані результати питомої активності ^{137}Cs у сировині, одержаній з таких культур, як соя та коноплі, свідчить про можливість їх використання в технічних цілях, оскільки, відповідно до встановлених норм питомої активності ^{137}Cs , отримані показники є нижчими за 600 Бк/кг.

Науково обґрунтовано використання видів рослин, які є перспективними для вирощування в умовах радіоактивного забруднення території. Практичне значення наукових результатів полягає в можливості застосування наукових положень і висновків досліджень у практичній діяльності сільськогосподарських підприємств, господарств щодо відновлення радіоактивно забруднених земель та можливості вирощування на цих територіях таких рослин, які є абсолютно безпечними в сільськогосподарському виробництві.

Ключові слова: радіоактивно забруднені ґрунти, коноплі, соя, амарант, урожайність, радіоактивний цезій (^{137}Cs).

Постановка проблеми. Економічна і екологічна конкуренція під час реалізації сільськогосподарської продукції та завоювання ринків збуту залежить від правильного врахування і використання всіх природних і ресурсозбе-

рігаючих чинників. Особливу увагу слід приділити раціональному використанню методів економії енергетичних та інших ресурсів, що застосовуються та мають безпосередній вплив на виробництво продукції [1].

Підвищення ефективності використання радіоактивно забруднених ґрунтів є значним резервом збільшення виробництва рослинницької та тваринницької продукції, і забезпечення родючості ґрунтів [2, 3]. На нашу думку, одним із перспективних напрямів їх використання може бути вирощування конопель, сої та амаранту.

Коноплі — одна з найдавніших і (в минулому) доволі поширених технічних культур. Вирощують її для отримання волокна та насіння. Стебло має 18–24% волокна, в насінні міститься 30–36% олії. Волокно грубіше, ніж у льону-довгунця, але й міцніше, не псується у разі довгого перебування у воді. З волокна конопель виготовляють канати, брезент, різні технічні тканини, папір. Волокно конопель використовують у нафтовій промисловості, будівництві. Із насіння одержують олію, кормову макуху, а також лікарські препарати. Макуха містить близько 28% білка, 9–11% жиру. Використовують її як цінний корм для сільськогосподарських тварин. Відходи первинної переробки конопель (костриця) — цінна сировина для виготовлення костроплит для меблевої промисловості [4, 5].

Соя — найважливіша білково-олійна рослина, стратегічна культура у розв'язанні глобальної продовольчої проблеми. Її цінність обумовлено винятково сприятливим поєднанням у насінні органічних і мінеральних речовин. Зерно сої має унікальний хімічний склад: у ньому міститься 35–45% білка, який за амінокислотним складом наближається до білків тваринного походження і добре засвоюється людиною і тваринами. Зерно сої можна використовувати для кормових, продовольчих та технічних цілей [6]. З насіння сої виготовляють соуси, молоко, сир, кондитерські вироби, ковбаси, харчове борошно, сурогати кави тощо. Як кормову культуру сою використовують на зелений корм, сінаж, силос (у сумішах з кукурудзою), монокорм. Соя збагачує ґрунт азотом, тому є цінним попередником для різних сільськогосподарських культур [6, 7].

Амарант, який ще називають щирцею, півнячими гребінцями, бархатником, котячим хвостом, культивують уже понад 6 тис. років, виготовляючи з його зерен амариту — «напій безсмертя» [7]. Стародавні індійці називали амарант «золотим зерном Бога», і слід додати, не даремно. Насамперед, рослина містить білок високої якості, багатий лізином — найціннішою для організму амінокислотою. З огляду на це, японці за поживністю прирівнюють культуру до морепродуктів. Користь амаранту визначає сквален, що входить до його складу. Це речовина — природний компонент епідермісу

людини, входить і до складу щиріці. Сквален — цінний компонент для лікування захворювань шкіри — ран, порізів, гнійних інфекцій, а ще — раку. Лікувальні властивості амаранту використовують у косметології, — зокрема, у склад омолоджувальних і оздоровлюючих масок для обличчя, адже компоненти рослини добре пом'якшують шкіру, підвищують її тонус і життєву силу [6].

З огляду на те, що товарна продукція вказаних культур, в основному, йде на технічні цілі, тобто не спричиняє додаткового радіологічного навантаження на людину, на нашу думку, слід вивчити і науково обґрунтувати можливість і доцільність їх вирощування на радіоактивно забруднених ґрунтах Полісся.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Потрапляючи до навколишнього природного середовища, техногенні радіонукліди включаються в природні процеси масо-енергообміну, які мають комплексний характер, охоплюючи всі природні компоненти. Вивченням проблеми використання та реабілітації забруднених територій, складу радіонуклідів та їх поведінку в різних ґрунтах, здатності утворювати різні сполуки з хімічними складниками ґрунту, міграцію радіоактивності займалися Р.М. Алексахін, Б.С. Прістер, Д.М. Гродзинський, І.М. Гудков, О.І. Фурдичко., Т.Д. Лев, Ю.О. Іванов, Л.В. Перепелятнікова, А.М. Архипов, М.О.Клименко, О.В. Войцехович, Л.І. Ворона, Л.Д. Романчук, В.В. Сторожук, О.І. Бондар, О.І. Дутов, Є.М. Данкевич та ін.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на значний обсяг теоретичних і методологічних досліджень, низка питань щодо вирощування сільськогосподарських культур на радіоактивно забруднених ґрунтах у віддалений період після аварії на ЧАЕС досі залишаються мало опрацьованими. Зокрема, недостатньо вивченими є особливості підвищення ефективності використання радіоактивно забруднених ґрунтів у аграрному секторі з урахуванням ринкових трансформацій щодо безпечного використання сировини, одержаної з вирощених на цих територіях технічних культур.

Метою дослідження є агроекологічне обґрунтування вирощування технічних культур у зоні радіоактивного забруднення.

Матеріали та методи. Теоретичну та методологічну основу досліджень склали фундаментальні монографічні праці, публікації, наукові доповіді вітчизняних та закордонних вчених, присвячені проблемам радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції та заходам зі зменшення надходження радіонуклідів.

У дослідженнях застосовували такі методи: польовий — вивчення особливостей олійних культур; лабораторні — оцінка якості продукції та дослідження фізико-хімічних показників ґрунту; статистичний — встановлення функціональних залежностей між чинниками і процесами.

Дослідження проводили в стаціонарних польових дослідках, розміщених поблизу с. Христинівки на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті з щільністю забруднення 925–1036 кБк/м².

Облаштування дослідної ділянки, польові роботи на дослідній ділянці, внесення добрив, обробіток ґрунту, сівбу, догляд за рослинами та дослідом, облік урожаю проводили за загальноприйнятими методиками.

Облікова площа кожної ділянки дослідів становить 10,15 м², повторність — чотириразова.

У досліді було використано два варіанти: 1 — без добрив (контроль); 2 — із внесенням добрив (N₃₀P₆₀K₉₀).

Активність ¹³⁷Cs визначали у повітряно-сухих зразках ґрунту та у продукції рослинництва на γ-β-спектрометрі СЕБГ-001 АҚПС.

Викладення основного матеріалу. На думку провідних екологів, радіоекологів та радіобіологів, аварія на Чорнобильській АЕС спричинила екологічно несприятливі умови життєдіяльності населення, яке зазнає хронічного опромінення іонізуючою радіацією [7, 8].

Особливу увагу потребують населені пункти, де дози внутрішнього опромінення населення впродовж усіх після аварійних років були значно вищими від очікуваних, розрахункових.

Території Полісся України, забруднені ⁹⁰Sr та ²⁴¹Am, ізотопами Рс, є істотно меншими, ніж площі земель, забруднені ¹³⁷Cs [9].

З роками фізико-хімічний стан радіонуклідів у складі радіоактивних речовин, до яких вони входять, змінюється. Так, ¹³⁷Cs, як і загалом цезій, має здатність зв'язуватися у ґрунті, включаючись у кристалічну решітку мінералів — «старіти», переходячи у важкорозчинний стан, і ставати менш доступним для рослин. Експериментальні дані свідчать, що накопичення ¹³⁷Cs рослинами з часом зменшується [10].

Досвід, накопичений більш як за п'ять років, свідчить, що в зоні обов'язкового відселення повне припинення господарської діяльності є недоцільним. Це не сприятиме відновленню і поверненню забруднених територій до доаварійного стану. Навіть навпаки — невтручання людини у ці процеси може призвести до вторинних негативних радіологічних та екологічних наслідків (пожежі, неконтрольоване поширення карантинних бур'янів і хвороб рослин), що

потребує прийняття невідкладних рішень з огляду, насамперед, на небезпеку для прилеглих сільських територій [11].

Дослідження проводили у Житомирському Поліссі, агрокліматичні умови якого є сприятливими для вирощування більшості сільськогосподарських культур помірного поясу.

Агрометеорологічні умови року дослідження були контрастними як за кількістю опадів, так і за температурним режимом. Температурний режим упродовж вегетаційного періоду був у межах норми, що в подальшому сприяло активному формуванню генеративних органів культур. Але розподіл кількості опадів упродовж вегетаційного періоду був нерівномірним. Так, якщо початок вегетаційного періоду характеризувався рівномірним розподілом опадів за декадами, то у другій та третій декадах липня та першій декаді серпня випала найбільша кількість опадів, натомість середина серпня відзначилась посушливістю, що спричинило призупинення розвитку рослин.

Оскільки стаціонарні дослідження були закладені на території, де не проводилися відповідні обстеження землі з 1986 р., перед закладанням дослідів був проведений агрохімічний аналіз ґрунтів та описаний ґрунтовий розріз (табл. 1).

Ґрунти Полісся характеризуються недостатнім забезпеченням елементами мінерального живлення, мають низький вміст доступного рослинам калію, підвищену кислотність, низький вміст гумусу та увібраних основ, що зумовлює накопичення радіонуклідів у сільськогосподарській продукції.

За результатами проведення лабораторних агрохімічних досліджень щодо встановлення основних агрохімічних характеристик ґрунтів виявлено такі показники:

1) *фізичні властивості ґрунту* (орний шар 0–20 см): питома маса — 2,62 г/см³; щільність (об'ємна маса) — 1,46 г/см³; найменша вологемність — 15,33%; повна вологемність — 27,65%; запаси вологи при найменшій вологемності — 23,42%; запаси доступної вологи — 20,47%; вміст фізичної глини — 12,21%;

2) *хімічні властивості*: вміст гумусу (0–10 см шар ґрунту) — 1,79%; рН сольове — 6,23; насиченість основами — 4,54%; гідролітична кислотність — 1,6; вміст рухомого алюмінію — 0,23 мг/100 г ґрунту; кальцію — 0,87; фосфору — 17,36; калію — 1,78 мг/100 г ґрунту.

За фізичними та хімічними властивостями ґрунт цілком відповідає найпоширенішим дерново-підзолистим ґрунтам у зоні Полісся [12].

Для радіологічної характеристики ґрунту було визначено розподіл питомої активності ¹³⁷Cs за профілем ґрунту (табл. 2).

Таблиця 1

Опис ґрунтового розрізу на території стаціонарних досліджень

Шар ґрунту, см	Коротка характеристика горизонтів / ґрунт
He/ор 0–30	Гумусово-елювіальний горизонт. Світло-сірий, пилювато-супіщаний, безструктурний, розпушений із вкрапленням аморфної присипки SiO ₂ , пронизаний корінням рослин, перехід до елювіального горизонту різкий, помітний за кольором
E/31–50 см	Елювіальний горизонт. Світло-бурий, супіщаний, безструктурний, розпушений, багато аморфної присипки SiO ₂ , перехід до наступного горизонту поступовий, помітний за кольором
I/51–65 см	Ілювіальний горизонт. Вологий, бурувато-коричневий, зв'язно-піщаний-легкосуглинковий, горіхувато-призматичний, щільний, збагачений глинистими частинками, перехід до наступного горизонту помітний за кольором
Irgl/65–90 см	Ілювіально-перехідний. Вологий червоно-бурий. У нижній частині з сизуватим відтінком, що свідчить про наявність оглеєння, піщано-суглинковий, щільний, перехід до породи помітний за кольором
P/від 91 см	Порода. Морена, волога, червоно-бурого кольору з сизуватим відтінком, безкарбонатна

Таблиця 2

Розподіл питомої активності ¹³⁷Cs за профілем ґрунту, Бк/кг

Шар ґрунту, см	Проби ґрунту				
	1 повторення	2 повторення	3 повторення	4 повторення	Середнє
0–10	4417,0	4425,0	4416,0	4422,0	4420,0±3,67
10–20	3914,0	3895,0	3890,0	3901,0	3900,0±8,97
20–30	1178,0	1173,0	1161,0	1166,0	1170,0±6,50
30–40	95,7	96,9	94,1	98,5	96,3±1,61
40–50	46,7	50,4	57,2	52,4	51,3±3,79
50–60	61,0	60,2	63,8	60,9	61,7±1,38
60–70	19,8	22,4	18,5	22,9	20,9±1,82
70–80	12,8	15,6	13,3	14,3	14,0±1,07
80–90	15,6	13,7	13,5	16,4	14,8±1,23
90–100	9,6	8,1	10,4	10,7	9,70±1,01

Так, найбільша питома активність ¹³⁷Cs спостерігається в шарі ґрунту 0–10 та 0–20 см — 45,3 та 40% питомої активності ¹³⁷Cs відповідно. У шарі ґрунту 20–30 см сконцентровано 12% від загальної питомої активності ¹³⁷Cs; 30–60 см — менше 1%; 60–100 см спостерігаються тільки сліди.

Отже, можна зробити висновок, що для вказаного типу ґрунту характерною є сорбційна здатність, яка характеризує слабку міграцію ¹³⁷Cs за профілем ґрунту. Найбільшим негативним чинником у цьому процесі є сконцентрованість радіонукліда у верхньому — орному шарі ґрунту, що робить його найдоступнішим для кореневої системи рослин.

Зауважимо, що за однакових умов накопичення радіонуклідів різними рослинами може відрізнятись в декілька разів. Визначним чинником у цьому є біологічні особливості рослин, а саме, видові та сортові особливості [13, 14]. Так, потреба рослини в калію зумовлює більше накопичення його антагоніста — ¹³⁷Cs. Крім того, надходження радіонуклідів у рослини залежить від розподілу кореневої системи в ґрунті, їх продуктивності, тривалості вегетаційного періоду тощо. Для високої врожайності культур слід використовувати насіння висок врожайних районованих сортів [15, 16].

Від норм і способів посіву різних сортів також значною мірою залежать як урожайність

(табл. 3) і якість насіння, так і час збирання і своєчасність переробки продукції з мінімальними затратами.

У системі заходів, спрямованих на підвищення врожайності культур і покращення якості продукції, провідна роль належить добривам. Для сільськогосподарських культур важливо не тільки забезпечити їх поживними елементами, але і дати їх у необхідному співвідношенні. За правильного співвідношення у добривах азоту, фосфору і калію можна досягти високих показників рівня якості врожаю.

Економічно-енергетична ефективність добрив розраховується на основі технологічних карт, розроблених для наступного порівняння за основними енергетичними й економічними показниками.

За результатами досліджень (табл. 3), щонайвищу врожайність зеленої маси забезпечує амарант сорту Грозинський, проте більшу кількість насіння дає сорт Кармен.

Продуктивність сої сорту Сіверська на 7,4% вища від сорту Американка і на 12,7% від сої сорту Ворскла.

Сорт конопель ЮСО-31 продемонстрував вищі показники порівняно із сортом ЮСО-11 — 0,16 т волокна та на 0,01 т костриці.

Стосовно ефективності внесення добрив, ці культури можна зобразити у вигляді ранжованого ряду у порядку збільшення врожайності: *коноплі* сортів ЮСО-31 (волокно) < ЮСО-31 (костриця) < ЮСО-11 (волокно) < ЮСО-11 (костриця) < *амарант* сортів Грозинський (зелена маса) < Кремівий (насіння) < Кремівий (зелена

маса) < Кармен (насіння) < соя сорту Ворскла (зерно) < амарант сорту Грозинський (насіння) < соя сорту Сіверська (зерно) < амарант сорту Кармен (зелена маса) < соя сорту Американка (зерно).

Кількісні характеристики накопичення ^{137}Cs сільськогосподарськими культурами значно залежать від комплексу агротехнічних заходів зі зниження міграції радіонуклідів у системі «грунт — рослина». Серед цих заходів найбільшого поширення набули такі: внесення підвищених доз калійних добрив, вапнування кислих ґрунтів, підбір культур, які відрізняються невисокою здатністю накопичувати радіонукліди у товарній частині тощо [7, 17].

Роль мінеральних добрив у формуванні врожаю і якості продукції сільськогосподарських культур не змінюється і в умовах радіоактивного забруднення ґрунту. Поряд із тим застосування добрив може істотно впливати на акумуляцію радіонуклідів у культурах [7].

У природних умовах накопичення радіонуклідів врожаєм однієї і тієї самої культури може відрізнитися вдвічі і більше (табл. 4).

Отже, організація ведення рослинництва на забрудненій території з урахуванням щільності забруднення кожного поля, радіонуклідного складу випадань, агрохімічних властивостей ґрунту, біологічних особливостей рослин, науково обґрунтованого застосування добрив надає змогу значно знизити рівень забруднення продукції.

Найнижчі показники питомої активності ^{137}Cs зафіксовано у волокні конопель сорту

Таблиця 3

Врожайність сільськогосподарських культур, вирощених в умовах стаціонарного досліду, т/га

Культура	Без добрив	$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$
Коноплі сорту ЮСО-11 (волокно)	1,42±0,02	1,48±0,02
Коноплі сорту ЮСО-11 (костриця)	1,37±0,02	1,45±0,02
Коноплі сорту ЮСО-31 (волокно)	1,58±0,03	1,63±0,03
Коноплі сорту ЮСО-31 (костриця)	1,38±0,02	1,43±0,02
Соя сорту Американка (зерно)	1,75±0,03	1,96±0,04
Соя сорту Ворскла (зерно)	1,65±0,03	1,81±0,03
Соя сорту Сіверська (зерно)	1,89±0,03	2,09±0,04
Амарант сорту Грозинський (зелена маса)	170,6±3,41	181,7±3,62
Амарант сорту Грозинський (насіння)	1,22±0,02	1,34±0,02
Амарант сорту Кармен (зелена маса)	120,1±2,40	131,1±2,62
Амарант сорту Кармен (насіння)	1,58±0,03	1,72±0,03
Амарант сорту Кремівий (зелена маса)	140,2±2,8	155,2±3,10
Амарант сорту Кремівий (насіння)	1,37±0,02	1,50±0,03

Питома активність ^{137}Cs у сільськогосподарських культурах, Бк/кг

Культура	Без добрив	$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$
Коноплі сорту ЮСО-11 (волокно)	155±2,1	144±2,1
Коноплі сорту ЮСО-11 (костриця)	228±3,3	206±2,9
Коноплі сорту ЮСО-31 (волокно)	107±1,5	102±1,5
Коноплі сорту ЮСО-31 (костриця)	222±3,1	197±2,8
Соя сорту Американка (зерно)	552±8,6	501±7,0
Соя сорту Ворскла (зерно)	586±8,2	527±7,5
Соя сорту Сіверська (зерно)	475±7,1	434±7,0
Амарант сорту Грозинський (зелена маса)	4300±59,4	3720±56,8
Амарант сорту Грозинський (насіння)	4178±64,9	2865±42,8
Амарант сорту Кармен (зелена маса)	2600±37,4	2267±36,7
Амарант сорту Кармен (насіння)	2489±33,2	1731±27,0
Амарант сорту Кремовий (зелена маса)	1220±20,2	1081±16,4
Амарант сорту Кремовий (насіння)	1170±13,7	831±11,8

ЮСО-31, а найвищі — у зеленій масі амаранту сорту Грозинський.

Величина коефіцієнта переходу варіює у межах 4,38–0,11 за таким ранжируванням рядом у порядку зниження: амарант сортів Грозинський (зелена маса) > Грозинський (насіння) > Кармен (зелена маса) > Кармен (насіння) > амарант Кремовий (зелена маса) > Кремовий (насіння) > соя сортів Ворскла (зерно) > Американка (зерно) > Сіверська (зерно) > коноплі сортів ЮСО-11 (костриця) > ЮСО-31 (костриця) > ЮСО-11 (волокно) > ЮСО-31 (волокно).

Усі перелічені культури, окрім амаранту, з урахуванням допустимих рівнів умісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у тваринницькій та рослинницькій сировині щодо отримання продукції гарантованої якості 600 Бк/кг, є сприятливими для вирощування в умовах радіоактивного забруднення території. Зауважимо, що амарант є непридатним для годівлі тварин, проте його продукцію можна використовувати на сидерат та сировину для виробництва олії і біотоплива. Крім того, завдяки найвищому накопиченню амарантом радіонуклідів, культура пришвидшує очищення ґрунту для його повномасштабного використання.

Отже, з волокна конопель можна виготовляти тканини, брезент, парусину, мішковину, пожежні рукави, канати, шпагат, шнури, цінний папір; з відходів первинної переробки конопель (костриці) можна виготовити пластмасу, будівельні термоізоляційні та меблеві плити, фанеру, брикети для палива, целюлозу;

за новими технологіями із волокна та костриці рослини — оздоблювальні матеріали для офісів («під дерево»), мармур. Сировина конопель є придатною для виготовлення певних вузлів у авто- і літакобудуванні.

Серед основних продуктів переробки сої найперспективнішим є соєва олія, що широко застосовується як у харчових, так і технічних цілях, а також макуха й шрот — як високобілкові добавки до концентрованих кормів і як сировина для виготовлення високобілкових концентратів та ізолятів.

Оскільки амарант різних сортів найбільше накопичує ^{137}Cs , то його не слід вирощувати на ґрунтах з високою щільністю забруднення, радіонуклідом адже подальша його переробка може призвести до значних економічних затрат.

Висновки. Найефективнішим інноваційно-технологічним заходом під час виробництва сільськогосподарської продукції в умовах радіоактивного забруднення є комплексне локальне обстеження агроландшафтів, що використовуються населенням, з подальшим радіоекологічним районуванням території та розробкою науково обґрунтованих заходів для успішного розвитку аграрного виробництва й безпечного комплексного використання цих агроландшафтів.

Результати проведених досліджень на радіоактивно забруднених землях Житомирського Полісся свідчать, що внаслідок внесення мінеральних добрив підвищується врожайність культур і зменшується питома активність

^{137}Cs у досліджуваних сільськогосподарських культурах.

Сировину конопель та сої, вирощених на ґрунтах з високою щільністю радіоактивного забруднення, можна в подальшому викорис-

товувати для технічних цілей, за винятком зеленої маси та насіння амаранту. Його вирощування на радіоактивно забруднених землях є не доцільним з екологічного та економічного погляду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Концепція ведення агропромислового виробництва на забруднених територіях та їх комплексної реабілітації на період 2000–2010 роки / за ред. Б. С. Пристера. Київ: Світ, 2000. 46 с.
2. Довідник для радіологічних служб Мінсільгосппроду України. Київ: УкрНДІСГР, 1997. 176 с.
3. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
4. Селекція, технологія виробництва та первинної переробки льону і конопель: збірник наукових праць / за ред. П. А. Голобородько. Глухів: Інститут луб'яних культур УААН, 2000. 192 с.
5. Феценко В.П., Сорока Ю.В., Мисловська О.І. Радіологічний моніторинг кормових угідь радіаційно забруднених районів Житомирської області: Збірник Інституту агроекології і біотехнології. Київ, 1998. С. 34–36.
6. Надрага М. Олійні культури. Колосок. 2013. № 8. С. 16–21.
7. Бірта Г.О., Бургу Ю.Г. Основи рослинництва і тваринництва: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2014. 304 с.
8. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді : державні гігієнічні нормативи. Київ: МОЗ України, 2006. 10 с.
9. Основи радіоекології: навч. посіб. / Ю.А. Кутлахмедов та ін. Київ: Вища школа, 2003. 319 с.
10. Бакунов Н.А. К вопросу о снижении накопления Cs в растениях при обогащении почв природными сорбентами. Агрехимия. 1989. № 6. С. 90–96.
11. Двадцять років Чорнобильської катастрофи: погляд у майбутнє: Національна доповідь України. Київ: Arira, 2006. 224 с.
12. Teteruk O., Teteruk O., Landin V., Feshchenko V. Opportunities and perspectives of agricultural development in radiation-polluted territories. Збалансоване природокористування. 2018. № 2. С. 130–133.
13. Ландін В.П. Радіаційно-екологічні проблеми відновлення сільськогосподарського виробництва в Українському Поліссі. Агроекологічний журнал. Київ, 2016. № 1. С. 88–94.
14. Дмитрів О.П. Рекомендації з використання земель за результатами прогнозування розвитку території зони спостереження Рівненської АЕС. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки. Рівне, 2013. № 3. С. 316–323.
15. Гудков І.М., Лазарев М.М. Особливості ведення сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях Лісостепу. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Лісостепу України. Київ: ТОВ «Алефа», 2003. С. 747–775.
16. Лихтарев И.А., Ковган Л.Н. Общая структура Чернобыльского источника и дозы облучения населения Украины. Международный журнал радиационной медицины. 1999. Т. 1, № 1. С. 29–38.
17. Проблемы прогнозирования поведения радионуклидов в системе почва — растение / под ред. Р.Г. Ильязова. Казань: АН РТ, 2006. С. 78–125.

Інформація про авторів

Тетерук Олена Олегівна — аспірантка, Інститут агроекології і природокористування НААН (Україна, 03143, м. Київ, вул. Метрологічна, 12; e-mail: beatybaby@bigmir.net).

Ковальов Віталій Борисович — доктор сільськогосподарських наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, Житомирський національний агроекологічний університет (Україна, 10008, м. Житомир, Старий бульвар, 7; e-mail: Kovalev_zt@ukr.net)

Ландін Володимир Петрович — доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України (Україна, 03143, м. Київ, вул. Метрологічна, 12; e-mail: Vlad_land@ukr.net).

Феценко Володимир Петрович — кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Житомирський національний агроекологічний університет (Україна, 10008, м. Житомир, Старий бульвар, 7; e-mail: ekostartvp@gmail.com).

O.O. Teteruk
Post-Graduate Student
Institute of Agroecology and Nature Management of NAAS
(Ukraine, Kyiv city; e-mail: beatybaby@bigmir.net)

V.B. Kovalov
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
National Agrarian and Ecological University of Zhytomyr city
(Ukraine, Zhytomyr city; e-mail: Kovalev_zt@ukr.net)

V.P. Landin
Doctor of Agricultural Sciences, Senior Fellow
Institute of Agroecology and Nature Management of NAAS
(Ukraine, Kyiv city; e-mail: vlad_land@ukr.net)

V.P. Feshchenko
Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor
National Agrarian and Ecological University of Zhytomyr city
(Ukraine, Zhytomyr city; e-mail: ekostartvp@gmail.com)

PERSPECTIVES OF GROWING HEMP, SOY AND AMARANTH ON RADIOACTIVELY CONTAMINATED TERRITORIES

The ecological situation resulting from the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant has put the teams of research institutions in front of the objective need to expand the areas of scientific research. Among the priorities are the long-term prediction of the content of radionuclides in the soil-plant-animal-agricultural products chain and the redistribution of radionuclides in different types of soils and landscapes for long-term operational forecast assessment of processes and support for management decisions, as well as the development of technologies for the rehabilitation of radioactive contaminated agricultural land and recommendations on the production of the resulting products, the content of radionuclides in which would be in line with the current norms. Methods of research: stationary field, laboratory, methods of mathematical statistics, cartographic. The research was carried out near Khrystynivka village (Zhytomyr region) on a subpodzolic sandy soils with a high density of radioactive contamination.

The results of the research are presented on the example of hemp, soybean and amaranth. The investigated cultures showed a high percentage of yield (from the potentially possible). On the territory of conducting radiological monitoring of contamination of the territory ^{137}Cs has a slight variegated, but high density of pollution. As a result of radiological studies, the highest level of specific activity of ^{137}Cs was recorded in the green mass of the amaranth, and the lowest in the hemp fiber. The use of fertilizers in the dose $\text{N}_{30}\text{R}_{60}\text{K}_{90}$ showed a decrease in the level of accumulation of radionuclides to their level in crops. The obtained results of the specific activity of ^{137}Cs in raw material obtained from such crops, such as soybeans and hemp, allow it to be used for technical purposes, since, in accordance with established norms of specific activity of ^{137}Cs , indicators below 600 Bq/kg. The article deals with the actual scientific task, which is to determine the types of plants that are promising for cultivation in conditions of radioactive contamination of the territory. The practical significance of scientific results bases in the possibility of applying the scientific provisions and conclusions of research into the practical activity of agricultural enterprises, farms on the restoration of radioactive contaminated lands and the possibility of growing such plants in these territories which are absolutely safe in agricultural production.

Keywords: radioactively polluted soils, hemp, soya, amaranth, yield.

REFERENCES

1. Prister, B.S. Ed. (2000). *Kontseptsia vedennya agropromysloвого vyrobnytstva na zabrudnennyh terytoriah ta ih kompleksnoi reabilitatsii na period 2000–2010 r.* [Concept of conducting agricultural production in contaminated territories and their complex rehabilitation for the period of 2000–2010]. Kyiv: World, 2000. 46. (in Ukr.).
2. *Dovidnyk dlya radiolohichnyh sluzhb Minsil'hosprodu Ukrayiny* [Reference book for radiological services of the Ministry of Agriculture and Food of Ukraine] (1997). Kyiv: UkrNDISGR. 176. (in Ukr.).
3. Zinchenko, O.I., Salatenko, V.N., Bilonozhko, M.A. (2001). *Roslynnnytstvo* [Crop production]. Kyiv: Agrarian Education. 591. (in Ukr.).
4. Ed. Holoborod'ko, P.A. (2000). *Selektsiya, tehnologiya vyrobnytstva ta pervynnoi pererobky l'onu i konopel'* [Selection, technology of production and primary processing of flax and hemp]. Glukhiv: Institute of Bun cultures of the UAAS. 192. (in Ukr.).

5. Feshchenko, V.P., Soroka, Y.V., Myslovs'ka, O.I. (1998). Radiolohichny monitoryng kormovyh uhid' radiatsiyno zabrudnenykh rayoniv Zhytomyrs'koi oblasti [Radiological monitoring of forage grounds of radiation-polluted areas of Zhytomyr region]. *Zbirnik Institutu agroekologii i biotekhnologii* [Zbirnik Institutu agroekologii i biotekhnologii]. 34–36. (in Ukr.)
6. Nadraha, M. (2013). Oliyni kul'tury [Oil crops]. *Kolosok [Ear]*. 8, 16–21. (in Ukr.)
7. Birta, H.O., Burhu, Y.H. (2014). *Osnovy roslynnytstva i tvarynnytstva [Fundamentals of Plant Production and Livestoc]*. Kyiv: Center for Educational Literature. 304. (in Ukr.)
8. *Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv ¹³⁷Cs ta ⁹⁰Sr u produktah harchuvannya ta pytniy vodi [Permissible levels of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr radionuclide content in food and drinking water: national hygiene standards]* (2006). Kyiv: Ministry of Health of Ukraine. 10. (in Ukr.)
9. Kutlakhmedov, Y.A. (Ed.) (2003). *Osnovy radioekolohiyi [Fundamentals of radioecology]*. Kyiv: Higher school. 319. (in Ukr.)
10. Bakunov, N.A. (1989). K voprosu o snyzhenyi nakoplenyy Cs v rastenyah pry obohashchenyy pochv pryrodnymy sorbentamy [On the issue of reducing the accumulation of Cs in plants when enriching soils with natural sorbents]. *Ahrokhymyia [Agrochemicals]*, 6, 90–96. (in Russ.)
11. *Dvadsyat' rokiv Chornobyl's'koyi katastrofy: pohlyad u maybutnye [Twenty Years after the Chernobyl Disaster: A View to the Future: National Report of Ukraine]*. (2006). Kyiv: Arira. 224. (in Ukr.)
12. Teteruk, O., Teteruk, O., Landin, V., Feshchenko, V. (2018). Opportunities and perspectives of agricultural development in radiation-polluted territories. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya [Balanced natural resources]*, 2, 130–133.
13. Landin, V.P. (2016). Radiatsiyno-ekolohichni problemy vidnovlennya sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva v Ukrayins'komu Polissi [Radiation and ecological problems of agricultural production restoration in the Ukrainian Polissya]. *Aghroekologichnyy zhurnal [Agroecological Journal]*, 1, 88–94. (in Ukr.)
14. Dmytriv, O.P. (2013). Rekomendatsii z vykorystannya zemel' za rezul'tatamy prohozhnoyi otsinky rozvytku terytoriyi zony sposterezhennya Rivnens'koyi AES [Recommendations on the use of land based on the results of the forecast assessment of the development of the territory of the monitoring area of the Rivne NPP]. *Visnik Nacional'nogo universitetu vodnogo gospodarstva ta prirodokorystuvannya. Seriya: tehnicni nauki. [Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management. Series: Technical sciences]*, 3, 316–323. (in Ukr.)
15. Hudkov, I.M. & Lazaryev, M.M. (2003). *Osoblyvosti vedennya sil's'koho gospodarstva na zabrudnenykh radionuklidamy terytoriyah Lisostepu [Peculiarities of agricultural management on contaminated radionuclides in the territories of the forest-steppe]*. Kyiv: Alefa Ltd. 747–775. (in Ukr.)
16. Lykhtarev, Y.A. & Kovhan, L.N. (1999). Obschchaya struktura Chernobyl's'koho ystochnyka y dozy ob-lucheniya naseleniya Ukrainy [The general structure of the Chernobyl source and radiation dose of the population of Ukraine]. *Mezhdunarodnyy zhurnal radyatsyonnoy medytsyny [International Journal of Radiation Medicine]*, 1, 1, 29–38. (in Russ.)
17. Yl'yazova, R.H. (Ed.) (2006). *Problemy prohozhovanyya povedeniya radyonuklydov v systeme pochva — rastenye [Problems of prediction of behavior of radionuclides in the soil system-plant]*. Kazan: Academy of Sciences of Tajikistan. 78–125. (in Russ.)

Authors

Teteruk olena Olehivna — Post-Graduate Student, Institute of Agrarian Ecology and Nature Use of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine, 03143, Kyiv, 12 Metrologichna St.; e-mail: beatybaby@bigmir.net).

Kovalov Vitaliy Borysovykh — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, National Agrarian and Ecological University of Zhytomyr city (Ukraine, 10008, Zhytomyr, 7, Staryy bulvar St.; e-mail: Kovalev_zt@ukr.net).

Landin Volodymyr Petrovych — Doctor of Agricultural Sciences, Senior Fellow, Institute of Agrarian Ecology and Nature Use of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine, 03143, Kyiv, 12 Metrologichna St.; e-mail: vlad_land@ukr.net).

Feshchenko Volodymyr Petrovych — Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor, National Agrarian and Ecological University of Zhytomyr city (Ukraine, 10008, Zhytomyr, 7, Staryy bul'var St.; e-mail: ekostartvp@gmail.com).