



Екологія

УДК 631.502.4:577.34

О.І. Дутов,
кандидат сільсько-
господарських наук

Міністерство аграрної
політики та продовольства
України

В.П. Феценко,
кандидат сільсько-
господарських наук

Інститут сільського
господарства Полісся
НААН

МОНІТОРИНГ ТА АСПЕКТИ МІНІМАЛІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІСТИКИ РАДІОНУКЛІДІВ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ

Наведено багатокритеріальну ефективність використання контрзаходів на радіоактивно забруднених агроєкосистемах. Узагальнено і проаналізовано основні наукові проблеми, що виникли у процесі їх вирішення на принципах сталого розвитку та запропоновано підходи науково обґрунтованого підвищення ефективності контрзаходів та необхідності моніторингу.

Ключові слова: дерново-підзолистий ґрунт, торфово-болотний ґрунт, ^{137}Cs , коефіцієнт накопичення.

Постановка проблеми. Одним з найактуальніших питань, що постало перед людством є питання екології, зокрема, радіаційної безпеки людини. Україна на відміну від розвинених країн світу залишається державою з найвищими показниками антропогенних навантажень на природне середовище. Радіаційний моніторинг довкілля у сфері агропромислового комплексу відіграє важливу роль при оцінці впливу радіаційних факторів на людину. Він є основним джерелом одержання регулярної і системно-організаційної інформації про просторовий розподіл радіоактивних, у тому числі техногенних елементів або їх ізотопів і закономірності їх мобілізації, транзиту, локалізації та фіксації. Велике значення при цьому має аналіз міграції радіонуклідів по трофічних ланках, бо через споживання продуктів харчування, які містять радіоактивні речовини, в більшості ситуацій пов'язане основне опромінення населення, що проживає на Поліссі України. Останнє є сьогодні особливо актуальним у зв'язку зі змінами поглядів багатьох вчених-радіобіологів на важливість "малих доз" опромінення. Враховуючи дії малих рівнів опромінення людини, з численними підтвердженнями їх шкідливого впливу на біологічні процеси, які відбуваються в організмі, нагальною потребою

є пошук дієвих заходів, що сприяли б зниженню надходження радіонуклідів до людини.

Внаслідок катастрофи забруднено 9 млн га територій дванадцяти областей України, в тому числі 3,5 млн га сільськогосподарських угідь і майже 2 млн га ріллі, що призвело до вилучення із господарського користування 180 тис. га сільськогосподарських угідь та 157 тис. га лісів, обмеження можливостей агропромислового виробництва і лісгосподарського користування [1].

Загальна чисельність населення України, яке постраждало, враховуючи ліквідаторів, перевищує 3,5 млн осіб, серед яких близько 1,5 млн дітей. У 1986–2011 рр. із 112 населених пунктів зони відчуження та обов'язкового відселення переселено понад 150 тис. осіб [2].

Застосування на дерново-підзолистих ґрунтах комплексу заходів (внесення органо-мінеральних добрив, вапнування, внесення меліорантів) покращує властивості і режими ґрунту, збільшує родючість ґрунту та зменшує міграцію радіонуклідів. Зумовлено це тим, що саме особливості ґрунту є одним з основних факторів, які впливають на рівень забруднення сільськогосподарської продукції [3].

Однак організація радіаційного моніторингу і контролю сьогодні вкрай низька через

недостатнє фінансування служб радіологічного контролю Мінагрополітики. Це підвищує ризик споживання населенням радіоактивно забрудненої продукції.

Об'єкти і методика досліджень. Моніторингові дослідження проводили на базі Інституту сільського господарства Полісся НААН спільно із Міністерством аграрної політики та продовольства України. Об'єктом досліджень були дерново-підзолисті та торфово-болотні ґрунти, на яких досліджували залежність переходу радіонуклідів в системі ґрунт-рослина від способів обробки ґрунту, внесення мінеральних добрив та їх співвідношень, застосування біостимуляторів, меліорантів та досліджено вертикальну міграцію ^{137}Cs по профілю ґрунтів. Польові та лабораторні дослідження проводили за загальноприйнятими методиками.

Дослідження проводили також на території господарств області в II–IV зонах радіоактивного забруднення на дерново-підзолистих і торфово-болотних ґрунтах. Об'єктом досліджень є багаторічні природні та багато- і однорічні культурні ценози, які відрізняються ботанічними і біологічними особливостями та ступенем радіаційного забруднення.

У роботі використані дані (1991–2011 рр.) по радіологічному моніторингу лукопасовищного кормовиробництва господарств північних районів Житомирської області.

Питома активність ^{137}Cs в зразках визначалась за загальноприйнятою методикою в лабораторії Відродження земель радіаційної зони та лабораторії агрохімії, які сертифіковані згідно ДСТУ. Територія, на якій проводили дослідження, знаходиться під впливом помірно континентального, помірно м'якого клімату.

Результати досліджень. За даними служб радіологічного контролю найбільша частка перевищення допустимих рівнів питомої активності за ^{137}Cs загалом по Україні припадає на лісову продукцію (53%), однак сільськогосподарська продукція також займає значне місце (47%) у формуванні внутрішнього опромінення населення (рис. 1).

На процес накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими культурами впливає комплекс таких факторів: кліматичні умови, властивості ґрунтів, фізико-хімічні властивості радіонуклідів, біологічні особливості рослин та ін. Роль основних фізико-хімічних факторів і агрохімічних показників ґрунту, що визначають швидкість переходу радіонуклідів у системі “ґрунт–рослина”, на даний

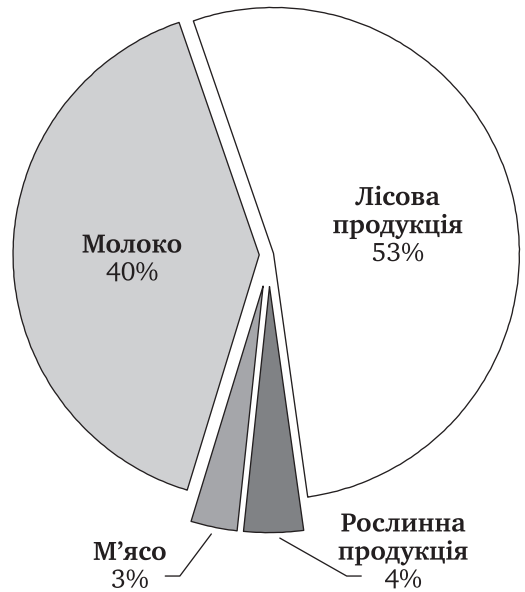


Рис. 1. Структура сільськогосподарської продукції, що перевищує допустимі рівні питомої активності радіонуклідів у продуктах харчування (ДР-2006)

час вивчено досить повно, хоча в кількісному відношенні вплив окремих властивостей на міграцію по профілю різних типів ґрунтів недостатній (рис. 2).

У будь-яких умовах при радіонуклідному забрудненні об'єктів довкілля, в тому числі сільськогосподарських культур, важливим є розробка спеціальних контрзаходів для захисту населення і навколишнього середовища. Агропромислове виробництво має достатньо широкі можливості зміни інтенсивності надходження радіонуклідів у харчові ланцюги шляхом перепрофілювання виробництва, застосування комплексу засобів зі зменшення накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими культурами, зміни технологій виробництва культур.

До відомих засобів, що дають можливість знизити надходження радіонуклідів із ґрунту, відносяться агрохімічні прийоми, такі як внесення мінеральних та органічних добрив, меліорантів, сорбентів, обробка рослин біологічно активними речовинами, а також через підбір видів і сортів сільськогосподарських рослин, яким характерні мінімальні коефіцієнти переходу радіонуклідів з ґрунту.

Засвоєння радіонуклідів рослинами з ґрунту залежить від комплексу чинників, серед яких можна виділити чотири основних: фізико-хімічні та механічні властивості ґрунту,

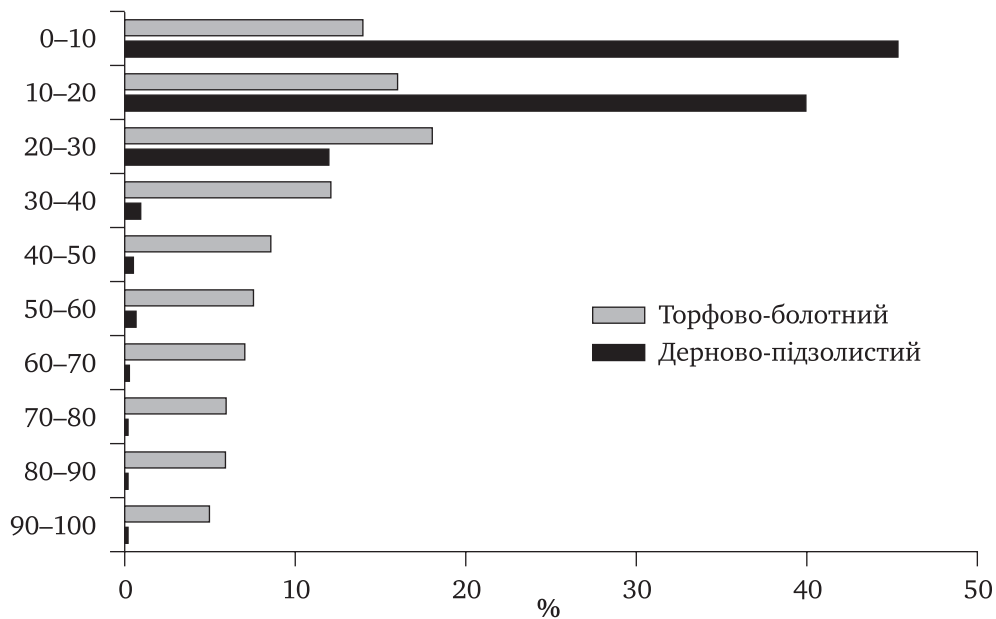


Рис. 2. Структура розподілу питомої активності ^{137}Cs по профілю дерново-підзолистого та торфво-болотного ґрунту (2011 р.)

біологічні особливості рослин, фізико-хімічні особливості радіонуклідів і особливості агротехніки вирощування культур. У цілому спрямованість дії ґрунтових властивостей на біологічну рухливість радіонуклідів можна описати таким чином: доступність рослинам радіонуклідів підвищується зі зменшенням вмісту в ґрунті фізичної глини, мулу, органічної речовини, обмінних катіонів, місткості поглинання. Неоднозначно впливають на доступність засвоєння рослинами радіонуклідів такі особливості ґрунту, як рН і вміст карбонатів.

Накопичення радіонуклідів кореневим шляхом, разом з іншими чинниками, визначається біологічними особливостями рослин. Перехід радіонуклідів у рослини залежить як

1. Коефіцієнт переходу ^{137}Cs з дерново-підзолистого ґрунту в різні види багаторічних трав, Бк/кг / кБк/м²

Культура	Коефіцієнт переходу
Тимофіївка, зелена маса	0,05
Костриця лучна, зелена маса	0,05
Грядниця збірна, зелена маса	0,20
Конюшина лучна, зелена маса	0,50
Люцерна синьогібридна, зелена маса	0,50
Буркун, зелена маса	1,20

від видових, так і від сортових особливостей. За однакових ґрунтово-кліматичних умов окремі види сільськогосподарських рослин можуть розрізнятися за питомою активністю ^{137}Cs у врожаї в 8–30 разів. Як правило, рослини, що містять більше кальцію, накопичують ^{90}Sr у підвищених кількостях, ті, що більше поглинають калій, — накопичують більше ^{137}Cs . На надходження радіонуклідів впливають: характер розподілу в ґрунті кореневої системи, продуктивність, протяжність вегетаційного періоду та інші біологічні особливості рослин.

Саме взаємодія між ґрунтом і рослиною визначає ефективний, доступний для поглинання розмір рухомої фракції радіонуклідів і впливає таким чином на коефіцієнт переходу радіонуклідів в систему ґрунт–рослина. Внаслідок багаторічних досліджень рослин на радіоактивно забруднених ґрунтах було визначено, що на одній і тій самій ділянці коефіцієнт переходу ^{137}Cs в різних видах рослин може коливатися від 0,05 до 1,2 (табл. 1). Таким чином, саме вид рослини є відповідальним за співвідношення різних за рухомістю та біологічною доступністю фракцій ^{137}Cs та зміну коефіцієнта переходу радіонуклідів в рослину.

Важливим заходом зменшення надходження радіонуклідів в продукцію тваринництва

є добір кормових рослин з найменшим коефіцієнтом переходу. Для рекомендації щодо впровадження культур у сільськогосподарське виробництво було досліджено коефіцієнти переходу ^{137}Cs в інтродуковані та культури, що традиційно використовуються в якості кормів.

Для зниження питомої активності ^{137}Cs у врожаї сільськогосподарських культур з високими коефіцієнтами переходу слід підбирати менш забруднені радіонуклідами ґрунти, що характеризуються найвищою родючістю з високим умістом доступного рослинам калію. Під ці культури також потрібно вносити підвищені дози калійних добрив (до 120–180 кг/га) та 3–5 т/га вапна. Щоб не було перевищень допустимого рівня ^{137}Cs в продукції на найменш забруднених дерново-підзолистих ґрунтах, до 165 кБк/м², слід розмішувати конюшину та ріпак, до 370 кБк/м² — злакові сіяні трави, буряк, інші коренеплоди та турнепс, до 550 кБк/м² — овес, до 740 — кукурудзу на силос, картоплю і ячмінь. Меншою величиною накопичення ^{137}Cs характеризуються ранні злакові сумішки. Зміна обмінних процесів у рослинах протягом вегетаційного періоду залежить від щільності забруднення, фази розвитку, сорту або гібриду та умов вирощування.

Вапнування кислих ґрунтів — це один з ефективних заходів зниження коефіцієнта переходу ^{137}Cs у рослинну продукцію й одночасно поліпшення кислотно-лужної рівноваги в ґрунтовому розчині. Крім цього, цей агро меліоративний прийом пом'якшує негативний вплив фізіологічно кислих добрив, значно підвищує родючість кислих ґрунтів. На ґрунтах з підвищеною кислотністю це є найефективнішим прийомом, що знижує накопичення радіонуклідів у врожаї. При внесенні вапна питома активність ^{137}Cs в рослині, залежно від культури, зменшується в 2–20 разів, оскільки його рухливість у ґрунті зменшується при нейтральній і слаболужній реакції ґрунтового розчину.

Одним із дієвих заходів підвищення продуктивності агроєкосистем, у тому числі і на забруднених радіонуклідами територіях, а отже, і ефективності управління їх продукційним процесом, є внесення мінеральних добрив. Зменшення концентрації радіонуклідів у врожаї при внесенні в ґрунт добрив може бути зумовлено кількома причинами: збільшенням біомаси і тим самим “розбавленням” питомої активності радіонуклідів; підвищенням концентрації в ґрунті кальцію

і калію в результаті внесення добрив; переходом частини радіонуклідів у важкорозчинні сполуки. Істотну роль може відіграти антагонізм між іонами радіонуклідів та іонами мінеральних солей, що вносяться. Радіоекологічна ефективність внесених мінеральних добрив залежить від ґрунтового-кліматичних умов, мінерального складу забрудненого радіонуклідами ґрунту, а також від вирощуваної у сівозміні культури. Ефективним є використання добрив для зменшення переходу радіонуклідів у рослини на ґрунтах з низькою природною родючістю.

На низькородючих дерново-підзолистих ґрунтах ефективним засобом зниження рівнів радіоактивного забруднення врожаю є калійні добрива: максимальна практично значима ефективність калійних добрив досягається при дозах 60–120 кг/га. Отримані результати дослідів показали також, що позитивна дія фосфорних добрив на не вапнованому фоні проявлялася лише при підвищеному та високому, а на провапнованому — тільки при високому забезпеченні ґрунту. Азотні добрива можуть бути не лише вирішальним фактором у підвищенні врожаю, а й сприяти підвищенню питомої активності ^{137}Cs у рослинах при недостатньому забезпеченні рослин фосфором та калієм. Для зниження забруднення врожаю треба, щоб у складі повного добрива доза калію була в 2–3 рази вища, ніж азоту.

Додаткове внесення у ґрунт різних меліорантів, у тому числі цеолітів, сприяло подальшому зниженню рівнів забруднення врожаю. Коефіцієнт накопичення ^{137}Cs з торфово-болотного ґрунту у зеленій масі кукурудзи ^{137}Cs був значно вищий на контролі (1,23), ніж на варіантах, де вносились сапоніти, що свідчить про їх довготривалу дію та ефект довготривалого окультурення ґрунту.

Найвищий коефіцієнт накопичення відмічено при внесенні глини, на контролі із варіантом, де досліджувався люпин, він становив 1,36, що на 22 % вищий, ніж на варіантах з коноплею, та на 13 % з гірчицею. В середньому при внесенні глини коефіцієнт накопичення серед меліорантів був найвищий: по коноплі при застосуванні цеоліту на 40 % та на 18 % при застосуванні сапоніту; по гірчиці — на 24 % та 5 % відповідно. По люпину різниця між меліорантами відносно глини становила: при внесенні цеоліту — на 23 % та на 4 % при застосуванні сапоніту.

Однак однакові дози добрив по-різному впливають на накопичення ^{137}Cs у врожаї різних культур, тому підбір оптимальних доз

добрів під різні культури в конкретних умовах є важливим практичним завданням і є, при цьому, досить трудомістким процесом.

Для прикладу порівнюємо ефективність та тривалість дії деяких конгрзаходів на дерново-підзолистих ґрунтах. Зазначимо, що в цьому випадку ми вводимо поняття “коефіцієнт пропорційності”, де за “одиницю” прийнято забруднення продукції з угідь, що не зазнавали ніяких конгрзаходів, крім того, нами не враховувався “ефект розбавлення”, тобто цей фактор вичленений. Як видно з рис. 3 мінімальний коефіцієнт пропорційності при внесенні мінеральних добрив знаходиться в межах 0,75, при цьому найбільша ефективність досягається в першому польовому сезоні після даного заходу, який до цього ж відзначається нетривалістю дії (фактично до 3-х років). При вапнуванні коефіцієнт знижується до 0,7, досягаючи мінімуму на другий рік після внесення, тривалість дії — до 6 років. Найбільш ефективним є комплексна (корінна) меліорація як за ефективністю радіопротекторної дії (на протязі перших п’яти років коефіцієнт не перевищує 0,8), так і за її терміном (до 8 років). Однак матеріальні витрати на проведення цих заходів відрізняються в кілька разів і при цьому найбільш ефективний захід є одночасно і найбільш витратним.

Отже, в наш час актуальним є питання зниження затрат та проведення конгрзаходів, спрямованих на покращення радіаційних характеристик продукції сільського господарства. Це питання є наріжним каменем у побудові всього комплексу перерахованих вище заходів, оскільки, враховуючи нинішню економічну ситуацію, більшість господарств просто не має можливості їх запроваджувати. Про це свідчить недостатність та недос-

коналість прийнятих конгрзаходів, які проводяться в більшості випадків некомплексно та безсистемно.

Останніми роками після відносної радіаційної стабілізації намітилося її погіршення та перевищення контрольних рівнів вмісту ^{137}Cs в тваринницькій і рослинницькій продукції, що фіксується в значній кількості зразків (11–34% в залежності від району та виду продукції).

Застосування конгрзаходів, спрямованих на блокування радіонуклідів (перезалуження, внесення сорбентів, добрив, вапнування та інше), дає істотні результати на торфово-болотних (зниження коефіцієнта переходу радіонуклідів у товарну продукцію в 3–10 разів) і бідних на поживні речовини дерново-підзолистих (до 3,5 разів) ґрунтах. Крім того, названі заходи уможливили зростання продуктивності угідь на 17–63% та поліпшення якості кормів. До речі, їх слід вживати регулярно, оскільки їхня дія, як правило, обмежується терміном 4–6 років, а найбільша ефективність від комплексного застосування у відповідних співвідношеннях для кожного конкретного випадку.

На жаль, через відомі причини економічного характеру більшість об’єднань землевласників не має змоги скористатися нашими порадами. Крім того, існуюча методика радіологічної паспортизації з 1991 р. не вдосконалювалась і не забезпечує адекватної оцінки радіаційної ситуації в специфічних умовах Полісся. Радіаційна ситуація на 2012 р. після порівняно відносної стабілізації дедалі загострюється. Перевищення контрольних рівнів питомої активності ^{137}Cs в тваринницькій продукції фіксується у значній кількості зразків.

ВИСНОВКИ

Таким чином, хоча нині запропоновано достатньо агрохімічних засобів зниження питомої активності радіонуклідів у рослинах, але всі вони свідчать, що ефективність їх застосування залежить від численних факторів (якості і сорбційних властивостей ґрунтів, дотримання точності розмірів та співвідношень внесення хімічних меліорантів у ґрунт, видового різноманіття засвоєння радіоактивності рослинами і т.ін.) та є трудомістким процесом.

У рівні радіостійкості рослин відображаються різні властивості організму: структурна організація геному, здатність до ре-

парації ДНК і репопуляції, наявність клітин поза клітинним циклом, нагромадження речовин, які запобігають розвитку молекулярних ушкоджень, тощо. Тому найбільш ефективним способом зниження рівнів радіоактивного забруднення сільськогосподарських культур є локальний пошук різних варіантів зменшення надходження до них радіонуклідів за усіма видами сільськогосподарського виробництва та постійний моніторинг за цим процесом.

Застосування конгрзаходів, спрямованих на блокування питомої активності радіонуклідів (перезалуження, внесення сорбентів, добрив, вапнування та ін.) дало істотні по-

зитивні результати. Зокрема, вапнування та мінеральні добрива позитивно вплинули на вміст радіонуклідів у лукопасовищній рослинності (зниження коефіцієнта переходу залежно від щільності забруднення, типу та фізико-хімічних властивостей ґрунту від 1,4 до 9 разів): на торфово-болотних (зниження КП радіонуклідів у товарну продукцію в 3–10 разів) і бідних на поживні речовини дерново-підзолистих ґрунтах (до 3,5 раза). Крім того, перераховані заходи дали можливість збільшити продуктивність сільськогосподарських угідь на 17–63 ц/га та покращити якість кормів.

Спостерігається значна строкатість щодо забрудненості лукопасовищної рослинності на одній і тій самій ділянці по роках, що свідчить про вплив біотичних і абіотичних факторів на коефіцієнт накопичення ^{137}Cs в ланці “ґрунт-рослина”.

При цьому слід зауважити, що подібні заходи треба проводити регулярно, оскільки їх дія обмежується, як правило, терміном в 4–6 років. Крім того, найбільший ефект дає комплексне застосування контрзаходів у відповідних співвідношеннях для кожного конкретного випадку.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Лев Т.Д. Моделирование і оцінка радіоекологічної ситуації на забруднених сільськогосподарських територіях / Т.Д. Лев, Є.К. Гаргер, Ю.В. Стефанішин, С.І. Герасименко // Агроекологічний журнал. — 2003. — №1. — С. 46–51.
2. Белов В.Н. Міграція стронцію-90, цезію-137, йоду-131 по ланцюгу корм — сільськогосподар-

- ські тварини — продукти тваринництва. Проблеми і завдання радіоекології тварин / В.Н. Белов. — М.: Наука, 1980. — С. 131–144.
3. Шагалова Э.Д. Миграция ^{90}Sr и ^{137}Cs в авторморфных дерново-подзолистых почвах Белоруссии / Э.Д. Шагалова [и др.]. — М.: Почвоведение, 1986. — С. 114–120.

УДОСКОНАЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО РІПАКУ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ЗЕМЛЯХ

Розробник — Інститут сільського господарства Полісся НААН.
Автори — Ворона Л.І., Сторожук В.В.

Науковці Інституту розробили технологію вирощування ріпаку ярого на радіоактивно забруднених землях. Вона передбачає своєчасне здійснення науково обґрунтованих агротехнічних заходів, а саме: розміщення після стерньових ярих колосових та просапних попередників; обробіток ґрунту дисковими лушпильниками на глибину 6–8 см з наступною оранкою на глибину 18–20 см після стерньових, або поверхневий обробіток дисковими знаряддями на глибину 8–10 см після просапних на чистих від бур'янів полях; внесення під основний обробіток ґрунту фосфорно-калійних добрив дозою $\text{P}_{90}\text{K}_{90}$; вапнування ґрунтів з урахуванням їх гідролітичної кислотності; передпосівна культивування на глибину 5–7 см з одночасним боронуванням; внесення азотних добрив (N_{60}) під культивування; передпосівне ущільнення ґрунту комбінованими агрегатами типу РВК-5,4, АКГМ-7,2, “Свропак”; сівба в першій декаді квітня на глибину 2–3 см протруєним насінням високих репродукцій з нормою висіву 1,2–1,4 млн схожих насінин на 1 га; застосування на забур'янені полях гербіцидів до появи сходів ріпаку; застосування інтегрованої системи захисту при появі шкідників і ураженні рослин хворобами; збирання врожаю роздільним способом при вологості насіння 25–30 % та прямим комбайнуванням при вологості насіння 15–20%; застосування десикантів та препаратів для запобігання розтріскування стручків з метою зменшення прямих втрат урожаю при збиранні; обладнання комбайнів пристосуванням для обмолоту дрібнонасінних культур.

Рекомендовано для застосування в агроформуваннях зони Полісся на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах.

За додатковою інформацією можна звертатися на адресу:
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОЛІССЯ НААН.
10007, м. Житомир, вул. Київське шосе, 131.
Тел. (0412) 42-92-31, Ворона Л.І., Сторожук В.В.