

Смірних В. М., Веселоподільська дослідно-селекційна станція, Педос В. П., Білоцерківська дослідно-селекційна станція
 Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: olgagrishenko61@gmail.com.

Мета. Визначити видовий склад фітофагів у плантаційних посадках енергетичної верби та встановити їхню чисельність. **Методика.** Польовий, обліковий, статистичний, аналітичний. **Результати.** Перспективним джерелом енергії на сьогодні є вирощування рослин для виробництва біопалива, яким властивий високий потенціал енерговіддачі. Біомаса енергетичних культур, таких як верба, є відновлювальним джерелом енергії з нульовим балансом вуглекислого газу та метану для природи. Швидкоорослі дерева, такі як верба, є багаторічними рослинами, які здатні давати біомасу протягом тривалого періоду. Проте, як кожна рослина, верба є кормом для багатьох живих організмів, у тому числі для комах. Як свідчать результати наших спостережень і обліків серед останніх цю культуру пошкоджують як ґрунтові так і наземні фітофаги. З ґрунтових найбільш небезпечними для верби є личинки декількох видів хрущів, які живляться корінням цієї культури, викликаючи значне пригнічення темпів росту та розвитку рослин або навіть їхню загибель. Чисельність цих комах у різних зонах коливається в межах 0,6–0,8 до 1,6–1,9 екз./м². В осередках щільність популяції личинок хрущів сягає 8,8 екз./м². Крім личинок хрущів кореневу систему верби пошкоджують личинки коваліків — дротяники та мідляків, а також личинки хлібних жуків. Чисельність цих фаз розвитку комах становить відповідно 0,8–2,3 і 0,5–2,7 екз./м². В осередках щільність їх популяції сягає 2,2–8,8; 2,6–16,4 і 2,3–11,6 екз./м². З наземних шкідників рослини цієї культури пошкоджують вербовий листоїд (0,7–7,2 в осередках 3,2–22,0 екз./рослину), вербова попелиця (коефіцієнт заселення 1,1–1,8, в осередках 1,7–2,3), горностаєва міль (коефіцієнт заселення 1,1–1,2, в осередках 1,8–2,1), хвилівка вербова (0,2–0,3, в осередках 1,9–6,1 личинка/рослину), щитівка вербова (0,7–1,0, в осередках 2,3–10,0 особин (10 см²)), павутинний кліщ (бал заселення 1,0–1,3, в осередках 1,4–2,3) і пінніця вербова (0,1–0,8 в осередках 1,0–3,4 екз./рослину). Контроль чисельності цих фітофагів здійснюється замочуванням перед висадкою живців у розчинах інсектицидів, а також обприскуванням посадок хімічними препаратами проти наземних шкідників. **Висновки.** Рослини енергетичної верби пошкоджують багато видів ґрунтових і наземних фітофагів, чисельність яких залежить від зони вирощування культури. Контроль їхньої чисельності здійснюється за допомогою замочування перед посадкою живців у розчинах інсектицидів і обприскуванням ними вегетуючих рослин.

Ключові слова. Верба енергетична, інсектициди, чисельність, комахи, фітофаги.

ABSTRACT

UDC662:7:633.16:631.559

Phytophagous energy plantings of willow

Sabluk V. T., Hryshchenko O. M., Smirnykh V. M., Pedos V. P.
 Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets NAAS of Ukraine, 25
 Klinichna St., 03110 Kyiv, Ukraine, *e-mail: olgagrishenko61@gmail.com

Purpose. Investigation of the species composition and the number of plant feeders in energy willow plantations. **Method.** Field, accounting, statistical, analytical. **Results.** Today, growing plants for the production of biofuels is a promising source of energy that have a high potential for energy recovery. Biomass of energy crops such as willow is a renewable energy source with zero balance of carbon dioxide and methane. Fast-growing trees such as willow are perennials that are able to produce biomass over a long period. However, like any plant, willow is a host tree for many living organisms, including insects. According to the results of our observations and records, among the latter, this crop is damaged by both soil and land plant feeders. Of the soil pests, the most dangerous for willow are the larvae of several species of May beetles, which feed on the roots causing significant inhibition of growth and development of plants or even their death. The number of these insects per square meter in different zones ranges from 0.6–0.8 to 1.6–1.9. In the focuses, the population density of the larvae per square meter reaches 8.8. In addition to beetle larvae, the root system of willow is damaged by the larvae of click beetles, Elateridae, Blaps and Anisoplia austriaca larvae. The number of these larvae per square meter ranges between 0.8 and 2.3 and between 0.5 and 2.7, respectively. Of land pests, willow is damaged by Chrysomela saliceti (0.7–7.2, in focuses 3.2–22.0 pests/plant), willow aphid (population score 1.1–1.8, in focuses 1.7–2.3), Hyponomeuta malinellus (population ratio 1.1–1.2, in focuses 1.8–2.1), Leucoma salicis (0.2–0.3, in focuses 1.9–6.1 larvae/plant), Chionaspis salicis (0.7–1.0, in focuses 2.3–10.0 individuals), Tetranychus urticae (population score 1.0–1.3, in focuses 1.4–2.3) and Philaenus spumarius, (0.1–0.8 in focuses 1.0–3.4 pests/plant). The control of the number of these plant feeders is carried out by soaking of cuttings before planting in insecticide solutions, as well as spraying the plants with chemicals against land pests. **Conclusions.** Energy willow plants are damaged by many species of soil and land plant feeders, the number of which depends on the area of growing. Controlling of their number is carried out by soaking cuttings before planting in insecticide solutions and spraying plants.

Keywords: energy willow, insecticides, number, insects, plant feeders.

УДК 504.064.4:633.282:620.952

ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТАХ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ¹³⁷Cs У СИСТЕМІ «ҐРУНТ-РОСЛИНА-ЛІЗИМЕТРИЧНІ ВОДИ»

В.М. КВАК¹,
 Л.М. СКАЧОК²,
 Л.В. ПОТАПЕНКО^{2*},
 Н.І. ГОРБАЧЕНКО²

¹Інститут біоенергетичних культур
 і цукрових буряків НААН
 вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна

²Інститут сільськогосподарської
 мікробіології та агропромислового
 виробництва НААН
 вул. Шевченко, 97, м. Чернівці, 14027,
 Україна; e-mail: potapienko74@ukr.net

Вступ. Проблеми регулювання біологічних процесів у ґрунтах досить актуальні в умовах сучасного ведення землеробства. Існування сучасної цивілізації характеризується нераціональним використанням природних ресурсів і посилен-

ним техногенно-антропогенним впливом на довкілля. Одним із негативних наслідків людської діяльності є радіоактивне забруднення земель унаслідок Чорнобильської катастрофи.

Радіонукліди, які потрапили на поверхню ґрунту, акумулюються в ньому, включаються в біогеохімічні цикли міграції та стають новими компонентами ґрунту. Науковими дослідженнями встановлено, що інтенсивність переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини та ґрунтові води значною мірою залежить від його властивостей. Щодо ступеня інтенсивності переходу радіонуклідів у рослини, ґрунти можна розставити за спадним принципом у такий ряд: торфовища, торфо-болотні ґрунти, дерново-підзолисті, сірі лісові, темно-сірі, чорноземні [1].

Регіон Полісся займає приблизно 20% території України, серед яких біль-

ше 15% сільськогосподарських угідь і 13% орних земель. До 90% площі всіх ґрунтів Полісся забруднені радіонуклідами. В Чернігівській області станом на 2012 рік забруднення ¹³⁷Cs вище 1 Кі/км² становило 44 тис. га або 2,4% угідь [2]. Нагромадження радіонуклідів у рослинницькій продукції залежить від щільності забруднення земель (Кі/км²), механічного складу ґрунту, вмісту в ньому біогенних елементів та коефіцієнту переходу (КП). Тому, для ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених радіоактивними речовинами ґрунтах важливо застосувати, в першу чергу, такі агротехнічні й агрохімічні заходи, які знижують рівень забруднення продукції, проведення яких не потребує значних змін існуючих технологій вирощування сільськогосподарських культур. Найпоширенішими і найдоступнішими серед цих заходів є агрохімічні,

а саме: вапнування, внесення підвищених доз фосфорно-калійних і органічних добрив та застосування мікродобрив [3].

Значного зниження рівня забруднення врожаю радіонуклідами можна досягти лише за умови комплексного застосування найбільш ефективних агротехнічних і агрохімічних заходів та якісного й своєчасного їх виконання. Поповнення ґрунту органічною речовиною має відбуватись не лише за рахунок гною, але й шляхом застосування соломи на удобрення, торфу, мулу впровадження проміжних і пожнивних посівів сидеральних культур.

Внесення мінеральних добрив в дозі N60P90K120 на ґрунтах дерново-підзолистого типу знижує забруднення продукції ^{137}Cs в 1,5–2,0 рази. Внесення вапна ефективно в дозах, що забезпечують нейтралізацію кислотності ґрунтового розчину з розрахунку 1,5 норми CaCO_3 . На полях, де прогнозована активність ^{137}Cs у продукції перевищуватиме ДР-2006, необхідно проводити вапнування в нормах за гідролітичною кислотністю, внесення гною (50–80 т/га), застосування мінеральних добрив (N60P90K120), які знижують забруднення продукції ^{137}Cs при сумісному їх застосуванні в 2,5–4,0 рази [4].

На забруднених радіоактивними речовинами ґрунтах неможливе вирощування культур харчового призначення та обмежено вирощування кормових культур. Такі території потребують рекультиватії. У цьому може допомогти вирощування рослин на промислові та енергетичні потреби. Такий спосіб рекультиватії сприятиме зниженню рівня забруднення території. Окремими дослідниками пропонується вирощувати на забруднених радіоактивними речовинами ґрунтах біоенергетичні культури, зокрема, міскантус гігантський (*Miscanthus x giganteus* J. M. Greef & Deuter ex Hodkinson and Renvoize) [5, 6], який упродовж вегетації потребує мінімальної кількості мінеральних добрив завдяки активному розвитку кореневої системи, здатної проникати досить глибоко та використовувати поживні речовини з глибших горизонтів ґрунту [7]. Крім того, поживні речовини, які накопичуються в ризомах, використовуються повторно у новому вегетаційному періоді [8].

Рослини міскантуса накопичують незначну кількість радіоактивного ізотопу ^{137}Cs . За розрахунками коефіцієнтів переходу ^{137}Cs із ґрунту в рослини міскантуса можна стверджувати, що їх значення перебувають у межах 0,22–0,10 (Бк/кг/кБк/м²), які близькі до значень коефіцієнтів переходу ^{137}Cs у зернових культур (пшениці озимої, жита, ячменю).

Тому на сьогодні залишається дуже важливим відстеження рівня забруднення ґрунту, сільськогосподарської продукції та ґрунтових вод ізотопом ^{137}Cs , з метою розширення наукових знань та

розроблення пропозицій щодо відновлення радіоактивно забруднених земель для подальшого їх сільськогосподарського використання та отримання безпечного врожаю. Тому, вперше для радіоактивно забруднених ґрунтів встановлено коефіцієнт переходу ^{137}Cs в системах «ґрунт-рослина» та «ґрунт-лізіметричні води» за вирощування міскантуса гігантського. Визначені ефективні елементи технології вирощування міскантуса, які сприяють зменшенню негативних наслідків радіоактивного забруднення ґрунтів дерново-підзолистого типу, а також зменшують накопичення ^{137}Cs в біомасі міскантуса та лізіметричних водах.

У зв'язку з цим надзвичайно актуальним є вивчення міграції радіонукліду ^{137}Cs та удосконалення сучасних технологій, які б сприяли подальшому відтворенню родючості та безпечності ґрунтів дерново-підзолистого типу, а також зменшенню накопичення радіонукліду в біомасі міскантуса та ґрунтових водах.

Мета досліджень. Дослідити закономірності переходу радіонукліду ^{137}Cs у біомасу та лізіметричні води з ґрунту залежно від елементів технології вирощування міскантуса гігантського на тверде паливо на забруднених ґрунтах.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили (2016–2018 рр.) у стаціонарній лізіметричній установці у Відділі наукового забезпечення агропромислового виробництва (с. Прогрес) Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. За конструкцією лізіметри — бетонні, за типом — насипні з п'ятишаровою гідроізоляцією. Заповнення ґрунтом проводили, починаючи з материнської породи, з урахуванням потужності кожного генетичного горизонту при їх природному розміщенні. Шар ґрунту однієї чарунки — 155 см, його маса — 10,5 т. Посівна площа лізіметричної чарунки 3,8 м².

Схема досліду включала чотири варіанти: 1. Контроль (умовно чистий ґрунт); 2. Забруднений радіонуклідами ґрунт; 3. Забруднений радіонуклідами ґрунт + NPK

+ БіоМАГ + Поліміксобактерин; 4. Еквівалентно вар. 3 + дефека. Агрохімічні аналізи ґрунту проводили за загальноприйнятими методиками [9]. Активність ^{137}Cs у ґрунті, рослинах та лізіметричних водах визначали за загальноприйнятою методикою із застосуванням аналізатору імпульсів СЕГ 0,5.

ґрунт у варіанті 1 — дерново-підзолистий супіщаний. Орний шар характеризується вмістом: гумусу — 1,15%; азоту, що легко гідролізується — 60 мг; рухомого фосфору — 190 мг; обмінного калію — 60 мг на кг ґрунту; рНсол — 5,5.

У варіантах 2–4 орний шар ґрунту замінювали на ґрунт, забруднений радіонуклідами (з території Пакульської сільської ради Чернігівської області, яка належить до III зони радіоактивного забруднення). ґрунт дерново-підзолистий глеуватий супіщаний, який характеризується вмістом: гумусу — 1,21%; азоту, що легко гідролізується — 68 мг; рухомого фосфору — 142 мг; обмінного калію — 76 мг на кг ґрунту; рНсол — 5,7.

БіоМАГ — це органо-мінеральне, екологічно безпечне добриво нового покоління на основі сапропелю, включає біологічно активні речовини та набір мікро- і макроелементів.

Поліміксобактерин — мікробний препарат на основі фосфатмобілізівної бактерії *Paenibacillus polymyxa* KB. Механізм дії препарату пов'язаний із властивістю бактерій продукувати органічні кислоти та фермент фосфатазу, що сприяє розчиненню важкорозчинних мінеральних і органічних фосфатів ґрунту та добрив, унаслідок чого активізується процес засвоєння фосфору рослинами. Крім того, бактерії продукують фітогормональні речовини, які стимулюють ріст і розвиток рослин [10].

Дефекат є відходом виробництва цукру. Вміст CaCO_3 —60–85% на суху речовину.

Погодні умови характеризувалися підвищеними показниками середньодобової температури на 1,6–3,4 °С порівняно з середньобогаторічними даними

Таблиця 1

Вміст ^{137}Cs у ґрунті та рослинах залежно від агротехнічних заходів за вирощування міскантуса (2016–2018 рр.).

№ вар.	Варіанти дослідів	^{137}Cs , Бк/кг		Система: ґрунт-рослина	
		ґрунт	рослини	КН	КП
1	Контроль (умовно чистий ґрунт)	72,2±5,7	4,9±0,42	0,07	0,23
2	Забруднений радіонуклідами ґрунт	242,3±6,8	18,6±0,90	0,08	0,26
3	Забруднений ґрунт + NPK + Поліміксобактерин + БіоМАГ	228,9±20,3	16,4±1,31	0,07	0,24
4	Забруднений ґрунт + NPK + дефека + Поліміксобактерин + БіоМАГ	204,0±8,3	14,7±1,14	0,07	0,24

Таблиця 2

Вміст ¹³⁷Cs у ґрунті та лізиметричних водах залежно від агротехнічних заходів за вирощування міскантусу (2016-2018 рр.)

№ вар.	Варіанти дослідів	¹³⁷ Cs, Бк/кг		Система: ґрунт-лізиметричні води	
		ґрунт	лізиметричні води	КН	КП
1	Контроль (умовно чистий ґрунт)	72,2±5,7	2,67±0,16	0,04	0,10
2	Забруднений радіонуклідами ґрунт	242,3±6,8	4,57±0,11	0,02	0,06
3	Забруднений ґрунт + NPK + Поліміксобактерин + БіоМАГ	228,9±20,3	4,50±0,14	0,02	0,07
4	Забруднений ґрунт + NPK + дефека́т + Поліміксобактерин + БіоМАГ	204,0±8,3	4,36±0,15	0,02	0,07

та дефіцитом води — 40% від середньобагаторічної норми (142 мм).

Результати досліджень. Для визначення рівнів накопичення радіонуклідів у біомасі та лізиметричних водах залежно від агротехнічних заходів попередньо аналізували ґрунт лізиметричної установки (варіант 1) та ґрунт із забрудненої території (варіанти 2, 3 і 4). За результатами аналізу ґрунту лізиметричної установки щільність забруднення радіонуклідом ¹³⁷Cs склала 0,89 Кі/км². Щільність забруднення ґрунту із забрудненої території радіонуклідом ¹³⁷Cs склала 3,00 Кі/км².

Відомо, що надходження радіонуклідів із ґрунту в рослини перш за все залежить від їх концентрації в ґрунті та видових особливостей культур. Зі збільшенням їх вмісту в ґрунті збільшується їх накопичення у господарсько-цінній частині рослин [11].

У проведених нами дослідженнях у варіантах, де міскантус вирощували на забрудненому радіонуклідами ґрунті, спостерігали накопичення в біомасі ¹³⁷Cs в межах 14,7–18,6 Бк/кг (табл. 1). Слід відмітити, що в усіх варіантах дослідів вміст ¹³⁷Cs не перевищував допустимий рівень для зерна злакових культур (ДР – 50 Бк/кг) [12].

Накопичення ¹³⁷Cs в рослинах міскантусу на забрудненому радіонуклідами ґрунті було найменшим у варіанті 4 (мінеральні добрива + дефека́т + Поліміксобактерин + БіоМАГ) та становило 14,7 Бк/кг, що на 3,9 Бк/кг менше за показники варіанту 2, коефіцієнт накопичення (КН) — 0,07, коефіцієнт переходу (КП) — 0,24.

У контрольному варіанті (умовно чистий ґрунт) відмічено найменший показник вмісту ¹³⁷Cs як у ґрунті — 72,2 Бк/кг, так і в рослинах — 4,9 Бк/кг. Проте, коефіцієнт переходу був дещо нижчим порівняно з варіантами 2–4 і становив — 0,23 проти 0,23–0,26.

Вміст ¹³⁷Cs у лізиметричних водах на варіантах із забрудненим радіонуклідами ґрунтом був майже однаковим і знаходився на рівні 4,36–4,57 Бк/л (табл. 2). Найбільшими КН та КП були у варіанті з умовно чистим ґрунтом, відповідно 0,04 та 0,10. На забрудненому радіонуклідами ґрунті, незалежно від досліджуванних прийомів, КН був однаковим і становив 0,02, а КП був у межах — 0,06–0,07.

У стаціонарній лізиметричній установці в середньому за роки досліджень отримано максимальну врожайність біомаси міскантусу у варіанті, де перед са-

дінням вносили мінеральні добрива разом із дефека́том, а ризоми обробляли Поліміксобактерином, поєднаним із БіоМАГом — 27,1 т/га, що вище від показника контролю на 26% (табл. 3).

Відповідно, на цьому ж варіанті отримано найбільшу врожайність сухої речовини — 9,96 т/га, вихід твердого біопалива — 10,96 т/га та вихід енергії — 175,3 ГДж.

У середньому за трирічними даними, врожайність біомаси у варіанті, де в забруднений радіонуклідами ґрунт вносили мінеральні добрива разом із дефека́том, а ризоми обробляли Поліміксобактерином поєднано з БіоМАГом, перевищила врожайність у варіанті 2 (забруднений радіонуклідами ґрунт) — на 4,1 т/га (18%), урожайність сухої речовини — на 1,58 т/га (19%), вихід твердого палива — на 1,75 т/га та по виходу енергії — на 27,9 ГДж.

Порівнюючи врожайність біомаси на варіантах 1 і 2 можна відмітити, що врожайність у варіанті 2 була вищою на 1,5 т/га, урожайність сухої речовини — на 0,6 т/га, вихід твердого біопалива — на 0,65 т/га і вихід енергії — на 10,5 ГДж порівняно з контролем (умовно чистий ґрунт).

Висновки. За вирощування міскантусу в умовах забруднення радіоактивними речовинами на ґрунтах дерново-підзолистого типу встановлено, що вміст у біомасі міскантусу ¹³⁷Cs знаходився в межах від 14,7 до 18,6 Бк/кг, що нижче ДР. Застосування мінерального підживлення в комплексі з вапнуванням, інокуляцією ризомів мікробним препаратом Поліміксобактерин і допосадковою обробкою органо-мінеральним добривом БіоМАГ сприяло зменшенню надходження ¹³⁷Cs до біомаси на 21%. За використання удобрювального комплексу «мінеральні добрива + дефека́т + Поліміксобактерин + БіоМАГ» одержані найменші коефіцієнти накопичення ¹³⁷Cs, які становлять 0,07 у біомасі міскантусу та 0,02 у лізиметричних водах. Застосування цих агротехнічних заходів забезпечило формування врожаю сухої біомаси на рівні 9,96 т/га в середньому за три роки вирощування, що на 28% перевищує контроль.

Таблиця 3

Вплив агротехнічних заходів на продуктивність рослин міскантусу

№ вар.	Варіанти дослідів	Урожайність біомаси за роками, т/га			Урожайність сухої речовини (середнє)		Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж
		2016 рік	2017 рік	2018 рік	т/га	приріст, %		
1	Контроль (умовно чистий ґрунт)	7,53±0,76	22,0±1,53	35,1±1,34	7,78	100	8,56	136,9
2	Забруднений радіонуклідами ґрунт	7,92±0,46	23,3±1,18	37,7±1,73	8,38	108	9,21	147,4
3	Забруднений ґрунт + NPK + Поліміксобактерин + БіоМАГ	8,14±0,49	24,5±1,78	40,4±1,03	9,05	116	9,95	159,2
4	Забруднений ґрунт + NPK + дефека́т + Поліміксобактерин + БіоМАГ	8,76±0,75	27,2±1,21	45,3±1,27	9,96	128	10,96	175,3

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пристер Б. С., Бизольд Г., Девиль-Кавелин Ж. Способ комплексной оценки свойств почвы для прогнозирования накопления радионуклидов растениями. Радиационная биология. Радиоэкология. — 2003. Т. 43, № 6. — С. 39–42.
2. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи: безпека майбутнього: Національна доповідь України. К.: КІМ, 2011. 346 с.
3. Белоус Н. М. Эффективность мероприятий по реабилитации радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых почв. Бюллетень ВИАУ. М., 2001. № 115. С. 13–14.
4. Кочик Г. М., Мельничук А. О., Гуреля В. В., Кучер Г. А. Сучасний стан радіоактивно забруднених територій: ключові проблеми та шляхи їх вирішення. Наслідки аварії на ЧАЕС: реалії сьогодення. Збірник доповідей учасників Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, 25–27 березня 2019 року, м. Житомир. Житомир, ІСГП НААН. С. 3–16.
5. Роїк М. В., Сінченко В. М., Івашченко О. О. та ін. Міскантус в Україні. К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2019. 256 с.
6. Роїк М. В., Ганженко О. М., Тимощук В. А. Концепція виробництва твердого біопалива з біоенергетичних рослин в Україні. Біоенергетика. 2015. № 1. С. 5–8.
7. Кुरіло В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М., Дубовий Ю. П. Удосконалення елементів технології вирощування міскантусу в умовах Центрального Лісостепу України для виробництва твердого біопалива. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2016. Вип. 24. С. 77–85.
8. Nishiwaki A., Mizuguti A., Kuwabara S. Discovery of natural *Miscanthus* (Poaceae) triploid plants in sympatric populations of *Miscanthus sacchariflorus* and *Miscanthus sinensis* in southern Japan. *American Journal of Botany*. 2011. vol. 98. P. 154–159.
9. Ковальчук В. П., Васильев В. Г., Бойко Л. В., Зосимов В. Д. Сборник методов исследования почв и растений — К.: Труд-ГриПол-XXI век, 2010—252 с.
10. Волкогон В. В., Зарышняк В. С., Пилипенко Л. А. та ін. Мікробні препарати в сучасних агротехнологіях: науково-практичні рекомендації; за ред. В. В. Волкогона. Київ, 2015. 248 с.
11. Мельничук Г. В. Вирощування суніци на радіоактивно забруднених дерново-підзолистих ґрунтах. Агропромислове виробництво Полісся. 2015. Випуск 8. С. 48–51.
12. Державні гігієнічні нормативи. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питної води (ДР-2006). Офіційний вісник України від 02.08.2006. 2006. № 29. Ст. 2114. С. 142–150.

REFERENCES

1. Prister B. S., Bizol'd G., Devil'-Kavelin Zh. (2003). A method for the comprehensive assessment of soil properties for predicting the accumulation of radionuclides by plants. *Radiatsionnaya biologiya* [Radiation biology]. *Radioekologiya*. 43, 6, 39–42. [in Russian].
2. Dvadsyat' piat' rokov Chornobyl'skoi katastrofy: bezpeka maibutnoho: Natsionalna dopovid Ukrainy [Twenty-Five Years of the Chernobyl Accident: The Security of the Future: A National Report of Ukraine]. (2011). Kiev: KIM. [in Ukrainian].
3. Belous N. M. (2001). The effectiveness of measures for the rehabilitation of radioactively contaminated sod-podzolic soils. *Byulleten' VIUA* [Bulletin VIUA]. Moskva, 115, 13–14. [in Russian].
4. Kochyk H. M., Melnychuk A. O., Hurelia V. V., Kucher H. A. (2019). The current state of radioactively contaminated areas: key problems and ways to solve them. In *Zbirnyk dopovidei uchasykyv Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu* [Consequences of the Chernobyl accident: the realities of today. Collection of reports of the participants of the All-Ukrainian scientific-practical conference with international participation], (pp. 3–16). March 25–27, 2019, Zhytomyr, Ukrainian [in Ukrainian].
5. Roik M. V., Sinchenko V. M., Ivashchenko O. O. (2019) *Miskantus v Ukraini* [Miscanthus in Ukraine]. Kiev: TOV «TsP «Komprint». [in Ukrainian].
6. Roik M. V., Hanzhenko O. M., Tymoshchuk V. A. (2015). The concept of solid biofuel production from bioenergy plants in Ukraine. *Bioenerhetyka* [Bioenergy], 1, 5–8. [in Ukrainian].
7. Kurylo V. L., Humentyk M. Ya., Kvak V. M., Dubovyi Yu. P. (2016). Udoshkonalennia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia miskantusu v umovakh Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy dlia vyrobnytstva tverdoho biopalyva. *Nauk. praci Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burakiv* [Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet], 24, 77–85. [in Ukrainian].
8. Nishiwaki A., Mizuguti A., Kuwabara S. (2011). Discovery of natural *Miscanthus* (Poaceae) triploid plants in sympatric populations of *Miscanthus sacchariflorus* and *Miscanthus sinensis* in southern Japan. *American Journal of Botany*. vol. 98. P. 154–159.
9. Koval'chuk V. P., Vasil'ev V. G., Boyko L. V., Zosimov V. D. (2010). *Sbornik metodov issledovaniya pochv i rasteniy* [Collection of methods for the study of soils and plants]. Kiev: Trud-HryPol — XXI vek. [in Russian].
10. Volkohon V. V., Zaryshniak V. S., Pylpenko L. A. (2015). *Mikrobnii preparaty v suchasnykh ahrotekhnolohiakh: naukovo-praktychni rekomendatsii* [Microbial preparations in modern agrotechnologies: scientific and practical recommendations]. V. V. Volkohona. Kyiv. [in Ukrainian].
11. Melnychuk H. V. *Vyroshchuvannia sunytsi na radioaktyvno zabrudnennykh dernovo-pidzolystrykh gruntakh*. (2015). Ahropromyslove vyrobnytstvo Polissia

[Agro-industrial production of Polissya]. 8, 48–51. [in Ukrainian].

12. Derzhavni hiiienichni normatyvy. Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv ^{137}Cs ta ^{90}Sr u produktakh kharchuvannia ta pitnoi vody (DR-2006). (2006). *Ofitsiinyi visnyk Ukrainy vid 02.08.2006*. [Official Gazette of Ukraine dated August 2, 2006]. 29. St. 2114, 142–150. [in Ukrainian].

АНОТАЦІЯ

ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТАХ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ^{137}Cs У СИСТЕМІ «ҐРУНТ-РОСЛИНА-ЛІЗИМЕТРИЧНІ ВОДИ»

В. М. Квак¹, Л. М. Скачок², Л. В. Потапенко², Н. І. Горбаченко²

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна

²Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, вул. Шевченка, 97, м. Чернігів, 14027, Україна; e-mail: potapienko74@ukr.net.

Мета. Дослідити закономірності переходу радіонуклідів ^{137}Cs з ґрунту в біомасу та лізіметричні води залежно від елементів технології вирощування міскантусу гігантського на тверде паливо на забруднених ґрунтах. **Методи.** Лізіметричний, біоморфологічний, радіометричний, статистичний, порівняльно-обчислювальний. **Результати.** У статті відображено результати досліджень із вивчення накопичення радіоактивного ізотопу ^{137}Cs у біомасі міскантусу гігантського та переходу його в лізіметричні води. За результатами досліджень встановлено, що рівень накопичення радіонуклідів ^{137}Cs у рослинах міскантусу на забруднених ґрунтах залежить від його концентрації в ґрунті та елементів технології вирощування. Встановлено, що у варіантах, де біоенергетичну культуру вирощували на забруднених радіонуклідами ґрунтах, спостерігали накопичення в біомасі ^{137}Cs в межах 14,7–18,6 Бк/кг та в лізіметричних водах — 4,36–4,57 Бк/л, відповідно. Підживлення мінеральними добривами разом з дефекатом та оброблення ризом міскантусу перед посадкою мікробним препаратом Поліміксобактерином, поєднаним з БіоМАГОМ, сприяло підвищенню врожайності сухої біомаси на 28% від контролю. **Висновки.** Застосування мінерального підживлення в комплексі з вапнуванням, інокуляцією ризомів міскантусу мікробним препаратом Поліміксобактерином і передпосадковою обробкою орґано-мінеральним добривом БіоМАГОМ сприяє істотному підвищенню врожайності сухої біомаси, зменшенню вмісту ^{137}Cs у біомасі та лізіметричних водах. Накопичення ^{137}Cs в біомасі міскантусу при вирощуванні на забруднених радіонуклідами ґрунтах не перевищувало допустимий рівень (ДР), а застосування елементів технології сприяло зниженню вмісту ^{137}Cs — на 12–21% порівняно з контрольними варіантами. За використання удобрювального комплексу «мінеральні добрива + дефекат + Поліміксобактерин + БіоМАГО» одержані найменші коефіцієнти накопичення ^{137}Cs , які становлять 0,07 у біомасі міскантусу та 0,02 у лізіметричних водах, відповідно.

Ключові слова: мінеральні добрива, біомаса, біопаливо, радіонукліди, елементи технології.

ABSTRACT

UDC504.064.4:633.282:620.952

Growing miscanthus on radioactively contaminated soils and regularities of ^{137}Cs redistribution in the system «SOIL-PLANT-LYSIMETRIC WATERS»

Kvak V. M.¹, Skachok L. M., Potapenko L. V.², Gorbachenko N. I.

¹Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine; 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine

²Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Production of NAAS; 14027, Chernihiv, street Shevchenko, 97, *e-mail: potapienko74@ukr.net

Purpose. Investigate the patterns of transition of ^{137}Cs radionuclide from soil to biomass and lysimetric waters depending on the elements of technology for growing giant miscanthus on solid fuel on contaminated soils.

Methods. Lysimetric, biomorphological, radiometric, statistical, comparative and computational. **Results.** The article presents the results of research to study the accumulation of the radioactive isotope ^{137}Cs in the biomass of giant miscanthus and its transition into lysimetric waters. According to the research results, the level of ^{137}Cs radionuclide accumulation in miscanthus plants on contaminated soils depends on its concentration in the soil and elements of cultivation technology. It was found that in the variants where the bioenergy crop was grown on soils contaminated with radionuclides, the accumulation of ^{137}Cs in the biomass in the range of 14.7–18.6 Bq/kg and in the lysimetric waters of 4.36–4.57 Bq/l was observed, respectively. Fertilization with mineral fertilizers together with defecation and treatment with miscanthus rice before planting with the microbial preparation Polymyxobacterin in combination with BioMAG helped to increase the yield of dry biomass by 28% of control. **Conclusions.** The use of mineral fertilization in combination with liming, inoculation of miscanthus rhizomes with the microbial drug Polymyxobacterin and pre-planting treatment with organo-mineral fertilizer BioMAG significantly increases the yield of dry biomass, reduces the content of ^{137}Cs in biomass and lysimetric waters. The accumulation of ^{137}Cs in the biomass of miscanthus when grown on soils contaminated with radionuclides did not exceed the permissible level (DR), and the use of elements of technology helped to reduce the content of ^{137}Cs by 12–21% compared to control variants. The use of the fertilizer complex «mineral fertilizers + defect + Polymyxobacterin + BioMAG» resulted in the lowest accumulation coefficients of ^{137}Cs , which are 0.07 in the biomass of miscanthus and 0.02 in lysimetric waters, respectively.

Keywords: mineral fertilizers, biomass, biofuel, radionuclides, elements of technology.