



# Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 504.064.4:633.  
282:620.952  
© 2019

## АГРОЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТАХ

Л.М. Скачок<sup>1</sup>, Л.В. Потапенко<sup>2</sup>, Н.І. Горбаченко<sup>3</sup>

<sup>1, 2</sup>кандидати сільськогосподарських наук

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН  
вул. Шевченка, 97, м. Чернігів, 14027, Україна  
e-mail: <sup>1-3</sup>potapienko74@ukr.net

Надійшла 24.04.2019

**Мета.** Дослідити накопичення  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у біомасі і лізіметричних водах та визначити агроекологічну ефективність елементів технології вирощування міскантусу гігантського на забруднених радіоактивними речовинами ґрунтах. **Методи.** Лізіметричний, біоморфологічний, радіометричний, статистичний, порівняльно-обчислювальний. **Результати.** Наведено дані досліджень накопичення радіоактивних ізотопів у біомасі міскантусу гігантського та лізіметричних водах. За результатами досліджень встановлено, що рівень накопичення радіонуклідів у рослинах міскантусу на забруднених ґрунтах залежить від елементів технології вирощування, радіоактивного ізотопу та його концентрації в ґрунті. Встановлено, що у варіантах, де біоенергетичну культуру вирощували на забруднених радіонуклідами ґрунтах, накопичення в біомасі  $^{137}\text{Cs}$  становило 14,7–18,6 і  $^{90}\text{Sr}$  – 0,46–0,54 Бк/кг, у лізіметричних водах 4,36–4,57 і 0,28–0,65 Бк/л відповідно. Підживлення мінеральними добривами разом із дефекатом та оброблення ризом міскантусу перед садінням мікробним препаратом Поліміксобактерином у поєднанні з БіоМАГом сприяли підвищенню врожайності сухої біомаси на 28% порівняно з контролем. **Висновки.** Застосування мінерального підживлення в комплексі з вапнуванням, інокуляцією ризомів міскантусу мікробним препаратом Поліміксобактерином і передпосадковою обробкою органо-мінеральним добривом БіоМАГ сприяло істотному підвищенню врожайності сухої біомаси, зменшенню вмісту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у біомасі та лізіметричних водах. Накопичення цих радіоактивних ізотопів у біомасі міскантусу за вирощування на забруднених радіонуклідами ґрунтах не перевищувало допустимий рівень (ДР), а застосування елементів технології сприяло зниженню вмісту  $^{137}\text{Cs}$  на 12–21,  $^{90}\text{Sr}$  – на 9–15% порівняно з контрольними варіантами. За використання удобрювального комплексу «мінеральні доб-

**рива + дефекат + Поліміксобактерин + БіоМАГ» одержано найменші коефіцієнти накопичення  $^{137}\text{Cs}$  — 0,07,  $^{90}\text{Sr}$  — 0,05 у біомасі міскантусу та 0,02 і 0,03 у лізиметричних водах відповідно.**

**Ключові слова:**  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , агротехнічні заходи, міграція радіонуклідів, урожайність біомаси, лізиметрична установка.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201909-09>

Проблеми регулювання біологічних процесів у ґрунтах досить актуальні в умовах ведення землеробства. Сучасна цивілізація характеризується нераціональним використанням природних ресурсів і посиленням техногенно-антропогенним впливом на довкілля. Одним із негативних наслідків людської діяльності є радіоактивне забруднення земель унаслідок Чорнобильської катастрофи.

В Україні радіоактивного забруднення зазнали 12 областей і 74 адміністративні райони — 5345,4 тис. га, або 4,8% загальної площі [1]. З них 22 райони перебувають у Чернігівській обл. За результатами досліджень Чернігівської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», на стаціонарних контрольних ділянках середній показник щільності забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  перевищив дозаварійний рівень у 12,  $^{90}\text{Sr}$  — 5 разів. Серед забруднених сільськогосподарських територій найбільша кількість припадає на дерново-підзолисті ґрунти (43,6 %), які характеризуються низьким рівнем родючості, підвищеною кислотністю та високою мобільністю радіонуклідів [2].

За час, що минув після Чорнобильської катастрофи, ситуація поліпшилася завдяки проведеному комплексу заходів щодо зниження наслідків аварії, фізичного розпаду радіонуклідів, змиву їх атмосферними опадами. Порівняно з даними першого радіоекологічного обстеження площа угідь, забруднених  $^{137}\text{Cs}$  більше 1  $\text{Ки}/\text{км}^2$ , зменшилася на 22 тис. га,  $^{90}\text{Sr}$  — більше 0,15  $\text{Ки}/\text{км}^2$  — зменшилася на 10 тис. га [3].

У Чернігівській обл. станом на 2012 р. забруднення території  $^{137}\text{Cs}$  більше 1  $\text{Ки}/\text{км}^2$  становило 44 тис. га, або 2,4% угідь і  $^{90}\text{Sr}$  більше 0,02  $\text{Ки}/\text{км}^2$  — 1624 тис. га, або 88% угідь [4]. Накопичення радіонуклідів у рослинницькій продукції залежить від щільності забруднення земель ( $\text{Ки}/\text{км}^2$ ), механічного

складу ґрунту, умісту в ньому біогенних елементів та коефіцієнта переходу (КП). Тому для ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених радіоактивними речовинами ґрунтах важливо застосовувати передусім такі агротехнічні та агрохімічні заходи, які знижують рівень забруднення продукції і проведення яких не потребує значних змін у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Найпоширенішими й найдоступнішими серед цих заходів є агрохімічні: вапнування, внесення підвищених доз фосфорнокалійних і органічних добрив та застосування мікродобрив [5].

З унесенням мінеральних добрив у дозі  $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$  на ґрунтах дерново-підзолистого типу забруднення продукції  $^{137}\text{Cs}$  знижується в 1,5–2 рази. Внесення вапна ефективно в дозах, що забезпечують нейтралізацію кислотності ґрунтового розчину з розрахунку 1,5 норми  $\text{CaCO}_3$ . На полях, де прогнозована активність  $^{137}\text{Cs}$  у продукції перевищуватиме ДР-2006, слід проводити вапнування в нормах за гідролітичною кислотністю, вносити гній (50–80 т/га), застосовувати мінеральні добрива ( $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ ), які знижують забруднення продукції  $^{137}\text{Cs}$  за поданого їх застосування в 2,5–4 рази [6].

На забруднених радіоактивними речовинами ґрунтах неможливе вирощування культур харчового призначення і обмежене вирощування кормових культур. Такі території потребують рекультивациі. Можна вирощувати рослини на промислові та енергетичні потреби. Такий спосіб рекультивациі 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) [7, 8], 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 [9]. Крім того, поживні речовини, які накопичуються в ризомах, використовуються повторно в новому вегетаційному періоді [10].

Рослини міскантусу накопичують незначну кількість радіоактивного ізотопу  $^{137}\text{Cs}$ . За розрахунками коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в рослини міскантусу можна стверджувати, що їх значення перебувають у межах 0,22–0,10 (Бк/кг/кБк/м<sup>2</sup>), які близькі до значень коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  в зернові культури (пшеницю озиму, жито, ячмінь) [11]. Тому нині залишається дуже важливим відстеження рівнів забруднення ґрунту, сільськогосподарської продукції та ґрунтових вод ізотопами  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  з метою розширення наукових знань і розроблення пропозицій щодо відновлення радіоактивно забруднених земель для подальшого їх сільськогосподарського використання. Основною метою цих досліджень є створення таких умов вирощування, які сприятимуть отриманню безпечного врожаю. Тому вперше для радіоактивно забруднених ґрунтів установлено коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у системах ґрунт — рослина та ґрунт — лізиметричні води за вирощування міскантусу гігантського. Визначено ефективні елементи технології вирощування міскантусу, які сприяють зменшенню негативних наслідків радіоактивного забруднення ґрунтів дерново-підзолистого типу та зменшують накопичення радіоактивних ізотопів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у біомасі міскантусу і лізиметричних водах.

Надзвичайно актуальним є вдосконалення сучасних технологій, які сприяли б подальшому відтворенню родючості ґрунтів дерново-підзолистого типу і зменшенню накопичення радіоактивних ізотопів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у біомасі міскантусу та ґрунтових водах.

**Мета досліджень** — вивчити накопичення  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у біомасі та лізиметричних водах і визначити агроекологічну ефективність елементів технології вирощування міскантусу гігантського на забруднених радіоактивними речовинами ґрунтах.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проводили (2016–2018 рр.) у

стаціонарній лізиметричній установці у Відділі наукового забезпечення агропромислового виробництва (с. Прогрес) Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. За конструкцією лізиметри — бетонні, за типом — насипні з 5-шаровою гідроізоляцією. Заповнення ґрунтом проводили, починаючи з материнської породи, з урахуванням потужності кожного генетичного горизонту за їх природного розміщення. Шар ґрунту однієї чарунки — 155 см, його маса — 10,5 т. Посівна площа лізиметричної чарунки — 3,8 м<sup>2</sup>.

Схема досліді містила 4 варіанти: 1 — контроль (умовно-чистий ґрунт); 2 — забруднений радіонуклідами ґрунт; 3 — забруднений радіонуклідами ґрунт + NPK + БіоМАГ + Поліміксобактерин; 4 — еквівалентно варіант 3 + дефекація. Агрохімічні аналізи ґрунту здійснювали за загальноприйнятими методиками [12]. Активність  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті, рослинах і лізиметричних водах визначали за загальноприйнятою методикою із застосуванням аналізатора імпульсів СЕГ 0,5. Для визначення вмісту  $^{90}\text{Sr}$  у зразках ґрунту використовували методику [13], у рослинних зразках — методику [14].

ґрунт у варіанті 1 — дерново-підзолистий супіщаний. Орний шар характеризується вмістом гумусу 1,15%, легкогідролізованого азоту — 60 мг, рухомого фосфору — 190; обмінного калію — 60 мг на кг ґрунту, рН<sub>соп</sub> — 5,5. У варіантах 2–4 орний шар ґрунту замінювали на ґрунт, забруднений радіонуклідами з території Пакульської сільської ради Чернігівської обл., яка належить до III зони радіоактивного забруднення. ґрунт дерново-підзолистий глеюватий супіщаний містить: гумусу — 1,21%, легкогідролізованого азоту — 68 мг, рухомого фосфору — 142, обмінного калію — 76 мг на кг ґрунту, рН<sub>соп</sub> — 5,7.

БіоМАГ — органо-мінеральне, екологічно безпечне добриво нового покоління на основі сапропелю, що містить біологічно активні речовини та набір мікро- і макроелементів. Поліміксобактерин — мікробний препарат на основі фосфатмобілізувальних бактерій *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 цього активізується процес засвоєння фосфору рослинами. Крім того, бактерії продукують фітогормональні речовини, які стимулюють ріст і розвиток рослин [15].

Дефекат є відходом виробництва цукру. Уміст  $\text{CaCO}_3$  — 60–85% на суху речовину.

Погодні умови характеризувалися підвищеними показниками середньодобової температури на 1,6–3,4°C порівняно із середньобагаторічними даними та дефіцитом вологи 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) на вміст радіонуклідів.

За результатами аналізу ґрунту лізиметричної установки, щільність забруднення радіонуклідом  $^{137}\text{Cs}$  становила 0,89  $\text{Ки/км}^2$ , радіонуклідом  $^{90}\text{Sr}$  — 0,019  $\text{Ки/км}^2$ . Згідно з чинним законодавством території, забруднені  $^{137}\text{Cs}$  до 1  $\text{Ки/км}^2$  та  $^{90}\text{Sr}$  до 0,02  $\text{Ки/км}^2$ , вважаються умовно-чистими, де ведення сільськогосподарського виробництва можливе без обмежень. Отже, ґрунт стаціонарної лізиметричної установки є умовно-чистим.

Щільність забруднення ґрунту на забрудненій території радіонуклідами  $^{137}\text{Cs}$  була

3,00  $\text{Ки/км}^2$ ,  $^{90}\text{Sr}$  — 0,08  $\text{Ки/км}^2$ . Відповідно до чинного законодавства території, забруднені  $^{137}\text{Cs}$  від 1 до 5  $\text{Ки/км}^2$  та  $^{90}\text{Sr}$  від 0,02 до 0,15  $\text{Ки/км}^2$ , належать до IV зони радіоактивно забруднених територій з пільговими умовами господарювання.

Надходження радіонуклідів із ґрунту в рослини насамперед залежить від концентрації їх у ґрунті та видових особливостей культур. З підвищенням їх вмісту в ґрунті збільшується їх накопичення у господарсько-цінній частині рослин [16].

У проведених нами дослідженнях у варіантах, де міскантус вирощували на забрудненому радіонуклідами ґрунті, спостерігали накопичення в біомасі  $^{137}\text{Cs}$  у межах 14,7–18,6  $\text{Бк/кг}$  (табл. 1). Слід зазначити, що в усіх варіантах дослідів вміст  $^{137}\text{Cs}$  не перевищував допустимий рівень для зерна злакових культур (ДР — 50  $\text{Бк/кг}$ ) [17].

Накопичення  $^{137}\text{Cs}$  в рослинах міскантусу на забрудненому радіонуклідами ґрунті було найменшим у варіанті 4 (мінеральні добрива + дефекат + Поліміксобактерин + БіоМАГ) і становило 14,7  $\text{Бк/кг}$ , що на 3,9  $\text{Бк/кг}$  менше за показники варіанта 2, коефіцієнт накопичення (КН) дорівнював 0,07, коефіцієнт переходу (КП) — 0,24. У контрольному варіанті (умовно-чистий ґрунт) відзначено найменший показник вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті — 72,2  $\text{Бк/кг}$  і рослинах — 4,9  $\text{Бк/кг}$ . Проте КП був дещо нижчим, ніж у варіантах 2–4 і становив 0,23 проти 0,23–0,26.

**1. Уміст  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунті, рослинах і лізиметричних водах залежно від агротехнічних заходів вирощування міскантусу (2016–2018 рр.)**

Варіант дослідів	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг			Система ґрунт — рослина		Система ґрунт — лізиметричні води	
	ґрунт	рослини	лізиметричні води	КН	КП	КН	КП
1. Контроль (умовно-чистий ґрунт)	72,2±5,7	4,9±0,42	2,67±0,16	0,07	0,23	0,04	0,10
2. Забруднений радіонуклідами ґрунт	242,3±6,8	18,6±0,90	4,57±0,11	0,08	0,26	0,02	0,06
3. Забруднений ґрунт + NPK + Поліміксобактерин + БіоМАГ	228,9±20,3	16,4±1,31	4,50±0,14	0,07	0,24	0,02	0,07
4. Забруднений ґрунт + NPK + дефекат + Поліміксобактерин + БіоМАГ	204,0±8,3	14,7±1,14	4,36±0,15	0,07	0,24	0,02	0,07

**2. Уміст  $^{90}\text{Sr}$  в ґрунті, рослинах і лізиметричних водах залежно від агротехнічних заходів вирощування міскантусу (2016–2018 рр.)**

Варіант досліджу	$^{90}\text{Sr}$ , Бк/кг			Система ґрунт — рослина		Система ґрунт — лізиметричні води	
	ґрунт	рослини	лізиметричні води	КН	КП	КН	КП
1. Контроль (умовно-чистий ґрунт)	2,21±0,09	0,09±0,01	0,07±0,01	0,04	0,13	0,03	0,10
2. Забруднений радіонуклідами ґрунт	10,64±0,66	0,54±0,01	0,65±0,01	0,05	0,17	0,06	0,19
3. Забруднений ґрунт + + NPK + Поліміксобактерин + + БіоМАГ	9,69±0,66	0,49±0,02	0,52±0,01	0,05	0,16	0,05	0,15
4. Забруднений ґрунт + + NPK + дефекаат + + Поліміксобактерин + БіоМАГ	9,22±0,37	0,46±0,01	0,28±0,01	0,05	0,15	0,03	0,10

Уміст  $^{137}\text{Cs}$  в лізиметричних водах у варіантах із забрудненим радіонуклідами ґрунтом був майже однаковий — 4,36–4,57 Бк/л. Найбільшими КН та КП були у варіанті з умовно-чистим ґрунтом, відповідно 0,04 та 0,10. На забрудненому радіонуклідами ґрунті незалежно від досліджуваних способів КН був однаковим і становив 0,02, а КП — 0,06–0,07.

У середньому за роки досліджень у варіантах, де біоенергетичну культуру вирощували на забрудненому радіонуклідами ґрунті, спостерігали накопичення  $^{90}\text{Sr}$  у біомасі в межах 0,46–0,54 Бк/кг (табл. 2), що не перевищувало допустимий рівень для зерна злакових — 20 Бк/кг [15].

Накопичення  $^{90}\text{Sr}$  у рослинах міскантусу на забрудненому радіонуклідами ґрунті було найменшим у варіанті, де застосовували мінеральні добрива у поєднанні з вапнуванням та за обробки ризомів міскантусу мікробним препаратом Поліміксобактерин і органо-мінеральним добривом БіоМАГ. Це становило 0,46 Бк/кг, що на 0,08 Бк/кг менше за показник варіанта 2, КН відповідно дорівнював 0,05, КП — 0,15.

У контрольному варіанті (умовно-чистий ґрунт) відзначено найменший показник умісту  $^{90}\text{Sr}$  у ґрунті — 2,2 Бк/кг, рослинах — 0,09 Бк/кг та в інфільтраті — 0,07 Бк/л. Проте коефіцієнт переходу при цьому був

**3. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність рослин міскантусу**

Варіант досліджу	Урожайність біомаси за роками, т/га			Урожайність сухої речовини (середнє)		Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж
	2016	2017	2018	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 + + дефекаат + Поліміксобактерин + + БіоМАГ	8,76±0,75	27,2±1,21	45,3±1,27	9,96	128	10,96	175,3



дещо нижчим порівняно з варіантами 2–4 і становив 0,13 у системі ґрунт — рослина та 0,10 у системі ґрунт — лізиметричні води.

Уміст  $^{90}\text{Sr}$  в лізиметричних водах у варіантах 2–4 був у межах 0,28–0,65 Бк/л. Найвищі КН та КП — відповідно 0,06 та 0,19 були у варіанті 2, де міскантус вирощували на забрудненому радіонуклідами ґрунті. Із застосуванням на забрудненому радіонуклідами ґрунті мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням та за обробки ризомів міскантусу мікробним препаратом Поліміксобактерин і органо-мінеральним добривом БіоМАГ КН зменшувався на 50%, КП — на 47% порівняно з показниками варіанта 2.

У стаціонарній лізиметричній установці в середньому за роки досліджень отримано максимальну врожайність біомаси міскантусу у варіанті, де перед садінням вносили мінеральні добрива разом із дефекатом, а ризоми обробляли Поліміксобактерином у поєднанні з БіоМАГом. Вона становила 27,1 т/га, що вище від показника контролю

на 26% (табл. 3). У цьому самому 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 3-річними даними, врожайність біомаси у варіанті, де в забруднений радіонуклідами ґрунт вносили мінеральні добрива разом із дефекатом, а ризоми обробляли Поліміксобактерином у поєднанні з БіоМАГом, була вищою, ніж у варіанті 2 (забруднений радіонуклідами ґрунт) на 4,1 т/га (18%), врожайність сухої речовини — 1,58 т/га (19%), вихід твердого палива — 1,75 т/га та вихід енергії — на 27,9 ГДж.

Порівнявши показники врожайності біомаси у варіантах 1 і 2, слід зазначити, що врожайність у варіанті 2 була вищою на 1,5 т/га, врожайність сухої речовини — 0,6 т/га, вихід твердого біопалива — 0,65 т/га, вихід енергії — на 10,5 ГДж порівняно з контролем (умовно-чистий ґрунт).

## Висновки

За вирощування міскантусу на забруднених радіоактивними речовинами ґрунтах дерново-підзолистого типу встановлено, що вміст радіоактивних ізотопів у біомасі міскантусу становить:  $^{137}\text{Cs}$  — 14,7–18,6 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  — 0,46–0,54 Бк/кг, що нижче за допустимий рівень. Застосування мінерального підживлення в комплексі з вапнуванням, інокуляцією ризомів мікробним препаратом Поліміксобактерин і передпосадковою обробкою органо-мінеральним добривом БіоМАГ сприяло зменшенню надходження радіонуклідів до біомаси відповідно на 21%

і 15% порівняно з показниками, отриманими на забрудненому радіоактивними речовинами ґрунті. За використання удобрювального комплексу «мінеральні добрива + дефекаат + Поліміксобактерин + БіоМАГ» одержано найменші коефіцієнти накопичення  $^{137}\text{Cs}$  — 0,07 та  $^{90}\text{Sr}$  — 0,05 у біомасі міскантусу та 0,02 і 0,03 — у лізиметричних водах відповідно. Застосування цих агротехнічних заходів забезпечило формування врожаю сухої біомаси на рівні 9,96 т/га у середньому за 3 роки вирощування, що на 28% перевищує контроль.

**Скачок Л.Н.<sup>1</sup>, Потапенко Л.В.<sup>2</sup>, Горбаченко Н.И.<sup>3</sup>**  
Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, ул. Шевченко, 97, г. Чернигов, 14027, Украина; e-mail: <sup>1-3</sup>rotapienko74@ukr.net

**Агроэкологическая эффективность элементов технологии выращивания мискантуса на радиоактивно загрязненных почвах**

**Цель.** Исследовать накопление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в биомассе и лизиметрических водах и определить агроэкологическую эффективность

элементов технологии выращивания мискантуса гигантского на загрязненных радиоактивными веществами почвах. **Методы.** Лизиметрический, биоморфологический, радиометрический, статистический, сравнительно-вычислительный. **Результаты.** Приведены данные исследований накопления радиоактивных изотопов в биомассе мискантуса гигантского и лизиметрических водах. За результатами исследований установлено, что уровень накопления радионуклидов в растениях мискантуса на загрязненных

почвах závisит от елементов технології вирощування, радіоактивного ізотопу і його концентрації в почві. Установлено, що в варіантах, де біоенергетическу культуру вирощували на забруднених радіонуклідами почвах, накоплення в біомасі  $^{137}\text{Cs}$  складало 14,7–18,6,  $^{90}\text{Sr}$  — 0,46–0,54 Бк/кг, в лизиметричних водах — 4,36–4,57 і 0,28–0,65 Бк/л відповідно. Внесення мінеральних добрив разом з дефекатом і обробка ризом міскантуса перед посадкою мікробним препаратом Поліміксобактерин разом з БіоМАГом сприяли підвищенню урожайності сухої біомаси на 28% порівняно з контролем. **Висновки.** Застосування мінеральних добрив в комплексі з інтенсифікацією, інюкуляцією ризом міскантуса мікробним препаратом Поліміксобактерин і передпосадочною обробкою органічно-мінеральним добривом БіоМАГ сприяло суттєвому підвищенню урожайності сухої біомаси, зменшенню вмісту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в біомасі і лизиметричних водах. Накоплення цих радіоактивних ізотопів в біомасі міскантуса при вирощуванні на забруднених радіонуклідами почвах не перевищувало допустимий рівень (ДУ), а застосування елементів технології сприяло зниженню вмісту  $^{137}\text{Cs}$  на 12–21%,  $^{90}\text{Sr}$  — на 9–15% порівняно з контрольними варіантами. При використанні добривного комплексу «мінеральні добрива + дефекат + Поліміксобактерин + БіоМАГ» отримані найменші коефіцієнти накоплення  $^{137}\text{Cs}$  — 0,07,  $^{90}\text{Sr}$  — 0,05 в біомасі міскантуса і 0,02 і 0,03 — в лизиметричних водах відповідно.

**Ключові слова:**  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , агротехнічні методи, міграція радіонуклідів, урожайність біомаси, лизиметричний пристрій.  
DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201909-09>

**Skachok L.<sup>1</sup>, Potapenko L.<sup>2</sup>, Horbachenko N.<sup>3</sup>**  
*Institute of Agricultural Microbiology and Agro-Industrial Manufacture of NAAS, 97 Shevchenko Str., Chernihiv, 14027, Ukraine; e-mail: <sup>1-3</sup>potapenko74@ukr.net*

### **Agroecological efficiency of elements of technique of cultivation of *Miscanthus* at radiological contamination of soils**

**The purpose.** To study accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in biomass and lysimetric waters and to determine agroecological efficiency of elements of technique of growing *Miscanthus* large on the soils contaminated with radioactive substances. **Methods.** Lysimetric, biomorphological, radiometric, statistical, comparative-calculation. **Results.** Data on accumulation of radioisotopes in biomass of *Miscanthus* large and lysimetric waters are cited. It is established that the level of accumulation of radioactive nuclides in plants of *Miscanthus* on the low-purity soils depends on elements of technique of growing, radioisotope and its density in soil. It is established that in alternatives where biopower crop was cultivated on soils contaminated with radioactive nuclides, accumulation in biomass of  $^{137}\text{Cs}$  made 14,7–18,6,  $^{90}\text{Sr}$  — 0,46–0,54 Bq/kg, in lysimetric waters — 4,36–4,57 and 0,28–0,65 Bq/l accordingly. Importation of fertilizers together with defecate and treatment of *Miscanthus* rhizomes before planting with microbial preparation Polimiksobakterin together with BioMAG promoted 28% increase of yield of dry biomass as compared to control. **Conclusions.** Application of fertilizers in a complex with chalking, inoculation of *Miscanthus* rhizomes with microbial preparation Polimiksobakterin and pre-sowing treatment with organomineral fertilizer BioMAG promoted essential increase of yield of dry biomass, decrease of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in biomass and lysimetric waters. Accumulation of these radioisotopes in *Miscanthus* biomass at growing on soils contaminated by radioactive nuclides did not exceed allowable level, and application of elements of technique promoted lowering content of  $^{137}\text{Cs}$  on 12–21%,  $^{90}\text{Sr}$  — on 9–15% as compared to control alternatives. At use of fertilizer complex «mineral fertilizer + defecate + Polimiksobakterin + BioMAG» they gained the least accumulation coefficients in *Miscanthus* biomass ( $^{137}\text{Cs}$  — 0,07,  $^{90}\text{Sr}$  — 0,05), and in lysimetric waters ( $^{137}\text{Cs}$  — 0,02,  $^{90}\text{Sr}$  — 0,03).

**Key words:**  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , agrotechnical methods, migration of radioactive nuclides, productivity of biomass, lysimetric device.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201909-09>

## Бібліографія

1. Тридцять років Чорнобильської катастрофи: радіологічні та медичні наслідки: Національна доповідь України. Київ, 2016. 177 с.
2. Мельник А.І. Особливості ведення сільськогосподарського виробництва в умовах радіоактивного забруднення. *Наукові основи агропромислового виробництва Чернігівської області;*

за ред. І.В. Гриника, А.Г. Бардакова. Чернігів: РВК «Деснянська правда», 2004. С. 267–288.

3. Мельник А.І. Агрохімічний стан ґрунтів та застосування добрив у Чернігівській області (інформаційно-аналітичний довідник). Чернігів, 2012. 92 с.

4. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи: безпека майбутнього: Національна

довідь України. Київ: КІМ, 2011. 346 с.

5. Белоус Н.М. Эффективность мероприятий по реабилитации радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых почв. *Бюллетень ВИУА*. 2001. № 115. С. 13–14.

6. 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 сьогодні. *Збірник доповідей учасників Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, 25–27 березня 2019 р., м. Житомир*. Житомир, ІСГП НААН. С. 3–16. <https://doi.org/10/10.31617/k.knute.2019-03-19.63>

7. Роїк М.В., Сінченко В.М., Іващенко О.О. та ін. Міскантус в Україні; за ред. С.Д. Орлова, Е.Р. Ермантраута, Я.П. Цвея, П.Є. Булаха. Київ: ТОВ «ЦП «Компрінт», 2019. 256 с.

8. Роїк М.В., Гадженко О.М., Тимошук В.А. Концепція виробництва твердого біопалива з біоенергетичних рослин в Україні. *Біоенергетика*. 2015. № 1. С. 5–8.

9. Курило В.Л., Гумендик 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.

10. 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 J. of Botany*. 2011. V. 98. P. 154–159. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000258>

11. Зінченко В.О., Кусайло В.П. Біогеліоенергія — наше енергетичне майбутнє. *Пропозиція*. 2006. № 8. С. 130–132.

12. Городній М.М., Лісовал А.П., Бикін А.В. та ін. Агрохімічний аналіз: підручник; за ред. М.М. Городнього. Київ: Арістей, 2005. 468 с.

13. *Методические указания по определению стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях*. Москва, 1985. 62 с.

14. *Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном бетта-спектрометре с использованием программного обеспечения «Прогресс»*. Москва: ГНМЦ ВНИИФТРИ, 2003. 30 с.

15. Волкогон В.В., Заришняк В.С., Пилипенко Л.А. та ін. Мікробні препарати в сучасних агротехнологіях: науково-практичні рекомендації; за ред. В.В. Волкогона. Київ, 2015. 248 с.

16. Мельничук Г.В. Вирощування суніці на радіоактивно забруднених дерново-підзолистих ґрунтах. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2015. Вип. 8. С. 48–51.

17. Державні гігієнічні нормативи. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питної води (ДР-2006). *Офіційний вісник України від 02.08.2006*. 2006. № 29. Ст. 2114. С. 142–150.