РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **КУЦЕНКА Миколи Ігоровича** на тему:

«ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ ТЕРИТОРІЙ ПОЛІССЯ ПІВНІЧНОГО»

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія

Актуальність теми. Радіоактивне забруднення ґрунтів є однією з найсерйозніших екологічних проблем сучасного світу. Масштаби цієї загрози стали особливо очевидними після аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 році, наслідки якої відчутні й досі. Унаслідок вибуху та подальшого розповсюдження радіоактивних елементів (^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{232}Th, ^{226}Ra) значні площі сільськогосподарських угідь та лісів Полісся були піддані радіоактивному забрудненню, що призвело до їхньої повної або часткової деградації.

На сьогодні значна частина територій, особливо у північній частині України, залишається зоною екологічного ризику, адже довгоживучі радіонукліди зберігають свою активність десятиліттями, а іноді й століттями. Вони постійно мігрують у трофічному ланцюзі: потрапляють у рослинність, воду, ґрунт, а потім і в харчові продукти. Це становить загрозу не лише для довкілля, а й для здоров'я населення, яке проживає у цих регіонах. Радіаційний вплив може спричиняти генетичні мутації, онкологічні захворювання та інші серйозні порушення.

Традиційні методи дезактивації ґрунтів, такі як механічне зняття верхнього шару, застосування сорбентів або глибоке переорювання, є надзвичайно дорогими та малоефективними для великих площ. Крім того, вони часто призводять до порушення природних екосистем. У зв'язку з цим актуальним стає пошук екологічно безпечних, економічно обґрунтованих та ефективних методів очищення забруднених територій.

Тому надзвичайно важливим є дослідження процесів накопичення та виведення радіонуклідів у біомасі різних видів рослин, що сприятиме розширенню можливостей їхнього практичного застосування для очищення забруднених ґрунтів. У цьому контексті особливого значення набуває фіторемедіація як ефективний метод екологічної реабілітації земель, що зазнали високого радіаційного навантаження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до плану наукових досліджень і розробок Вінницького національного аграрного університету і є складовою частиною науково-дослідної теми «Оптимізація способів підвищення якості і безпеки продукції рослинництва в умовах забруднення сільськогосподарських угідь Вінниччини різними токсикантами зумовленого інтенсифікацією галузі» (№ державної реєстрації 0121U109037, 04.2021 – 11.2024 рр.), в межах якої

автором було вивчено ефективність фіторемедіації ґрунтів, які перебувають в умовах високого радіаційного навантаження.

Ступінь обґрунтованості наукових положень. Чітке формулювання мети та завдань дослідження автором дисертаційної роботи стало основою для визначення теоретичних і методологічних аспектів майбутніх експериментів. Проведений аналіз сучасної наукової літератури дозволив обґрунтувати актуальність роботи та сформувати наукове підґрунтя для вивчення процесів фіторемедіації на територіях із високим рівнем радіаційного забруднення.

Мета дослідження полягала у вивченні екологічної та економічної ефективності фіторемедіації ґрунтів, що зазнали високого радіаційного навантаження, за вирощування нектаропилконосних рослин на території Житомирщини.

Завдання дослідження: провести оцінку питомої активності 137Cs, 40K, 232Th та 226Ra дерновопідзолистого ґрунту за різної інтенсивності його використання; визначити урожайність вегетативної маси та насіння нектаропилконосних рослин; вивчити питому активність 137Cs, 40K, 232Th та 226Ra у вегетативній масі нектаропилконосних рослин (буркун білий, розторопша плямиста, головатень круглоголовий, еспарцет піщаний, люпин вузьколистий, фацелія пижмолиста); дослідити питому активність 137Cs, 40K, 232Th та 226Ra у насінні нектаропилконосних культур; вивчити питому активність 137Cs, 40K, 232Th та 226Ra у квітковому пилку (бджолине обніжжя), одержаного з нектаропилконосних рослин; провести оцінку ефективності фіторемедіації дерново-підзолистого ґрунту за вирощування нектаропилконосних рослин; провести еколого-економічну оцінку результатів поєднання фіторемедіації ґрунтів та виробництва насіння і меду, отриманого з нектару нектароносних рослин.

Об'єкт дослідження – дерново-підзолистий ґрунт в умовах радіаційного навантаження.

Предмет дослідження – оцінка екологічної та економічної ефективності фіторемедіації дерново-підзолистого ґрунту за вирощування нектаропилконосних рослин.

Практичне значення одержаних результатів. Науково обґрунтовано та рекомендовано для виробництва застосування фіторемедіації як ефективного заходу для зниження рівня ^{137}Cs, ^{40}K, ^{232}Th та ^{226}Ra у дерново-підзолистих ґрунтах. Дослідження підтвердило, що впровадження цієї технології не лише сприяє зменшенню вмісту радіонуклідів у ґрунті, а й забезпечує підвищення економічної ефективності за рахунок вирощування нектаропилконосних рослин та оптимізації їхнього використання. Результати трирічного циклу вирощування нектаропилконосних культур показали, що вміст радіонуклідів у дерново-підзолистому ґрунті знижується в таких межах: ^{137}Cs – від 12,5% до 20,1%, ^{40}K – від 8,1% до 16,8%, ^{226}Ra – від 9,0% до 17,3% та ^{232}Th – від 10,2% до 21,0%.

Поєднання фіторемедіації із виробництвом продукції для насінництва та бджільництва дає змогу отримувати економічний прибуток на рівні 61000 грн/га за вирощування головатню круглоголового, 11930 грн/га – розторопші плямистої, 10800 грн/га – буркуну білого, 10850 грн/га – еспарцету піщаного, 12325 грн/га – фацелії пижмолистої, 27100 грн/га – люпину вузьколистого та 17750 грн/га – вики ярої. Отримані результати підтверджують доцільність використання нектаропилконосних рослин для фіторемедіації радіоактивно забруднених територій, що забезпечує як екологічний ефект, так і економічну вигоду для сільськогосподарського виробництва.

Достовірність і новизна дисертаційної роботи. На основі проведених наукових досліджень вперше після 37-річного періоду з моменту аварії на Чорнобильській АЕС:

- досліджено рівень питомої активності ^{137}Cs, ^{40}K, ^{232}Th та ^{226}Ra у дерново-підзолистому ґрунті за різної інтенсивності його використання під вирощування сільськогосподарських культур;
- вивчено накопичення ^{137}Cs, ^{40}K, ^{232}Th та ^{226}Ra у вегетативній масі та насінні нектаропилконосних рослин, зокрема буркуну білого, розторопші плямистої, головатня круглоголового, еспарцету піщаного, фацелії пижмолистої та люпину вузьколистого;
- визначено рівень накопичення ^{137}Cs, ^{40}K, ^{232}Th та ^{226}Ra у продуктах переробки квіткового пилку бджолами, а саме у бджолиному обніжжі;
- проведено комплексну еколого-економічну оцінку фіторемедіації дерново-підзолистого ґрунту за вирощування нектаропилконосних рослин із подальшим використанням частини отриманої продукції у рослинництві та бджільництві.

Отримані результати є важливими для розроблення нових підходів до реабілітації радіоактивно забруднених земель, підвищення їх екологічної безпеки та раціонального використання в аграрному секторі.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаною науковою працею, у якій комплексно розглядаються теоретичні, методичні та прикладні аспекти екологічної та економічної ефективності фіторемедіації ґрунтів, що перебувають під високим радіаційним навантаженням, шляхом вирощування нектаропилконосних рослин. Здобувачем розроблено наукову концепцію, яка стала основою дисертаційної роботи. Самостійно проведено аналіз літературних джерел, визначено невирішені питання, що стосуються ефективності зниження вмісту радіоактивних речовин у ґрунтах, а також виконано експериментальні дослідження, статистичну обробку, аналіз та узагальнення отриманих результатів. Напрямок окремих методів досліджень визначено спільно з науковим керівником.

Результати досліджень опубліковані у 5 наукових працях, із них 3 статті: 2 – у наукових фахових виданнях України, затверджених як фахові, віднесених до категорії «Б», 1 – у іноземному науковому виданні, що індексують у

міжнародній наукометричній базі Scopus, 2 тези доповідей на наукових конференціях.

Оцінка змісту дисертації. Наукову роботу написано державною мовою, викладено на 164 сторінках комп'ютерного тексту, містить 27 таблиць та 28 рисунків. Ступінь обґрунтованості наукових досліджень підтверджує глибокий аналіз наукових джерел, а одержані результати отримані здобувачем із використанням сучасних методів досліджень та підтверджені відповідними актами сертифікованих лабораторій. Результати досліджень пройшли математично-статистичний аналіз та оцінку еколого-економічної ефективності, що дозволяє стверджувати про їх достовірність.

Анотація наукової роботи Куценка М.І. написана українською та англійською мовами та містить короткий виклад змісту дисертації.

У вступі наукової кваліфікаційної роботи обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі на основі аналізу зарубіжних та вітчизняних наукових джерел сформульовано завдання дослідження, що передбачають їх удосконалення з урахуванням сучасної екологічної ситуації на території північного Полісся. Зокрема, проаналізовано вплив техногенного радіаційного навантаження на дерново-підзолистий ґрунт, досліджено особливості міграції радіоізотопів у трофічному ланцюгу, а також висвітлено наслідки радіаційного забруднення, що впливають на ґрунти, вироблену сільськогосподарську продукцію та організм людини.

У другому розділі здобувачем представлено природно-кліматичні умови регіону та детальну характеристику дерново-підзолистого ґрунту. Викладено програму, схему та методику досліджень, що використовувалися у роботі. Окрему увагу приділено опису сортів нектароносних рослин та технології їх вирощування, які застосовувалися у процесі експериментальних досліджень.

У третьому розділі наведено результати досліджень щодо екологічної та економічної ефективності фіторемедіації дерново-підзолистого ґрунту за вирощування нектаропилконосних рослин. Досліджено рівень накопичення ^{137}Cs, ^{40}K, ^{232}Th та ^{226}Ra, а також оцінено винесення цих радіонуклідів із ґрунту разом із вегетативною масою рослин. Окремо розглянуто використання частини врожаю (насіння, нектару, квіткового пилку) у насінництві та бджільництві, що забезпечує додаткову економічну ефективність цього методу.

Висновки і пропозиції мають високе наукове та практичне значення, оскільки ґрунтуються на отриманих експериментальних даних та підтверджені виробничою перевіркою, що свідчить про їх достовірність.

Обґрунтовано еколого-економічну ефективність застосування фіторемедіації у поєднанні з вирощуванням нектаропилконосних рослин, що дозволяє не лише знижувати рівень радіонуклідів у ґрунті, а й отримувати цінну сільськогосподарську продукцію. Окремо представлено результати досліджень

щодо впливу удобрення нектаропилконосних рослин у процесі фіторемедіації дерново-підзолистого ґрунту.

Запропоновані висновки та практичні рекомендації для аграрного виробництва базуються на детальному аналізі отриманих даних та підтверджують ефективність поєднання фіторемедіації з виробництвом продукції, що робить цю методику перспективною та науково обґрунтованою.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційної роботи. Незважаючи на високий науковий рівень, оригінальність та новизну отриманих результатів, а також їх значущість для теоретичних і практичних аспектів аграрної науки, до дисертаційної роботи Куценка М.І. можна висловити низку зауважень, рекомендацій і дискусійних аспектів, які заслуговують на подальший розгляд:

1. У першому розділі, присвяченому огляду літературних джерел, доцільно було б детальніше висвітлити ефективність використання нектаропилконосних рослин для фіторемедіації радіоактивно забруднених ґрунтів, зокрема, результати аналогічних досліджень інших авторів.
2. Важливо було б більш детально проаналізувати вплив кожного виду мінеральних добрив та норм їх внесення на міграцію радіоізотопів у системі ґрунт – рослина – продукція рослинництва, що могло б сприяти глибшому розумінню цього процесу.
3. У роботі недостатньо розкрито методику обліку виробленого меду та квіткового пилку з нектароносних рослин, що потребує додаткових пояснень.
4. Назви таблиць у третьому розділі можна було б зробити більш лаконічними, що сприятиме кращому сприйняттю представленої інформації.
5. Необхідно пояснити, чому в умовах польової сівозміни, де застосовуються мінеральні добрива, що можуть містити радіонукліди, питома активність цих токсикантів у ґрунті виявилася нижчою порівняно з природними луками.
6. Висновки роботи є досить розгорнутими, тому доцільно було б їх конкретизувати, узагальнюючи основні положення дослідження.
7. У пропозиціях для виробництва вказано, що найвищу екологічну ефективність фіторемедіації має люпин вузьколистий, а економічну – головатень круглоголовий. Це твердження потребує більш детального обґрунтування на основі результатів дослідження.
8. У тексті зустрічаються стилістичні неточності, граматичні помилки, літературні джерела оформлені із порушенням вимог, у вступі відсутні посилання на літературні джерела

Загалом, зазначені зауваження не впливають на наукову та практичну цінність отриманих автором результатів дослідження та не знижують загальної високої оцінки дисертаційної роботи.

Беручи до уваги актуальність теми, наукову новизну, значущість отриманих результатів, їх обґрунтованість і достовірність, а також практичну

важливість сформульованих положень і висновків, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Куценка Миколи Ігоровича на тему: «Оцінка ефективності фіторемедіації радіоактивно забруднених ґрунтів територій Полісся Північного» відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами) та наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), і може бути представлена для офіційного захисту в разовій спеціалізованій вченій раді, а її автор Куценко Микола Ігорович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 201 Агрономія.

Рецензент: доктор с.-г.н., доцент, доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства факультету екології, лісівництва та садово-паркового господарства навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету

Ганна ПАНЦИРЕВА

Підпис Панцирevої Г.В. засвідчую
Вчений секретар

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ Код 00497236

Тетяна КОРПАНЮК