

ВІДГУК

офіційного опонента

Карпук Лесі Михайлівни

на дисертаційну роботу Макуха Дениса Ярославовича

на тему «**РОЗРОБЛЯННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПАВЛОВНІЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності

201 Агрономія, галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство

Обґрунтування теми дисертації. Актуальність теми зумовлено необхідністю розширення сировинної бази відновлюваної енергетики України, особливо в умовах кліматичних змін, енергетичної нестабільності та пошкодження об'єктів енергетичної інфраструктури внаслідок воєнних дій. Однією з перспективних швидкорослих деревних культур є павловнія, яка впродовж короткої ротації – 3–8 років – здатна формувати значні обсяги лігноцелюлозної біомаси з теплою згоряння 18–19 МДж/кг й низьким вмістом золи. Крім біоенергетичного використання, культура має цінність як джерело деревини та засіб депонування вуглецю.

Водночас технологія вирощування павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України залишається недостатньо науково обґрунтованою. Основними чинниками, що обмежують приживання та продуктивність молодих насаджень, є висока забур'яненість у перший рік вегетації, чутливість рослин до гербіцидів, нестійкий температурний режим зимового періоду та пошкодження 1–2-річних рослин пізніми весняними заморозками. У зв'язку з цим важливого значення набуває добір селективних систем хімічного контролювання бур'янів, застосування кріопротекторів та антистресантів, а також оптимізація позакореневого живлення павловнії.

Отже, дослідження, спрямоване на розроблення адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов Правобережного Лісостепу України елементів технології вирощування павловнії, є своєчасним, має наукове та практичне значення й відповідає сучасним завданням розвитку біоенергетики та сталого аграрного виробництва.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, що сформульовані в дисертації, їх достовірність. Наукові положення дисертаційної роботи Д.Я. Макуха ґрунтуються на належному теоретичному опрацюванні проблеми та результатах польових досліджень, проведених упродовж 2023–2025 рр. в умовах Правобережного Лісостепу України. Мета та завдання дослідження загалом узгоджуються з його об'єктом, використаними методами та структурою роботи. Аналіз наукових джерел дав змогу визначити основні чинники, що обмежують формування продуктивних насаджень павловнії, зокрема забур'яненість у перший рік вегетації, пошкодження молодих рослин низькими температурами та недостатню оптимізованість позакореневого живлення.

Достовірність одержаних результатів забезпечується проведенням двох польових дослідів, використанням контрольних варіантів й триразової повторності, виконанням фенологічних спостережень, обліків забур'яненості, біометричних та фотосинтетичних показників, а також визначенням продуктивності насаджень. Експериментальні дані опрацьовано методами одного та багатофакторного дисперсійного аналізу з оцінюванням головних ефектів досліджуваних чинників і їх взаємодій. Контрастні за гідротермічними умовами роки досліджень дали змогу встановити реакцію павловнії на досліджувані технологічні заходи за різного рівня тепло- і вологозабезпечення.

Сформульовані висновки послідовно відображають основні результати досліджень щодо ефективності гербіцидів, захисту молодих рослин від низькотемпературного стресу, позакореневого підживлення, формування біометричних і фотосинтетичних показників, запасу деревини, а також економічної та енергетичної ефективності технології. Їх кількісні параметри підтверджено експериментальними даними та результатами статистичного аналізу.

Рекомендації виробництву мають конкретне прикладне спрямування і передбачають диференційоване контролювання бур'янів у молодих насадженнях, осіннє застосування препарату ХАРБЕСТ у нормі 5 л/га, весняне – 1 л/га та дворазове позакореневе підживлення Квантум Т80 по 0,2 л/га. Запропонований комплекс заходів забезпечив формування запасу стовбурної деревини 43,2 м³/га наприкінці третього року вегетації проти 21,4 м³/га у контрольному варіанті, що підтверджує практичну значущість одержаних результатів.

Відсутність порушень академічної доброчесності.

Основні результати дисертаційної роботи Макуха Дениса Ярославовича «Розроблення елементів технології вирощування павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України» апробовано на науково-практичних конференціях та висвітлено у фахових публікаціях за тематикою дослідження. Це забезпечило відкритість одержаних експериментальних даних, наукових положень й практичних рекомендацій для їх фахового обговорення та критичного оцінювання науковою спільнотою.

За результатами аналізу тексту дисертації, наведених експериментальних матеріалів, висновків та рекомендацій виявлено, що автор коректно використовує результати досліджень інших науковців з відповідними посиланнями на джерела. Ознак академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації або фальсифікації результатів дослідження не виявлено. Дисертаційна робота виконана з дотриманням основних принципів академічної доброчесності.

Наукова новизна досліджень полягає: Вперше розроблено елементи технології вирощування павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України, з врахуванням адаптивного потенціалу росту й розвитку а також їх взаємодій з навколишнім середовищем. Встановлено особливості формування продуктивності біомаси павловнії залежно від впливу захисту від низьких температур; удосконалено наукові уявлення про вплив позакореневого підживлення на ростові процеси, формування листової поверхні, та

фотосинтетичні параметри павловнії; набуло подальшого розвитку питання вивчення впливу гербіцидів на різні види бур'янів на посадках павловнії та взаємодії кріопротекторів та позакоренових підживлень.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає в розробленні комплексу технологічних заходів, адаптованих до умов Правобережного Лісостепу України. Запропонована система передбачає диференційоване хімічне контролювання бур'янів у перший рік вегетації, осінній та весняний захист молодих насаджень від низькотемпературного стресу препаратом ХАРВЕСТ та дворазове позакореневе підживлення мікродобривом Квантум Т80.

Застосування розроблених елементів технології сприяло підвищенню збереженості рослин після перезимівлі до 93,4 %, формуванню висоти рослин 5,28 м та запасу стовбурної деревини 43,2 м³/га наприкінці третього року вегетації. Виробничу перевірку результатів проведено в умовах ТОВ «ГРОВ Енерджі» Бучанського району Київської області, що підтверджує можливість їх практичного використання під час закладання промислових плантацій павловнії деревинного та біоенергетичного напрямів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи щорічно доповідалися на засіданнях відділу та обговорювалися на наукових конференціях упродовж 2023–2025 рр., у тому числі на: XIII науково-практичній конференції «Гербологія в сучасному екологічно безпечному землеробстві» (2023 р., м. Київ), IX Всеукраїнській науково-практичній конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» (2024 р., м. Умань) та на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Біоенергетичні культури та цукрові буряки в умовах кліматичних змін: Виклики, рішення, перспективи» (2025 р., м. Київ).

Оцінка структури, обсягу та змісту дисертаційної роботи та повноти викладення матеріалів у наукових працях.

Рукопис за змістом, структурою та оформленням повністю відповідає вимогам МОН України «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» №40 від 12.01.2017 р.

Дисертацію викладено на 143 сторінках машинописного тексту, основна частина займає 110 сторінок. Робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та додатків. Дисертація містить 25 таблиць та 11 рисунків. Список використаних джерел налічує 170 найменувань, з яких більшість – латиницею.

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 7 праць, у тому числі 3 статті у фахових виданнях категорії «Б», 3 тези доповідей у матеріалах наукових конференцій а одні методичні рекомендації.

Аналіз основного змісту дисертаційної роботи.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність розроблення елементів технології вирощування павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України, висвітлено зв'язок досліджень із науковими програмами й тематикою Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Сформульовано мету та завдання, визначено об'єкт і предмет дослідження, охарактеризовано застосовані методи, розкрито наукову новизну й практичне

значення одержаних результатів. Наведено відомості про особистий внесок здобувача, апробацію результатів, публікаційну активність і виробничу перевірку розроблених технологічних заходів.

У першому розділі «**Особливості вирощування павловнії та розробка ефективних елементів технологій**» узагальнено результати вітчизняних й зарубіжних досліджень щодо поширення, біологічних особливостей та напрямів використання представників роду *Paulownia*. Значну увагу приділено потенціалу культури як джерела деревини, лігноцелюлозної біомаси й засобу депонування вуглецю. Розглянуто характеристики гібридів, придатних для вирощування у помірному кліматі, особливості формування кореневої системи, росту надземної маси, вимоги до ґрунту, вологи, освітлення та температурного режиму. Проаналізовано схеми розміщення рослин залежно від напрямку використання плантацій, а також основні хвороби й шкідливі організми павловнії. Окремо висвітлено проблеми контролювання бур'янів у молодих насадженнях, застосування кріопротекторів, антистресантів і позакореневого підживлення. За результатами огляду визначено недостатньо досліджені питання, пов'язані із селективністю гербіцидів, захистом 1–2-річних рослин від низьких температур та комплексним застосуванням адаптивних елементів технології в умовах Правобережного Лісостепу України.

У другому розділі охарактеризовано місце проведення польових дослідів, ґрунтові й погодні умови 2023–2025 рр. Дослідження виконано в ТОВ «ГРОВ Енерджі» Бучанського району Київської області на дерново-піщаних і супіщаних ґрунтах із вмістом гумусу 0,8–1,2 %, слабокислою реакцією ґрунтового розчину та невисокою забезпеченістю елементами живлення. Роки досліджень різнилися за гідротермічним забезпеченням: ГТК становив 0,86 у 2023 р., 0,94 – у 2024 р. та 1,15 – у 2025 р., що дало змогу оцінити дію технологічних заходів за контрастних умов зволоження. Наведено дві схеми польових дослідів: із визначення ефективності й селективності гербіцидів та із вивчення осіннього і весняного захисту рослин від низьких температур у поєднанні з позакореневим підживленням. Досліди закладено з гібридом Clone in vitro 112 за схеми садіння 4 × 4 м і густоти 625 рослин/га. Описано методики обліку забур'яненості, біометричних і фотосинтетичних показників, збереженості рослин після перезимівлі, ступеня низькотемпературного пошкодження, а також статистичного опрацювання експериментальних даних.

У третьому розділі «**Особливості процесів забур'янення посадок павловнії**» визначено видовий склад й структуру сегетальної рослинності на ділянках, підготовлених до закладання плантацій. Виявлено 11 видів бур'янів з 7 ботанічних родин, а запаси життєздатного насіння в шарі ґрунту 0–5 см становили 47,8 тис. шт./м². У структурі забур'яненості переважали однорічні злакові види – 31,6 %, талабан польовий – 17,9 % та щиряця звичайна – 15,4 %. Встановлено, що найвищу ефективність проти однодольних бур'янів забезпечив гербіцид Тарга Супер, к.е. у нормі 2,0 л/га – 93,4–94,5 %. Загальна ефективність ґрунтових препаратів Стомп 330, к.е. та Містраль, в.г. становила відповідно 57,8 й 55,4 %, при цьому вони краще контролювали дводольні види та були недостатньо ефективними проти злакових бур'янів пізніх строків появи.

Гербицид Бельведер, к.е. за ефективності 82,7 % спричиняв виражене пригнічення молодих рослин павловнії. Доведено негативний вплив неконтрольованої забур'яненості на ростові процеси культури: на забур'яненому контролі вихід сухої біомаси становив лише 0,07 т/га, тоді як за застосування Тарга Супер, к.е. – 0,86 т/га, або 95,6 % від показника чистого від бур'янів контролю.

У четвертому розділі **«Ріст та розвиток рослин павловнії під впливом елементів технології вирощування»** наведено результати вивчення збереженості насаджень після перезимівлі, ступеня пошкодження апікальних меристем, ростових процесів, формування листової поверхні та фотосинтетичної діяльності рослин. Осіннє застосування препарату ХАРВЕСТ у нормі 5 л/га за опадання понад 40 % листя підвищувало збереженість рослин після першої перезимівлі з 78,9 до 89,4 %, або на 10,5 відсоткового пункту. Серед варіантів весняного захисту найвищу ефективність забезпечило внесення ХАРВЕСТ у нормі 1 л/га після танення снігу за температури повітря +5 °С. У 2023 р. частка рослин із пошкодженими апікальними меристемами за цього заходу становила 3–5 % проти 14–18 % у контролі, а висота рослин підвищувалася на 14,5 %.

Дворазове позакореневе підживлення Квантум Т80 у нормі 0,2 л/га сприяло збільшенню висоти рослин на 8,5–9,7 %, діаметра стовбура – на 7,2–8,8 %, площі листової поверхні – на 12,0–15,5 %. Найвищі показники отримано за комплексного застосування осіннього й весняного оброблення препаратом ХАРВЕСТ та позакореневого підживлення Квантум Т80: висота рослин становила 5,28 м, діаметр стовбура – 6,42 см, площа листової поверхні – 31,4 тис. м²/га, фотосинтетичний потенціал – 2,84 млн м²·діб/га. Порівняно з абсолютним контролем ці показники збільшилися відповідно на 37,5; 33,2; 70,7 та 86,8 %. Ефективність комплексного варіанта зберігалася в усі роки досліджень, а найбільший приріст висоти рослин – 46,1 % – встановлено у посушливому й прохолоднішому 2023 р., що підтверджує адаптивне значення досліджуваних заходів.

У п'ятому розділі **«Урожайність та економічна ефективність вирощування павловнії»** оцінено продуктивність насаджень, розглянуто деревинний і біоенергетичний напрями їх використання та проведено економічне обґрунтування відповідних сценаріїв. Комплексне застосування ХАРВЕСТ восени й навесні та Квантум Т80 забезпечило формування наприкінці третього вегетаційного періоду 43,2 м³/га стовбурної деревини, що у 2,0 рази перевищувало контрольний показник – 21,4 м³/га. Прогнозований запас деревини за цього варіанта становить 83,4 м³/га на п'ятий і 164,2 м³/га на восьмий роки ротації.

Економічними розрахунками встановлено істотні відмінності між сценаріями використання насаджень. Деревинний напрям за восьмирічної ротації забезпечує середньорічний прибуток 180,5 тис. грн/га, рівень рентабельності 544,2 %, період окупності 5,5 року та внутрішню норму дохідності 23,7 %. Біоенергетичний сценарій із реалізацією тріски за ринкової ціни 1200–1500 грн/м³ є збитковим, оскільки її розрахункова собівартість

становить 2073 грн/м³. Перероблення біомаси на пелети ENplus A2 забезпечує рентабельність лише 8,3 % й середньорічний прибуток 4,0 тис. грн/га. Найвищі економічні показники отримано за інтегрованого сценарію «ділова деревина + замкнений енергобаланс відходами»: NPV становить 1423,8 тис. грн/га, IRR – 26,4 %, рентабельність – 617,7 %. Такий підхід є найбільш прийнятним для підприємств, що мають власні теплиці, зерносушарки або котельні та можуть використовувати побічну деревну біомасу для внутрішніх енергетичних потреб.

У шостому розділі «Енергетична ефективність вирощування павловнії» визначено співвідношення сукупних енергетичних витрат і енергії, накопиченої у сформованій біомасі. За схемою контролювання бур'янів найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності – 27,1 – отримано за застосування Тарга Супер, к.е., тоді як фітотоксична дія гербіциду Бельведер, к.е. знижувала його до 2,3. За комплексного осіннього та весняного застосування ХАРВЕСТ і дворазового внесення Квантум Т80 коефіцієнт енергетичної ефективності досягав 31,8, енергія врожаю – 440 ГДж/га, а прирощена енергія – 420 ГДж/га. Отриманий показник у 2,2 рази перевищував контроль – 14,2. Додаткові енергетичні витрати на застосування кріопротектора й позакореневого підживлення становили 1,16 ГДж/га та повністю компенсувалися збільшенням енергії, акумульованої у біомасі.

Висновки сформульовано на основі узагальнення результатів польових, лабораторних і розрахункових досліджень. Вони відображають закономірності формування забур'яненості насаджень, селективність та ефективність гербіцидів, дію осіннього і весняного захисту від низьких температур, вплив позакореневого підживлення на ростові й фотосинтетичні процеси, продуктивність, економічну та енергетичну ефективність вирощування павловнії.

Рекомендації виробництву мають конкретне прикладне спрямування та передбачають диференційоване контролювання однодольних і дводольних бур'янів, осіннє застосування ХАРВЕСТ у нормі 5 л/га за опадання понад 40 % листя, весняне внесення препарату в нормі 1 л/га після танення снігу за температури +5 °С і дворазове позакореневе підживлення Квантум Т80 по 0,2 л/га з інтервалом 14–21 доба. Список використаних джерел налічує 170 найменувань та охоплює вітчизняні й зарубіжні публікації за тематикою дисертаційного дослідження.

Дискусійні положення та зауваження:

Позитивно оцінюючи актуальність, наукову й практичну цінність дисертаційної роботи, належний рівень обґрунтування одержаних результатів, висновків та рекомендацій виробництву, слід зазначити, що окремі положення потребують додаткового пояснення й можуть стати предметом фахової дискусії. У цьому контексті вважаю за необхідне висловити такі зауваження та побажання:

1. У п. 2.1, доцільно було навести дані щодо запасів продуктивної вологи в ґрунті на початку вегетації та після її відновлення. З огляду на підвищену потребу павловнії у волозі, це дало б змогу повніше оцінити вплив водозабезпечення на інтенсивність ростових процесів рослин.

2. Також варто було б навести коефіцієнт суттєвості відхилень для визначення відхилень показників погодних умов поточних років досліджень від середніх багаторічних, оскільки за твердженням науковця погодні умови були контрастними для росту й розвитку павловнії

3. У розділі 3, п. 3.1, виявлено арифметичні неузгодженості у характеристиці структури забур'яненості. Частку пізніх ярих бур'янів визначено на рівні 35,8 %, хоча наведені частки щиріці звичайної – 15,4 %, однорічних злаків – 31,6 % і пасльону чорного – 2,0 % разом становлять 49,0 %. Аналогічно частку ранніх ярих видів зазначено на рівні 43,5 %, тоді як сума показників талабану польового, редьки дикої, лободи білої, гірчака почечуйного та підмаренника чіпкого становить 44,1 %. Ці розрахунки потребують узгодження з даними таблиці 3.3.

4. У висновках до розділу 3 зазначено про рекомендовано диференційовану систему захисту, яка передбачає застосування Тарга Супер, к.е. проти однодольних бур'янів у поєднанні з ґрунтовими гербіцидами проти дводольних видів. Водночас у польовому досліді препарати Стомп 330, Містраль, Тарга Супер і Бельведер вивчали лише окремо. Тому одержані результати підтверджують ефективність кожного препарату окремо, але не дають повної оцінки запропонованій комбінованій системі щодо послідовності внесення, сумісності препаратів, їх селективності та загальної ефективності.

5. У таблиці 4.1 збереженість рослин після першої перезимівлі проаналізовано залежно від трьох чинників, одним із яких є позакореневе підживлення препаратом Квантум Т80. Водночас відповідно до методики цей препарат застосовували влітку – від початку цвітіння або у фазу максимального розвитку листової поверхні, тобто вже після проведення весняного обліку перезимівлі.

6. Також автор відмічає про позитивний ефект препарату ХАРВЕСТ на рослини, що пов'язано з накопиченням розчинних цукрів, зміною складу мембранних ліпідів та активізацією антиоксидантної системи рослин. Однак відповідні фізіолого-біохімічні показники в роботі безпосередньо не визначали. Тому експериментальним підтвердженням результатом є підвищення збереженості рослин з 78,9 до 89,4 %, тоді як наведене трактування механізму дії препарату слід розглядати як наукове пояснення, а не як безпосередньо встановлену закономірність.

7. У табл. 5.1 фактичний запас стовбурної деревини визначено лише наприкінці третього року вегетації: 21,4 м³/га у контролі та 43,2 м³/га за комплексного застосування ХАРВЕСТ й Квантум Т80. Водночас показники на п'ятий та восьмий роки – відповідно 83,4 і 164,2 м³/га – є прогнозними. У розділі недостатньо розкрито математичну модель такого прогнозування, прийняті коефіцієнти щорічного приросту та можливе зниження інтенсивності росту з віком насаджень.

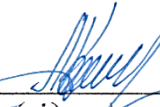
8. У роботі трапляються поодинокі недоліки редакційного та технічного характеру, що стосуються оформлення окремих скорочень, числових показників та розділових знаків. Зазначені зауваження не мають принципового характеру та не знижують загального позитивного враження від дисертаційного дослідження.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам, які пред'являються до ступеня доктора філософії. Дисертаційна робота Макуха Дениса Ярославовича на тему *«Розроблення елементів технології вирощування павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України»*, виконана на належному науковому й методичному рівні. За актуальністю, новизною, ступенем обґрунтованості наукових положень та практичному значенню відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р., а її автор Макух Денис Ярославович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії зі спеціальності 201 Агрономія.

Офіційний опонент

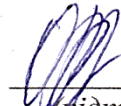
доктор сільськогосподарських наук,
професор, декан агробіотехнологічного
факультету Білоцерківського
національного аграрного університету




(підпис)

Леся КАРПУК

Підпис Лесі Карпук засвідчую:
Начальник відділу документообігу і
кадрового забезпечення Білоцерківського
національного аграрного університету


(підпис)

Олена ЮРЧЕНКО