

Голові разової спеціалізованої вченої
ради ДФ 20 051.176
Карпатського національного
університету імені Василя Стефаника
доктору сільськогосподарських наук,
професору
Володимиру ЗАЇЦІ

Відгук

офіційного опонента, доктора сільськогосподарських наук, професора,
професора кафедри селекції, насінництва і генетики

Полтавського державного аграрного університету

Кулика Максима Івановича на дисертаційну роботу

Сітника Андрія Андрійовича

на тему: «**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ
ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ**», подану на здобуття ступеня доктора
філософії з галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство за спеціальністю
201 Агрономія

Актуальність теми та отриманих результатів. В сучасних умовах розвитку нашої країни, з урахуванням глобальних кліматичних змін, виснаження та удорожчання непоновлювальних енергоресурсів, особливої актуальності набуває питання розвитку альтернативних джерел енергії. Вирішення окресленої проблеми та посилення ролі біоенергетичного сектору в паливо-енергетичному балансі нашої країни можливо досягти за використання рослинного енергетичного ресурсу. При цьому, удосконалення агротехнологій вирощування біоенергетичних культур дозволить збільшити обсяг їх біомаси для біопаливного використання та досягти енергетичної незалежності України. Такі енергетичні культури як: міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*), просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.), сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench) та кукурудза звичайна (*Zea mays* L.) за рахунок адаптивних властивостей та потенціалу продуктивності здатні формувати високі та стабільні врожаї надземної вегетативної маси – біомаси. Це також пов'язано як з сортовими властивостями даних культур, агротехнологією їхнього вирощування та ґрунтово-кліматичними умовами, що комплексно впливають на отримання високої врожайності та стабільність виробництва енергоємної рослинної сировини. У зв'язку з чим, актуальність дисертаційної роботи та вагомість отриманих результатів полягають у встановленні особливостей росту та розвитку, закономірностей формування продуктивності біоенергетичних культур залежно від удобрення в умовах Західного регіону України. При цьому важливим також є оцінка енергетичної та економічної ефективності удосконалених елементів технологій вирощування біомаси багаторічних злакових та однорічних культур, що були поставлені на вивчення.

Наукова новизна отриманих результатів. *Вперше* в умовах змін клімату Західного регіону України вивчено особливості росту та розвитку рослин і формування врожайності міскантусу гігантського, проса прутоподібного, сорго цукрового та кукурудзи звичайної за вирощування на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного регіону України та застосуванні системи удобрення.

Удосконалено технологію вирощування біоенергетичних культур завдяки оптимізації елементів догляду за посівами, що позитивно позначилось на формуванні урожайності високоякісної біомаси – рослинної сировини, придатної для виробництва біопалив.

Набули подальшого розвитку питання встановлення закономірностей ростових процесів біоенергетичних культур, формування ними біометричних показників; методичні підходи до з'ясування енергетичної та економічної оцінки запропонованих агрозаходів.

Практичне значення отриманих результатів. Відповідно до результатів досліджень для Західного регіону України виробництву рекомендовано оптимальні складові технології вирощування різних видів біоенергетичних культур, що полягали у наступному.

Для забезпечення максимальної продуктивності та стабільності врожаїв міскантусу гігантського рекомендовано застосовувати комбіновану систему удобрення з внесенням у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Інтермаг Титан, що впливало на суттєвий приріст біомаси до 35 % порівняно з контролем та забезпечувало найвищу енерговіддачу.

За вирощування проса прутоподібного доцільно віддавати перевагу комбінованим варіантам удобрення НРК + мікродобрива, які забезпечували приріст урожайності на 20 % та підвищували адаптивність культури до мінливості погодних умов за роками дослідження.

Для однорічних біоенергетичних культур у зоні Передкарпаття оптимальним є застосування збалансованого мінерального живлення. За вирощування кукурудзи звичайної доцільно застосовувати удобрення $N_{90}P_{90}K_{90}$ + БЛЕК ДЖЕК КС та $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Інтермаг Титан, що забезпечує найвищу та найбільш стабільну врожайність зерна і побічної продукції з рентабельністю виробництва понад 100 %. Для сорго цукрове встановлено, що застосування Мікродобрива забезпечували приріст 24–25 % врожаю, а максимальний ефект досягався за їх поєднання з мінеральними добривами (до +36 % порівняно з контролем).

Окрім цього здобувачем здійснено впровадження результатів досліджень у виробництво (ПФГ «Поточище») та у співавторстві розроблені методичні рекомендації, що застосовуються у Карпатському національному університеті імені Василя Стефаника на кафедрі лісового і аграрного менеджменту на практичних заняттях з дисципліни «Новітні біоенергетичні рослинні ресурси».

Головні результати, отримані особисто автором. Особистий внесок здобувача полягає у проведенні глибокого аналізу та систематизації наукової літератури щодо виокремленої теми та проблематики дослідження, спільно з науковим керівником розроблено наукову програму експерименту з урахуванням двох схем польових дослідів, що особисто реалізовано на основі

багаторічного експерименту. Здобувачем самостійно проведено польові та лабораторні дослідження, узагальнено та проаналізовано отримані дані, розраховано економічну та енергетичну ефективність елементів технологій вирощування біоенергетичних культур, сформовано загальні висновки та запропоновано рекомендації виробництву.

Наукові напрацювання, які узагальнені в дисертаційній роботі були виконані на основі тематичного плану Карпатського національного університету імені Василя Стефаника та в межах державної науково-технічної програми «Розробити системи заходів по запобіганню негативного впливу екстремальних екологічних ситуацій на природно-ресурсний потенціал Західного регіону України» (номер державної реєстрації 0113U006317), 2013–2027 рр.

Обґрунтованість і достовірність одержаних наукових результатів. Достовірність отриманих результатів здобувача базуються на використанні сучасних загальнонаукових та спеціальних методів дослідження, аналізу та синтезу. Польові дослідження проведені протягом 2022–2025 років із багаторічними енергетичними культурами та 2023–2025 рр. – із однорічними енергокультурами на дослідному полігоні кафедри лісового і аграрного менеджменту Карпатського національного університету імені Василя Стефаника. При цьому застосовували методику дослідної справи в агрономії. Статистична обробка результатів здійснена з використанням комп'ютерних програм, достовірність підтверджується 5 %-им рівнем значущості ($HP_{0,05}$) та статистичними показниками кількісної мінливості. Оцінюючи виконані дослідження автором, необхідно відмітити вдале поєднання різних методологічних підходів для досягнення поставлених завдань, що забезпечило об'єктивність оцінки результатів досліджень. Основні положення дисертації висвітлено у чотирьох наукових статтях фахових виданнях України категорії Б, у семи тезах доповідей матеріалів науково-практичних конференцій, а також однієї методичної розробки для освітнього процесу.

Аналіз структури та змісту дисертації. Рукопис дисертаційної роботи викладено на 198 сторінках комп'ютерного набору, включає 29 таблиць та 25 рисунків. Складається робота із анотації, вступу, шести розділів, висновків, рекомендацій виробництву, додатків. Список використаних джерел налічує 327 джерел, з них 125 латиницею.

У ВСТУПІ представлені актуальність вибраної теми, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наведена мета та завдання досліджень, об'єкт та предмет, а також методи досліджень, обґрунтована наукова новизна, апробація та практичне значення отриманих результатів.

У РОЗДІЛІ 1 проведено аналіз наукової літератури за темою дисертаційного дослідження, висвітлено сучасний стан використання біоенергетичних культур в Україні та у світі. Наведено агроекономічне та енергетичне значення біоенергетичних культур. Подано біолого-ботанічна характеристика біоенергетичних культур. Проаналізовано вплив добрив та біопрепаратів, а також кліматичних змін на продуктивність енергетичних культур.

У РОЗДІЛІ 2 наведено характеристику ґрунтових та погодних умов за роки досліджень, детально висвітлено програму та схеми досліджень, описано методику польових та лабораторних досліджень. Подано схеми двох польових дослідів: Формування продуктивності багаторічних енергетичних культур за різних рівнів удобрення (Дослід 1), та Вплив застосування удобрення на продуктивність однорічних енергетичних культур (Дослід 2). Наведено характеристику сортів рослин, добрив та біопрепаратів, що використовували у дослідіах, а також описано методики проведення спостережень, обліків та аналізів.

У РОЗДІЛІ 3 представлено результати з вивчення особливостей росту та розвитку біоенергетичних культур залежно від окремих елементів технології вирощування. Визначено, що міскантус гігантський, просо прутіоподібне, сорго цукрове та кукурудза звичайна – суттєво різняться за рівнем продуктивності, стабільністю формування врожаю та характером відгуку на мінеральне й мікроелементне живлення. Найвищий і найбільш стабільний рівень продуктивності забезпечував міскантус гігантський, тоді як сорго та кукурудза демонстрували мінливість даного показника під впливом погодних умов. У всіх досліджуваних культур домінуючим чинником підвищення врожайності було застосування мінеральних добрив, а мікродобрива виконували роль фізіологічних стимуляторів, посилюючи ефект макроелементів, особливо у комбінованих варіантах дослідіа.

У РОЗДІЛІ 4 наведено результати досліджень з вивчення продуктивності енергетичних культур за різного удобрення. Встановлено, що біометричні показники багаторічних енергетичних культур істотно залежали від року вегетації та системи удобрення при сумісному застосування добрив та біопрепарату упродовж чотирьох років досліджень. Визначено, що за роки досліджень найвищу урожайність міскантусу гігантського забезпечив варіант $N_{30}P_{30}K_{30} + \text{БЛЕК ДЖЕК КС}$ (36,87 т/га). Застосування мінеральних добрив та мікродобрива забезпечило максимальну продуктивність просо прутіоподібне сорту Морозко (20,15 і 20,33 т/га в середньому за роки) відповідно варіантів застосування $N_{30}P_{30}K_{30} + \text{Інтермаг Титан}$ та $N_{30}P_{30}K_{30} + \text{БЛЕК ДЖЕК КС}$.

Найбільш істотну прибавку врожаю та рівень урожайності зеленої маси сорго цукрового у фазі воскової стиглості за роки дослідження отримали на варіантах застосування $N_{30}P_{30}K_{30} + \text{Інтермаг Титан}$ (70,5 т/га), а для кукурудзи – на варіантах $N_{90}P_{90}K_{90} + \text{БЛЕК ДЖЕК КС}$ (10,72 т/га).

Також визначено, що мінливість показників якості фітомаси однорічних енергетичних культур залежала від їх системи удобрення.

Встановлено, що вихід біопалива з біомаси досліджуваних культур залежав від системи удобрення. Цей показник був найбільшим у міскантусу гігантського (23,0 т/га) та проса прутіоподібного (11,52 т/га) – на варіантах сумісного застосування $N_{30}P_{30}K_{30} + \text{БЛЕК ДЖЕК КС}$. Фітомаса кукурудзи та сорго цукрового забезпечили вихід біопалива на одному рівні як за внесення $N_{30}P_{30}K_{30} + \text{БЛЕК ДЖЕК КС}$, так і застосування $N_{30}P_{30}K_{30} + \text{Інтермаг Титан}$ (відповідно культур 7,22-7,32 т/га та 6,61-6,62 т/га).

Комбіновані варіанти застосування макроелементів NPK та мікродобрива забезпечують у міскантусу 35 % приросту біопалива, у проса прутоподібного 20 %, у кукурудзи 10 %, у сорго цукрового 39 % біогазу та 39 % твердого залишку.

У РОЗДІЛІ 5 подано елементний склад однорічних рослин енергетичних культур залежно від підживлення посівів. Обґрунтовано, що максимальний вміст фосфору спостерігався у варіанті з внесенням Інтермаг Титан, де його концентрація становила 184 мг/100 г у листках кукурудзи та 114 мг/100 г – у коренях, тоді як у варіанті з внесенням БЛЕК ДЖЕК КС найвищий вміст фосфору відмічено у стеблах кукурудзи – 164 мг/100 г. Відповідно цього автор зробив припущення, що титановмісні добрива сприяють засвоєнню фосфору та калію рослинами кукурудзи з ґрунту, а гумінові препарати є ефективним джерелом калію. Водночас встановлено, що за застосування добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ впливає на вміст калію у рослинах кукурудзи: цей елемент у листках був на рівні 1205 мг/100 г, у стеблах – 1362 мг/100 г, у зерні – 725 мг/100 г.

Виявлено, що застосування мікродобрив сприяло підвищенню концентрацій мікроелементів (Fe, Mn, Ti, Zn, Ni), що свідчить про їх стимулюючу дію на процеси поглинання та нагромадження елементів живлення. Водночас для фосфору та сірки спостерігали зниження їх вмісту в коренях на варіантах із мікродобривами.

Визначено, що вміст крохмалю, протеїну та жиру у зерні кукурудзи становив відповідно показників 66,9 %, 8,31 % та 4,03 %. Внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ підвищило ці показники на 1,2; 0,9 та 0,4 %. Позакореневе застосування БЛЕК ДЖЕК КС та Інтермаг Титан підвищувало вміст цукрів до 14,5–14,7 % у рослин сорго цукрового, проте максимальні значення досягалися при комбінованому внесенні мінеральних добрив з біостимулятором.

У РОЗДІЛІ 6 проведена економічна та енергетична оцінка вирощування біоенергетичних культур. Встановлено, що високорентабельними виявилися виробництво біомаси міскантусу гігантського та кукурудзи звичайної, тоді як вирощування проса прутоподібного демонструвало помірну прибутковість, а виробництво зеленої маси сорго цукрове – було збитковим. При проведенні оцінки енергетичної ефективності виробництва біомаси біоенергетичних культур визначено, що міскантус гігантський характеризувався найвищим коефіцієнтом енергоефективності. Комбіновані варіанти удобрення забезпечували для проса прутоподібного найвищі енерговиходи, а для сорго цукрового та кукурудзи звичайної ці показники були значно нижчими.

У ВИСНОВКАХ наведено теоретичне узагальнення та запропоновано нове практичне вирішення наукового завдання, яке полягало у виявленні особливостей формування продуктивності біоенергетичних культур (міскантусу гігантського, проса прутоподібного, сорго цукрового та кукурудзи звичайної) залежно від умов вирощування та застосування підживлення в умовах Західного регіону України.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ містять пропозиції для господарств Західного регіону України з нестійким зволоженням на дерново-підзолистому ґрунті для забезпечення високої продуктивності енергетичних культур за умов

належного техніко-технологічного рівня виробництва, доцільно впроваджувати вирощування багаторічних біоенергетичних культур, зокрема міскантусу гігантського сорту Осінній зорецвіт та проса прутоподібного сорту Морозко, а також однорічних – сорго цукрове сорту Фаворит та кукурудза звичайна гібрид Мантікора, що формували стабільну врожайність біомаси та забезпечували високий енергетичним потенціал.

Оцінка мови та стилю дисертації. Структура дисертації є логічною й такою, що відповідає поставленій меті та визначеними для її реалізації завданнями. Зроблені обґрунтовані висновки базуються на статистично підтверджених результатах власних досліджень автора. Виклад отриманих результатів у рукописі дисертації представлено в доступній для сприйняття формі та структуровано у логічній послідовності відповідно змісту. Стиль написання та оформлення дисертації відповідає загальноприйнятим в агрономічних дослідженнях вимогам.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертаційної роботи. При загальному позитивному враженні під час ознайомлення з рукописом дисертації, виникли наступні зауваження та запитання, які необхідно врахувати автору в майбутній дослідницькій діяльності та надати відповіді на них під час захисту дисертаційної роботи.

У *Розділі 1* при описі біолого-ботанічних особливостей біоенергетичних культур, їх латинські назви бажано писати курсивом (стор. 36–42). При вивченні напрацювань науковців щодо впливу добрив та біопрепаратів на продуктивність енергетичних культур здобувачем не в повній мірі розкрито питання впливу застосування мікроелементів та біопрепаратів на формування врожайності та якості біомаси міскантусу гігантського та проса прутоподібного (стор. 43-47).

При аналізі даних рис. 1.4. Прогнозний енергетичний потенціал біоенергетичних культур, та їх опису (стор. 48–49) не зрозуміло, це власні напрацювання автора, чи узагальнені дані інших вчених.

У *Розділі 2* (підрозділ 2.2. Метеорологічні умови в роки досліджень) здобувач наводить детальну характеристику ґрунтових та погодних умов та їх опис відповідну коефіцієнту ГТК (стор. 55–61), проте, доцільніше застосовувати коефіцієнти суттєвості відхилень елементів погоди або інші сучасні показники оцінки агрокліматичних умов місця проведення досліджень.

При описі добрив та біопрепарату, що застосовували у досліді не вказано якою дозою та яким способом вносили біостимулятор росту рослин *БЛЕК ДЖЕК КС* та рідке добриво *Інтермаг Титан* (стор. 64).

У *Розділі 3* на стор. 66 в тексті роботи наведено посилання на табл. 3.1, але вона відсутня, замість неї наведено на стор. 67 рис. 3.21. Вплив удобрення на розвиток рослин міскантусу гігантського, 2022–2025 рр. Це ж стосується і посилання на табл. 3.2 (стор. 69) – замість неї на стор. 70 наявний рис. 3.2. Зміна висоти рослин проса прутоподібного залежно від удобрення, 2022–2025 рр.

У *Розділі 4* (підрозділ 4.1. Формування продуктивності багаторічних енергетичних культур під впливом років вегетації та удобрення) на стор. 86 в табл. 4.1 здобувач наводить динаміку врожайності зеленої біомаси міскантусу гігантського за роками дослідження. Виникає запитання: «Чому врожайність

біомаси міскантусу у 2025 році на усіх варіантах досліду була суттєво нижчою, ніж у 2024 році? Який саме чинник мав вплив на цей показник?». На противагу цьому, в табл. 4.2 на стор. 89 показано щорічне (від 2022 до 2025 р.) збільшення врожайності вегетативної надземної маси проса прутоподібного в розрізі років дослідження.

У Розділі 5 за вивчення елементного складу фітомаси однорічних рослин енергетичних культур, доцільно було б доповнити отримані результати показниками балансу мікроелементів у ґрунті.

У розділі 6 при розрахунку витрат на вирощування міскантусу гігантського сорту Осінній зорецвіт (табл. 6,3, стор. 132) доречним було б вказати вартість садивного матеріалу (ризом) та його необхідну кількість на 1 га для закладки енергонасаджень. Це ж зауваження стосується і табл. 6.5 на стор. 135.

На стор. 152 здобувач стверджує, що «міскантус і кукурудза формують дві різні, але дуже ефективні моделі: міскантус – як чиста енергокультура з максимальною енергоефективністю і довгим періодом експлуатації, а кукурудза – як універсальна культура з високою економічною та добrotною енергетичною віддачею в короткому однорічному циклі». При цьому автор встановив, що К_е у міскантусу за варіантами досліду був у межах – від 34,0 до 38,9 (стор. 148), а у кукурудзи – від 11,6 до 12,8 (стор. 151). Водночас, виникає запитання: «На думку автора, що зумовило такі високі показники коефіцієнтів енергетичної ефективності вирощування міскантусу гігантського та кукурудзи звичайної?».

Загальний висновок.

Дисертаційна робота Сітника Андрія Андрійовича на тему: «Особливості формування продуктивності біоенергетичних культур в умовах зміни клімату Західного регіону України», яка подана до захисту у спеціалізовану вчену раду на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 20 – Аграрні науки та продовольство за спеціальністю 201 Агрономія за актуальністю, науково-теоретичним рівнем, основними результатами обґрунтованості, основними положеннями і результатами, опублікованими у фахових виданнях, новизною постановки та практичним значенням відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 року (зі змінами), «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», а також 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 січня 2022 №44 (зі змінами). Зміст дисертації відповідає спеціальності 201 Агрономія, а здобувач Сітник А.А. заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 20 – Аграрні науки та продовольство за спеціальністю 201 Агрономія.

Офіційний опонент,

доктор сільськогосподарських наук,
професор, професор кафедри селекції,
насінництва і генетики Полтавського
державного аграрного університету
МОН України

Максим КУЛИК