

ВІДГУК

офіційного опонента доктора сільськогосподарських наук, старшого наукового співробітника, завідувачки відділу селекції сільськогосподарських культур Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

Марченко Тетяни Юрївни

на дисертацію ПАВЛІЧЕНКА Костянтина Васильовича на тему: «Обґрунтування елементів технології вирощування кукурудзи на силос для виробництва біогазу в умовах Правобережного Лісостепу України» представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Актуальність теми дисертації. Одним із найбільш перспективних альтернативних відновлювальних екологічно чистих джерел енергії є біомаса рослинного походження. Значну увагу в світі приділяють проблемі переробки біомаси з метою отримання біопалива. Енергетичні рослини відрізняються високою врожайністю і невибагливістю до умов вирощування. В перерахунку на еквівалент енергії, витрати на вирощування таких культур значно менші, ніж вартість енергоносіїв, отриманих від традиційних джерел. Використання рослинної біомаси, за умови її безперервного відновлення, не призводить до збільшення концентрації діоксиду Карбону в атмосфері. Важливим у збільшенні продуктивності біологічного палива є використання всієї рослини, а не лише її частин. Це друге покоління біологічного палива, яке все ще досліджується і розвивається. Складна економічна ситуація в Україні та зростання цін на енергоносії, значну частку яких Україна імпортує, спонукають до пошуку альтернативних джерел їх отримання.

Важливим є впровадження енергозберігаючих технологій, орієнтованих на отримання максимальної продуктивності посівів певної культури. Наразі кукурудза все більше використовується як відновлювана сировина для виробництва різних видів біопалива, тому вона є досить важливою високо енергетичною конкурентоспроможною культурою в Україні. Зважаючи на перспективи розвитку сировинної бази для виготовлення біологічних видів палива із кукурудзи, складаються передумови для становлення галузі біоенергетики і в нашій країні, тому відпрацювання сучасних ефективних елементів технологій вирощування кукурудзи та впровадження їх у виробництво є актуальним завданням наукових досліджень.

Наукові дослідження проведені протягом 2019–2022 рр. згідно завдань ініціативної наукової тематики Білоцерківського національного аграрного університету за завданням «Наукове обґрунтування адаптивних і ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських та біоенергетичних культур в умовах Центрального Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0118 U004125).

Метою досліджень було є вивчення особливостей впливу макро- та мікродобрив на формування продуктивності гібридів кукурудзи та вихід біогазу.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше встановлено вплив макро- та мікродобрив на проходження процесів росту, розвитку та фотосинтетичну активність рослин гібридів кукурудзи; встановлено високу ефективність макро- та мікродобрив у формування продуктивності та якості зеленої маси гібридів кукурудзи; доведено залежність між виходом біогазу та метану з зеленої маси кукурудзи та використанням макро- та мікродобрив; проведено економічну й біоенергетичну оцінку запропонованої технології вирощування кукурудзи.

Удосконалено систему застосування макро- та мікродобрив в технології вирощування кукурудзи на силос, як біоенергетичної культури для виробництва біогазу.

Набули подальшого розвитку наукові положення щодо вивчення формування врожайності та якості зеленої маси кукурудзи залежно від застосування макро- та мікродобрив.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено науково-практичні рекомендації виробництву щодо використання макро- та мікродобрив у технології вирощування кукурудзи на силос, як біоенергетичної культури для виробництва біогазу. На основі отриманих результатів розроблено елементи технології вирощування кукурудзи на силос за рахунок підбору енергетичних гібридів та оптимізації системи живлення рослин в умовах Правобережного Лісостепу України.

Розробка впроваджена у сільськогосподарських господарствах Житомирської і Вінницької областей: ТОВ «Україна», ФГ «Пляхівське», ТОВ «Мрія», ФГ «Світанок 07».

Основні положення дисертаційної роботи використано в освітньому процесі Білоцерківського національного аграрного університету для викладання навчальних дисциплін «Біоенергетичні культури» і «Проектування технологічних процесів в рослинництві» за спеціальністю 201 «Агрономія».

Наукові результати, сформульовані у дисертаційній роботі.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, мету дослідження, завдання, наукову новизну, практичне значення досліджень, зв'язок роботи з науковими програмами,

Розділ 1 «**Агротехнічні особливості вирощування кукурудзи як біоенергетичної культури**» (огляд літератури). Автором опрацьовано значну кількість вітчизняних та закордонних джерел, що дало змогу широко описати проблематику питань. Має три підрозділи де детально наводиться огляд біоенергетичних культури для виробництва біогазу, значення кукурудзи, як біоенергетичної культури, вплив макро- та мікродобрив при вирощуванні кукурудзи.

У розділі 2 «**Умови та методика проведення досліджень**» здобувач характеризує ґрунтово-кліматично умови проведення досліджень, агрохімічну характеристику ґрунту та особливості погодних умов у роки проведення

досліджень. Автором наведено схеми дослідів та методика їх проведення. За результатами аналізу цього розділу можна констатувати правильність підходу дисертанта до вибору і використання методик для розв'язання поставлених завдань під час проведення лабораторних та польових досліджень.

У розділі 3 **«Особливості росту і розвитку гібридів кукурудзи під впливом досліджуваних факторів»** проаналізовано тривалість міжфазних та вегетаційного періодів гібридів кукурудзи, висота рослин кукурудзи, фотосинтетична діяльність посівів кукурудзи.

Дисертант робить висновки, що застосування макродобрих подовжує період вегетації кукурудзи на 1–2 доби, а мікродобрих – навпаки скорочує його на 1 добу. Встановлено тісні кореляційні зв'язки між тривалістю періоду вегетації кукурудзи та гідротермічними умовами в роки досліджень.

Найбільшу висоту рослин кукурудзи зафіксовано у фазу воскової стиглості зерна з показниками у середньостиглих гібридів 222,0–249,0 см і середньоранніх – 212,7–236,7 см. Приріст за висотою рослин при застосуванні макродобрих становив 3,4–7,6 %, а мікродобрих – 1,5–1,8%, порівняно з ділянками без їх внесення.

Максимальна площа листової поверхні була у фазу цвітіння качанів у гібриду кукурудзи Каріфолс на варіанті із внесенням $N_{120}P_{90}K_{90}$ та застосуванні мікродобрих (YaraTera Tenso Cocktail + YaraVita Kombiphos) – 49,0 тис. м²/га. У фазі молочної стиглості зерна площа листової поверхні зменшилась в середньому на 5,3 %, порівняно з попереднім періодом обліків, а у фазу воскової стиглості зерна ще на 6,8 %.

На варіантах без застосування макро- та мікродобрих показники чистої продуктивності фотосинтезу були меншими порівняно з ділянками, де їх використовували. У фазу цвітіння качанів при застосуванні $N_{90}P_{60}K_{60}$ збільшення чистої продуктивності фотосинтезу становило 6,5 %, а $N_{120}P_{90}K_{90}$ – 9,6 %, порівняно з контролем. Приріст цього показника від внесення мікродобрих складав 2,3–3,9 %.

Фотосинтетичний потенціал гібридів кукурудзи був у межах 1656,3–2526,0 тис.м² х діб/га. Відмічено зростання цього показника на 18,6–36,5 % у середньостиглих гібридів порівняно із середньоранніми. Встановлено тісні кореляційні зв'язки між площею листової поверхні, фотосинтетичним потенціалом та урожайністю зеленої маси гібридів кукурудзи.

У розділі 4 **«Зміна продуктивності гібридів кукурудзи під впливом досліджуваних факторів»** дисертантом було обраховано структура врожаю гібридів кукурудзи, динаміку накопичення сухої речовини кукурудзи, урожайність зеленої маси кукурудзи.

Показано, що Застосування макродобрих призводить до збільшення маси всієї рослини кукурудзи на 12,7–30,8 %, а мікродобрих Yara – на 0,7–2,8 % порівняно з варіантами без їхнього використання. Під впливом макродобрих частка листків і стебел у загальній масі рослини зменшується на 0,3–0,8 %, а мікродобрих – на 0,1–0,3 %. Виявлено зростання на 0,3–1,2 % і 0,1–0,3 % частки зерна в загальній структурі рослин кукурудзи при застосуванні макро- та мікродобрих.

Застосування макродобрих найбільший вплив мало на формування зерна (41,3 %) і стебла (38,6 %) рослин кукурудзи, а мікродобрих – зерна (9,5 %). Ріст і розвиток листків та качана залежить в основному від генотипових властивостей гібридів (37,2 і 41,3 %).

Під впливом макродобрих вміст сухої речовини як в окремих органах так і в рослинах кукурудзи зменшується на 0,3–1,3 % порівняно з контрольними варіантами. Застосування мікродобрих не впливало на вміст сухої речовини. Вміст сухої речовини в листках середньо пов'язаний зі стеблом ($r=0,70$) та тісно пов'язаний із зерном ($r=0,82$). У стеблі виявлено високі зв'язки з вмістом сухої речовини в зерні ($r=0,88$).

При внесенні $N_{90}P_{60}K_{60}$ урожайність сухої маси зростала на 1,3–2,0 т/га або на 11,4–15,5 %, а при $N_{120}P_{90}K_{90}$ – на 1,7–2,9 т/га або 12,8–17,0 % порівняно з варіантами без їхнього застосування. При використанні мікродобрих урожайність сухої речовини була вищою на 1,2–3,9 % за контрольні варіанти. При цьому достовірної різниці між 2 і 3 варіантами з мікродобривами не виявлено.

Встановлено високу залежність урожайності зеленої маси від кількості опадів у роки досліджень. Завдяки кращому вологозабезпеченню в 2021 р. урожайність зеленої маси кукурудзи була вищою на 50,6–67,3 %, а у 2020 р. на 50,6–80,1 % порівняно з 2019 р. Відповідно на продуктивність зеленої маси кукурудзи високі впливи мають погодні умови (26,0 %), внесення макродобрих (38,5 %), генотипові особливості (28,5 %), а найменше – мікродобрива (6,8 %).

Внесення макродобрих забезпечує збільшення урожайності зеленої маси на 11,4–21,0 %, а мікродобрих Yara – на 1,2–3,7 % порівняно з контрольними варіантами. Як і за урожайністю сухої маси була відсутня достовірна різниця між 2 і 3 варіантами з мікродобривами. Встановлено високий рівень зв'язку між урожайністю зеленої маси гібридів кукурудзи і сумою температур ($r=0,85–0,90$) та кількістю опадів ($r=0,91–0,91$).

Максимальні показники урожайності зеленої і сухої маси отримано у фазу молочно-воскової стиглості зерна у гібриду Каріфолс на фоні внесення $N_{120}P_{90}K_{90}$ й обробці насіння YaraTera Tenso Cocktail (0,15 кг/т) + обприскування кукурудзи у фазі 3–5 листків YaraVita Kombiphos (3 л/га) – 48,9 і 17,7 т/га.

У розділі 5 «**Якісні показники зеленої маси кукурудзи та вихід біогазу і метану**» автором проаналізовано вплив досліджуваних факторів на зміну якісних показників зеленої маси кукурудзи, Розрахунковий вихід біогазу та метану з зеленої маси гібридів кукурудзи.

Внесення макро- та мікродобрих призводить до зростання вмісту крохмалю, сирого протеїну та целюлози в рослинних зразках кукурудзи у відношенню до варіантів без їхнього використання. Одночасно зі збільшенням вмісту цих показників спостерігається зниження вмісту клітковини під впливом макро- і мікродобрих.

Встановлено високий рівень зв'язку між урожайністю сухої маси і вмістом крохмалю ($r = 0,71$), сирого протеїну ($r = 0,78$) і жиру ($r = 0,69$) та целюлози ($r = 0,70$). Вихід метану має високий взаємозв'язок із вмістом

крохмалю ($r = 0,86$), сирого протеїну ($r = 0,93$) і жиру ($r = 0,95$) та середній із вмістом сиріої золи ($r = 0,57$), целюлози ($r = 0,66$) та геміцелюлози ($r = 0,58$).

Розрахунковий вихід біогазу в середньоранніх гібридів кукурудзи був у межах 9062,0–13716,3 м³ /га, а в середньостиглих – 11635,3–15589,5 м³ /га. Серед гібридів, в середньому по досліді, вищими значеннями аналізованого показника відзначалися КВС 381 (13334,6 м³ /га) і Каріфолс (14134,5 тис. м³ /га).

Застосування макродобрих підвищувало вихід біогазу на 15,2–30,9 % відповідно, а мікродобрих – на 1,8–3,6 %, порівняно з варіантами без їхнього використання. Не відмічено суттєвої різниці між другим і третім варіантом із мікродобривами.

Питомий вихід метану становив від 272,1 до 356,6 нм³ /т СОР, що в перерахунку на зелену масу кукурудзи становить 97,2–129,2 нм³ /т. Найвищий розрахунковий вихід метану отримано в гібриду кукурудзи Каріфолс – 5337,9–6629,5 м³ /га, у КВС 381 він становив 5062,0–6128,0 м³ /га, у Богатир – 4681,0–5856,3 м³ /га, в Амарос – 3860,6–4849,1 м³ /га.

Макродобрива більше впливають на вихід біогазу та метану із зеленої маси кукурудзи, ніж мікродобрива. Так, застосування макродобрих дозволяє підвищити ці показники на 11,2–28,4 %, а мікродобрих – лише на 1,6– 3,3 %, порівняно з варіантами без їхнього внесення.

У розділі 6 «Економічна та енергетична ефективність технології вирощування кукурудзи як біоенергетичної культури» проведено розрахунки економічної та енергетичної ефективності.

Показники чистого прибутку при вирощуванні гібридів кукурудзи були в межах 94779,0–169191,1 грн/га. Відмічено зростання виробничих витрат при застосуванні макродобрих на 25,2–44,0 %, а мікродобрих – на 2,0–4,1 % порівняно з варіантами без їхнього використання. Але завдяки збільшенню виходу метану, прибутковість вирощування кукурудзи при внесенні макродобрих зростала на 8,2–22,4 %, а мікродобрих на 2,8–5,3 %.

Внесення макро- та мікродобрих дає можливість отримати від 0,4 до 16,4 % додаткової енергії в метані, порівняно з варіантами без їх застосування. При використанні макродобрих спостерігається зменшення коефіцієнту енергетичної ефективності (K_e) до 2,9–4,2.

Найбільші показники умовно-чистого прибутку та виходу енергії з метану отримано в гібрида кукурудзи Каріфолс при застосуванні N₁₂₀P₉₀K₉₀ у поєднанні з передпосівною обробкою насіння YaraTera Tenso Cocktail (0,15 кг/т) й обприскуванням кукурудзи у фазі 3–5 листків YaraVita Kombiphos (3 л/га) – 169191,1 грн і 207,5 ГДж/га. Але найвищий показник коефіцієнта енергетичної ефективності (5,0) одержано в гібрида Богатир у варіанті без використання макродобрих.

У дисертаційній роботі надані рекомендації виробництву щодо обґрунтування, розробки і впровадження кукурудзи на силос, за вирощування її як біоенергетичної культури для виробництва біогазу висівати середньостиглі гібриди кукурудзи КВС 381 і Каріфолс із застосуванням передпосівної обробки

насіння YaraTera Tenso Cocktail (0,15 кг/т) й обприскуванням кукурудзи у фазі 3–5 листків YaraVita Kombiphos (3 л/га) на фоні внесення $N_{120}P_{90}K_{90}$.

Ступінь обґрунтованості наукових положень висновків і рекомендацій, їх достовірність. На основі результатів досліджень визначено вплив макро- та мікродобрих на проходження процесів росту, розвитку та формування продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Виявлено вплив аналізованих факторів на формування показників фотосинтетичної активності гібридів кукурудзи. Обґрунтовано застосування макро- та мікродобрих для підвищення рівня врожайності зеленої маси, виходу біогазу й метану та покращення якісних показників зеленої маси гібридів кукурудзи. Проведено економічну й біоенергетичну оцінку запропонованої технології вирощування культури.

Встановлено, що урожайність сухої і зеленої маси кукурудзи зростала при внесенні макро- та мікродобрих на 11,4–21,0%, а мікродобрих – на 1,2–3,9%, порівняно з варіантами без їхнього застосування. Максимальні показники урожайності зеленої й сухої маси отримано у фазу молочно-воскової стиглості зерна в гібриду Каріфолс на фоні внесення $N_{120}P_{90}K_{90}$ і обробці насіння YaraTeraTensoCocktail (0,15 кг/т) + обприскування кукурудзи у фазі 3–5 листків YaraVitaKombiphos (3 л/га) – 48,9 і 17,7 т/га відповідно.

Досліджено, що на урожайність зеленої маси кукурудзи впливають погодні умови (26,0%), макро- та мікродобрих (38,5%), генотип гібридів (28,5%) і мікродобрих (6,8%). Досліджено, що внесення макро- та мікродобрих призводило до збільшення вмісту крохмалю, сирого протеїну та целюлози в рослинних зразках кукурудзи, порівняно з варіантами без їхнього використання. Одночасно зі зростанням вмісту цих показників спостерігається зниження вмісту клітковини під впливом добрив.

Встановлено, що вихід метану має високий взаємозв'язок із вмістом крохмалю ($r = 0,86$), сирого протеїну ($r = 0,93$) й жиру ($r = 0,95$), середній взаємозв'язок із вмістом сирової золи ($r = 0,57$), целюлози ($r = 0,66$) та геміцелюлози ($r = 0,58$). Розрахунковий вихід біогазу в середньоранніх гібридів кукурудзи був у межах 9062,0–13716,3 м³/га а в середньостиглих – 11635,3–15589,5 м³/га. Серед гібридів, в середньому по досліді, вищими значеннями цього показника відзначалися КВС 381 (13334,6 м³/га) і Каріфолс (14134,5 тис. м³/га). Застосування макро- та мікродобрих підвищувало вихід біогазу на 15,2–30,9%, а мікродобрих – на 1,8–3,6%, порівняно з варіантами без їхнього використання. Питомий вихід метану був у межах від 272,1 до 356,6 нм³/т СОР, що в перерахунку на зелену масу кукурудзи становить 97,2–129,2 нм³/т. Найвищий розрахунковий вихід метану отримано в гібриду кукурудзи Каріфолс – 5337,9–6629,5 м³/га. У КВС 381 він становив 5062,0–6128,0 м³/га, Богатир – 4681,0–5856,3 м³/га, Амарос – 3860,6–4849,1 м³/га. Застосування макро- та мікродобрих дозволяє підвищити вихід біогазу та метану на 11,2–28,4%, а мікродобрих на 1,6–3,3%. Показники чистого прибутку при вирощуванні гібридів кукурудзи для виробництва метану були в межах 94779,0–169191,1 грн/га.

Відмічено зростання виробничих витрат при застосуванні макро- та мікродобрих на 25,2–44,0%, а мікродобрих – на 2,0–4,1%, порівняно з варіантами без їхнього

використання, але завдяки збільшенню виходу метану прибутковість вирощування кукурудзи при внесенні макро добрив зростала на 8,2–22,4%, мікродобрив – на 2,8–5,3%. Найбільші показники виходу енергії з метану отримано в гібрида кукурудзи Каріфолс при застосуванні $N_{120}P_{90}K_{90}$ у поєднанні з передпосівною обробкою насіння YaraTeraTensoCocktail (0,15 кг/т) й обприскуванням кукурудзи у фазі 3–5 листків YaraVitaKombiphos (3 л/га) – 207,5 ГДж/га, однак найвищий показник коефіцієнта енергетичної ефективності (5,0) одержано в гібрида Богатир на варіанті без використання макро добрив.

Загалом, всі заплановані дослідження виконано в повному обсязі. Одержані результати досліджень обґрунтовані, систематизовані, статистично оброблені. Описання, аналіз та узагальнення експериментального матеріалу виконані з урахуванням наявної наукової інформації. Усі розділи дисертації є повними, закінченими з обґрунтованими висновками, які витікають з результатів досліджень. Загальні висновки відображають експериментальні дані дисертації і свідчать про глибокий аналіз отриманих результатів.

Обсяг і повнота опублікованих матеріалів досліджень. За результатами досліджень опубліковано 1 стаття у науковому виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 4 статті у фахових виданнях України, 7 праць апробаційного характеру в збірниках матеріалів науково-практичних конференцій.

Дисертацію написано українською мовою, аргументовано, логічно, доступно для сприйняття.

Дотримання принципів академічної доброчесності. Дисертація не містить порушень академічної доброчесності (академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації).

Дискусійні положення та зауваження до дисертації. В процесі ознайомлення з дисертацією виникло ряд зауважень, запитань, що потребують уточнення та побажань:

1. У вступі бажано було б навести прізвища провідних вітчизняних вчених, які займаються питаннями досліджень гібридів кукурудзи.

2. У розділі 1 за посилання на монографії бажано вказувати сторінки, що використані в огляді джерел.

3. Не зрозуміло, чому автор використовував у своїх дослідженнях гібриди закордонної селекції, коли в Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, внесено багато гібридів української селекції?

4. В розділі 3.1 бажано було б з'ясувати залежність висоти рослин з сухою та сирою біомасою.

5. В розділі 4 (табл. 4.1 і наступні) наводиться структура врожаю. Потребує пояснення, чи це в повітряно-сухому вигляді? Більш наочно було б навести її у відсотках.

6. Чи досліджували ознаку «ремонтантність» у вивчених гібридів?

7. Наводяться показники структури урожайності у «молочно-воскову» стиглість, проте, «молочно-воскова стиглість» – це середнє між молочною та восковою стиглістю і вологість зерна та листо-стеблової маси?

коливається між 80 та 35%. То яка ж фаза розвитку та вологість зерна найбільш корелює з якістю силосної маси?

8. Бажано навести фази розвитку рослин (можливо за кількістю діб після цвітіння, або ж за вологістю біомаси) для збирання зі збереженням максимальних показників якості.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам, які пред'являються до ступеня доктора філософії. Дисертаційна робота Павліченка Костянтина Васильовича на тему: «Обґрунтування елементів технології вирощування кукурудзи на силос для виробництва біогазу в умовах Правобережного Лісостепу України» є завершеною оригінальною науковою працею, що відзначається науковою новизною, важливим теоретичним і практичним значенням та виконанням на належному науково-методичному рівні. Здобувач має високий рівень фахової підготовки, що дозволяє йому правильно й глибоко трактувати результати отриманих досліджень і трансформувати їх в технології для практичного використання.

На основі викладеного вище, враховуючи актуальність теми досліджень та отримані автором наукові результати, які підтверджені достатнім обсягом публікацій та апробовані в умовах виробництва, вважаю, що дисертаційна робота відповідає Постанові Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Вимог до оформлення дисертації» та Постанові Кабінету Міністрів України від 23.03.2016 р. № 261 «Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)», а її автор Павліченко Костянтин Васильович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агронімія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство».

Офіційний опонент:

доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
завідувачка відділу селекції сільськогосподарських культур
Інституту кліматично орієнтованого
сільського господарства НААН

Тетяна МАРЧЕНКО

«08» серпня 2023 р.

Особу та підпис Марченко Тетяни Юріївни перевірено.

Провідний спеціаліст з кадрів
Інституту кліматично орієнтованого
сільського господарства НААН,
м. Одеса



Марина ТОМНИЦЬКА