

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

КАТЕЛЕВСЬКИЙ ВАЛЕРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК:633.282:631.8:662:620.952

**УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО (MISCANTHUS GIGANTEUS) ДЛЯ
ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.09 – рослинництво

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2021

Дисертація є рукопис

Робота виконана в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України на Веселоподільській дослідно-селекційній станції впродовж 2016-2019 рр.

Науковий керівник: доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Гументик Михайло Ярославович,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, завідувач лабораторії селекції і технологій вирощування деревних біоенергетичних культур

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Карпук Леся Михайлівна,
Білоцерківський національний аграрний університет МОН, професор кафедри землеробства агрохімії та ґрунтознавства;

доктор сільськогосподарських наук, доцент
Коваленко Віталій Петрович,
Національний університет біоресурсів і природокористування України МОН, доцент, професор кафедри кормовиробництва, меліорації і метеорології

Захист дисертації відбудеться « 21 » грудня 2021 року о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.360.01 при Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за адресою: 03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за адресою: м. Київ, вул. Клінічна, 25, (II корпус).

Автореферат розісланий « 20 » листопада 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор сільськогосподарських наук

Л. І. Сторожик

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним з основних завдань біоенергетики вирізняється створення енергетичних плантацій високопродуктивних енергетичних культур, що використовуються для виробництва твердих видів палива з високою врожайністю біомаси. Однією з перспективних культур для ґрунтово-кліматичних зон України, що вирощується як сировина для альтернативних видів палива, визнано міскантус. Сучасний рівень продуктивності міскантусу та обсяги його виробництва залишаються ще недостатніми для забезпечення внутрішніх енергетичних потреб країни.

Підвищення рівня врожайності біомаси міскантусу завдяки застосуванню ефективних агротехнологій вирощування сприятиме пришвидшенню темпів розвитку біоенергетики у складі паливно-енергетичного комплексу України. Ця проблема з кожним роком набуває все більшої актуальності, адже лише на основі біоенергетики можна замінити в еквіваленті 37 млрд м³ газу/рік. Половини цього потенціалу вистачить, аби не імпортувати газ, обсяг якого у 2020 р. становив 15,9 млрд м³.

У вирішенні цієї проблеми значний внесок належить вітчизняним вченим серед яких: М.В. Роїк, В.Л. Курило, В.М. Сінченко, М.Я. Гументик, В.М. Квак, Я.Д. Фучило, Г.М. Калетнік, Г.Г. Гелетуша, С.М. Каленська, Д.Б. Рахметов, М.М. Харитонов, В.А. Доронін, О.М. Ганженко, Л.І. Сторожик, М.І. Кулик, Я.П. Макух, В.Т. Саблук, М.І. Федорчук, О.О. Ягольник та ін.

Найближчими роками необхідно наростити обсяги виробництва біомаси, впровадити ефективні технології вирощування та адаптувати їх до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, зокрема, до лівобережного Лісостепу України. Водночас в Україні налічується до 4 млн га малопродуктивних земель, на яких можна вирощувати біоенергетичні культури. Тому для одержання високих врожаїв біомаси міскантусу необхідно розробити енергоощадні технології, вдосконалити й оптимізувати технологічні процеси їхнього вирощування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження з теми дисертаційної роботи виконано відповідно до тематичних планів Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, що були частиною державної комплексної програми ПНД № 22 «Біоенергетичні ресурси» (2016-2019 рр.), зокрема, за Підпрограмою 5 «Нові види рослин та побічна продукція рослинництва для виробництва твердого біопалива, технології їх виробництва та підготовки для спалювання» («Тверді види палива»), за завданням «Розробити теоретичні основи зонального розміщення та адаптивної технології вирощування нових видів біоенергетичних культур» (номер державної реєстрації 0111U003124); Державної програми ПНД № 16 (2016-2020 рр.) Селекція, насінництво і розсадництво та технологія вирощування біоенергетичних культур як сировини для виробництва рідких, твердих і газоподібних видів біопалива «Біоенергетичні ресурси» – завдання (2016-2018 рр.) «Розробити технології

виращування високопродуктивних біоенергетичних культур як сировини для виробництва біогазу» (номер державної реєстрації 0116U002200); завдання (2016-2020 рр.) «Розробити агроекологічні основи механізованих технологій виращування високопродуктивних багаторічних злакових культур міскантусу для виробництва біопалива» (номер державної реєстрації 0116U002202).

Мета і завдання дослідження – удосконалити елементи технології виращування біомаси міскантусу гігантського для підвищення урожайності, технологічної якості сировини і зниження енергетичних витрат на основі використання мінеральних добрив та регуляторів росту в умовах лівобережної частини Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- проаналізувати сучасний стан виробництва біопалива та наукові тенденції ефективного виращування перспективної біоенергетичної культури *Miscanthus giganteus*;
- визначити вплив мінерального удобрення та передсадивного замочування садивного матеріалу у регуляторах росту на приживлюваність ризом і схожість рослин міскантусу;
- з'ясувати особливості росту і розвитку рослин у першій та наступні роки вегетації і формування врожаю надземної біомаси міскантусу залежно від норм внесення мінеральних добрив, замочування та позакореневого підживлення регуляторами росту одночасно;
- визначити динаміку формування елементів структури врожаю біомаси (висоти, діаметра головного пагона, кількості листків, пагонів, площі листової поверхні) та кореляційно-регресійні залежності між ними;
- встановити частку впливу умов року на варіабельність морфо-біологічних показників рослин, продуктивність і якість біомаси міскантусу;
- виявити вплив запропонованих елементів технології (фони мінерального удобрення і замочування, одно-, дворазова обробка регуляторами росту) на врожайність і технологічну якість сировини міскантусу гігантського;
- оцінити економічну й енергетичну ефективність нових технологічних операцій виращування міскантусу залежно від норм внесення мінеральних добрив, передсадивного замочування ризом та позакореневої обробки регуляторами росту рослин міскантусу.

Методи дослідження: польовий – визначення впливу погодних умов і досліджуваних факторів на рослину; лабораторний – визначення вмісту макроелементів у ґрунті та у рослині; математично-статистичний – оцінювання достовірності отриманих результатів та виявлення залежностей між елементами продуктивності; розрахунково-порівняльний – визначення економічної та енергетичної ефективності удосконаленої технології виращування міскантусу гігантського.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному.

Уперше:

встановлено закономірності та динаміку розвитку рослин міскантусу за впливу контрольованих і неконтрольованих абіотичних чинників;

доведено доцільність застосування удосконалених елементів як складових ресурсозберігаючої технології вирощування міскантусу гігантського, що сприяють підвищеному виходу енергії з одного гектара виробничих плантацій культури;

вирішено актуальні проблеми підвищення врожайності біомаси міскантусу як сировини для виробництва біопалива залежно від застосування нових елементів технологій вирощування в умовах Лісостепу України.

Набули подальшого розвитку – теорія формування продуктивності біомаси міскантусу гігантського за використання нових ресурсозберігаючих елементів технології його вирощування.

Новизна розроблених способів із технології вирощування та догляду багаторічних злакових культур офіційно підтверджена двома патентами на винахід (№ 112487; 133431).

Практичне значення одержаних результатів. Доведено ефективність застосування нових елементів технології вирощування міскантусу гігантського за використання мінерального удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ і передсадивного замочування ризом у регуляторах росту Вимпел-К і Квантум Голд одночасно з позакореневим підживленням рослин такими в процесі вегетації, що дало можливість отримати за чотири роки умовно чистий прибуток з продажу енергії 693,1 та 605,0 тис. грн/га насаджень.

Результати наукових досліджень увійшли до розділів двох колективних монографій та науково-практичних рекомендацій з особливостей вирощування міскантусу в Лісостепу України.

У господарствах різних форм власності, наукових установах та закладах вищої освіти для закладання плантацій біоенергетичних культур використовуються результати досліджень, які викладено: в монографії «Енергетичні культури» (2018); монографії «Міскантус в Україні» (2019); «Методичних рекомендаціях з використання технічних засобів під час вирощування міскантусу гігантського» (2021) і патентах № 112487 від 17.03.2016 та № 133431 від 10.04.2019.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційну роботу виконано автором особисто. Зокрема здобувачем здійснено пошук та аналіз наукових праць із проблем біоенергетики, розроблено програму, схеми дослідів та підібрано методики проведення експериментів, закладено польові дослідження, виконано польові й лабораторні дослідження, здійснено аналіз та узагальнення отриманих даних, проведено їхню статистичну обробку, сформовано основні положення та висновки, розроблено рекомендації щодо їхнього практичного використання у виробництві. За результатами проведених досліджень самостійно та у співавторстві підготовлено й опубліковано наукові праці,

частка авторського внеску в яких становить 70 %.

Апробація результатів. Основні результати досліджень і положення оприлюднено на засіданнях відділу технології вирощування і переробляння біоенергетичних культур та Методичної комісії Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (2016-2019 рр.); на Міжнародній конференції «Internatinal Symposium ISB-INMA ТЕН», що відбулася у Румунії в Бухаресті (Bucharest 28.10.2016 р.); на Експертній зустрічі «Виробництво біопалива з біомаси міскантусу гігантського на територіях минулих військових дій», організованої за підтримки НАТО – номер проекту G4687 (м. Київ, університет «НУБІП», 08.11.2018 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 16 наукових праць, 4 – статті у фахових виданнях України, 1 – у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus/Web of Science, 2 – колективні монографії, 1 – методична рекомендація, 2 – патенти на корисну модель, 6 – тез (2 – у наукових виданнях інших держав і 4 – в Україні).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена на 228 сторінках комп'ютерного тексту і складається з анотації, вступу, 7 розділів, висновків, рекомендацій виробництву та додатків. Робота містить 19 таблиць і 64 рисунки, 15 додатків. Список використаної літератури налічує 211 джерел, з яких 101 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

На основі опрацювання вітчизняної і зарубіжної літератури (200 джерел), вивчено народно-господарське значення міскантусу, доцільність вирощування культури в різних агрокліматичних зонах України для виробництва альтернативних видів енергії, систематику роду міскантус, морфо-біологічні особливості рослин, вимогу до абіотичних чинників, що забезпечують їх життєдіяльність. Охарактеризовано технологічні операції, що виступають складовими традиційної технології вирощування міскантусу.

Критичний аналіз різних джерел інформації показав, що деякі технологічні прийоми вирощування міскантусу в Україні потребують удосконалення з метою підвищення продуктивності культури. У зв'язку з цим досліджували нові елементи технології, які передбачають застосування мінерального удобрення у дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ та передсадивне замочування ризом із поєднанням позакореневого підживлення регуляторами росту Вимпел-К і Квантум Голд. Для дослідження обрано сорт міскантусу вітчизняної селекції (оригінатор Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН) «Осінній зорець».

УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися упродовж 2016-2019 рр. у польових і лабораторних умовах Веселоподільської дослідно-селекційної станції (с. Вереміївка Семенівського району Полтавської області) та Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН – далі ВПДСС та ІБКіЦБ.

Ґрунти дослідної станції типові для зони, з високим потенціалом родючості, що за вчасного і якісного виконання технологічних операцій та сприятливих метеорологічних умов забезпечують високі й сталі врожаї біоенергетичних культур, цукрових буряків та інших сільськогосподарських культур.

Кліматичні умови Семенівського району Полтавської області, де виконували основні експериментальні дослідження, характеризуються помірно-континентальним кліматом із теплим літом і м'якою зимою та недостатнім зволоженням. Середня багаторічна середньорічна температура повітря становить $+7,7^{\circ}\text{C}$, середня тривалість вегетаційного періоду – 210 днів, безморозного періоду – 177 днів. Тривалість періоду з активною температурою повітря вище $+5^{\circ}\text{C}$ – 200-210 днів, тривалість періоду з ефективною температурою повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ – 165 днів.

Агрометеорологічні умови вегетації міскантусу упродовж 2016–2019 рр. вирізнялися значними відхиленнями від середніх багаторічних показників, хоча виявилися в основному сприятливими для вирощування енергетичної культури Міскантус гігантський, здатної до високого рівня накопичення біомаси за умови суворого дотримання агротехнічних вимог із догляду за ними.

Досліди проводили за двофакторними схемами. Площа ділянки – 50 м^2 , облікової – $17,2\text{ м}^2$, загальної – 646 м^2 . Розміщення ділянок рендомізоване.

Схеми дослідів

Дослід 1. Ріст, розвиток і продуктивність міскантусу залежно від норм мінеральних добрив із позакореневим підживленням регуляторами росту.

Фактор А. Добрива

1. Без добрив (контроль)
2. $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
3. $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$

Фактор Б. Позакоренева обробка

1. Вода (контроль)
2. Квантум Голд а) одноразова, б) дворазова
3. Вимпел–К а) одноразова, б) дворазова

Дослід 2. Ріст, розвиток і продуктивність міскантусу залежно від замочування у регуляторах росту та позакореневого підживлення ними.

Фактор А. Замочування ризомів у регуляторах росту

1. Вода (контроль)
2. Квантум Голд
3. Вимпел – К

Фактор Б. Позакоренева підживлення

1. Вода (контроль)
2. Квантум Голд а) одноразова, б) дворазова
3. Вимпел–К а) одноразова, б) дворазова

Площа садивної ділянки 50 м^2 .

Рослини висаджували у I-II декаді квітня на глибину 8 – 10 см із густотою стояння таких 16,8 шт./га (70 x 85 см) та масою ризомів 10 – 20 г. Для досліджень використовували препарати регулятори росту Квантум Голд та Вимпел-К. Із метою встановлення врожайності сухої листково-стеблової маси користувалися методом зважування (Трифорова М. Ф. і др., 1996), вміст NPK у рослинах визначали за методикою (Ковальчук В. П., 2010). Отримані експериментальні дані досліджень обробляли дисперсійним, кореляційно-регресійним методами на персональному комп'ютері за прикладними програмами Excel і «Statistica 12».

ПРИЖИВЛЮВАНІСТЬ РИЗОМ МІСКАНТУСУ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОСЛІДЖУВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ

Контрольовані (фон мінерального удобрення і фон замочування у регуляторах росту з позакореневим обприскуванням) і неконтрольовані (грунтово-кліматичні умови) чинники впливають на всі показники, пов'язані з ростом і розвитком рослин міскантусу. Аналіз даних засвідчив, що найбільший відсоток приживлюваності ризом спостерігався на всіх фонах мінерального удобрення у 2016 р. – від 95,6 до 96,9 %.

У 2017 р. відзначено не лише дуже низьку приживлюваність ризом (від 13,1 до 15,4 %), що пов'язано з недостатністю вологи, пониженою температурою і навіть заморозками (до 7 °С), але й їх випадання під час вегетації.

У варіанті без добрив загинуло 2,0 % рослин, тоді як у варіантах із добривами таких виявилось більше – відповідно (7 % – N₃₀P₃₀K₃₀ та 4,4 % – N₆₀P₆₀K₆₀). У 2018 р. кращий результат приживлюваності отримали у варіанті N₃₀P₃₀K₃₀, із показником 85,6 %. У 2019 р. – це варіант із фоном мінерального удобрення N₆₀P₆₀K₆₀ – 73,2 %, що на 7,9 % перевершив контрольний варіант.

За аналізом даних дослідів з вивчення впливу передсадивного замочування ризом у розчини регуляторів росту Вимпел-К і Квантум Голд встановлено, що у 2016 р. приживлюваність садивного матеріалу була найвищою в усіх варіантах, а саме: контроль – 93,5 %, замочування у регуляторах росту Квантум Голд – 93,9 %, Вимпел-К – 93,9 % (рис. 1).

Замочування у препараті Вимпел-К суттєво вплинуло на приживлюваність садивного матеріалу у посушливий 2017 р., збільшивши приживаність ризом на 17,1 %. У несприятливий 2017 р. (різке пониження температури в кінці квітня, що позбавило ґрунт вологи) регулятор росту Квантум Голд спрацював як інгібітор розвитку рослин, майже вдвічі знизивши показник приживлюваності (7,5 проти 13,9 % у контрольному варіанті). У 2018 р. спостерігалася аналогічна тенденція: підвищення показника приживлюваності за дії регулятора росту Вимпел-К (на 3,3%), і пригнічення – за дії регулятора росту Квантум Голд (на 6,5 %) порівняно з контролем.

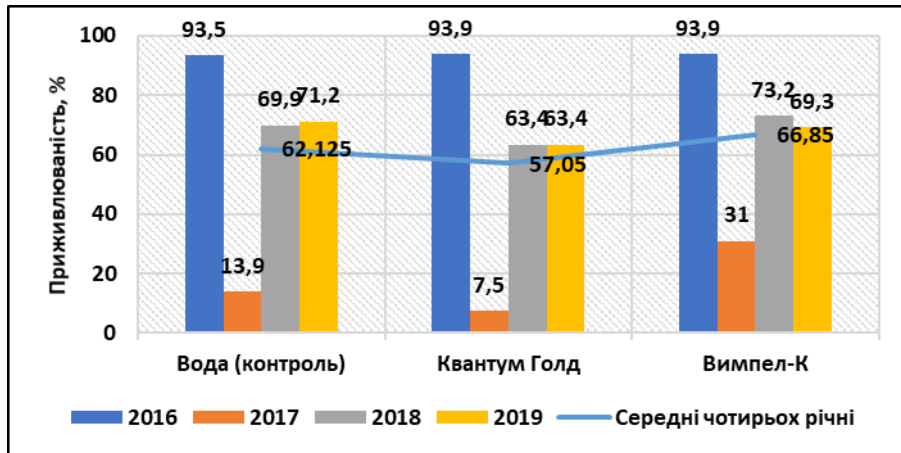


Рис.1. Приживлюваність ризом міскантусу залежно від замочування у регуляторах росту, %, ВПДСС, 2016-2019 рр.

ЕЛЕМЕНТИ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ МІСКАНТУСУ ЗАЛЕЖНО ВІД НОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПОГОДНИХ УМОВ РОКУ

На врожай біомаси міскантусу впливають такі елементи його структури: кількість пагонів, висота і товщина пагона, площа асимілюючої поверхні та ін. Їхній прояв значною мірою залежить як від погодних умов року, так і від тих прийомів, що застосовуються в технології вирощування культури.

Висота рослин. За застосування фону мінерального удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ та дворазової обробки розчином препарату Квантум Голд середня висота рослин знаходилася на рівні 139 см, що на 9 см перевищувала висоту рослин на контролі (дворазове обприскування). За одноразової обробки розчином препарату Вимпел-К висота рослин становила 134 см (перевищення порівняно з контролем на 4 см). На фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ найвищими (140 см) рослини виявилися у варіанті за дворазової обробки розчином препарату Вимпел-К і найнижчими (129 см) у варіанті з одноразовою обробкою препаратом Квантум Голд.

При замочуванні розчином препарату Квантум Голд за одноразової обробки ним же середня висота рослин становила 118 см. Дворазове обприскування цим же препаратом зумовило істотне збільшення висоти (на 15 см) – до 133 см. За обробки розчином препарату Вимпел-К висота рослин на 9-10 см була нижчою. Замочування у розчині препарату Вимпел-К не викликало підвищення показника висоти рослин (134 см), що знаходилося в межах HP_{05} . За позакореневого обприскування препаратом Квантум Голд висота рослин була такою ж – 134 см, що на 3 см вище від контрольного варіанта (рис. 2).

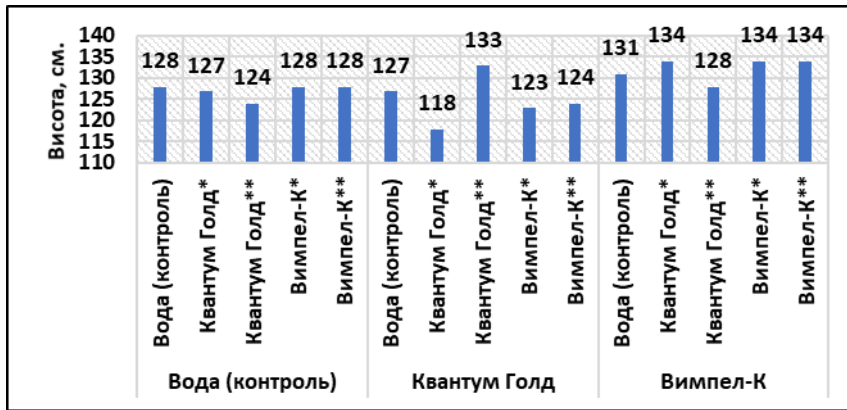


Рис. 2. Висота центральних пагонів рослин міскантусу гігантського залежно від фону замочування і позакореневого підживлення, см, 2016-2019 рр.

Дисперсійним аналізом встановлено, що частка впливу замочування на висоту рослин була достовірною і оцінювалася у 37 %, взаємодія факторів обприскування/замочування становила 8 %, а вплив фактора «роки» визначено як 50 %.

Діаметр центрального пагона. Встановлено, що на всіх фонах мінерального удобрення, включаючи контроль, дворазова обробка розчином препарату Вимпел-К показала однаковий результат – 5,4 мм у діаметрі (середнє значення). У варіанті з фоном удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ за дворазової обробки регуляторами росту отримано однаковий результат (5,4 мм), за одноразової обробки – 5,0 мм, що перевищує контроль на 0,7 та 1,1 мм. Варто зауважити, що вимірювання діаметра пагона здійснювали на одних і тих же пагонах одних і тих же рослин, що виключало вплив генотипових особливостей конкретної рослини. Зі збільшенням норми добрив удвічі (варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$) не відзначено суттєвої різниці між варіантами з одноразовим обприскуванням різними препаратами (5,0 мм), однак повторне обприскування збільшило діаметр стебла на 0,4 мм. Отже, позакореневе обприскування (як одно-, так і дворазове) виявилось ефективним прийомом для потовщення пагона міскантусу гігантського.

Передсадивне замочування садивного матеріалу у регуляторах росту сприятливо впливало на діаметр центрального пагона рослин міскантусу гігантського, збільшуючи його на 0,7 – 1,3 мм.

Кількість пагонів у куці рослини. Встановлено, що на фонах $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ за одноразової позакореневої обробки розчином препарату Квантум Голд кількість пагонів у середньому була більшою, ніж за повторного обприскування і становила відповідно 11 і 10 шт. (контроль), 13 і 11 шт. та 11 і 10 шт. (при $HP_{05} = 0,5$ шт.). Причому друге обприскування разом із підвищеними температурами спричиняло стрес для рослин, тим самим зменшуючи кількість пагонів. За повторного обприскування розчином препарату Вимпел-К на контролі кількість пагонів зростає (на 2 шт. у куці), на фоні $N_{30}P_{30}K_{30}$ не змінилася, тоді як на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ стала достовірно меншою (на 1 шт.).

За результатами досліджу із замочуванням садивного матеріалу у регуляторах росту, а також з одно- та дворазовою позакореневою обробкою встановлено, що препарат Вимпел-К за замочування і дворазового обприскування стимулював утворення нових пагонів (14 шт. у кущі), тоді як за дії препарату Квантум Голд і дворазового обприскування їх виявилось лише 10 шт. у кущі, що перевищувало контроль на 3 шт. пагонів у найпродуктивнішому варіанті. За замочування і дворазової позакореневої обробки препаратом Квантум Голд зафіксовано найбільше пагонів – 12 шт. у кущі, при тому, що на контролі їх було 9 шт., а у варіанті із замочуванням у препараті Вимпелі-К – 10 шт. Як показав дисперсійний аналіз, фактори замочування і позакореневе підживлення були рівноцінними (11-10 %) у формуванні кущистості, однак їх спільний вплив виявився синергічним – один фактор підсилював дію іншого, оскільки частка їх взаємодії становила 23 %.

Кількість листків на головному пагоні. У варіанті досліджу $N_{30}P_{30}K_{30}$ найбільшу кількість листків – 15 шт. зафіксовано при дворазовому позакореневою обприскуванні регулятором росту Квантум Голд, за їх найменшої кількості на контролі (обробка водою) – 12 шт. В усіх інших варіантах таких було менше – 13 шт. ($HP_{05}=0,5$). У разі збільшенні дози добрив удвічі ($N_{60}P_{60}K_{60}$) порівняно з варіантом $N_{30}P_{30}K_{30}$ одно- і дворазове обприскування сприяло формуванню 14 листків, що виявилось їх найбільшою кількістю на цьому фоні. Аналіз часток впливу на утворення листкового апарату свідчить, що від позакореневого обприскування залежить 28 % варіабельності ознаки, від взаємодії факторів фон мінерального удобрення / позакореневе обприскування – 25 %. Також на 9 % – фон мінерального удобрення і на 30 % зумовленість кількості листків відчували вплив умов року, тоді як замочування ризом перед садінням ефективно (46 %) впливало на процес листкоутворення, що спостерігалось упродовж усіх чотирьох років досліджень (рис. 3).

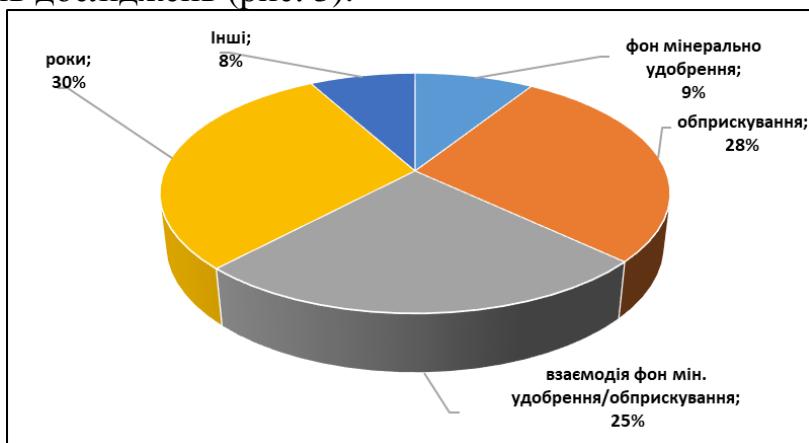


Рис. 3. Частки впливу фонів мінерального удобрення на кількість листків головного пагона, %, ВПДСС, 2016–2019 рр.

Площа листкової поверхні. На різних фонах замочування в регуляторах росту Вимпел-К і Квантум Голд показник такої значною мірою коливався (табл. 1).

Площа листової поверхні рослин міскантусу гігантського залежно від фону замочування і одно-, дворазового обприскування препаратами Квантум Голд і Вимпел-К, тис.м²/га., 2016-2019 рр.

Фон замочування	Препарати і кратність їх внесення	Рік				Середній показник, тис.м ² /га
		2016	2017	2018	2019	
Вода (контроль)	Вода (контроль)	22,8	1,9	14,8	10,7	12,5
	Квантум Голд*	37,6	1,7	13,2	7,8	15,1
	Квантум Голд**	31,3	1,0	14,5	7,5	13,6
	Вимпел-К*	42,2	1,6	13,1	10,8	16,9
	Вимпел-К**	39,8	2,3	14,1	7,8	16,0
Квантум Голд	Вода (контроль)	36,9	0,6	16,0	8,8	15,6
	Квантум Голд*	29,6	0,3	11,3	6,3	11,9
	Квантум Голд**	40,2	0,7	13,3	14,6	17,2
	Вимпел-К*	40,4	0,6	13,1	6,5	15,2
	Вимпел-К**	41,0	0,3	14,2	8,1	15,9
Вимпел-К	Вода (контроль)	35,1	3,3	14,1	9,9	15,6
	Квантум Голд*	35,1	2,0	13,4	9,3	15,0
	Квантум Голд**	33,4	2,9	15,6	11,8	15,9
	Вимпел-К*	36,9	3,2	19,5	7,7	16,8
	Вимпел-К**	42,5	4,0	20,4	10,5	19,4
НІР ₀₅		1,8	0,1	0,7	0,5	0,8

* Одноразова. ** Дворазова позакоренева обробка.

Аналіз площі листової поверхні показав, що погодні умови років були потужним фактором впливу на прояв цього показника. Повторне обприскування препаратами Квантум Голд і Вимпел-К за передсадивного замочування ризом в основному стимулювало наростання листової поверхні рослин міскантусу гігантського.

За використання різних фонів мінерального удобрення і замочування у препаратах Квантум Голд та Вимпел-К залежність між площею листової поверхні і кількістю листків, а також кількістю пагонів у рослин міскантусу гігантського була позитивною й описувалася лінійними рівняннями.

ДИНАМІКА РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН МІСКАНТУСУ ЗА ВПЛИВУ НОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

У процесі вивчення інтенсивності росту рослин міскантусу по місяцях вегетаційного періоду залежно від досліджуваних факторів встановлено, що у перші місяці (друга декада червня-липня) за всі чотири роки на цей показник сприятливіше впливав фактор передсадивного замочування ризом у регуляторах росту (Вимпел-К та Квантум Голд), ніж фон мінерального удобрення. Також, за дії замочування ризом обома препаратами (Квантум Голд і Вимпел-К) найінтенсивніше пагоноутворення припадає на кінець літа – початок осені (серпень – вересень), що становить 10-11 пагонів на кущ. Періодом найінтенсивнішого листкоутворення виявилася середина липня –

середина серпня, коли формувалося по 5 листків у 2016 р., і по 3 листки – у 2017-2019 рр.

Аналіз динаміки наростання листової поверхні залежно від фону передсадивного замочування у регуляторах росту упродовж вегетаційного періоду (червень – жовтень) показав, що площа листової поверхні збільшується з червня по серпень, тоді як з вересня по жовтень вона зменшується через зниження сонячної інсоляції і середньодобових температур повітря (рис. 4).

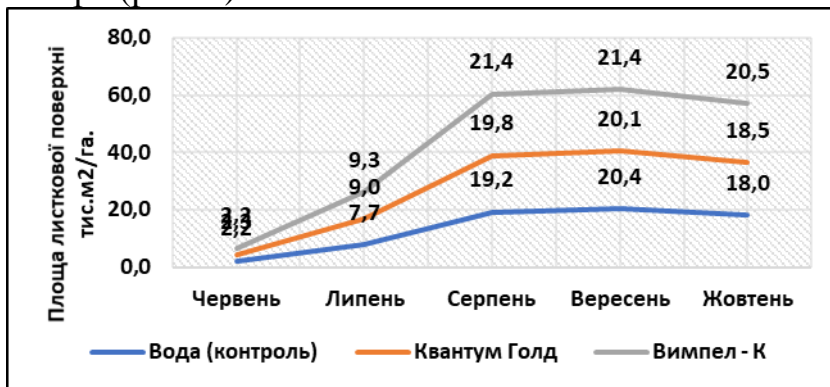


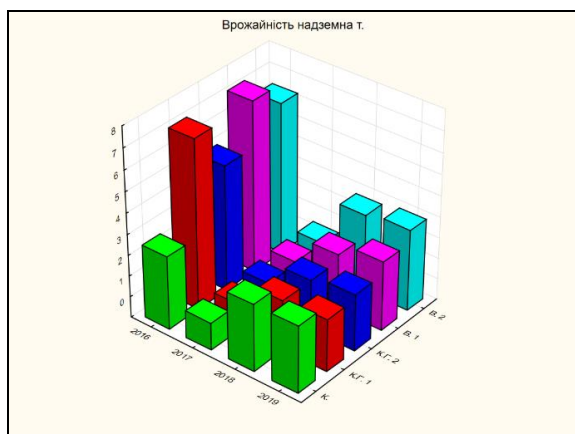
Рис. 4. Динаміка наростання площі листової поверхні рослини міскантусу залежно від фону передсадивного замочування ризом, 2016-2019 рр.

Фони замочування виявили позитивний вплив на формування асимілюючої поверхні. У період активної вегетації вона в середньому збільшилася у липні від 7,7 (на контролі) до 9,0 і 9,3 – при замочуванні тис.м²/га. а в серпні різниця була більшою – відповідно 19,2 та 19,8 і 21,4 тис.м²/га

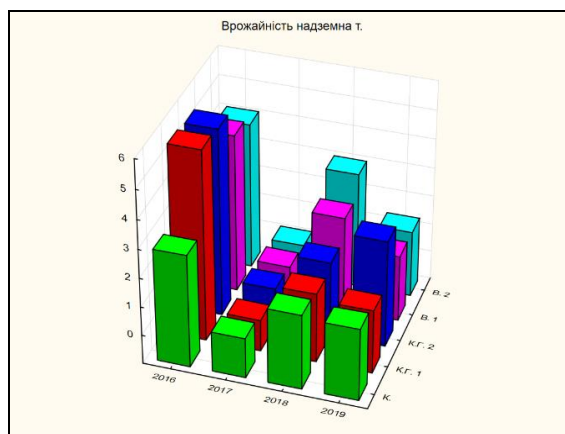
УРОЖАЙНІСТЬ, ЯКІСТЬ СИРОВИНИ І БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА МІСКАНТУСУ ГІГАНСЬКОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

За проведеними дослідженнями встановлено, що у перший рік вирощування міскантус гігантський не спричиняв істотного навантаження на ґрунтову систему. Винос елементів живлення з ґрунту відзначено як незначний: азот – 20,4-33,8 кг/га, фосфор – 3-5,3, калій – 6,1-12,4 кг/га. Внесення дози добрив N₃₀P₃₀K₃₀ стало достатнім для формування врівноваженого та розширеного балансу елементів живлення у ґрунті. Вирощування міскантусу гігантського першого року вегетації забезпечило стабільність вмісту органічної речовини у ґрунті на рівні 4,04-4,11%. Вміст рухомого фосфору на кінець вегетації зменшився на 17-18 мг/кг, калію – на 13-43 мг/кг ґрунту, що пов'язано з використанням елементів живлення рослинами та їх трансформацією у ґрунті.

Крім того встановлено, що найпотужніше формування надземної біомаси відбулося у 2016 р., коли погодно-кліматичні умови року (поєднання температури повітря і достатньої кількості опадів) виявилось найсприятливішим (рис. 5).



а) фон мінерального удобрення



б) фон замочування

Рис. 5. Урожайність сухої надземної біомаси міскантусу за дії фонів мінерального удобрення і передсадивного замочування, 2016-2019 рр.

При цьому найвищі показники зафіксовано на варіантах одноразового обприскування препаратами Квантум Голд і Вимпел-К на фоні мінерального удобрення у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$, що становили відповідно 7,1 і 7,2 т/га. У варіанті замочування регулятором росту Вимпел-К і дворазовою обробкою ним же отримано 7,5 т/га, тоді як за перехресного використання препарату Квантум Голд – 6,7 т/га.

У всі інші роки (2017-2019 рр.) урожайність сухої надземної біомаси виявилася значно нижчою за впливу обох досліджуваних елементів технології вирощування. У несприятливому 2017 р. у досліді з вивчення впливу мінеральних добрив за одно- і дворазової обробки препаратом Вимпел-К на обох фонах ($N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$) урожайність була найвищою порівняно з іншими варіантами, однак залишалася низькою (по 0,4 т/га). В інші роки така коливалася від 1,5 до 4,7 т/га, тобто посідала проміжне місце за цим показником у контрастні роки.

Аналогічну тенденцію спостерігали і в досліді передсадивного замочування ризом у регуляторах росту.

У зв'язку з тим, що біомаса використовується як сировина, з якої отримують теплову енергію, постала необхідність простежити її якісні характеристики (вміст азоту, фосфору та калію) у сухій біомасі залежно від застосованих тут нових елементів технології вирощування міскантусу гігантського.

У відсотковому відношенні вміст азоту у сухій біомасі рослини міскантусу відзначено більшим, ніж мікроелементів фосфору та калію на всіх варіантах із коливанням від 3,5 до 5,5 %. Суттєво нижчий відсотковий вміст фосфору простежувався на всіх варіантах досліді. Він коливався від 0,6 до 1,0 %. У контрольному варіанті дворазова обробка обома препаратами знижувала вміст фосфору у сухій біомасі рослини. На варіантах із внесенням одинарної і подвійної дози ($N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$), фіксували аналогічне зниження цього показника – відповідно на 0,2 та 0,1 %. Уміст калію виявився також нижчим за повторної обробки регуляторами росту. Отже, повторне

позакореневе підживлення регуляторами росту знижувало сумарний вміст усіх макроелементів (азоту, фосфору і калію) на контролі (без добрив) і за дії внесення мінерального удобрення. Однак найбільше зниження відбулося за внесення одинарної дози добрив.

Порівнянням вмісту макроелементів у різних органах рослини виявлено, що найбільше азоту знаходилося у пагонах (1,1 %) і коренях (1,0 %). Листя й підземні живці характеризувалися проміжним його значенням (відповідно 0,8 і 0,9 %) (рис. 6).

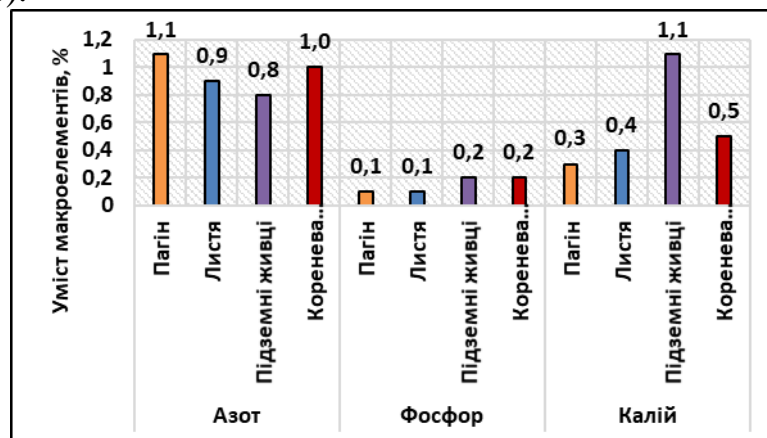


Рис. 6. Уміст макроелементів у різних структурних частинах рослини міскантусу, %, ВПДСС, 2017-2019 рр.

Найбільше фосфору містила суха біомаса підземних живців і кореневої системи (по 0,2 %), незалежно від дії досліджуваних факторів. Калію виявилось суттєво більше у підземних живцях (1,1 проти 0,3 – 0,5 % в інших частинах рослин), що сприяло активному формуванню надземної біомаси у наступні роки.

Ґрунтуючись на даних урожайності сухої біомаси міскантусу гігантського, отриманих за дії досліджуваних факторів за розробленою в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН методикою, здійснено перерахунок на показник виходу енергії, вихід твердого палива, вихід біогазу з енергетичною оцінкою кожного варіанта.

Найвищий вихід твердого біопалива за середніми даними чотирьох років у досліді з вивчення впливу фонів мінерального удобрення і кратності обробок регуляторами росту як позакореневого підживлення відзначено на варіантах фонів $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ за дворазового обприскування препаратом Вимпел-К – по 3,4 т/га проти контролю 2,8 т/га (перевищення 0,6 т/га). Із цих варіантів можна отримати по 54 МДж/га.

У досліді, де за фактор впливу слугувало передсадивне замочування ризом у регуляторах росту Квантум Голд і Вимпел-К та одно- й дворазове обприскування ними, найвищий показник виходу твердого біопалива зафіксовано у варіанті замочування і дворазової обробки однойменним препаратом Вимпел-К – 3,7 т/га (табл. 2). Із цієї кількості твердого біопалива можна отримати 59 МДж/га енергії. Зі згаданого варіанта за переробки сухої біомаси на біогаз можна отримати 2,6 тис. m^3 /га, або в еквіваленті 57 МДж/га.

Розрахункова кількість твердого біопалива, біогазу та вихід енергії з них за дії фонів передсадивного замочування та кратності позакореневого підживлення, 2016-2019 рр.

Фон замочування	Препарати і кратність їх внесення	Урожай сухої біомаси, т/га	Тверде біопаливо, т/га	Енергія з твер. біо./т, МДж/га	Біогаз, тис.м ³ /га	Енергія з біогазу, МДж/га
Вода контроль)	Вода (контроль)	2,7	3,0	48	2,1	45
	Квантум Голд*	1,8	2,0	32	1,4	31
	Квантум Голд**	2,1	2,3	37	1,6	36
	Вимпел-К*	2,8	3,1	49	2,1	47
	Вимпел-К**	2,3	2,5	41	1,8	39
Квантум Голд	Вода (контроль)	1,6	1,8	28	1,2	27
	Квантум Голд*	2,1	2,3	37	1,6	35
	Квантум Голд**	2,5	2,8	45	1,9	43
	Вимпел-К*	2,1	2,3	37	1,6	35
	Вимпел-К**	2,1	2,3	38	1,6	36
Вимпел-К	Вода (контроль)	2,9	3,2	50	2,2	48
	Квантум Голд*	2,3	2,5	41	1,8	39
	Квантум Голд**	2,7	3,0	48	2,1	46
	Вимпел-К*	2,3	2,5	40	1,8	38
	Вимпел-К**	3,4	3,7	59	2,6	57

* Одноразова. ** Дворазова позакоренева обробка.

За виходом енергії найпривабливішими варіантами виявилися: поєднання фонів мінерального удобрення (N₃₀P₃₀K₃₀ і N₆₀P₆₀K₆₀) і дворазового обприскування препаратом Вимпел-К (по 54 МДж/га), передсадивне замочування ризом і дворазової обробки як позакореневого живлення однойменним препаратом Вимпел-К (59 МДж/га енергії).

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА НОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО

Проведено економічну оцінку технологічних операцій, а саме внесення мінеральних добрив, замочування ризом у регуляторах росту та позакоренево підживлення ними рослин міскантусу гігантського.

Структура фінансових витрат на вирощування міскантусу гігантського за дії різних фонів мінерального удобрення і позакореневого підживлення рослин регуляторами росту упродовж чотирьох років була різною. У перший рік (2016 р.) переважна частка фінансових витрат (82,9 %) припадала на закупівлю садивного матеріалу (ризом), ціни на який зросли від 2,8 до 4,9 грн/шт. У 2017-2018 рр. (другий і третій рік вегетації) порівняно з 2016-м різко збільшилися витрати на хімічні засоби (регулятори росту, гербіциди і т. п.) від 1,4 до відповідно 41,5 і 40,9 %. Зросли також і витрати на пальне,

оскільки урожай біомаси щорічно збільшувався і необхідним було, окрім технологічних операцій з догляду за рослинами, його збирати і транспортувати. Щорічні витрати 2016-2018 рр. (адміністративні й страхові платежі, оплата праці, амортизація технічних засобів, поточні ремонти та ін.) виявилось відносно стабільними і змінювалися за їх сумою в межах 15,7 – 20,1 % від загальних витрат. За четвертий рік (2019 р.) у структурі витрат найбільшу частку становила оренда землі (45,7 %), тоді як за 2016-2018 рр. вона була вдвічі меншою. Аналогічну тенденцію у структурі витрат відзначено за дії різних фонів передсадивного замочування ризом у регуляторах росту й обприскування такими.

Грошова окупність за отриману біомасу застосованих елементів технології настала з третього року. Валовий дохід із реалізованої біомаси, вирощеної на другий рік вегетації, становив 102,8 тис. грн, що повною мірою окупило вкладені грошові кошти (рис. 7). З третього і четвертого років за результатами попереднього збору врожаю біомаси окупність перевищувала вкладені кошти відповідно у 2,1 і 3,5 раза, за абсолютного вираження 205,6 і 347,8 тис. грн/га.

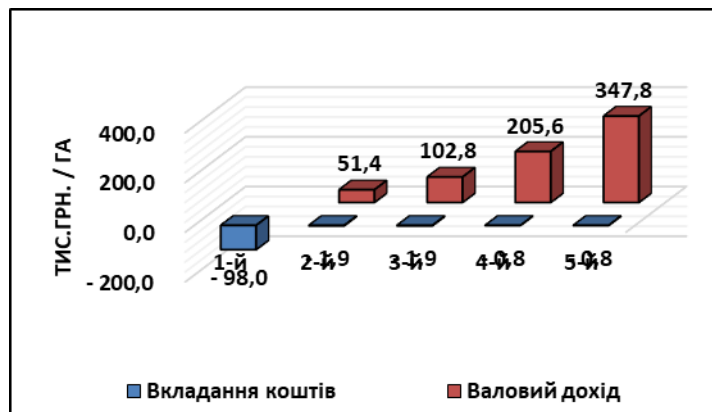


Рис. 7. Окупність вкладених коштів у вирощування міскантусу гігантського за дії передсадивного замочування у регуляторах росту і обприскування такими, 2016-2019 рр.

Як відомо, кінцеву продукцію, що містить додану вартість, реалізовувати значно вигідніше, ніж сировину (біомасу). Коефіцієнти енергетичної ефективності, як відношення витраченої енергії до отриманої, за варіантами дослідів коливалися від 2,5 до 4,7.

Найпривабливішими варіантами виявилися передсадивне замочування ризом у препаратах Квантум Голд і Вимпел-К за дворазового позакореневого підживлення препаратом Вимпел-К, оскільки коефіцієнт енергетичної ефективності в цих варіантах одержано найвищий – відповідно 3,8 і 4,7. Умовний прибуток у згаданих варіантах теж встановлено найвищий – відповідно 543,0 і 605,0 тис. грн проти 278,6 тис. грн за традиційної технології, за рівня рентабельності відповідно 230,1 і 276,1 проти 66,3 %.

ВИСНОВКИ

1. У дисертації наведено теоретичне узагальнення і практичне вирішення наукового завдання з удосконалення технології вирощування міскантусу у Лісостепу України шляхом застосування мінерального удобрення, передсадивного замочування ризом та позакореневого підживлення регуляторами росту рослин препаратами, що дає можливість за чотири роки отримати умовно чистий прибуток з продажу теплової енергії 689,6-693,1 тис. грн/га.

2. Приживлюваність ризом міскантусу залежно від фону мінерального удобрення найвищою відзначена на всіх варіантах у 2016 р. (95,6 – 96,9 %), і найменшою у 2017 р. (13,6 – 15,9 %). Замочування садивного матеріалу у розчині регулятора росту Вимпел-К сприяло кращій приживлюваності рослин – за чотири роки у середньому 66,8 %, тоді як регулятор росту Квантум Голд спричиняв у таких стресовий стан, особливо у посушливі роки (2017-2018 рр.).

3. Найвищі показники висоти рослин (140 см у середньому за чотири роки) зафіксовано на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ у сукупності з дворазовим позакореневим обприскуванням. Переважаючою часткою впливу на висоту рослин виявився фон мінерального удобрення – 55 %. Найінтенсивніший ріст рослин спостерігали у другій декаді липня – другій декаді серпня. Замочування у розчині препарату Вимпел-К визнано ефективнішим для стимуляції росту рослин міскантусу, ніж у розчині препарату Квантум Голд, за частки впливу власне фактора замочування на згаданий показник 37 %. Одноразове обприскування препаратом Вимпел-К зумовило такий же ефект, як дворазове – препаратом Квантум Голд.

4. За показником діаметра пагона зі збільшенням норми добрив удвічі (варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$) не встановлено суттєвої різниці між варіантами з одноразовим обприскуванням препаратами Квантум Голд і Вимпел-К (5,0 мм). Повторне обприскування достовірно збільшило діаметр пагона на (0,4 мм). Позакореневе обприскування (як одно-, так і дворазове) виявилось ефективним для потовщення стебла. Замочування садивного матеріалу у розчинах регуляторів росту сприятливо впливало на діаметр, збільшуючи його на 0,7 – 1,3 мм.

5. Найзначніше пагоноутворення зафіксовано у досліді з фоном удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ та одноразовою обробкою Квантум Голд (13 шт. у куці). Передсадивне замочування ризом і дворазове обприскування одним і тим же препаратом стимулювало утворення додаткових пагонів у куці (в середньому 3 шт.). Фон замочування й обприскування виявили майже однаковий вплив на куцистість (відповідно 11 і 10 %), а їхня взаємодія – 23 %. Вплив умов року оцінювався у 50 %. Найінтенсивніше пагоноутворення припадає на кінець літа – початок осені (серпень – вересень).

6. Найбільшу кількість листків (15 шт.) зафіксовано на варіанті $N_{30}P_{30}K_{30}$ за дворазового позакореневого обприскуванням регулятором росту Квантум

Голд (на 3 шт. більше, ніж на контролі). За збільшення дози добрив удвічі ($N_{60}P_{60}K_{60}$) одно- і дворазове обприскування сприяло формуванню на головному пагоні 14 листків. У структурі впливу факторів на кількість листків позакореневе обприскування становило 27 %. Частку у 25 % варіабельності ознаки зумовила взаємодія факторів фон мінерального удобрення/ позакореневе обприскування. Періодом найінтенсивнішого листкоутворення стала друга декада липня – друга декада серпня (по 5 листків у 2016 р., і по 3 листки – у 2017-2019 рр.).

7. Фони добрив і обприскування виявилися рівноцінними за впливом на формування врожайності як надземної, так і підземної біомаси (22 і 24, 10 і 9 %). Для формування врожайності сухої надземної маси найбільший приріст відзначено за замочування у препараті Вимпел-К і дворазової обробки ним же (1,1 т/га). Вплив умов року спостерігався значним на формування сухої маси підземної частини за дії як фонів мінерального удобрення, так і фонів замочування й оцінювався – відповідно 47 і 54 %.

8. Внесення мінерального удобрення у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ стало достатнім для формування врівноваженого та розширеного балансу елементів живлення у ґрунті. Вирощування міскантусу гігантського у перший рік вегетації забезпечило стабільність вмісту органічної речовини у ґрунті на рівні 4,04-4,11%. Вміст рухомого фосфору на кінець вегетації зменшився на 17 – 18 мг/кг, калію – на 13-43 мг/кг ґрунту, що пов'язано з використанням елементів живлення рослинами та їх трансформацією у ґрунті.

9. Найбільше накопичення азоту по органах рослини міскантусу відзначено у листках (1,3 % у сухій біомасі), хоча показник фосфору спостерігався однаковим у всіх частинах рослини (по 0,2 %), тоді як калію найбільше було у сухій біомасі підземних живців (1,3 %). Дворазова обробка розчинами препаратів Квантум Голд і Вимпел-К збільшувала вміст азоту незалежно від фонів передсадивного замочування ризом. Уміст фосфору підвищувався лише за замочування у регуляторі росту Квантум Голд і повторного обприскування препаратом Вимпел-К. Збільшений вміст калію простежувався за дії препарату Вимпел-К як фону замочування, так і за позакореневого підживлення (2,7 %).

10. За виходом енергії найпривабливішими варіантами визнано: поєднання фонів мінерального удобрення ($N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$) та дворазового обприскування препаратом Вимпел-К (по 54 МДж/га), передсадивного замочування ризом і дворазової обробки як позакореневого підживлення однойменним препаратом Вимпел-К (59 МДж/га енергії).

11. Поєднання таких факторів, як мінеральне удобрення і позакореневе підживлення доцільне. У структурі витрат за перший рік переважаючою відзначена вартість садивного матеріалу (82,9 %); у другий-третій – хімічні засоби (41,4 і 40,9 %), у четвертий рік – оренда землі (45,7 %). Окупність витрачених коштів настала з третього року збору врожаю культури, валовий дохід після четвертого року вегетації становив 392,9 тис. грн. Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності, обчислений за врожаєм першого року

вегетації, виявився у варіантах: одинарної і подвійної дози NPK за одно- і дворазової обробки препаратом Вимпел-К – 4,2 – 4,4, з найбільшим при цьому рівнем рентабельності вказаних варіантів 345,3 і 341,4 %.

12. У досліді із застосуванням передсадивного замочування ризом і обробкою рослин під час вегетації розчинами регуляторів росту рослин найзначнішими фінансові витрати виявилися у перший рік, тоді як найбільший валовий дохід упродовж усіх чотирьох років отримали у варіанті із замочуванням у препараті Вимпел-К і дворазовим обприскуванням цим же препаратом під час вегетації як позакореневого підживлення – 51,4; 102,8; 205,6 та 347,8 тис. грн.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Науковим установам і господарствам різним форм власності при закладанні енергетичних плантацій міскантусу гігантського використовувати технологічні операції, описані у монографії «Енергетичні культури» (2018); монографії «Міскантус в Україні» (2019); «Методичних рекомендаціях з використання технічних засобів під час вирощування міскантусу гігантського» (2021).

2. У технології вирощування міскантусу гігантського застосовувати нові технологічні елементи:

- одно-, дворазове позакореневе підживлення препаратом Вимпел-К за мінерального удобрення плантації у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$;
- передсадивне замочування ризом у регуляторах росту рослин Квантум Голд і Вимпел-К із дворазовою обробкою препаратом Вимпел-К у процесі вегетації.

3. Закладам вищої освіти при формуванні освітньо-практичних програм із курсу «Рослинництво» та «Біоенергетика» використовувати патенти № 112487 від 17.03.2016 та № 133431 від 10.04.2019.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Гументик М. Я., Радейко Б. М., Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Ганженко О. М., Бондар В. С., Фурса А. В., Квак В. М., Харитонов М. М., **Кателевський В. М.** Вирощування біоенергетичних культур / за ред. М. Я. Гументика. Київ: Компринт, 2018. 178 с. (*здійснення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання розділів монографії*).

URL: https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/miskantus_v_ukrayini.pdf

2. Роїк М. В., Сінченко В. М., Іващенко О. О., Пиркін В. І., Квак В. М., Гументик М. Я., Ганженко О. М., Саблук В. Т., Грищенко О. М., Фучило Я. Д., Гончарук Г. С., Фурман В. А., Суслик Л. О., Макух Я. П., Ременюк С. О., Іваніна В. В., Фурса А. В., Бондар В. С., Бех Н. С., Коцар М. І., Цвігун Г. В., Ковальчук Н. С., Недяк Т. М., Ворожко С. П., Доронін В. А., Дрига В. В., Бузинний М. В., Дубовий Ю. П., Педос В. П., Балагура О. В., Смірних В. М., Заїменко Н. В., Рахметов Д. Б., Щербаківа

Т. О., Рахметов С. Д., **Кателевський В. М.** Міскантус в Україні. Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2019. 256 с. (виконання досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання розділів монографії).

URL:https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/miskantus_v_ukrayini.pdf

Статті в наукових фахових виданнях України

3. **V. M. Katelevsky.** Efficiency of Influence of Foliar Treatment by Plant Growth Regulators on the Parameters of Miscanthus Biomass. *Agrology*, 3(1). st.19-24.

URL:<https://doi.org/10.32819/020003>

4. **В. М. Кателевський**, М.Я. Гументик, В. С. Бондар. Ефективність використання стимуляторів і регуляторів росту при вирощуванні біомаси міскантусу в умовах лівобережного Лісостепу України. *НУБІП. № 5(93)*. 2021 (частка авторства 60 %: проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка й написання статті).

URL:<http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.05.008>

5. V.V. Ivanina, M. Ya. Humentyk, **V.M. Katelevsky.** Productivity of giant miscanthus and soil fertility status for fertilizer application. *Agrology*, 4(3). P. 131-136 (частка авторства 60 %: проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка й написання статті).

URL:<https://doi.org/10.32819/021016>

6. **Кателевський В. М.** Урожайність міскантусу гігантського залежно від застосування нових елементів технології вирощування в умовах Лісостепу України. *Біоенергетика*. 2020. С. 221-229.

URL:<https://doi.org/10.47414/np.28.2020.244149>

Статті в наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus / Web of Science

7. **Katelevskij V.**, Gumentyk M., Kharytonov M. Plant growth stimulants influence on *Miscanthus × giganteus* biomass indexes in Forest-Steppe zone of Ukraine. *Scientific papers. Series A. Agronomy*. 2020. Vol. 63, No. 1. P. 341–345. (частка авторства 60 %: проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка й написання статті).

http://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2020/issue_1/Art46.pdf

Матеріали / тези доповідей наукових конференцій

8. Kharytonov M., Martynova N., Opanasenko V., Gumentyk M., Kvak V., Zamoysky O., **Katelevsky V.** Comparative analysis of *Miscanthus* productivity parameters under the Forest-Steppe and Steppe zones conditions of Ukraine. *Proceedings International Symposium of ISB-INMA THE' 2016: Agricultural and mechanical engineering* (Bucharest, Romania, 27–29 October 2016). Bucharest, 2016. P. 55–62.

9. V. Pidlisnyuk, T. Stefanovska, V. **Katelevskiy**, K. Pranaw. The biomass production of *Miscanthus x giganteus* in contaminated land of the rainfall shortage regions of Ukraine, *The MISCOMAR Project International Scientific Conference Multiple benefits of biomass crops on marginal land 20th – 21st March 2019, Katowice, Poland*, 2019. P.75

10. Гументик М. Я., Фучило Я. Д., **Кателевський В. М.**, Зелінський Б. В. Економічна ефективність вирощування біоенергетичних культур в умовах Лісостепу. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Колесниковські читання», присвяченої пам'яті професора О. І. Колесникова* (м. Харків, 30–31 жовтня 2017 р.). Харків, 2017. С. 52–54.

11. Kharytonov M., Babenko M., Martynova N., Gumentyk M., **Katelevsky V.** *Miscanthus* cultivation in rocks with different geological age. *Applied Biotechnology in Mining: Proceedings of the International Conference* (Dnipro, April 25–27, 2018). Dnipro: National Technical University «Dnipro Polytechnic», 2018. P. 35.

12. Гументик М. Я., Фучило Я. Д., Радейко Б. М., **Кателевський В. М.** Економічні та екологічні аспекти створення промислових плантацій для виробництва біопалива. *Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку*: збірник матеріалів учасників науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів, молодих вчених і викладачів (м. Малин, 26 березня 2020 р.). Малин : Вид-во МЛТК, 2020. С. 132–136.

13. **Кателевський В.М.**, Холодна А.С. Вирощування енергетичних культур на ерозійно-деградованих чорноземах звичайних. *Агрохімія і Ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Книга перша. Ґрунтознавство.* Харків, 2018. С.137-138

Науково-методичні рекомендації

14. Методичні рекомендації з використання технічних засобів під час вирощування міскантусу гігантського. О.М. Ганженко, В.М. Квак, М.Я. Гументик, Я.Д. Фучило, Г.В. Цвігун, О.Б. Хіврич, Л.А. Правдива, П.Ю. Зиков, Г.С. Гончарук, В.М. Смірних, Ю.П. Дубовий, О.М. Атаманюк, Л.О. Суслик, Р.В. Кубряк, **В.М. Кателевський**. Київ : ЦП Компринт, 2021. 26 с. ISBN 978-617-8007-06-5.

Патенти України на корисну модель

15. Патент на корисну модель № 112487 Україна, МПК (2016.01) А01В 79/00. Спосіб вирощування ризом міскантусу гігантського / Гументик М. Я., Морозова Є. В., **Кателевський В. М.**; заявник і власник: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u 2016 02617; Заявл. 17.03.2016; Опубл. 26.12.2016, Бюл. № 24. 4 с.

URL:<https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=230087&chapter=description>

16. Патент на корисну модель № 133431 Україна, МПК А01G 7/00 (2019.01). Спосіб вирощування біомаси високопродуктивних злакових культур як сировини для виробництва біопалива / Гументик М. Я., Мандровська С. М., **Кателевський В. М.**, Гументик В. М.; заявник і власник: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u201809997; Заявл. 08.10.2018; Опубл. 10.04.2019, Бюл. № 7. 4 с.

URL: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=257311&chapter=description>

АНОТАЦІЯ

Кателевський В. М. Удосконалення елементів технології вирощування міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*) для виробництва біопалива в Лісостепу України.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 рослинництво (06 – Сільськогосподарські науки). – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київ, 2021р.

Дисертаційну роботу присвячено удосконаленню елементів технології вирощування міскантусу гігантського для виробництва біопалива в лівобережній частині Лісостепу України. Досліджувалися нові елементи технології, які передбачають застосування мінерального удобрення у дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$, і передсадивне замочування ризом із поєднанням позакореневого підживлення регуляторами росту Вимпел-К і Квантум Голд. Для дослідження обрано сорт міскантусу вітчизняної селекції (оригінація Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН) «Осінній зорець».

Застосування замочування садивного матеріалу у регуляторах росту Вимпел-К і Квантум Голд, як нового елемента технології показало, що у варіанті з препаратом Вимпел-К приживлюваність рослин була вищою – за чотири роки у середньому 66,8 %, тоді як регулятор росту Квантум Голд спричиняв у таких стресовий стан. Особливо чітко це простежувалося у посушливі роки. Найвищі показники висоти рослин (140 см у середньому за чотири роки) зафіксовано на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ разом із дворазовим позакореневим обприскуванням. Найінтенсивніше пагоноутворення припадало на кінець літа – початок осені (серпень – вересень). Найбільшу кількість листків (15 шт.) спостерігали у варіанті $N_{30}P_{30}K_{30}$ за дворазового позакореневого обприскування розчином препарату Квантум Голд.

Для формування урожайності сухої надземної маси найвищий приріст забезпечили замочування у препараті Вимпел-К і дворазова обробка ним же (на 1,1 т/га). Найбільшим показником урожайності у випадку підземної маси (по 3,5 т/га) виявився у варіанті замочування ризом у Квантум Голд за перехресної дії обох препаратів за дворазового обприскування.

Найбільше накопичення азоту по органах рослини міскантусу відзначено у листках (1,3 % у сухій біомасі), хоча показник фосфору спостерігався однаковою у всіх частинах рослини (по 0,2 %), тоді як калію найбільше було у сухій біомасі підземних живців (1,3 %).

За виходом енергії найпривабливішими варіантами визнано: поєднання фонів мінерального удобрення ($N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$) та дворазового обприскування препаратом Вимпел-К (по 54 МДж/га), передсадивного замочування ризом і дворазової обробки як позакореневого підживлення однойменним препаратом Вимпел-К (59 МДж/га енергії).

Ключові слова: біоенергетика, міскантус, біомаса, регулятори росту, позакореневе живлення, вихід енергії, економічна ефективність.

АННОТАЦИЯ

Кателевский В. Н. Совершенствование элементов технологии выращивания мискантуса гигантского (*Miscanthus giganteus*) для производства биотоплива в Лесостепи Украины.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.09 растениеводство (06 – Сельскохозяйственные науки). – Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН, Киев, 2021г.

Диссертационная работа посвящена усовершенствованию элементов технологии выращивания мискантуса гигантского для производства биотоплива в левобережной части Лесостепи Украины. Исследовались новые элементы технологии, предусматривающие применение минерального удобрения в дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$, и передпосадочное замачивание ризом с сочетанием внекорневой подкормки регуляторами роста Вымпел-К и Квантум Голд. Для исследования избрали сорт мискантуса отечественной селекции (оригинатор Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН) «Осенний зорецвит».

Применение замачивания посадочного материала в регуляторах роста Вымпел-К и Квантум Голд, как нового элемента технологии показало, что в варианте с препаратом Вымпел-К приживаемость растений была выше – за четыре года в среднем 66,8 %, тогда как регулятор роста Квантум Голд вызывал у них стрессовое состояние. Особенно четко это наблюдалось в засушливые годы. Наиболее высокие показатели высоты растений (140 см в среднем за четыре года) зафиксированы на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ вместе с двухкратным внекорневым опрыскиванием. Наиболее интенсивное побегообразование приходилось на конец лета – начало осени (август – сентябрь). Наибольшее количество листьев (15 шт.) наблюдали в варианте $N_{30}P_{30}K_{30}$ при двухкратном внекорневом опрыскивании раствором препарата Квантум Голд.

Для формирования урожайности сухой надземной массы наиболее высокий прирост обеспечил вариант замачивания в препарате Вымпел-К и двухкратная обработка им же (на 1,1 т/га). Наибольший показатель урожайности в случае подземной массы (по 3,5 т/га) отмечен в варианте замачивания ризом в Квантум Голд при перекрестном действии обоих препаратов при двухкратном опрыскивании.

Наибольшее накопление азота по органам растения мискантуса отмечено в листьях (1,3 % в сухой биомассе), хотя показатель фосфора наблюдался одинаковым во всех частях растения (по 0,2 %), а калия больше всего было в сухой биомассе подземных черенков (1,3 %).

По выходу энергии наиболее привлекательными вариантами определены: сочетание фонов минерального удобрения ($N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$) и двухкратного опрыскивания препаратом Вымпел-К (по 54 МДж/га), передпосадочного замачивания ризом и двухкратной обработки как внекорневого питания (59 МДж /га энергии).

Ключевые слова: биоэнергетика, мискантус, биомасса, регуляторы роста, внекорневое питание, выход энергии, экономическая эффективность.

ABSTRACT

Katelevskiy V. M. Improvement of cultivation practices in growing miscanthus (*Miscanthus giganteus*) for biofuel in the Forest-Steppe of Ukraine.

Qualification thesis for a Candidate of Agricultural Sciences degree by specialty 06.01.09 – plant production. Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, Kyiv, 2021.

The thesis is devoted to the improvement of selected agronomic practices in the cultivation of miscanthus. We investigated new practices of the cultivation technology that involve the use of mineral fertilisers in doses of $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{60}P_{60}K_{60}$, pre-planting soaking rhizomes combined with foliar application of growth-promoting product Vympel-K and growth-regulating product Quantum Gold. The miscanthus variety for the study was ‘Osinnii Zoretsvit’ (*Miscanthus x giganteus*) (originator – Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet).

Application of new cultivation practice – soaking of planting material in the solutions of growth-promoting and regulating agents (Vympel-K and Quantum Gold) – showed that the treatment with growth-promoting product Vympel-K ensured better plant survival, an average of 66.8% for four years. Meanwhile growth-regulating product Quantum Gold caused stress in plants, which was especially noticeable in dry years. The highest plant height on average over four years (140 cm) was recorded against the background of $N_{60}P_{60}K_{60}$ together with the double foliar dressing. The most intensive shoot formation occurred in the late summer – early autumn period (August – September). The largest number of leaves (15) was recorded against the background $N_{30}P_{30}K_{30}$ combined with double foliar dressing with a solution of Quantum Gold.

In the aspect of dry aboveground mass yield, the largest increment (1.1 t/ha) was observed for soaking rhizomes in Vympel-K solution and double foliar dressing with the same product. The highest yield of underground biomass (3.5 t/ha) was observed in the treatment with soaking rhizomes in Quantum Gold followed by two foliar dressing (Vympel-K and Quantum Gold).

The largest accumulation of nitrogen in miscanthus plants was observed in the leaves (1.3% in dry biomass). Phosphorus content was even in all parts of the plant (0.2%). Potassium content was the highest in the dry biomass of the underground part (1.3 %).

In terms of energy yield, the most attractive treatments were (i) a combination of mineral fertiliser backgrounds ($N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{60}P_{60}K_{60}$) and double spraying with Vympel-K (54 MJ/ha); (ii) pre-planting soaking rhizomes and two foliar dressing with Vympel-K (59 MJ/ha).

Key words: bioenergy; miscanthus; biomass; growth-regulating agents; foliar dressing; energy yield; economic efficiency.

Підписано до друку 19.11.2021 р. Зам. № 1143.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Друк – цифровий.
Наклад 100 прим. Ум. друк. арк. 0,9.
Друк ЦП «КОМПРИНТ». Свідоцтво ДК №4131 від 04.08.2011 р.
м. Київ, вул. Предславинська, 28
095-941-84-99, 067-209-54-30
email: komprint@ukr.net