

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

ГУМЕНТИК Михайло Ярославович

УДК 633.282:633.283

**АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ
БАГАТОРІЧНИХ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА
В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.09 – рослинництво

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора сільськогосподарських наук

КИЇВ - 2021

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН протягом 2011-2018 рр.

Науковий консультант – доктор сільськогосподарських наук, професор,
член-кореспондент НААН

КУРИЛО Василь Леонідович, Вінницький національний аграрний університет МОН, професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

Офіційні опоненти:

доктор сільськогосподарських наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України

БАХМАТ Микола Іванович, Подільський державний аграрно-технічний університет МОН, завідувач кафедри рослинництва і кормовиробництва;

доктор сільськогосподарських наук, доцент

КУЛИК Максим Іванович, Полтавська державна аграрна академія МОН, професор кафедри селекції, насінництва і генетики;

доктор сільськогосподарських наук, доцент

КОВАЛЕНКО Віталій Петрович, Національний університет біоресурсів і природокористування України, професор кафедри кормовиробництва, меліорації і метеорології.

Захист дисертації відбудеться «11» травня 2021 р. о 10:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.360.01 Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за адресою: вул. Клінічна, 25, корпус 1, м. Київ, 03110.

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за адресою: вул. Клінічна, 25, корпус 2, м. Київ, 03110.

Автореферат розіслано «09» квітня 2021 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради
доктор сільськогосподарських наук

Л. І. Сторожик

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Останніми роками екологічні проблеми планети спонукають людство до пошуків нових джерел енергії. Як наслідок все більше уваги приділяється відновлювальним ресурсам – енергії води, вітру та вирощуванню біоенергетичних культур, які використовують для виробництва біопалива. Україна за наявності значного потенціалу для розвитку біоенергетики все ще відчутно відстає від європейських країн, окремі з яких вже досягли заміщення 40 % викопних видів палива на біологічні, тоді як в Україні цей показник становить 3,5 % від загального обсягу спожитої енергії. Енергетичною стратегією України до 2035 року передбачено зростання обсягів виробництва енергії з біопалива у 4 рази.

Для нарощування необхідних обсягів використання біомаси в Україні і для достатнього забезпечення виробників біопалива сировиною постає потреба розширення посівних площ високопродуктивних злакових культур, розробки й застосування науково обґрунтованих технологій вирощування та використання комплексного підходу щодо їх впровадження у виробництво.

Актуальність теми. Сучасний рівень продуктивності посівів і насаджень біоенергетичних культур та обсяги виробництва біопалива залишається ще недостатніми для забезпечення внутрішніх енергетичних потреб країни. Звітси підвищення рівня врожайності біомаси завдяки ефективному використанню системи агрозаходів сприятиме прискоренню темпів розвитку нової галузі біоенергетики у складі паливно-енергетичного комплексу України.

Питання вирощування й використання посівів і насаджень біоенергетичних культур як відновлюваних джерел енергії з кожним роком набувають актуальності. Значним є внесок у дослідження з проблем використання біомаси та удосконалення технології вирощування біоенергетичних культур таких вчених, як: М. В. Роїк, В. Л. Курило, В. М. Сінченко, Г. Г. Гелетука, С. М. Каленська, Д. Б. Рахметов, Я. Д. Фучило, В. С. Бондар, А. В. Фурса, М. М. Харитонов, В. А. Доронін, О. О. Іващенко, Я. П. Макух, Л. І. Сторожик, О. М. Ганженко, В. Т. Саблук, М. І. Кулик, І. Т. Слюсар, М. І. Федорчук, В. М. Квак, С. М. Мандровська та ін.

Найближчими роками необхідно наростити обсяги виробництва біомаси, впровадити ефективні технології вирощування та адаптувати їх до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Водночас в Україні налічується до 4 млн га площ малопродуктивних земель, на яких можливо вирощувати біоенергетичні культури. Тому для ведення ефективного землеробства на низькопродуктивних землях необхідний сучасний сталий підхід із розробки енергоощадних технологій, вдосконалення й оптимізації технологічних процесів вирощування та збирання біомаси біоенергетичних культур і створення на їх основі промислових плантацій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційної роботи пов'язана з тематичним планом досліджень Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за державною програмою ПНД № 22 «Біоенергетичні ресурси» (2011–2015 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 біопалива»), за завданням «Розробити теоретичні основи зонального розміщення та

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

Мета і завдання досліджень – обґрунтувати агротехнологічні основи формування біологічної продуктивності рослин та оптимізувати технологічні процеси вирощування біомаси в посівах і насадженнях багаторічних злакових культур міскантусу гігантського та проса прутноподібного для підвищення рівня урожайності, технологічних якостей сировини і зменшення енергетичних витрат на їх вирощування та збирання.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- провести аналітичний огляд сучасного стану і тенденцій щодо виробництва біопалива та обґрунтувати доцільність вирощування найбільш придатних багаторічних злакових культур як сировини для виробництва біопалива в умовах Лісостепу України;
- виявити закономірності росту і розвитку рослин багаторічних злакових культур міскантусу та проса прутноподібного залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування;
- установити закономірності формування високої і стабільної продуктивності рослин багаторічних злакових культур залежно від застосування різних агротехнічних заходів: способів підготовки ґрунту, схем та строків садіння (сівби), способів догляду за рослинами в процесі вегетації, строків збирання біомаси;
- з'ясувати особливості росту і розвитку рослин міскантусу для виробництва біопалива залежно від маси кореневищ та норми внесення мінеральних добрив в умовах Лісостепу України;
- визначити вплив агротехнологічних заходів та нових елементів технології вирощування біомаси проса прутноподібного у перший рік вегетації рослин, обґрунтувати ефективні заходи контролю бур'янів у посівах;
- розробити науково обґрунтовану систему раціонального збирання біомаси багаторічних злакових культур та безперервного постачання сировини споживачам;
- виявити вплив строків збирання на біохімічний та якісний склад сировини багаторічних біоенергетичних культур залежно від ґрунтово-кліматичних умов та елементів технології вирощування;
- обґрунтувати нові екологобезпечні технології переробки біомаси багаторічних злакових культур для виробництва теплової та електричної енергії;

- провести енергетичну й економічну оцінку технологій вирощування та переробки біомаси багаторічних злакових культур.

Об'єкт досліджень – процес формування продуктивності насаджень і посівів багаторічних злакових культур міскантусу та проса прутноподібного залежно від їх біологічних особливостей, пристосованості до ґрунтово-кліматичних умов, застосування інноваційних енергоощадних технологій вирощування, збирання та переробки біомаси.

Предмет досліджень – багаторічні злакові культури – міскантус та проса прутноподібне, параметри врожайності, елементи технології вирощування, біометричні й біохімічні показники рослин, економічні та енергетичні показники сировини для виробництва біопалива.

Методи дослідження. У процесі виконання роботи використовували загальнонаукові методи: гіпотези, індукції і дедукції, абстрагування, конкретизації, аналогій, моделювання, формалізації та узагальнення.

Серед спеціальних методів: польовий, лабораторний, вегетативний, та експедиційний. Польовий – спостереження за ростом і розвитком рослин у поєднанні з умовами довкілля (природними і запрограмованими), що дало можливість кількісно оцінити агротехнічні та економічні ефекти впливу факторів наявних в дослідженні, на ріст і розвиток рослин багаторічних біоенергетичних культур. Візуальний і вимірювально-ваговий – встановлення мінливості кількісних показників рослин і рослинних угруповань у процесі онтогенезу, їх ботанічного складу і продуктивності. Лабораторно-хімічний – для визначення вмісту основних мінеральних елементів у фітомасі рослин, енергетичної цінності сухої речовини міскантусу і проса прутноподібного, агрохімічних показників складу ґрунту та рослин. Математично-статистичний – для оцінки вірогідності і достовірності отриманих результатів досліджень та встановлення взаємозв'язків між біометричними показниками рослин. Розрахунково-порівняльний – для визначення рівня економічної та енергетичної ефективності технологічних процесів і технологій вирощування та перероблення біомаси багаторічних злакових культур для виробництва біопалива.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні актуальної проблеми: підвищення рівня урожайності біомаси багаторічних злакових культур як сировини для виробництва біопалива залежно від тривалості періоду вегетації, віку рослин, структури фітоценозу, способів обробітку ґрунту, використання інноваційних та енергоощадних технологій вирощування та збирання біомаси в умовах Лісостепу України.

Вперше:

– теоретично обґрунтовано та сформульовано агротехнологічні основи формування урожайності посівів та насаджень багаторічних злакових культур для зони Лісостепу України;

– встановлено закономірності росту і розвитку рослин біоенергетичних культур (міскантусу та проса прутноподібного) під впливом абіотичних факторів, що дозволило оптимізувати технологічні процеси виробництва біомаси;

- створено і зареєстровано сорти міскантусу «Осінній зорецвіт», «Місячний промінь» та проса прутоподібного «Морозко»;

- розроблено технологію сумісного вирощування біомаси багаторічних злакових культур міскантусу та проса прутоподібного;

- розроблено енергоощадну технологію отримання садивного матеріалу кореневищ міскантусу та наступного використання плантації під промислове вирощування біомаси з густотою насаджень 40 тис./га та шириною міжряддя 45 см;

- удосконалено способи збирання урожаю біомаси з посівів та насаджень багаторічних злакових культур у зимовий період залежно від формування елементів структури врожаю;

- розроблено раціональну схему енергетичного конвеєра постачання біомаси багаторічних злакових культур для ефективної і безперебійної роботи твердопаливних котелень з метою виробництва теплової енергії.

Удосконалено: методику обліку біологічного та фактичного врожаю за показниками сухої біомаси з використанням оптимальних значень елементів структури фітоценозу, що може бути використано у процесі моделювання з допомогою комп'ютерних програмних технологій вирощування біоенергетичних культур.

Набули подальшого розвитку: технологія передпосівного та міжрядного обробітку ґрунту, способи садіння ризомів міскантусу та сівби насіння проса прутоподібного на задану ширину міжрядь для забезпечення формування запланованого врожаю.

Новизна розроблених способів з технології вирощування, догляду за посівами та насадженнями багаторічних злакових культур офіційно підтверджена 16 патентами (№ 56362 від 02.07.2011; 74261 від 25.10.2012; 75541 від 10.12.2012; 76087 від 25.12.2012; 7118 від 10.01.2013; 92284 від 11.08.2014; 91517 від 10.07.2014; 92284 від 11.08.2014; 102471 від 26.10.2015; 102450 від 26.10.2015; 111363 від 10.11.2016; 112487 від 26.12.2016; 119470 від 25.09.2017; 126244 від 11.06.2018; 132409 від 25.02.2019; 133431 від 10.04.2019) та 3 авторськими свідоцтвами на сорти біоенергетичних рослин (№ 150927 від 11.06.2015; 150903 від 11.06.2015; 150904 від 11.06.2015).

Практичне значення одержаних результатів. Результати наукових досліджень увійшли до розділів двох колективних монографій та п'яти науково-практичних рекомендацій з особливостей вирощування і переробки біомаси багаторічних високопродуктивних злакових культур – міскантусу та проса прутоподібного, до розроблених наукових методик, а також до видання атласу біоенергетичних культур.

У господарствах, наукових установах та закладах вищої освіти використовуються: «Методичні рекомендації з проведення передсадивного обробітку ґрунту і садіння ризом міскантусу» (2012); «Методичні рекомендації з основного та передпосівного обробітків ґрунту і сівби проса лозовидного (2012); науково-методичний посібник «Організаційно-економічні нормативи витрат та інформаційно-статистичні матеріали з виробництва рослинницької продукції за

біоадаптивними технологіями» (2014); «Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення міскантусу гігантського (2016); монографія «Енергетичні культури» (2018); монографія «Міскантус в Україні» (2019). Цінність вказаних публікацій полягає у тому, що виробництву запропоновано до використання науково–обґрунтовані сучасні енергоощадні технології створення промислових енергоплантацій багаторічних злакових культур як сировини для промислового виробництва твердих видів біопалив (паливних гранул, брикетів), з метою їхнього використання для отримання теплової та електричної енергії.

У результаті проведених досліджень створено і внесено до Державного Реєстру сортів рослин України два сорти міскантусу гігантського «Місячний промінь» та «Осінній зорецвіт», один сорт проса прутоподібного «Морозко», які забезпечують високі і сталі врожаї біомаси в умовах Лісостепу України.

Результати досліджень апробовано і впроваджено у виробництво у виробничих підрозділах мережі ІБКіЦБ НААН та господарствах Київської, Вінницької, Хмельницької і Тернопільської областей.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням здобувача. Дисертантом розроблено програму досліджень відповідно до існуючих методик, опрацьовано й узагальнено дані вітчизняної та іноземної наукової літератури, проведено польові та лабораторні експерименти, виконано статистичний аналіз отриманих даних, визначено економічну та енергетичну ефективність запропонованих агрозаходів. Обґрунтовано їх практичну доцільність, сформульовано висновки й рекомендації виробництву, розроблено науково-практичні рекомендації для агробізнесу; підготовлено та опубліковано результати наукових досліджень .

Апробація результатів досліджень. Основні результати досліджень щорічно висвітлювалися в доповідях і обговорювалися на наукових семінарах, круглих столах, конференціях, а також пропагувалися у засобах масової інформації. Результати і висновки досліджень апробовано в 2010–2020 рр. на вчених та координаційних радах Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, оприлюднено у виступах: на міжнародній конференції «Енергозбереження та альтернативні джерела енергії: проблеми і шляхи їх вирішення» (м. Київ, 2010); міжнародній науково-практичній конференції «Енергоефективність» (м. Київ, 2010); конференції «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави» (м. Київ, 2012);

I-міжнародній науково-практичній конференції «Біоенергетика: вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива» (м. Київ, 2011); міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур» (м. Київ, 2012); міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур» (м. Київ, 2013); VII - міжнародній науково-технічній конференції «Енергобіотехнології – III» (м. Львів, 2013); II - міжнародній науково-практичній конференції «Біоенергетика: вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива» (Київ, 2013); III - міжнародній науково-технічній конференції «Біоенергетика: вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива» (м. Вінниця, 2014); міжнародній науково-

практичній конференції «Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку» (м. Дніпропетровськ, 2015); міжнародній науково-практичній конференції «Ресурсозберігаючі технології та їх правова і економічна оцінка в сільськогосподарському виробництві» (м. Київ, 2016); International symposium University Politehnica of Bucharest (Румунія, м. Бухарест, 2016); міжнародній науково-практичній конференції «Здоров'я лісів, екосистемні послуги та лісові продукти для суспільства» (м. Харків, 2017); всеукраїнській науково-практичній конференції «Колесніковські читання» (м. Харків, 2017).

Публікації. Матеріали досліджень, що викладено в дисертації, опубліковано в 91 науковій праці: 2 колективні монографії; – 21 стаття у фахових виданнях України, 4 – у виданнях, що входять до наукометричних баз *Scopus /Web of Science*, 2 – у виданнях інших держав; 6 – в інших наукових виданнях; 14 – у періодичних виданнях України; 15 – у тезах доповідей і матеріалів наукових конференцій; 4 – у науково-практичних рекомендаціях виробництву; 4 – у наукових методиках; 16 – у патентах на корисні моделі, 3 – у свідоцтвах про реєстрацію авторського права на сорти біоенергетичних культур.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація у вигляді рукопису викладена на 421 сторінках основного тексту та складається зі вступу, семи розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних літературних джерел, додатків. Робота містить 84 таблиці, 68 рисунків, 40 додатків. Список використаних літературних джерел нараховує 526 найменувань, із них 128 латиницею. У додатках розміщено технологічні карти, які не увійшли в основний текст дисертації, та матеріали, що підтверджують впровадження результатів наукових досліджень у виробництво.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

СТАН ПРОБЛЕМИ, НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ БАГАТОРІЧНИХ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА (огляд літературних джерел)

У розділі наведено аналіз результатів досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів з питань сучасного стану і перспектив розвитку відновлюваної енергетики в Україні та світі. Акцентована увага на тому, що за останні роки для більшості країн пріоритетним визнано біопаливо, виготовлене із сировини біоенергетичних культур. За цих умов відбуваються певні зміни на аграрному ринку та виникає необхідність розробки і впровадження науково обґрунтованих технологій вирощування біоенергетичних культур.

Аналіз літературних джерел свідчить, що за вирощування багаторічних злакових культур як сировини для виробництва біопалива відсутні досконалі технології, які здатні гарантувати стабільність отримання високих урожаїв біомаси. Недостатньо розроблено ефективні способи сівби, садіння, догляду за рослинами з урахуванням їх біологічних особливостей росту та розвитку. Не повною мірою досліджено біохімічний склад рослинної сировини. Потребують уточнення питання щодо оптимізації енергоощадних технологій вирощування біомаси енергокультур в умовах Лісостепу України.

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Агропромисловий комплекс Лісостепової зони України охоплює територію

33,6 %. Під сільськогосподарськими угіддями знаходиться 85,2 % земельної площі. Орні землі становлять 13,7 млн га, або 67,4 % загальної площі ґрунтів зони.

Велика протяжність зони Лісостепу визначає і різноманітний характер прояву її природних умов. Клімат характеризується теплим літом і помірно холодною зимою. Континентальність клімату наростає із заходу на схід. Середньорічна кількість опадів на заході досить висока – близько 700 мм, на сході зменшується до 530 мм. Також різко зменшується тривалість безморозного періоду – до 250 діб на заході і до 180 діб на сході.

Сучасний ґрунтовий покрив Лісостепу чітко відображає вплив природної рослинності на процес ґрунтоутворення. Так у районах де проводились дослідження, в яких нині залишаються широколистяні ліси, сформувалися сірі лісові ґрунти. На територіях із поширеною лучно-степовою рослинністю наявні чорноземи типові і вилугувані. На тих ділянках, де тривалий час відбувалася зміна лісової рослинності на лучно-степову, або навпаки, утворилися темно-сірі опідзолені ґрунти та чорноземи опідзолені.

Ґрунтово-кліматичні умови у роки проведення досліджень. Польові і лабораторні дослідження виконували протягом 2010–2018 рр. у відділі технології вирощування біоенергетичних культур Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, на дослідних ділянках Білоцерківської дослідно-селекційної станції, Ялтушківської ДСС та Борщівського агротехнічного коледжу, які розташовані в зоні нестійкого і достатнього зволоження центрального та західного Лісостепу України. Клімат зони – помірно континентальний. За комплексом гідротермічних умов роки досліджень були сприятливими для росту і розвитку біомаси багаторічних злакових культур. Окремі роки умови зволоження за величиною ГТК значно відрізнявся від середніх багаторічних, але в цілому у зоні проведення досліджень становив 1,1. Упродовж періоду вегетації рослин міскантусу та проса прутноподібного порівняно із середніми показниками виявлено стабільне підвищення середньодобової температури повітря та зменшення кількості опадів.

Схеми дослідів із розробки елементів технології вирощування міскантусу гігантського

Дослід № 1. Ріст, розвиток і продуктивність рослин міскантусу залежно від термінів садіння та глибини загортання кореневищ (ризомів).

Фактор А – строк садіння:

1. I термін (I декада квітня); 2. II термін (II декада квітня);
3. III термін (III декада квітня).

Фактор Б – глибина загортання ризомів:

1. 6 см; 2. 8 см; 3. 10 см; 4. 12 см;

Дослід № 2. Ріст, розвиток і продуктивність міскантусу залежно від густоти садіння та маси кореневищ (ризомів).

Фактор А – густина садіння:

1. 20,4 тис. шт./га (70х70 см); 2. 15,8 тис. шт./га (70х90 см);
3. 10,2 тис. шт./га (70х140 см).

Фактор Б – маса кореневищ (ризомів):

1. 20–30 г; 2. 31–50 г; 3. 51–70 г; 4. 70 – 90 г.

Дослід № 3. Визначення врожайності міскантусу залежно від термінів,

схем садіння та способів догляду за насадженнями.

Фактор А – строки та способи садіння:

1. Традиційний спосіб садіння за площі живлення: 70х50 см (28,5 тис шт./га); I декада жовтня.
2. Вузькорядний спосіб садіння 50х50 см (40 тис шт./га) із формуванням гребеня рядка; II декада жовтня.
3. Традиційний спосіб садіння за площі живлення 70х50 см (28,5 тис.шт./га); I декада квітня.
4. Вузькорядний спосіб садіння 50х50 см (40 тис шт./га) із формуванням гребеня рядка; II декада квітня.

Фактор Б – способи догляду за рослинами в процесі вегетації:

1. Звичайний механізований міжрядний обробіток.
2. Міжрядний обробіток з елементами присипання бур'янів та підгортання рослин ґрунтом.

Площа однієї посівної ділянки – 200 м², облікової – 100 м², загальна площа відповідно – 10473 м² та 13813 м², повторність – чотириразова. Досліди проводили на полях Борщівського агротехнічного коледжу (БАТК) та Ялтушківської ДСС (Я ДСС)
Дослід № 4. Розробка нових елементів технології вирощування біомаси міскантусу для виробництва твердого біопалива.

Фактор А – терміни садіння:

1. III декада вересня; 2. II декада жовтня; 3. II декада квітня; 4. I декада травня.

Фактор В – схема садіння: 1. 50х70 (28,5 тис. рослин/га); 2. 70х70 (20,4 тис. рослин/га).

Фактор С – спосіб вирощування біомаси міскантусу:

1. Звичайний (традиційний); 2. Із нарізанням гребенів.

Площа посівної ділянки 25 м², облікової – 16 м². Загальна площа дослідів – 0,20 га.

Схема варіантів дослідження з різними способами садіння ризомів міскантусу, (2014–2018 рр.) Ялтушківська ДСС

Час садіння	Спосіб вирощування	Схема садіння ризомів, см × см (тис. рослин/га)
III дек. вересня	звичайний	50х70 (28,5)
		70х70 (20,4)
	із нарізанням гребенів	50х70 (28,5)
		70х70 (20,4)
II дек. жовтня	звичайний	50х70 (28,5)
		70х70 (20,4)
	із нарізанням гребенів	50х70 (28,5)
		70х70 (20,4)
II дек. квітня	звичайний	50х70 (28,5)
		70х70 (20,4)
	із нарізанням гребенів	50х70 (28,5)
		70х70 (20,4)
I дек. травня	звичайний	50х70 (28,5)
		70х70 (20,4)
	із нарізанням гребенів	50х70 (28,5)
		70х70 (20,4)

Схеми дослідів із розробки елементів технології вирощування проса прутоподібного

Дослід № 1. Ріст і розвиток рослин та врожайність біомаси проса прутоподібного залежно від строків сівби та сортових особливостей.

Фактор А – сорти проса прутоподібного:

1. «Cave-in-rock»; 2. «Морозко».

Фактор В – строки сівби:

1. I термін (15 квітня); 2. II термін (1 травня); 3. III термін (15 травня);
4. IV термін (15 липня).

Повторюваність дослідів – триразова. Площа посівної ділянки 12 м², облікової – 10 м². Дослід закладали (Ялтушківська ДСС та БАТК) рендомізовано за методом розщеплювання ділянок.

Дослід № 2. Урожайність біомаси проса прутоподібного залежно від строків сівби та глибини загортання насіння.

Фактор А – Строки сівби:

1. I термін (II декада квітня); 2. II термін (I декада травня);
3. III термін (III декада травня).

Фактор В – глибина загортання насіння:

1. 1,0 см; 2. 1,5 см; 3. 2,0 см.

Площа посівної ділянки 12,5 м², облікової – 10 м². Загальна площа дослідів – 0,034 га.

Дослід закладали за методом систематичних повторень: у кожному повторенні варіанти дослідів розміщували на ділянках послідовно. Повторюваність дослідів – триразова.

Дослід № 3. Урожайність біомаси за сумісного вирощування проса прутоподібного та міскантусу залежно від способів сівби та садіння.

Фактор А – сумісний спосіб вирощування біомаси за ширини міжрядь:

1. 45 см; 2. 60 см.

Фактор В – традиційний спосіб вирощування біомаси проса прутоподібного:

1. 45 см; 2. 60 см.

Площа посівної ділянки 40 м², облікової – 20 м². Загальна площа дослідів – 0,4 га.

Дослід закладали за методом систематичних повторень: у кожному повторенні варіанти дослідів розміщували на ділянках послідовно. Повторюваність дослідів – триразова.

Дослід № 4. Рівень урожайності біомаси проса прутоподібного залежно від способу підготовки ґрунту для сівби насіння.

1. Культивація площі. 2. Боронування площі. 3. Пряма сівба насіння проса прутоподібного (без культивації, боронувань і передпосівного обробітку ґрунту після внесення гербіцидів).

Дослід проводили на полях Ялтушківської ДСС, ділянки розміщували методом рендомізованих повторень: у кожному повторенні варіанти дослідів розміщували по ділянках у випадковому порядку. Повторність дослідів чотириразова. Площа облікової ділянки – 50 м² (0,05 га). Загальна площа облікових ділянок – 0,10 га: 20 ділянок по 0,005 га. Насіння проса прутоподібного висівали у другій декаді травня з

шириною міжрядь 15 см, за норми висіву насіння 200–250 схожих насінин на 1 м² (10 кг/га). Глибина загортання насіння 1,0–1,5 см.

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ БІОМАСИ БАГАТОРІЧНИХ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Встановлено біологічні особливості росту і розвитку рослин міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*) та проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) як біоенергетичних культур.

Удосконалено розрахунковий метод визначення площі листкової поверхні багаторічних злакових культур міскантусу гігантського та проса прутіподібного. Для досліджень поглинання енергії ФАР у посівах багаторічних злакових культур міскантусу та проса прутіподібного удосконалено розрахунковий метод визначення площі листкової поверхні (ПЛП), який ґрунтується на кореляційних зв'язках між площею листка та його розмірами (довжиною, шириною), а також вставлених під час досліджень коефіцієнтах.

Виявлено кореляційні залежності між площею листкової поверхні та лінійними розмірами листка (L та B). Коефіцієнт кореляції $r = 0,918 - 0,975$.

У процесі дослідження удосконалено та адаптовано методику визначання ПЛП методом вимірювання довжини і ширини листка та використання емпіричного способу з допомогою перевідних коефіцієнтів, що відображають співвідношення між площею листка та добутком його довжини на ширину для різних видів біоенергетичних злакових культур.

На основі застосування методу кореляційного аналізу встановлено взаємозв'язки між лінійними розмірами листка та площею листкової поверхні для кожного з видів біоенергетичних культур, поставлених на вивчення (табл.1).

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції ($r \pm Sr$) між довжиною і шириною листка залежно від виду біоенергетичних культур

Біоенергетичні культури	Параметри листкової пластинки			
	Ширина–Довжина	Ширина–Площа	Довжина–Площа	Довжина* Ширина–Площа
Міскантус гігантський	0,622±0,089	0,862±0,054	0,833±0,059	0,962±0,029
Просо прутіподібне	0,763±0,087	0,933±0,049	0,744±0,090	0,918±0,053

*Значення достовірні на 5 %- му рівні значущості.

Виявлено сильний кореляційний зв'язок між шириною листка та площею його поверхні: для міскантусу гігантського $r = 0,862 \pm 0,054$, для проса прутіподібного $r = 0,993 \pm 0,049$.

Незважаючи на наявність тісних зв'язків між лінійними розмірами листків злакових культур та площею їх листкової поверхні, найвищі коефіцієнти кореляції для усіх досліджуваних видів біоенергетичних культур відзначено між добутком довжини на ширину листка та його площею ($r = 0,918 - 0,975$). Наявність щільного кореляційного зв'язку свідчить про можливість точного визначення площі листкової поверхні через добуток довжини на ширину листка за визначення цих показників без зрізування рослин.(рис.1;2).



Рис. 1. Залежність площі листкової поверхні рослин міскантусу від добутку довжини листка на його ширину

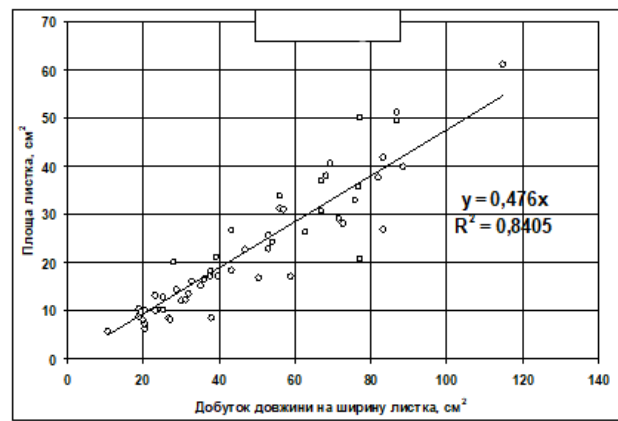


Рис. 2. Залежність площі листкової поверхні проса прутноподібного від добутку довжини листка на його ширину

За результатами аналізу коефіцієнт регресії k для міскантусу гігантського становить 0,687, для проса прутноподібного – 0,476.

Стандартна похибка при цьому не перевищує $S_k = 0,022$, а критерій істотності знаходиться в межах $t_k = 16,3-42,6$, що значно перевищує табличне значення $t_{0,05} = 1,98$. Розрахункові значення коефіцієнтів k для видів біоенергетичних культур, що були в досліді, виявилися істотними.

Звідси, площу поверхні листкової пластини рослин міскантусу та проса прутноподібного можна визначити, скориставшись наведеними в (табл. 2) формулами.

Таблиця 2

Розрахунок площі листкової пластинки міскантусу та проса прутноподібного за встановленими формулами

Біоенергетичні культури	Коефіцієнт регресії k	Формула для розрахунку площі поверхні листка
Міскантус гігантський	$0,686 \pm 0,022$	$S = 0,686 \cdot L \cdot B$
Просо прутноподібне	$0,476 \pm 0,029$	$S = 0,476 \cdot L \cdot B$

Визначення площі листкової поверхні злакових культур можливо проводити розрахунковим методом. Вона дорівнює добутку довжини, ширини листка та перевідного коефіцієнта форми листка: $S = k \cdot L \cdot B$, де k – перевідний коефіцієнт; L і B – довжина та ширина листка, см. Значення перевідного коефіцієнта для кожної культури індивідуальне, а для його визначення застосовується регресійний метод.

Наведена методика дає можливість без зрізання листків біоенергетичних культур визначати площу листкової поверхні рослин.

Залежність площі листкової поверхні та маси рослин міскантусу і проса прутноподібного від морфометричних показників. Для оцінки стану рослин міскантусу гігантського сорту «Осінній зорецвіт» і прогнозу врожайності встановлено кореляційні залежності ПЛП та МНЧ від морфометричних показників. Зокрема, встановлено, що між параметрами садивного матеріалу (кількість бруньок на ризомі) та морфометричними показниками рослин (висота, кількість листків, ПЛП,

маса кореневища) існують тісні парні кореляційні зв'язки.

За результатами парного кореляційного аналізу встановлено, що між ПЛП і морфометричними показниками пагона міскантусу існує тісна кореляційна залежність. Так, коефіцієнт кореляції між площею поверхні листків на пагоні (s) та його висотою (h) становить $r_{sh}=0,878\pm0,048$ (табл.3). Цей зв'язок суттєвий, оскільки $t_{\phi}=18,16>t_{0,05}=1,98$. Також доведено істотність кореляційного зв'язку між ПЛП та кількістю листків на пагоні ($r_{sn}=0,759\pm0,066$ за $t_{\phi}=11,54>t_{0,05}=1,98$). (табл.3) Між ПЛП і діаметром пагона встановлено достовірний кореляційний зв'язок середньої сили ($r_{sd}=0,562\pm0,084$).

Таблиця 3

Кореляційна залежність площі листової поверхні та біомаси від основних морфометричних показників рослин міскантусу

Морфометричні показники	Коефіцієнти		Стандартна помилка, Sr	Критерій істотності, t _φ (t _{0,05} =1,98)
	кореляції, r	детермінації, r ²		
Площа листової поверхні одного пагона (s)				
Висота пагона (h)	0,878	0,771	0,048	18,16
Кількість листків (n)	0,759	0,576	0,066	11,54
Діаметр пагона (d)	0,562	0,316	0,084	6,73
Маса надземної частини одного пагона (m)				
Висота пагона (h)	0,898	0,806	0,045	20,17
Кількість листків (n)	0,689	0,475	0,073	9,41
Діаметр пагона (d)	0,623	0,388	0,079	7,89

Виявлено, що коефіцієнт кореляції між масою надземної частини пагона (m) та його висотою (h) становить $r_{mh}=0,898\pm0,045$. Цей зв'язок суттєвий оскільки $t_{\phi}=20,17>t_{0,05}=1,98$. Також встановлено суттєвий кореляційний зв'язок середньої сили між МНЧ та кількістю листків на пагоні ($r_{mn}=0,689\pm0,073$ за $t_{\phi}=9,41>t_{0,05}=1,98$). Між МНЧ і діаметром пагона встановлено кореляційний зв'язок середньої сили ($r_{md}=0,623\pm0,079$).

Отже, найбільшою мірою на ПЛП і МНЧ впливають висота пагона (h) і кількість на ньому листків (n).

Визначено, що взаємозв'язок між МНЧ і висотою пагона та кількістю на ньому листків тісний ($R_{m,hn}=0,910$) і суттєвий ($F_{\phi}=232,3>F_{0,05}=3,09$). При цьому коефіцієнт множинної детермінації становить $R^2_{m,hn}=0,827$, тобто 82,7% варіації МНЧ пов'язані із впливом висоти пагона та кількості листків на ньому, і лише 17,3% спричинені дією факторів, які не враховано.

Встановлено тісні множинні кореляційні зв'язки між площею поверхні листків, масою пагона та його висотою і кількістю на ньому листків.

Для визначення багатомірного зв'язку між досліджуваними показниками рослин міскантусу гігантського застосовано методи множинного лінійного регресійного аналізу (рис.3;4).

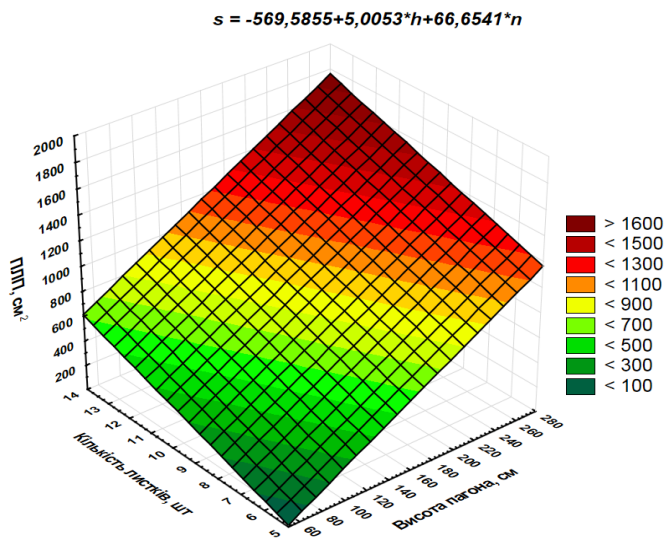


Рис. 3. Залежність площі листової поверхні пагона міскантусу від його довжини та кількості листків на ньому, (2011–2015 рр.) ЯДСС

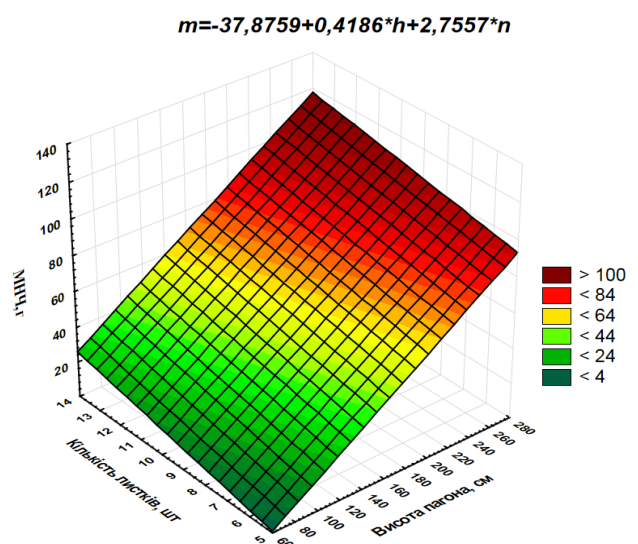


Рис. 4. Залежність маси наземної частини пагона міскантусу від його довжини та кількості листків на ньому, (2011–2015 рр.) ЯДСС

Математичні моделі для визначення ПЛП та МНЧ є достовірні, а всі коефіцієнти множинної регресії суттєві, оскільки фактичне значення t-критерію перевищує теоретичне на 5%-му рівні значущості. Таким чином, використовуючи встановлені залежності можна розрахувати площу листової поверхні й масу пагонів на основі їх морфометричних показників (висоти пагона та кількості листків на ньому), з урахуванням отриманих формул – визначити відповідно ПЛП та МНЧ рослин міскантусу.

Визначення рівня врожайності, динаміки росту та розвитку багаторічних злакових культур міскантусу та проса прутноподібного. Формування і накопичення органічної речовини слугує інтегральним показником фізіолого-біохімічних процесів, що відбуваються в клітинах багаторічних злакових рослин. Динаміка накопичення біомаси і формування сухої речовини в міскантусу та проса прутноподібного характеризується динамічним балансом, який виражають з одного боку надходженням мінеральних речовин з ґрунту й утворенням внаслідок регулювання процесів фотосинтезу органічних сполук, а з другого – витратами на процеси життєдіяльності накопичених органічних речовин на різних етапах органогенезу.

Урожайність біомаси міскантусу як підсумковий показник залежить від висоти стебел, маси кореневищ та від кількості пагонів у кущі й описано прямолінійною залежністю. Чим вища висота стебел рослин міскантусу, тим більший рівень урожайності біомаси (рис.5).

Установлено, що залежність рівня урожайності біомаси міскантусу може бути виражена рівнянням регресії. Існує кореляційний зв'язок з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,562$. При цьому:

$$y = 0,0705x + 9,6843.$$

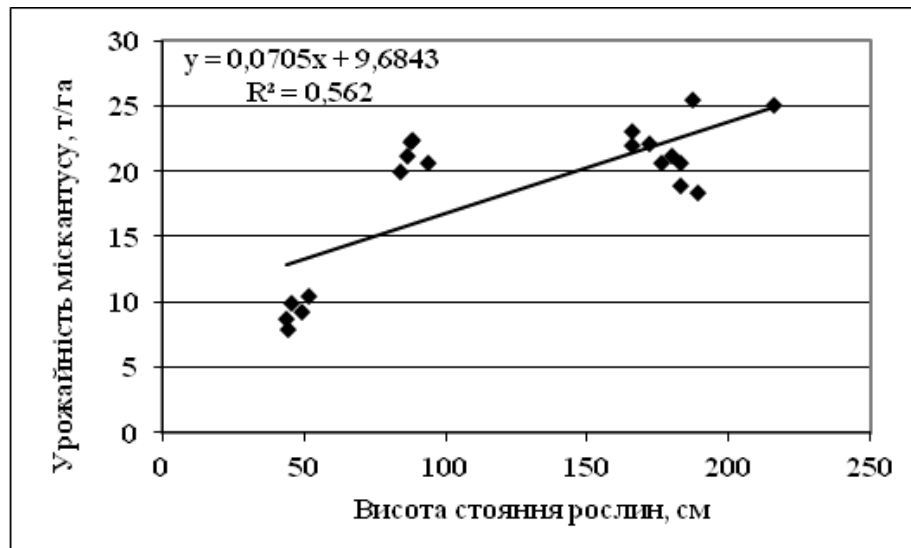


Рис. 5. Залежність урожайності біомаси міскантусу від висоти стебел, (2013–2017 рр.) ЯДСС

Оптимальна урожайність міскантусу в зоні Лісостепу України 25 т/га сухої біомаси отримана за густоти садіння ризом 20 тис./га (за даними 2011–2018 рр.).

Як показують результати досліджень, між масою кореневищ і кількістю пагонів у кущі існує кореляційний зв'язок з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,5555$ (рис. 6). Ця залежність описана рівнянням регресії:

$$y = 1,3919x + 94,68.$$

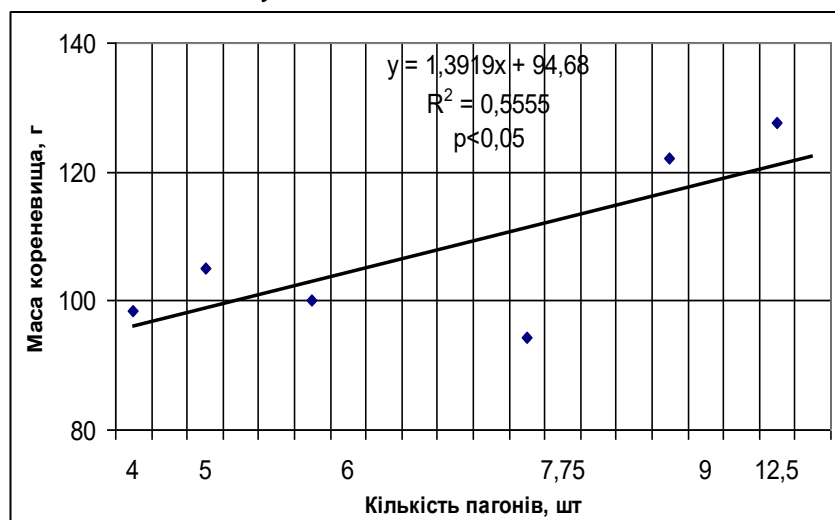


Рис. 6. Регресійна залежність маси кореневищ міскантусу від кількості пагонів у кущі, (2013–2017 рр.) ЯДСС

За результатами досліджень встановлено динаміку росту і розвитку рослин проса прутоподібного та коефіцієнт густоти рослин протягом вегетаційного періоду.

Проведено аналіз динаміки наростання біомаси проса прутоподібного. Встановлено, що істотний вплив на рівень урожайності протягом вегетаційного періоду виявляють показники кількості рослин на погонному метрі та висота стебел. Відповідно до проведених розрахунків і одержаних результатів аналізу визначено залежності рівня урожайності від висоти і кількості стебел проса прутоподібного (рис. 7; 8). Як показують результати досліджень, між урожайністю та висотою стебел

існує кореляційний зв'язок з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,8836$ (рис. 7). Така залежність описана рівнянням регресії:

$$y=0,1854x-10,408.$$

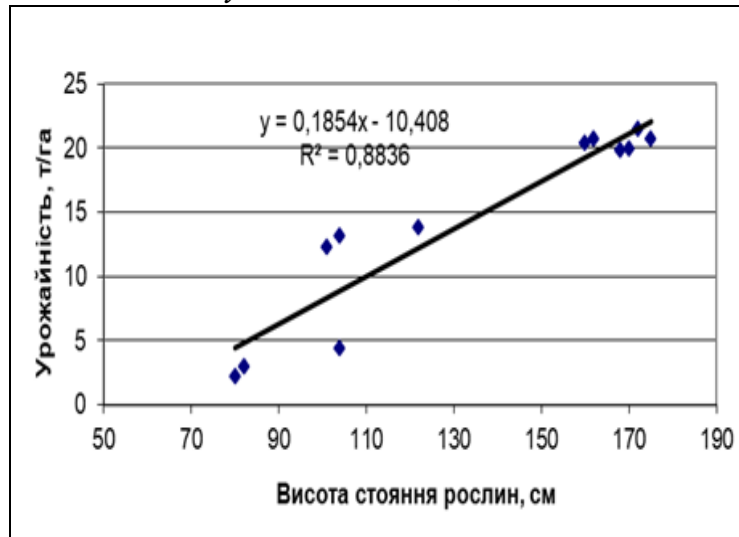


Рис. 7. Залежність урожайності біомаси проса прутіподібного від висоти стебел протягом вегетаційного періоду, (2012–2016 рр.) ЯДСС

Дослідженнями встановлена залежність між рівнем урожайності проса прутіподібного та кількістю стебел у вегетаційному періоді. Між ними існує кореляційний зв'язок з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,8515$ (рис. 8). Дана залежність описана рівнянням регресії:

$$y=0,2343x-17,412.$$

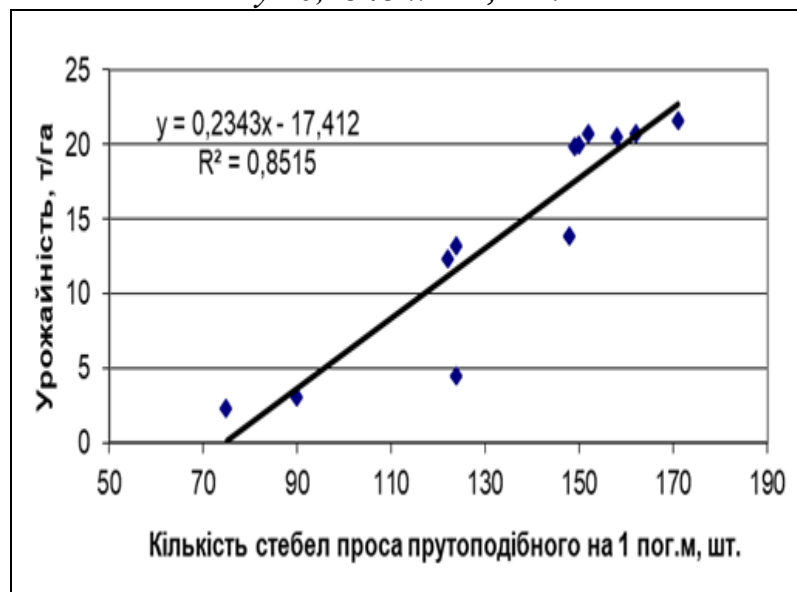


Рис. 8. Залежність урожайності проса прутіподібного від кількості стебел протягом вегетаційного періоду, (2012–2016 рр.) ЯДСС

В онтогенезі рослин проса прутіподібного відбуваються виокремлено наступні фенологічні фази: проростання насіння, сходи (через 10–12 днів після сівби), кушіння (через 20–25 днів після сходів), стеблування (через 10–15 днів після початку кушіння), викидання волоті (через 10–15 днів від початку трубкування), цвітіння (через 3–5 днів). Цвітіння в межах волоті продовжується 13–18 днів.

ПРОДУКТИВНІСТЬ БІОМАСИ БАГАТОРІЧНИХ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Встановлено вплив способів вирощування міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*) на врожайність біомаси в умовах Лісостепу України (рис. 9).

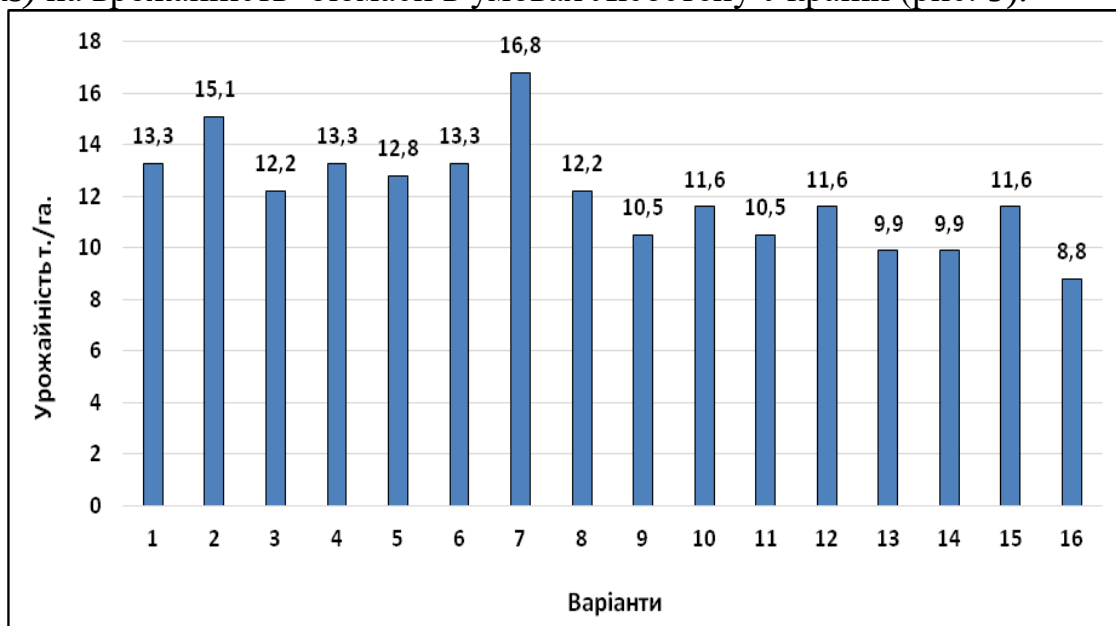


Рис. 9. Рівень урожайності біомаси насаджень міскантусу залежно від способів вирощування, т/га, (2014–2018 рр.) ЯДСС

Примітка. 1-варіант: III декада вересня, звичайний спосіб садіння – 20,4 тис./га; 2-варіант: III дек. вересня, звичайний спосіб садіння – 28,5 тис./га; 3-варіант: III дек. вересня, з нарізанням гребенів – 20,4 тис./га; 4-варіант: III дек. вересня, з нарізанням гребенів – 28,5 тис./га; 5-варіант: II дек. жовтня, звичайний спосіб садіння – 20,4 тис./га; 6-варіант: II дек. жовтня, звичайний спосіб садіння – 28,5 тис./га; 7-варіант: II дек. жовтня, з нарізанням гребенів – 20,4 тис./га; 8-варіант: II дек. жовтня, з нарізанням гребенів – 28,5 тис./га; 9-варіант: II дек. квітня, звичайний спосіб садіння – 20,4 тис./га; 10-варіант: II дек. квітня, звичайний спосіб садіння – 28,5 тис./га; 11-варіант: II дек. квітня, з нарізанням гребенів – 20,4 тис./га; 12-варіант: II дек. квітня, з нарізанням гребенів – 28,5 тис./га; 13-варіант: I дек. травня, звичайний спосіб садіння – 20,4 тис./га; 14-варіант: I дек. травня, звичайний спосіб посадки – 28,5 тис./га; 15-варіант: I дек. травня, з нарізанням гребенів – 20,4 тис./га; 16-варіант: I дек. травня, з нарізанням гребенів – 28,5 тис./га.

За садіння, проведеного восени, без гребенів на ділянках з різною густотою рослин урожайність в середньому становила 13,3 т/га, за садіння в гребені – також 13,3 т/га; за садіння весною без гребенів – 10,5 т/га і в гребені – 10,6 т/га. Це сприяло підвищенню врожайності сирової маси міскантусу на 3,6 т/га за садіння восени. Отримана прибавка математично достовірна за HP_{05} (фактор А) – 0,48 т/га.

Кількість пагонів за осіннього садіння була нижчою (12,4 шт.), ніж за весняного (14,7 шт.). Аналіз термінів садіння за місяцями свідчить: вересень – 13,5 шт., жовтень – 11,2 шт., квітень – 14,4 шт., травень – 14,9 шт. Спосіб садіння ризомів також впливав на кількість пагонів (рис. 10).

У другий рік вегетації насаджень міскантусу тенденції формування врожайності залежно від абіотичних факторів зберігали такі, як і у перший рік. Так, рівень урожайності сухої біомаси за осіннього садіння був вищим (11,2 т/га) порівняно з весняним строком (8,8 т/га) (рис. 11).

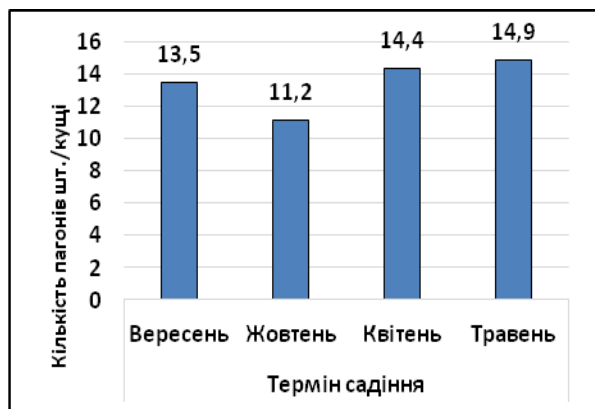


Рис 10. Кількість пагонів міскантусу залежно від строків садіння ризомів, (2014–2018 рр.) ЯДСС

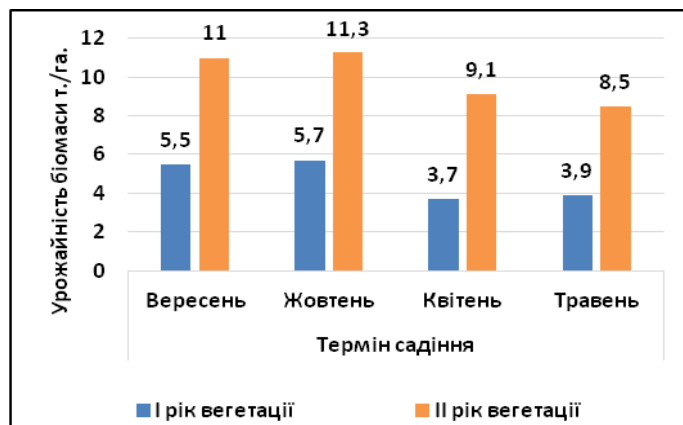


Рис.11. Урожайність сухої біомаси міскантусу першого та другого року вегетації залежно від абіотичних факторів розвитку, (2014–2018 рр.) ЯДСС

У результаті досліджень виявлено різноякісні адаптивні реакції за параметрами урожайності посівів проса прутоподібного у сортів «Саве-ін-рок» і «Морозко» залежно від способу сівби насіння, наявності маячної культури та погодних умов вегетаційних періодів. Зокрема варто зауважити, що адаптивні реакції рослин сорту «Саве-ін-рок» стосувалися як способу сівби насіння, наявності маячної культури, так і погодних умов вегетаційного періоду (рис. 12).

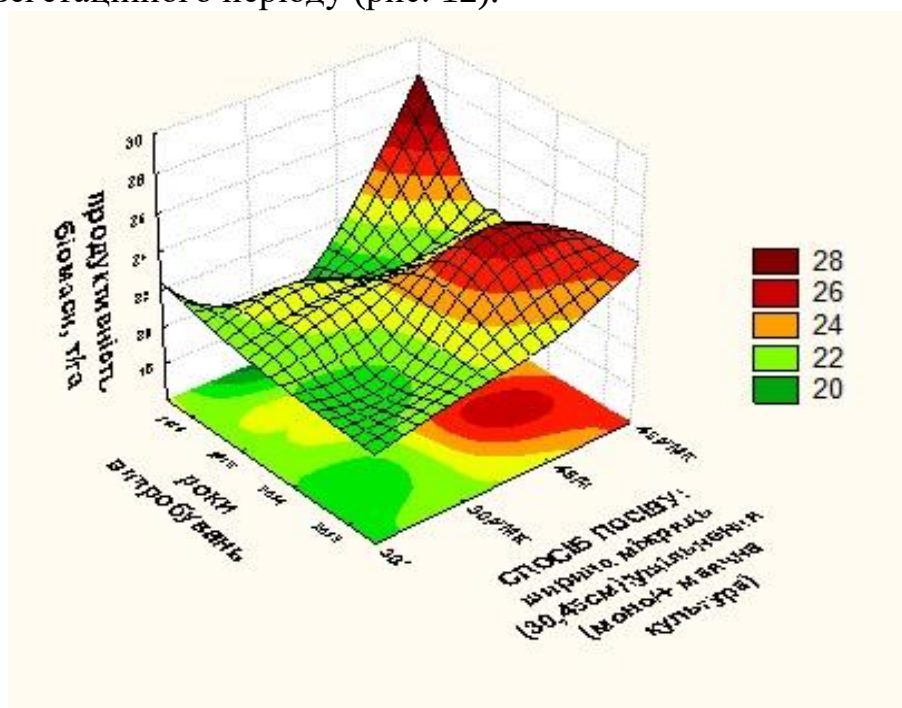


Рис. 12. Урожайність біомаси в посівах сорту «Саве-ін-рок» залежно від способу сівби, наявності маячної культури та умов вегетаційного періоду, т/га, (2012–2016 рр.).

А адаптивні реакції рослин сорту «Морозко» дуже обмежено стосувалися параметричних рівнів урожайності щодо способу сівби насіння, наявності маячної культури в умовах екстремальних проявів вегетаційного періоду. Це свідчить про більш оптимізовану норму адаптивних реакцій у рослин даного сорту (рис. 13).

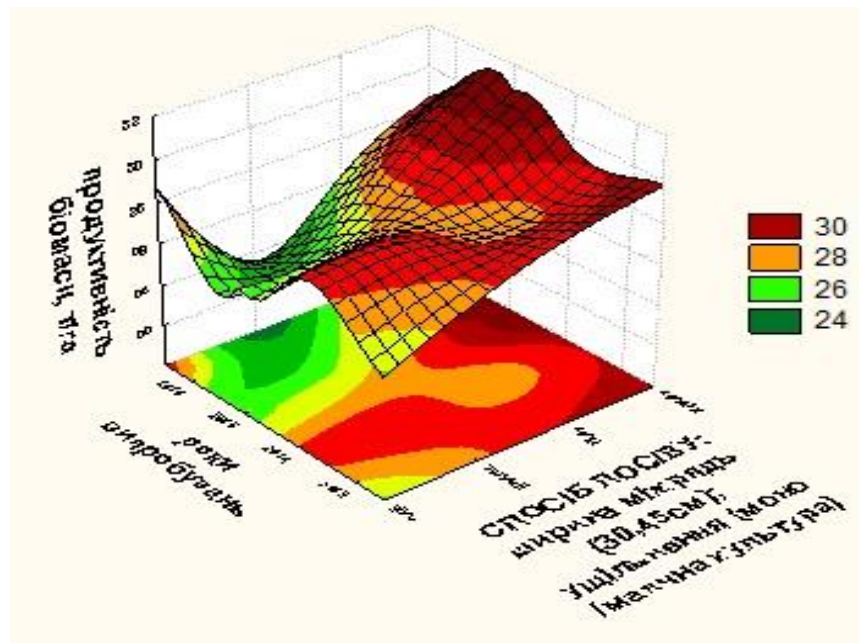


Рис. 13. Урожайність біомаси в посівах сорту «Морозко» залежно від способу сівби, наявності маячної культури та умов вирощування, т/га, (2012–2016 рр.)

Дослідження показали, що інтенсивність проростання насіння проса прутноподібного та повнота сходів зумовлюються такими показниками, як рівень температури і вологості ґрунту. За низької температури і вологості ґрунту період появи сходів рослин затягувався, а тривалий дефіцит тепла і вологи призводили до загибелі рослин проса прутноподібного.

Як засвідчив аналіз рівня вологості ґрунту в період сівби насіння проса прутноподібного за роки досліджень показав, що кількість вологи в орному шарі постійно змінювалася і залежала від погодних умов.

Встановлено, що польова схожість насіння проса прутноподібного залежала від строків сівби, а дружність з'явлення сходів відігравала важливу роль для ефективного проведення догляду. Найвищий рівень урожайності біомаси отримано за триразового передпосівного обробітку ґрунту бороною Радченка (рис.14) за вирощування з шириною міжрядь 30 см за сівби з маячною культурою (рис.15).

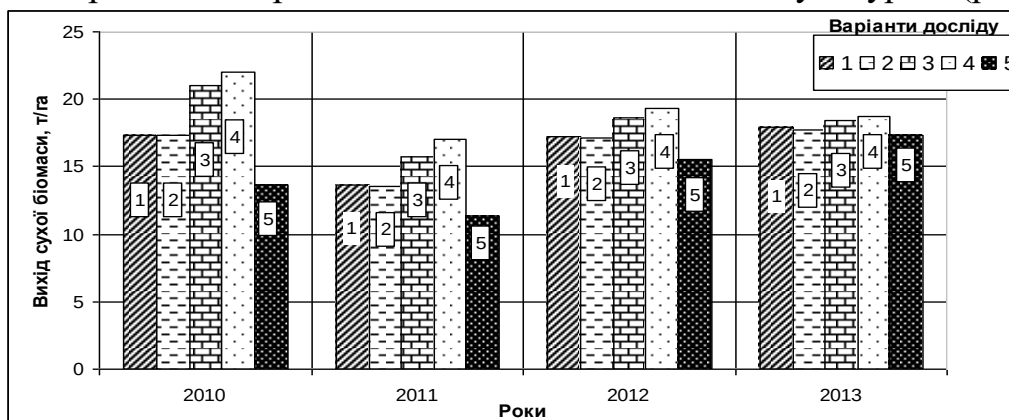


Рис. 14. Урожайність проса прутноподібного залежно від способів обробітку ґрунту, (2010–2013 рр.) ЯДСС

Примітка. 1 - дворазова культивування на глибину 3-4 см. 2 - триразова культивування; 3 - дворазовий обробіток ґрунту бороною Радченка на глибину 2-3 см; 4 - триразовий обробіток ґрунту бороною Радченка на глибину 2-3 см; 5 - пряма сівба без передпосівних культивувань.

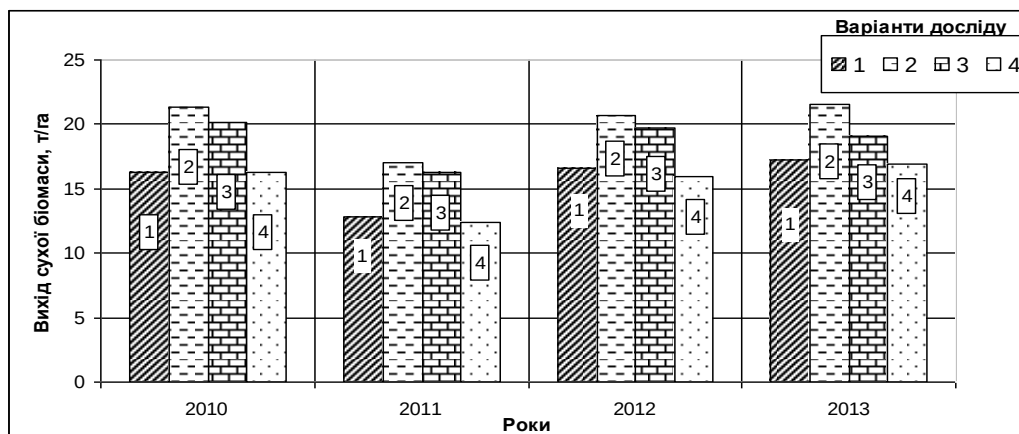


Рис. 15. Урожайність проса прутоподібного залежно від способів сівби, (2010–2013 рр.) ЯДСС

1 - ширина міжрядь 15 см, з маячною культурою; 2 - ширина міжрядь 30 см, з маячною культурою; 3 - ширина міжрядь 45 см, з маячною культурою; 4 - ширина міжрядь 15 см, без маячної культури.

Для ефективного захисту посівів проса прутоподібного від бур'янів необхідно використовувати спосіб сівби насіння з шириною міжряддя 30 та 45 см із маячною культурою – гірчицею білою.

АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ БАГАТОРІЧНИХ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР МІСКАНТУСУ ТА ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО

Розроблено схему створення промислових плантацій багаторічних злакових культур та визначено особливості формування урожайності залежно від елементів технології вирощування.

Дослідженнями доведено ефективність удосконалених способів вирощування біомаси в сумісних посівах проса прутоподібного та міскантусу гігантського (рис.16). Біологічні особливості згаданих злакових культур визначено важливими для біоенергетики: висока адаптивність, ефективне використання потенціалу вдало поєднуються з цілою низкою цінних господарських характеристик.

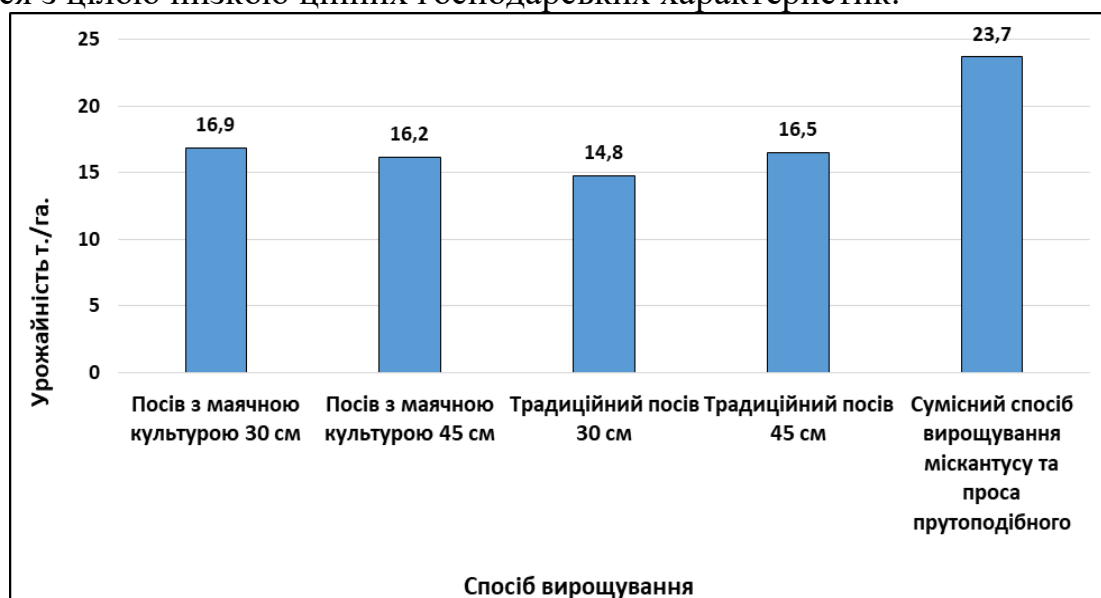


Рис. 17. Урожайність сухої біомаси за різних способів вирощування, т/га, (2014–2018 рр.) БАТК

Як встановлено, за сумісного вирощування біомаси міскантусу та проса прутноподібного з шириною міжрядь 60 см, порівняно з традиційною шириною 45 см, у перший рік вегетації збільшується приріст біомаси на 30 %. За використання широкорядного способу сівби насіння проса прутноподібного у перший рік вегетації створено оптимальні умови для розвитку рослин.

У дослідженнях із розробки способів садіння ризомів міскантусу застосовували два способи. За одного нарізали гребені за відповідною схемою у вигляді зрізаної піраміди, які формували повздовж і впоперек рядків, що забезпечувало квадратне розміщення та оптимальну площу живлення рослин (рис.17). За другого – використовували звичайний спосіб садіння за ширини 70 см.

Проблемним питанням в технології вирощування біомаси проса прутноподібного залишається сівба насіння. В результаті дослідження удосконалено спосіб сівби насіння проса прутноподібного, що здійснюється за відповідною схемою спільно з операцією коткування площі посіву та створенням рядків овального профілю. Це дозволило зменшити операції міжрядного догляду, зберегти вологу, створити оптимальні умови для успішного проведення обробітку ґрунту (рис.18).

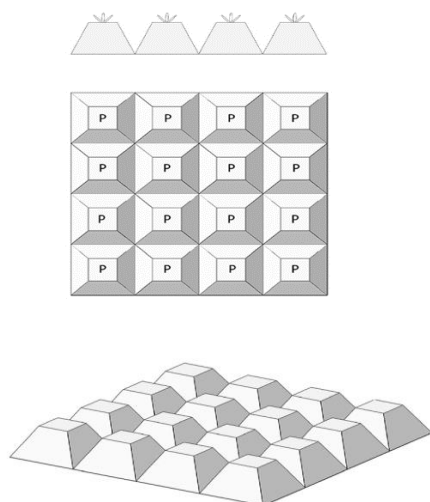


Рис. 17. Спосіб садіння ризомів міскантусу за квадратно-гніздового розміщення, (2014–2018 рр.) БАТК

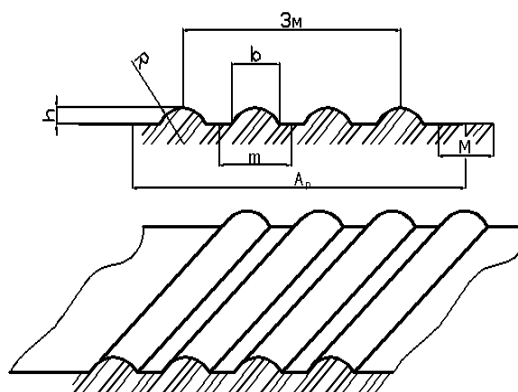


Рис. 18. Спосіб сівби насіння проса прутноподібного спільно з формуванням профілю рядків, (2014–2018рр.) БАТК

Найбільший вихід енергії (449,5 ГДж/га) з мінімальними затратами вирощування отримали за квадратно-гніздового способу садіння міскантусу (70x70 см) із підгортанням рослин у рядках впродовж вегетації, що було на 37,1 ГДж/га більше порівняно зі звичайним способом (табл. 4).

Таблиця 4

Енергетична продуктивність насаджень міскантусу залежно від способу підготовки ґрунту до садіння ризомів, (2014–2018 рр.) БАТК

Способи садіння	Урожай сирої біомаси, т/га	Вміст сухої речовини, %	Урожай сухої біомаси, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
Звичайний спосіб	28,0	79,5	22,3	412,4
Квадратно-гніздовий спосіб	29,8	79,2	24,5	449,5

Дослідженнями встановлено, що важливим чинником, за якого підвищується врожайність біомаси міскантусу, є строки садіння та маса ризомів. До прикладу, найвищу врожайність біомаси отримано за першого строку садіння (рис. 19). За маси ризомів 20–30 г урожайність біомаси становила 2,2; 12,3; 20,1 та 23,8 т/га, тоді як за маси 71–90 г – 4,2; 19,5; 30,3 та 35,0 т/га відповідно в перший–четвертий роки вегетації (рис. 20).

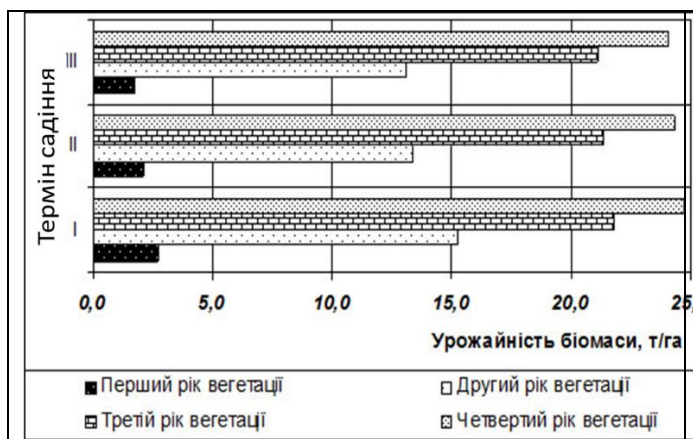


Рис.19. Урожайність біомаси міскантусу залежно від строків садіння ризомів у різні роки вегетації рослин, (2014–2018 рр.) БАТК

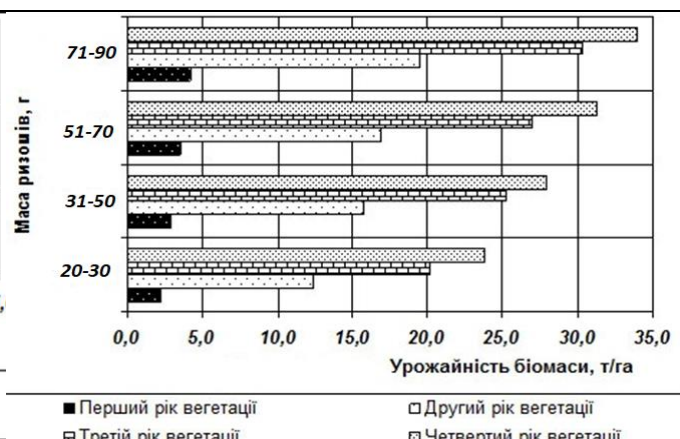


Рис. 20. Урожайність біомаси міскантусу залежно від маси ризомів у різні роки вегетації рослин, (2014–2018 рр.) БАТК

Рослини, одержані з ризомів меншої маси, утворюють малостеблові кущі з недостатньою вегетативною масою і витрачають більше енергії на утворення нових пагонів із молодих ризомів, щоб збільшити фотосинтезуючу поверхню.

Як виявлено, рослини проса прутоподібного в перші 3 – 4 тижні розвивалися повільно. Коли температурні умови не цілком відповідали біологічним особливостям росту й розвитку культури, період проростання насіння тривав довше, а бур'яни, особливо дводольні, дуже пригнічували сходи.

Найвищий рівень урожайності сухої речовини та вихід енергії у посівах проса прутоподібного у перший рік вегетації отримано за ширини міжрядь 30 см – 5,7 т/га. та за комбінованої ширини міжрядь – 5,5 т/га (рис. 21).

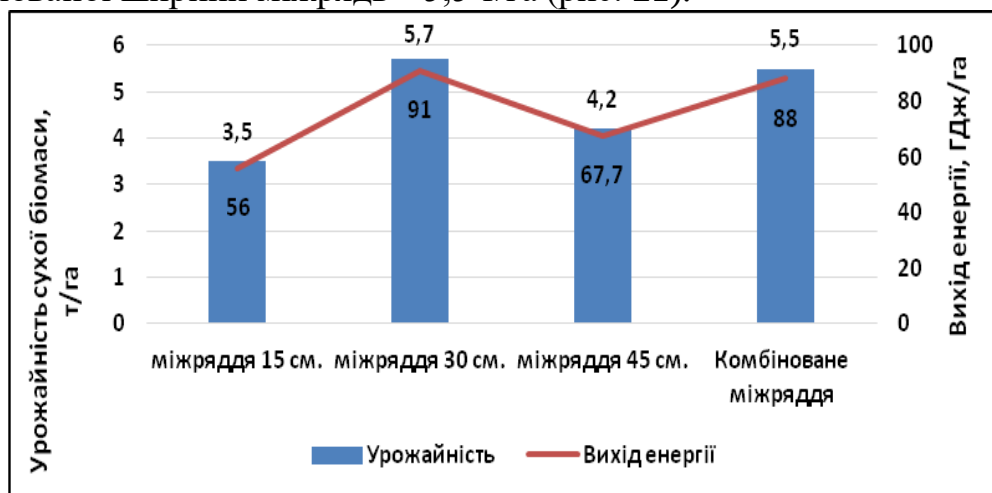


Рис. 21. Вихід сухої речовини та енергії проса прутоподібного в перший рік вегетації залежно від способу сівби, (2012-2018 рр.) БАТК

Для зниження собівартості сировини проведено оптимізацію елементів технології обробітку ґрунту з мінімальними затратами праці. З метою якісного проведення сівби розроблено спеціальні котки з овальним профілем, які під дією сили тяжіння сівалки формували заданий профіль рядка. Для цього необхідно забезпечити показники щільності ґрунту 1,2–1,3 г/см³ після ущільнення гребня тиском 0,15–0,2 кг/см².

Застосування комбінованої ширини міжрядь (3 x 30+1 x 45 см) та спеціально створеної технологічної ширини 45 см дозволило провести перший міжрядний обробіток ґрунту через 15–20 днів після сівби, до появи сходів. У цей час насіння проса прутноподібного уже починало проростати і вкорінюватися, а бур'яни з'являлися на поверхні ґрунту або знаходилися у фазі білої ниточки і легко пошкоджувалися робочими органами ґрунтообробних машин.

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ БІОМАСИ БАГАТОРІЧНИХ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР

Здійснено класифікацію різних видів біопалива, обґрунтовано технології переробки біомаси біоенергетичних культур. Визначено технологічні якості врожаю біомаси багаторічних злакових культур міскантусу та проса прутноподібного для виробництва біопалива.

Розроблено методику розрахунку обсягів виробництва сировини залежно від біотичних й абіотичних факторів рослин міскантусу та проса прутноподібного. За вологості $w=10\%$ визначено вихід енергії від урожайності біомаси багаторічних злакових культур згідно з розробленим графіком (рис. 22).

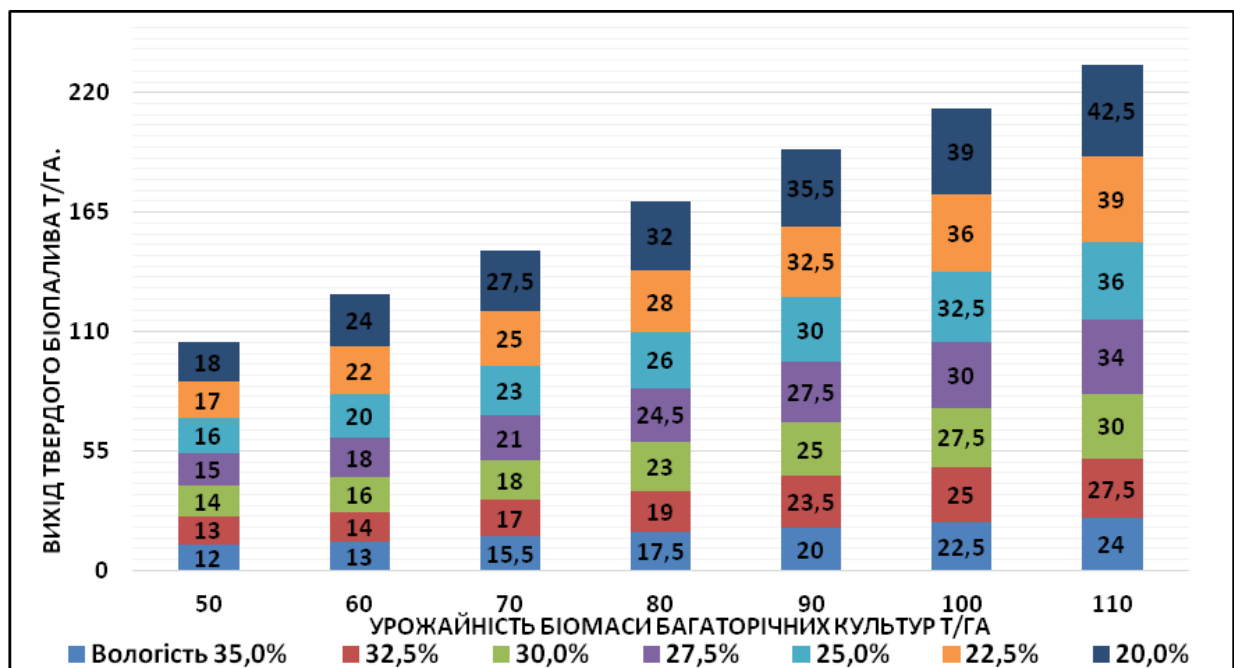


Рис. 22. Вихід твердого біопалива залежно від рівня врожайності та вологості біомаси багаторічних злакових культур, (2012–2018 рр.) БАТК

Енергоємність твердого біопалива із сировини злакових культур міскантусу та проса прутіоподібного залежала від рівня вологості та якісних показників. Вихід енергії визначали як добуток маси отриманого з 1 га міскантусу твердого біопалива на його енергоємність.

Визначено показники якості сировини багаторічних злакових культур міскантусу та проса прутіоподібного (табл. 5).

Таблиця 5

Показники якості біомаси багаторічних злакових культур міскантусу та проса прутіоподібного, (2015–2018 рр.) ЯДСС

Вегетативна частина рослини	Суша речовина, %	Зола, %	Геміцелюлоза, %	Целюлоза, %	Лігнін, %
Міскантус					
Листя	80,20	3,52	26,14	47,24	16,32
Стебло	84,62	3,74	28,00	49,88	18,21
Просо прутіоподібне					
Листя	87,55	3,24	16,25	49,33	16,07
Стебло	89,90	3,68	18,00	52,07	17,58

У багаторічних злакових культур міскантусу та проса прутіоподібного надходження мінеральних речовин з ґрунту відбувається впродовж усього вегетаційного періоду, однак інтенсивність в різні періоди онтогенезу неоднакова. На початку вегетації рослини засвоюють більше азотистих сполук, тоді як у період кушіння та цвітіння – калійних.

Використання сполук фосфору впродовж вегетації проходить дещо порівномірніше з використанням калію та азоту. У зв'язку з інтенсивним ростом надземної маси та формуванням вегетативних органів найбільше поживних речовин використовують рослини у другий період розвитку (фаза кушіння – цвітіння).

Різні частини рослини (стебла, листя) характеризуються неоднаковим вмістом елементів живлення. Так, за результатами досліджень встановлено, що вміст сполук азоту і фосфору вищий у стеблах порівняно з листками 0,90 і 0,84 проти 0,95 та 0,70 і 0,61 проти 0,79 та 0,64 % (табл. 6). Калію, навпаки, більше містилося у листках порівняно зі стеблами.

Таблиця 6

Вміст макроелементів у наземній частині рослин міскантусу та проса прутіоподібного від маси сухої речовини, (2015–2018 рр.) %, ЯДСС

Культура	Вегетативна частина	Вміст, %		
		азот	фосфор	калій
Міскантус	Листя	0,90	0,70	2,3
	Стебло	0,95	0,79	1,9
Просо прутіоподібне	Листя	0,84	0,61	2,3
	Стебло	0,95	0,64	1,5

Недостатнє живлення рослин сполуками фосфору та калію знижувало ефективність процесів фотосинтезу й зменшувало відтік синтезованих вуглеводів з

листіків у кореневища. Для досягнення балансу рослини використовували фосфор та калій з ґрунту. Для розробки ефективних елементів технології вирощування і догляду за злаковими культурами міскантусом та просом прутіподібним необхідно враховувати потребу рослин в мінеральних елементах живлення. Дослідженнями визначено кількісний вміст NPK у рослинах та їх винос із ґрунту з урожаєм біомаси (табл. 7).

Таблиця 7

**Винос елементів живлення біоенергетичними рослинами,
(2015–2018 рр.) ЯДСС**

Культура	Суша маса, т/га	Вміст елементів живлення, % с. р.			Винос NPK рослиною в цілому, кг/га		
		N	P	K	N	P	K
Міскантус	16,65	0,88	0,63	2,41	150,3	110,9	202,4
Просо прутіподібне	15,20	1,12	0,66	1,39	170,3	122,6	251,5

Порівнюючи вміст сполук N і P (% на суху речовину) у біоенергетичних культур можливо зазначити, що в рослинах міскантусу їх було менше (0,88 і 0,63 %) порівняно з просом прутіподібним (1,12 і 0,66 %). Однак сполук K, навпаки, у рослин міскантусу відзначено більше – 2,41 проти 1,39 %. Аналогічну тенденцію спостерігали і за об'єктами виносу цих елементів із ґрунту.

Винос елементів живлення рослинами з одиниці площі зростає з підвищенням рівня урожайності. Проте зі зростанням урожайності витрати поживних речовин на формування одиниці врожаю зазвичай зменшувався. За сприятливих ґрунтово-кліматичних умов та високого рівня технології вирощування досягається більш економне засвоєння рослинами сполук, ніж за раннього живлення на одиницю врожаю. За даними виносу основних елементів живлення на одиницю врожаю тієї чи іншої культури можна розрахувати необхідну норму витрати мінеральних добрив для отримання запланованого врожаю.

**ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ
ВИРОЩУВАННЯ ТА ПЕРЕРОБЛАННЯ БАГАТОРІЧНИХ ЗЛАКОВИХ
КУЛЬТУР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА**

Розраховано економічну ефективність технологій вирощування багаторічних злакових культур у промислових плантаціях.

Так аналіз структури витрат коштів на 1 га насадження (посіву) енергетичних культур міскантусу і проса прутіподібного свідчить, що найбільшу складову частину їх становлять мінеральні добрива, засоби захисту та насіння, на які в усіх випадках припадає близько 50 % загальних витрат (табл. 8.).

Друга за величиною стаття витрат – паливо-мастильні матеріали. Стосовно показників економічної ефективності вирощування біоенергетичних культур, то найприбутковішим серед них міскантус. До прикладу з одного гектара міскантусу на третій рік вирощування і кожний наступний рік одержували 30400 грн валових надходжень, 18034 грн прибутку, за рівня рентабельності 128 %.

У дослідженнях, проведених у зоні Лісостепу України впродовж 2010–2018 рр., міскантус на третій рік вегетації і кожен наступний рік забезпечив 19000 грн грошових надходжень та 16700 грн прибутку, за рівня рентабельності 726 %. Однак

особливістю злакових культур відзначена низька прибутковість у перші три роки вегетації, пов'язана із значними витратами на закладку плантацій.

Таблиця 8

Економічна ефективність вирощування багаторічних злакових культур

№ з/п	Стаття витрат, грн	Міскантус		Просо прутіподібне
		за два роки вегетації	на третій рік і наступні роки	кожен рік з другого року вегетації
1	Оплата праці з нарахуванням	1209,92	274	1226
2	Паливно-мастильні матеріали	3077,20	412	1969
3	Амортизаційні відрахування	783,95	275	595
4	Поточний ремонт	548,78	383	416
5	Насіння, ризом	15000	-	500
6	Мінеральні добрива	3375,37	663,5	705
7	Засоби захисту рослин	1179,00	-	2248
8	Інші витрати	579,00	182	181
9	Плата за оренду землі	1888,50	629,5	1259
10	Усього виробничих витрат	27691,72	2188,5	9299
11	Витрати на транспортування	1385	109	465
12	Повна собівартість	29077	2298	9764
13	Ринкова ціна 1 т/грн сировини	950	950	900
14	Валові надходження	30400	19000	8000
15	Прибуток		16700	8236
16	Рівень рентабельності, %	4,5	726,8	84
17	Урожайність, т/га	25,3	25	18
18	Собівартість, 1т/грн	1149,3	114,9	488,2
19	Прибуток із розрах. на 1 т/грн	41,3	835,1	412

У разі закладання плантацій значні кошти – 45 тис./га необхідні на садивий матеріал міскантусу, що пов'язано з вегетативним його розмноженням шляхом садіння ризомів. Так, загальні витрати в перші три роки вегетації міскантусу становлять 29,1 тис. грн, за 30,4 тис. грн/га валових надходжень, тоді як прибуток усього 1,3 тис. грн/га, за рівня рентабельності 4,5 %. Проте в наступні роки експлуатації плантації повністю себе виправдовують і покривають усі попередні витрати, здійснені при їх закладанні. Собівартість 1 т урожаю зменшується в 10 разів – від 1149 грн/т до 114,9 грн/т, що пов'язано з мінімальними витратами на догляд, підживлення мінеральними добривами та збирання врожаю біомаси. Стосовно проса прутіподібного, то ця культура також вискоєфективна з показниками дещо нижчими, ніж у міскантусу. Проте вона незамінна у посушливих південних регіонах України, де міскантус культивувати значно важче.

У зв'язку з тим, що енергетичні витрати в динаміці значно не зростають, а

енергетична вартість урожаю біомаси збільшується, відповідно зростає й коефіцієнт енергетичної ефективності. Тому для диверсифікації виробництва сировини з метою виготовлення паливної січки, брикетів та гранул, для раціонального використання енергетичних плантацій необхідно враховувати переваги і недоліки кожної культури та плантацій в цілому.

Енергетична ефективність технологій вирощування багаторічних злакових культур у промислових плантаціях. Витрати сукупної енергії на вирощування різних видів біоенергетичних культур виявилися неоднаковими. Так, при вирощуванні міскантусу сукупні витрати енергії становили 44 ГДж/га, проса прутіподібного – 28 ГДж/га. Значна частина енергетичних затрат припадала на садивний матеріал, пальне, добрива та гербіциди.

Найбільшу енергетичну продуктивність під час проведення досліджень у 2012–2018 рр. в зоні Лісостепу України отримали за вирощування міскантусу – 25,3 т/га сухої речовини та 516,2 ГДж/га і проса прутіподібного – 18,2 т/га сухої речовини та 371,5 ГДж/га (табл. 9).

Таблиця 9

Енергетична продуктивність багаторічних біоенергетичних культур з третього року вегетації (2012–2018 рр.)

Енергетичні культури	Урожай сиріої біомаси, т/га	Суша речовина, %	Урожай сухої біомаси, т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
Міскантус	58,8	42,6	25,3	30,3	516,2
Просо прутіподібне	23,2	78,5	18,2	21,8	371,5

Отже, звідси, у виробництво слід впроваджувати такі технології вирощування біоенергетичних культур, які б сприяли зменшенню сукупних енергетичних витрат. У системі технологій все більшого значення набуває диференційоване використання природних ресурсів, техногенних факторів і адаптивного потенціалу культивованих видів і сортів рослин, розробка сортової агротехніки, застосування певних методів боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування і практичне вирішення важливої наукової проблеми, яка полягає в розробці агротехнологічних основ вирощування багаторічних злакових культур міскантусу гігантського та проса прутіподібного, удосконаленні технологій одержання високоякісної біосировини з високими показниками продуктивності для виробництва твердих видів біопалива і целюлози в умовах Лісостепу України.

1. Для поліпшення екологічного стану довкілля і нарощування обсягів використання відновлюваних джерел енергії в Україні необхідно розширити площі під посадками та посівами високопродуктивних швидкоростучих біоенергетичних культур, зокрема міскантусу та проса прутіподібного з метою безперебійного забезпечення сировиною біопаливних заводів та теплогенеруючих об'єктів, особливо

в житлово-комунальному господарстві країни. Промислові енергетичні плантації таких культур можуть повністю забезпечити сировиною підприємства України для виробництва твердих видів біопалива. Зважаючи на це, здобувачем здійснено відповідні дослідження та обґрунтовані теоретичні й практичні основи вирішення цієї проблеми для Лісостепу України.

2. Найвища інтенсивність накопичення сухої біомаси злакових рослин міскантусу та проса прутоподібного відбувалася у фазі виходу в трубку та викидання волоті. Встановлено кореляційні взаємозв'язки між площею листкової поверхні (s), висотою (h), масою (m) пагона рослин міскантусу та кількістю на ньому листків (n). Коефіцієнти парної кореляції становили $r_{sh}=0,878\pm0,048$; $r_{sn}=0,759\pm0,066$ та $r_{mh}=0,898\pm0,045$; $r_{mn}=0,689\pm0,073$, коефіцієнти множинної кореляції – $R_{s,hn}=0,914$; $R_{m,hn}=0,910$. Виявлено сильний кореляційний зв'язок між шириною листка та площею його поверхні для міскантусу гігантського ($r = 0,862\pm0,054$) та для проса прутоподібного ($r = 0,993\pm0,049$).

3. На основі морфометричних показників рослин міскантусу, таких як висота пагона та кількість листків, виявлено регресивні залежності, відповідно за показниками: $s=5,005h+66,654n-569,586$ та $m=0,4186h+2,7557n-37,8759$. Це дозволило вдосконалити методику розрахунку площі листкової поверхні та маси рослин на основі розрахованих під час досліджень перевідних коефіцієнтів. Установлено прямолінійну залежність урожайності біомаси від висоти стебел, маси кореневищ міскантусу та кількості пагонів у куці.

4. Найвищу врожайність сухої біомаси міскантусу 23–25 т/га в умовах західного Лісостепу України отримано за густоти садіння кореневищ (ризомів) міскантусу 20,4 тис. шт./га, за висоти рослин 180–200 см; проса прутоподібного – 18–20 т/га сухої біомаси за норми висіву 200–250 шт./м² схожих насінин і висоти рослин 160–180 см.

5. Найбільший рівень урожайності сухої біомаси в зоні центрального Лісостепу України отримано в насадженнях міскантусу, де густина стояння рослин становила 20 тис. шт./га за норми внесення добрив $N_{120}P_{50}K_{60}$ (3,7 т/га).

6. Для максимального знищення бур'янів і обмеження застосування ручної праці, особливо у перший рік вегетації багаторічних злакових культур, доцільно проводити міжрядні обробітки ґрунту з одночасним присипанням бур'янів у рядках ґрунтом. Для цього необхідно доукомплектувати культиватор КРНВ-5.6-02 лапами-бритвами та захисними дисками. Такий спосіб дозволяє знищити близько 50–60 % бур'янів. Міжрядні обробітки доцільно розпочинати з настанням вегетаційного періоду і проводити залежно від щільності ґрунту (1,20–1,25 г/см² і більше) та за наявності сходів бур'янів.

7. Між сумою річних опадів та урожайністю біомаси міскантусу існує тісний кореляційний зв'язок із коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,892$, що описується рівнянням регресії: $y=0,0048*x$. Тому врожайність біомаси міскантусу збільшується за садінням ризомів у ранньовесняний термін – у II декаді квітня, за оптимальної глибини саджання 6–8 см, а також пізньовесняний термін, за глибини саджання 8–10 см. Вплив термінів та глибини саджання ризомів на врожайність біомаси міскантусу спостерігався лише в перший рік вегетації. Коефіцієнт варіації глибини

садження ризомів не повинен перевищувати $\pm 20\%$.

8. Найвищу врожайність біомаси проса прутоподібного можна отримати за сівби схожого насіння сорту «Морозко» сумісно з маячною культурою – гірчицею білою, за вирощування з шириною міжрядь 30 або 45 см та із застосуванням триразового обробітку ґрунту бороною Радченка перед проведенням сівби.

9. Установлено, що найефективнішим строком сівби насіння проса прутоподібного у зоні Лісостепу України є ранньовесняний – третя декада квітня, за оптимальної глибини загортання насіння 1,0–1,5 см.

10. Варіант сумісних посівів злакових культур проса прутоподібного і міскантусу на одній плантації забезпечує урожайність біомаси 23,7 т/га та зменшення витрат при збиранні біомаси на 30%.

11. Установлено, що для отримання садивного матеріалу міскантусу гігантського і подальшого промислового використання плантації для вирощування біомаси необхідно забезпечити густоту рослин 40–44 тис. шт./га – висаджування ризом здійснювати квадратно-гніздовим способом за схеми 45×50 см. При викопуванні ризомів через один рядок забезпечується оптимальна густота рослин промислових плантацій 20–22 тис. шт./га.

12. У зоні нестійкого зволоження Лісостепу України вплив факторів терміни та глибина садження ризомів на урожайність біомаси спостерігався лише у перший рік вегетації. У наступні роки тенденція зберігалася за рахунок різниці густоти стояння рослин. Оптимально якісним садивним матеріалом для створення енергетичних плантацій міскантусу були ризоми масою 71–90 г.

13. Інтенсивність проростання та польова схожість насіння проса прутоподібного залежить від термінів сівби, що виявляє вплив у подальшому механізованому догляді за рослинами. Сприятливі умови для ефективного проростання насіння проса прутоподібного можна створити агротехнічними заходами з урахуванням агробіологічних особливостей культури, зокрема, застосуванням сівби з комбінованою шириною міжрядь, із коткуванням посівів та утворенням рядків з овальним профілем, що дає можливість проводити досходовий обробіток ґрунту і забезпечує знищення 50–60 % бур'янів від їх загальної кількості на початку вегетації.

14. Для створення ефективної і безперебійної схеми виробництва теплової енергії в умовах Лісостепу України удосконалено способи збирання та зберігання врожаю біомаси, розроблено індивідуальну схему енергетичного конвеєра для забезпечення опалювального сезону і постачання сировини для виготовлення паливної щепи. Розрахункова кількість сухої біомаси в середньому з 1 га для міскантусу становить 25,0 т, для проса прутоподібного – 18,0 т.

15. Переробку біомаси міскантусу можна здійснювати за двома варіантами: перший – заводською промисловою переробкою сировини з реалізацією паливних гранул й біомаси у вигляді паливної щепи з вологістю 20 %, другий – шляхом спалювання паливних гранул з наступною реалізацією тепла, що забезпечує їх високу ефективність – прибуток із розрахунку на 1 га становить 574,6 тис. грн, за рівня рентабельності 206,0 %.

16. У структурі собівартості виробництва продукції енергетичній складовій

належить переважаюче значення. Тому з урахуванням різкого подорожчання і дефіциту енергоносіїв на основі викопного палива виникла необхідність створення нових високотемпературних технологій спалювання та устаткування для отримання теплової й електричної енергії з сировини біоенергетичних культур, вартість яких на даний час орієнтовно в 4–6 разів нижче за вартість нафтопродуктів.

17. Показники економічної ефективності виробництва біоенергетичних культур свідчать, що найрентабельніші в умовах Лісостепу України біоенергетичні культури серед багаторічних злаків це міскантус та просо прутоподібне. Так, з одного гектара міскантусу на третій рік вирощування і кожен наступний рік одержано 25 тонн сухої маси, 19 тис. грн надходжень, 16,7 тис. грн прибутку за рентабельності 726,0 %. Однак особливістю цієї культури визнано низьку прибутковість у перші три роки, що пов'язано із значними витратами на закладку плантацій. Вихід енергії у міскантусу становить 516,2 ГДж/га, у проса прутоподібного відповідно 371,5 ГДж/га. Просо прутоподібне менш приваблива культура, проте незамінна в посушливі роки та у разі вирощування у південних регіонах України.

18. Отримані в дослідженнях показники економічної й енергетичної ефективності технологій вирощування біоенергетичних культур надали можливість розробити інвестиційні проєкти закладки промислових плантаційних комплексів площею по 100 гектарів із тривалістю життєвого циклу 16 років із зазначенням усіх технологічних операцій, втрат та ефективності, що має пріоритетне значення для інвесторів.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для отримання врожайності сухої біомаси міскантусу на рівні 23–25 т/га в умовах Лісостепу України необхідно висаджувати кореневища (ризомі) масою 70–90 г у ранні строки (І–ІІ декади квітня) на оптимальну глибину 6–8 см та забезпечити густоту рослин 20–22 тис. шт./га. Коефіцієнт варіації глибини садження ризомів не повинен перевищувати 20 %.

2. Із метою ефективного використання енергетичної плантації міскантусу і отримання садивного матеріалу та подальшого промислового вирощування біомаси потрібно формувати площу ризомів з густотою рослин 40–44 тис. шт./га, шириною міжрядь 45 см і відстанню між рослинами в рядку 50 см, що за умови викопування ризомів через один рядок забезпечить оптимальну густоту рослин промислової плантації 20–22 тис. шт./га.

3. Для отримання 18–20 т/га сухої біомаси проса прутоподібного слід висівати насіння сорту «Морозко» у ранньовесняний строк, із нормою висіву 200–250 шт./м² схожих насінин, із шириною міжрядь 30 або 45 см, на глибину 1,0–1,5 см та із застосуванням передпосівного триразового обробітку ґрунту бороною Радченка. Для ефективного захисту посівів проса прутоподібного від бур'янів до появи сходів використовувати спосіб сівби насіння з шириною міжряддя 30 та 45 см із маячною культурою – гірчицею білою.

4. Із метою створення сприятливих умов для повнішого проростання насіння доцільно застосовувати сівбу з одночасним коткуванням посівів та утворенням рядків з овальним профілем (гребені висотою 12–15 см, шириною 20–25 см), із

комбінованою шириною міжрядь (3х30 см+1х45 см) та з маячною культурою – гірчицею білою. Це дає можливість проведення досходового обробітку ґрунту і забезпечує знищення 50–60 % бур'янів від їх кількості на початку вегетації.

5. Проблему ефективної боротьби з бур'янами, особливо в перший рік вегетації багаторічних злакових культур, можна вирішити міжрядними обробітками ґрунту з одночасним присипанням бур'янів у рядках ґрунтом. Для цього необхідно доукомплектувати культиватор КРНВ-5.6-02 лапами-бритвами та захисними дисками. Міжрядні обробітки доцільно розпочинати з настанням вегетаційного періоду і проводити залежно від щільності ґрунту (1,20–1,25 г/см² і більше) та за наявності сходів бур'янів.

6. Застосовувати технологію сумісного вирощування двох злакових культур міскантусу і проса прутоподібного на одній плантації, що забезпечує підвищення врожайності сухої біомаси, зменшення вилягання рослин та зниження витрат на збирання.

7. Із метою ефективного й безперебійного виробництва теплової енергії в умовах Лісостепу України використовувати енергетичний конвеєр постачання сировини для виготовлення біопалива з розрахунку виробництва біомаси міскантусу 25 т/га та проса прутоподібного 18 т/га у сухій масі.

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. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання розділів монографії)*.

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. та ін. Міскантус в Україні. Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2019. 256 с. *(проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання розділів монографії)*.

Статті в наукових фахових виданнях України

3. Гументик М. Я. Перспективи вирощування багаторічних злакових культур для виробництва біопалива. *Цукрові буряки*. 2010. № 4. С. 21–22.

4. Курило В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М. Міскантус – перспективна культура для виробництва біопалива. *Агробіологія*. 2010. Вип. 4. С. 62–66 *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %)*.

5. Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М. Біоенергетичні культури для виробництва біопалива. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. 2010. Т. 7 : Енергозбереження та альтернативні джерела енергії: проблеми і шляхи їх вирішення. Полтава : РВВ ПДАА, 2010. С. 12–17. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %)*.

6. **Гументик М. Я.,** Каськів В. В., Мандровська С. М. Вдосконалення елементів технології вирощування проса лозоподібного в умовах Західного Лісостепу України. *Наукові праці Інституту цукрових буряків*. 2011. Вип. 12 : Біоенергетика: вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива. С. 135–141. (проведення експериментальних досліджень, аналіз, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

7. Роїк М., Курило В., **Гументик М.,** Ганженко О., Квак В. Ефективність вирощування високопродуктивних енергетичних культур. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2011. № 15(2). С. 85–90. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

8. Курило В. Л., **Гументик М. Я.,** Квак В. М. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу в Умовах Західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія : Сільськогосподарські науки*. 2012. Вип. 1. С. 168–173. (проведення досліджень, аналіз, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

9. Курило В. Л., **Гументик М. Я.,** Каськів В. В. Вплив строків сівби та глибини загортання насіння свічграсу «проса лозовидного» на польову схожість в умовах західної частини Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17, Т. 2. С. 358–361. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

10. **Гументик М. Я.,** Хіврич О. Б., Квак В. М., Замойський О. І. Ефективність впливу способів захисту від бур'янів на ріст і розвиток рослин міскантусу в умовах західного Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 24–27. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій, частка участі – 60 %).

11. **Гументик М.,** Квак В., Замойський О. Урожайність біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини садіння ризомів у Західному Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія : Агрономія*. 2013. № 17(1). С. 76–82. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

12. **Гументик М. Я.,** Квак В. М., Замойський О. І., Морозова Є. В. Вплив елементів механізованих технологій вирощування міскантусу. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. № 4. С. 50–54. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

13. **Гументик М. Я.** Вплив способу посіву та догляду за рослинами на продуктивність біомаси проса прутоподібного в умовах Лісостепу України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2016. Вип. 25. С. 14–21.

14. Курило В. Л., **Гументик М. Я.,** Квак В. М., Дубовий Ю. П. Удосконалення елементів технології вирощування міскантусу в умовах центрального Лісостепу України для виробництва твердого біопалива. *Наукові праці Інституту*

біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2016. Вип. 24. С. 77–85. doi: <https://doi.org/10.47414/nr.24.2016.216897>. (проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті частка участі – 60 %).

15. Гументик М. Я. Вплив способу садіння міскантусу гігантського на продуктивність ризом в умовах Лісостепу України. *Біоенергетика*. 2017. № 1. С. 26–29.

16. Квак В. М., Ганженко О. М., **Гументик М. Я.**, Цвігун Г. В. Залежність площі листової поверхні та маси рослин міскантусу від морфометричних показників. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. Вип. 26. С. 75–83. doi: <https://doi.org/10.47414/nr.26.2018.211207>. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

17. **Гументик М. Я.**, Бондар В. С. Економічна і енергетична ефективність вирощування біоенергетичних культур на біопаливо. *Біоенергетика*. 2018. № 1. С. 16–19. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

18. Гументик М. Я. Особливості технології змішаного вирощування біоенергетичних злакових культур для виробництва біопалива. *Біоенергетика*. 2019. № 1. С. 16–18.

19. Роїк М. В., Сінченко В. М., Бондар С. В., Фурса А. В., **Гументик М. Я.** Концепція розвитку біоенергетики в Україні до 2035 року. *Біоенергетика*. 2019. № 2. С. 4–9. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

20. **Гументик М. Я.**, Гончарук Г. С., Гументик В. М. Продуктивність біомаси міскантусу залежно від густоти садіння ризомів в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 116, Ч. 1. С. 64–70. doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.4> (проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

21. **Гументик М. Я.**, Квак В. М., Гончарук Г. С. Морфометричні показники рослин як основа визначення врожайності біомаси проса прутіподібного. *Agrology*. 2020. Т 3, № 3. С. 160–163. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

22. Гументик М. Я. Удосконалення елементів технології вирощування проса прутіподібного в умовах Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 9. С. 15–20. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202009-02>

23. Гументик М. Я. Технологічні основи створення промислових плантацій високопродуктивних біоенергетичних культур. *Біоенергетика*. 2020. № 1. С. 14–17. <https://bio.gov.ua/sites/default/files/4.pdf>

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

24. **Gumentyk M.**, Kharytonov M. Development and assessment of technologies of miscanthus and switchgrass growing in Forest-Steppe zone of Ukraine. *Agriculture and Forestry*. 2018. Vol. 64, Iss. 2. P. 137–146. doi: <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.64.2.10>

(проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

25. 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. URL: http://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2020/issue_1/Art46.pdf (проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

26. **Gumentyk M. Ya.**, Chernysky V. V., Gumentyk V. M., Kharytonov M. M. Technology for two switchgrass morphotypes growing in the conditions of Ukraine's forest steppe zone. *INMATEH-Agricultural Engineering*. 2020. Vol. 61, No. 2. P. 71–76. <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-08> (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

27. Sinchenko V. M., Bondar V. S., **Gumentyk M. Ya.**, Pastukh Yu. A. Ecological bio energy materials in Ukraine current state and prospects of production development. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, Iss. 1. P. 85–89. doi: https://doi.org/10.15421/2020_13. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

Статті в наукових виданнях інших держав

28. **Humentyk M.**, Kwak V., Zamoyski O., Radejko B. Biomass productivity of *Miscanthus* depending on the quality of planting material and growing conditions in the western Forest-Steppe region of Ukraine. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2013. Vol. 15, No. 4. P. 84–89. (проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

29. Humentyk M. Technological aspects the cultivation of biomass energy crops of switchgrass “*Panicum virgatum*” on condition of Forest-Steppe of Ukraine. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2014. Vol. 16, No. 4. P. 82–86.

Статті в інших наукових виданнях

30. Гументик М. Я. Вирощування та використання органічної сировини для виробництва енергії. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14: Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур. С. 546–548.

31. Гументик М. Я. Агротехнічні прийоми вирощування проса прутоподібного «*Panicum virgatum* L». *Біоенергетика*. 2014. № 1. С. 29–32.

32. Ганженко О. М., **Гументик М. Я.**, Квак В. М. Технологія виробництва твердого біопалива з міскантусу. *Біоенергетика*. 2015. № 2. С. 13–17. (проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

33. **Гументик М. Я.**, Квак В. М., Замойський О. І., Морозова Є. В. Міскантус як високопродуктивна культура для виробництва біопалива. *Посібник українського хлібороба*. 2015. Т. 1: Генетичні ресурси рослин України. С. 365–368. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

34. Гументик М. Я. Эффективность технологий переработки органического сырья на биотопливо. *Scientific-Researches*. 2016. № 2. С. 21–27.

35. Гументик М. Я. Продуктивність проса прутоподібного залежно від способу вирощування в умовах Лісостепу України. *Первый независимый научный вестник*. 2016. № 9–10. С. 54–58. URL: <https://docplayer.net/47518057-Pervyy-nezavisimyy-nauchnyy-vestnik-adres-redakcii-01054-g-kiev-ulica-dmitrievskaya-64-tel-38-095-sayt.html>

Матеріали / тези доповідей наукових конференцій. Закордонні:

36. Kharytonov M., **Gumentyk M.**, Heilmeyer H. Ecological bases of land reclamation in the mining regions of Ukraine. *Geophysical Research Abstracts*. 2016. Vol. 18. EGU2016-779. [European Geosciences Union General Assembly 2016 (Vienna, Austria, 17–22 April, 2016). (Здобувачем узагальнено експериментальні дані, написано тези і підготовлено їх до друку частка участі – 70 %).

37. **Gumentyk M. Y.**, Kharytonov M. M. Development and improvement of agricultural techniques of *Miscanthus* growing in Forest-Steppe zones of Ukraine. *Proceedings International Symposium of ISB-INMA THE' 2016: Agricultural and mechanical engineering* (Bucharest, Romania, 27–29 October 2016). Bucharest, 2016. P. 177–182. (Здобувачем узагальнено експериментальні дані, написано тези і підготовлено їх до друку, частка участі – 70 %).

38. 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. (Здобувачем узагальнено дані, написано тези і підготовлено до друку, частка участі – 70 %).

39. Роїк М., Курило В., **Гументик М.**, Ганженко О. Роль і місце фітоенергетики в паливно-енергетичному комплексі України. *Теоретичні і практичні аспекти розвитку агропромислового виробництва та сільських територій*: матеріали Міжнародного науково-практичного форуму (м. Львів, 21–24 вересня 2011 р.). Львів, 2011. С. 163–165. (Здобувачем узагальнено експериментальні дані написано тези і підготовлено їх до друку, частка участі – 70 %).

40. Курило В. Л., **Гументик М. Я.**, Ганженко О. Г. Перспективи розвитку фітоенергетики в Україні. *Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні*: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 2011 р.). Львів, 2011. С. 87–89. (Узагальнено дані написано тези і підготовлено їх до друку, частка участі – 70 %).

41. Гументик М. Я. Розробка елементів технології вирощування проса прутоподібного «*Panicum virgatum* L» в умовах Лісостепу України. *Актуальні проблеми ґрунтознавства, землеробства та агрохімії*: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 95-річчю утворення кафедри ґрунтознавства, землеробства та агрохімії ЛНАУ та Міжнародному Дню агрохіміка (м. Львів, 9–13 червня 2014 р.). Львів, 2014. С. 217–227.

42. Курило В. Л., **Гументик М. Я.**, Гончарук Г. С. Удосконалення агротехнічних прийомів вирощування проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) в умовах

Лісостепу України. *Біологічні ресурси і новітні біотехнології виробництва біопалив* : матеріали наукової конференції в рамках цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біологічні ресурси і новітні технології біоконверсії» (м. Київ, 9–11 вересня 2014 р.). Київ : Фітосоціоцентр, 2014. С. 114–121. (Здобувачем узагальнено дані написано тези і підготовлено їх до друку, частка участі – 70 %).

43. Курило В. Л., **Гументик М. Я.**, Квак В. М., Замойський О. І., Морозова Є. В. Продуктивність міскантусу залежно від густоти стояння рослин та дози внесення мінеральних добрив в умовах західного Лісостепу України. *Агрохімічні та агроекологічні проблеми підвищення родючості ґрунтів і використання добрив* : матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 150-річчю від дня народження академіка Д. М. Прянишникова та Міжнародному Дню агрохіміка (м. Львів, 8–10 червня 2015 р.). Львів, 2015. С. 267–275. (Узагальнено дані, написано тези і підготовлено їх до друку, частка участі – 70 %).

44. **Гументик М. Я.**, Квак В. М., Заморський О. І., Морозова Є. В. Вплив елементів механізованої технології вирощування на продуктивність біомаси міскантусу. *Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпропетровськ, 22–23 жовтня 2015 р.). Дніпропетровськ : РВВ ДДАЕУ, 2015. С. 338–340. (Здобувачем узагальнено дані, написано тези і підготовлено їх до друку, частка участі – 70 %).

45. **Гументик М. Я.** Вплив способу посіву та обробітку ґрунту на продуктивність біомаси проса прутноподібного в умовах Лісостепу України. *Ресурсозберігаючі технології та їх правова і економічна оцінка в сільськогосподарському виробництві* : збірник матеріалів доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 27–28 квітня 2016 р.). Київ : Компринт, 2016. С. 106–107.

46. **Гументик М.**, Пастух Ю. Вплив агротехнічних прийомів на продуктивність біомаси проса прутноподібного. *Аграрна наука та освіта Поділля* : збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Кам'янець-Подільський, 4–6 березня 2017 р.). Тернопіль : Крок, 2017. Ч. 1. С. 75–78. (Узагальнено дані, написано тези і підготовлено їх до друку, частка участі – 70 %).

47. **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. (Здобувачем узагальнено експериментальні дані, написано тези і підготовлено їх до друку).

48. **Гументик М. Я.** Вирощування ризом міскантусу гігантського як посадкового матеріалу в умовах Лісостепу України. *Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва* : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Тернопіль, 30 листопада 2017 р.). Тернопіль : Крок, 2017. Ч. 1. С. 41–45.

49. 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. (Здобувачем

узагальнено дані написано тези і підготовлено їх до друку).

50. **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. (Здобувачем узагальнено дані написано тези і підготовлено їх до друку).

Публікації в періодичних виданнях

51. Бондар В. С., Фурса А. В., **Гументик М. Я.** Стратегія та пріоритети розвитку біоенергетики в Україні. *Економіка агропромислового виробництва*. 2018. Вип. 8. С. 17–23. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

52. **Гументик М. Я.,** Фучило Я. Д. Гнап І. В. Ефективність вирощування біоенергетичних культур для виробництва біопалива в зоні Лісостепу України. Тернопіль 2018. Том 28. С. 21–30. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

53. **Гументик М. Я.** Альтернативні види палива. *Міське господарство*. 2007. № 3. С. 9–11.

54. **Гументик М. Я.,** Боднар В. С. Цукроносні культури як сировина для виробництва біопалива. *Цукрові буряки*. 2007. № 6. С. 11–12. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

55. **Гументик М. Я.,** Квак В. М., Замойський О. І. Урожайність біомаси міскантусу. *Біоенергетика*. № 2. 2013. С. 32–35. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій).

56. **Гументик М. Я.** Енергетичні культури для виробництва біопалива *Коммунальное хозяйство*. 2008. № 4. С. 15–16.

57. Башняк І. С., **Гументик М. Я.** Вирощування багаторічних злакових культур для виробництва біопалива. *Эксклюзивные технологи*. №3(8). 2010. С. 14–16. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

58. Сінченко В. М., **Гументик М. Я.,** Баликіна В. В. Стан та розвиток біоенергетики в умовах чинного законодавства України та ЄС. *Збірник наукових праць ІБКЦБ НААН України*. Київ. 2013. Випуск 19. С. 358–361. (проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

59. Сінченко В. М., **Гументик М. Я.,** Бондар В. С. Законодавче регулювання розвитку біоенергетики в Україні та адаптація його до законодавства Європейського Союзу. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 8–10. (проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

60. Роїк М. В., Курило В. Л., **Гументик М. Я.,** Ганженко О. М. Фітоенергетичні культури. *Агроном*. № 3. 2013. С. 196–198. (проведення досліджень, аналіз

результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

61. Ганженко О.М., **Гументик М.Я.**, Квак В.М. Світчграсс – просо для енергетики. *FERMER*. № 4. 2014. С.88–90. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).*

62. Гументик М. Я. Ефективна конвертація біомаси. *Пропозиція*. 2016. № 12. С. 178–180.

63. Гументик М. Я. Ефективне використання біомаси та сільськогосподарських відходів. *Агроеліта*. 2019. № 2. С. 12–13.

64. **Gumentyk M.Y.**, Chernysky V.V. Inovative principles for selection of valuable genotypes in the competition of variety. *Agrology*. № 4. 2020. С. 219-224. doi:10.32819/020026. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).*

Науково-методичні рекомендації

65. Зінченко В.О., Роїк М.В., Рахметов Д.Б., Гонтаренко С.М., Курило В.Л., **Гументик М.Я.**, Ганженко О.М., Квак В.М. Методика проведення експертизи сортів міскантусу гігантського (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) на відмінність, однорідність і стабільність., УІЕСР. 2012. 16 с. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій).*

66. Зінченко В. О., Роїк М. В., Рахметов Д. Б., Гонтаренко С. М., Щербакова Т. О., Курило В. Л., **Гументик М.Я.**, Ганженко О. М., Квак В. М., Лашук С. О. Методика проведення експертизи сортів міскантусу цукроквіткового (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim) Benth.) на відмінність, однорідність і стабільність. УІЕСР. 2012. с. 16. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій).*

67. Зінченко В. О., Роїк М. В., Рахметов Д. Б., Гонтаренко С. М., Щербакова Т. О., Курило В. Л., **Гументик М.Я.**, Ганженко О. М., Квак В. М., Лашук С. О. Методика проведення експертизи сортів міскантусу китайського (*Miscanthus sinensis* Anderss.) на відмінність, однорідність і стабільність. УІЕСР. 2012. 15 с. *(проведення досліджень, аналіз результатів та написання рекомендацій).*

68. Курило В.Л., О. Ганженко О. М., **Гументик М. Я**, Квак В. М., Замойський О. І., Зиков П. Ю. Методичні рекомендації з проведення передсадильного обробітку ґрунту і садіння ризомів міскантусу. ІБКіЦБ НААН. К. 2012. 15 с. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій).*

69. Роїк М. В., Рахметов Д. Б., Гонтаренко С. М., Щербакова Т. О., Курило В. Л., **Гументик М.Я.**, Мандровська С. М. Методика проведення експертизи сортів проса прутноподібного (*Panicum virgatum* L.) на відмінність, однорідність і стабільність. УІЕСР. 2012. 15 с. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій).*

70. Курило В.Л., О. Ганженко О. М., **Гументик М. Я.**, Гончарук Г.С., Смірних В. М., Горобець А. М., Каськів В. В., Мандровська С. М., Максименко О. В. Методичні рекомендації з проведення основного та передпосівного обробітків ґрунту і сівби

проса лозо видного. ІБКіЦБ НААН. К. 2012. 28 с. (проведення досліджень, аналіз результатів та написання рекомендацій).

71. Сінченко В. М., Пиркін В. І., Фурса А.В., **Гументик М. Я.** Методичні рекомендації. Організаційно-економічні нормативи витрат та інформаційно-статистичні матеріали з виробництва рослинницької продукції за біоадаптивними технологіями. К.: ЩБіЦБ НААН. 2014. 194 с. (проведення досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій).

72. Курило В. Л., Ганженко О. М., **Гументик М. Я.**, Квак В. М., Зиков П. Ю., Фучило Я. Д., Хіврич О. Б., Гончарук Г. С., Смірних В. М., Горобець А. М., Дубовий Ю. П., Замойський О. І. Методичні рекомендації з технології вирощування і переробляння міскантусу гігантського. Київ : Компрінт, 2016. 40 с. (проведення досліджень, аналіз результатів та написання рекомендацій).

Свідоцтва про державну реєстрацію сортів рослин

73. Свідоцтво № 150903 про державну реєстрацію сорту рослин : Міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus* J.M.Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoise) «Осінній зорецвіт». Заявка № 13553001. Заявник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Дата державної реєстрації: 11.06.2015.

74. Свідоцтво № 150904 про державну реєстрацію сорту рослин : Міскантус китайський (*Miscanthus sinensis* Anrerss.) «Місячний промінь». Заявка № 13556001. Заявник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Дата державної реєстрації: 11.06.2015.

75. Свідоцтво № 150927 про державну реєстрацію сорту рослин : Просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.) «Морозко». Заявка № 13558001. Заявник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Дата державної реєстрації: 11.06.2015.

Патенти України на корисну модель

76. Патент на корисну модель № 56362 Україна, МПК F23В 10/00 ; F23С 7/00 ; F23В 30/00 (2011.01). Автоматизований енергетичний пристрій для виробництва теплової енергії на основі паливних гранул та органічних відходів / Якубовський В. А., Гументик М. Я., Масляк С. В., Братіна М. Д. № u 2010 08251 ; Заявл. 10.01.2011 ; Опубл. 02.07.2010, Бюл. № 1. 3 с.

77. Патент на корисну модель № 74261 Україна, МПК А01В 79/00 (2012.01). Спосіб передпосівного обробітку ґрунту під світчграс / Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я., Зиков П. Ю., Гончарук Г. С., Каськів В. В., Мандровська С. М. ; заявник і власник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u 2012 03389 ; Заявл. 21.03.2012 ; Опубл. 25.10.2012, Бюл. № 20. 4 с.

78. Патент на корисну модель № 75541 Україна, МПК А01С 11/02 (2006.01). Пристрій для садіння ризомів / Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я., Зиков П. Ю., Квак В. М. ; заявник і власник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u 2012 04500 ; Заявл. 10.04.2012 ; Опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23. 4 с.

79. Патент на корисну модель № 76087 Україна, МПК (2012.01) А01В 79/00. Спосіб вирощування міскантусу / Курило В. Л., Квак В. М., Гументик М. Я., Ганженко О. М., Зиков П. Ю., Войтовська В. І. ; заявник і власник : Інститут

біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u 2012 06477 ; Заявл. 29.05.2012 ; Опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24. 4 с.

80. Патент на корисну модель 77118 Україна, МПК A01B 79/00. (2013. 01). Спосіб адаптації *in vitro* міскантусу у ґрунтових сумішах. Бех Н.С., Войтовська В.І., Роїк М. В., Гументик М. Я., Недяк Т. М. Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u201206477. 2013. Бюл. № 4.

81. Патент на корисну модель № 92284 Україна, МПК (2014.01.) A01B 79/00 ; A01C 5/00. Спосіб вирощування проса лозовидного / Гументик М. Я., Гументик В. М. ; заявник і власник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u 2014 02230 ; Заявл. 05.03.2014 ; Опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15. 4 с.

82. Патент на корисну модель № 91517 Україна, МПК A01D 91/02 (2006.01). Спосіб збирання кореневищ міскантусу / Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я., Зиков П. Ю., Квак В. М., Замойський О. І. ; заявник і власник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u 2014 00397 ; Заявл. 17.01.2014 ; Опубл. 10.07.2014, Бюл. № 13. 4 с.

83. Патент на корисну модель № 102450 Україна, МПК (2015. 01.) A01B 79/02; A01C 21/00. Спосіб внесення азотних добрив для вирощування міскантусу / Курило В. Л., Гументик М. Я., Замойський О. І., Вихор В. С. ; заявник і власник : Курило В. Л., Гументик М. Я., Замойський О. І., Вихор В. С. № u 2015 05180 ; Заявл. 26.05.2015 ; Опубл. 26.10.2015, Бюл. № 20. 4 с.

84. Патент на корисну модель № 102471 Україна, МПК (2015.01) A01C 7/00. Спосіб формування густоти стояння в рядках рослин проса прутоподібного / Курило В. Л., Гументик М. Я., Максименко О. В., Зиков П. Ю. ; заявник і власник : Курило В. Л., Гументик М. Я., Максименко О. В., Зиков П. Ю. № u 2015 05572 ; Заявл. 05.06.2015 ; Опубл. 26.10.2015, Бюл. № 20. 4 с.

85. Патент на корисну модель № 97286 Україна, МПК (2015.01) A01B 79/00. Спосіб вирощування міскантусу / Гументик М. Я. ; заявник і власник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u 2015 09074 ; Заявл. 12.08.2015 ; Опубл. 10.03.2015, Бюл. № 5. 4 с.

86. Патент на корисну модель № 112487 Україна, МПК (2016.01) A01B 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.

87. Патент на корисну модель № 111363 Україна, МПК (2016.01) A01B 79/00. Спосіб вирощування міскантусу / Роїк М. В., Сінченко В. М., Пиркін В. І., Гументик М. Я., Макух Я. П., Квак В. М., Мандровська С. М., Ременюк С. О. ; заявник і власник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u 2016 04314 ; Заявл. 19.04.2016 ; Опубл. 10.11.2016, Бюл. № 21. 6 с.

88. Патент на корисну модель № 119470 Україна, МПК (2017.01) A01B 79/00. Спосіб розмноження ризомів міскантусу гігантського / Гументик М. Я., Гументик Я. М. ; заявник і власник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u 2017 03538 ; Заявл. 11.04.2017; Опубл. 25.09.2017, Бюл. № 18. 4 с.

89. Патент на корисну модель № 126244 Україна, МПК A01B 79/00 (2018.01). Спосіб догляду за посівами рослин проса прутоподібного при вирощуванні біомаси

/ Гументик М. Я., Сінченко В. М., Мандровська С. М. (Україна) ; заявник і власник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u201800169; Заявл. 04.01.2018 ; Опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11. 4 с.

90. Патент на корисну модель № 132409 Україна, МПК (2019.01) A01H 4/00. Спосіб індукції і стабілізації рівня плоїдності геному нових тетраплоїдних форм *Miscanthus sinensis* (міскантуса китайського) і *Miscanthus sacchariflorus* (міскантуса цукроквіткового) в умовах *in vitro* для селекції триплоїдних клонів / Роїк М. В., Ковальчук Н. С., Недяк Т. М., Гументик М. Я., Осовітна Л. В. ; заявник і власник : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. № u 2018 09551; Заявл. 24.05.2018 ; Опубл. 25.02.2019, Бюл. № 4. 4 с.

91. Патент на корисну модель № 133431 Україна, МПК A01G 7/00 (2019.01). Спосіб вирощування біомаси високопродуктивних злакових культур як сировини для виробництва біопалива / Гументик М. Я., Мандровська С. М., Котелевський 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.

АНОТАЦІЯ

Гументик М. Я. Агротехнологічні основи формування продуктивності багаторічних злакових культур для виробництва біопалива в Лісостепу України.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 «Рослинництво». – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київ, 2021.

У дисертації представлено теоретичне обґрунтування агротехнологічних основ формування продуктивності багаторічних злакових культур та удосконалення елементів технології вирощування, оптимізація параметрів росту і розвитку рослин з метою отримання сировини, придатної для виробництва біопалива в Лісостепу України.

Установлено етапи органогенезу з найвищою інтенсивністю процесу накопичення сухої біомаси в рослинах міскантусу (*Miscanthus giganteus*) та проса прутноподібного (*Panicum virgatum* L.) і найбільш важливі фактори формування врожаю. Досліджено вплив абіотичних факторів вирощування на ріст і розвиток рослин, урожайність та біохімічний склад біомаси залежно від ґрунтово-кліматичних умов Лісостепу України. Встановлено морфологічні та фізіологічні особливості формування і реалізації біологічного потенціалу продуктивності міскантусу гігантського та проса прутноподібного залежно від елементів технології вирощування.

Доведено ефективність вирощування в сумісних посівах багаторічних злакових культур міскантусу гігантського та проса прутноподібного для забезпечення високої врожайності та якості біомаси.

Визначено пріоритетні напрями розвитку біоенергетики в умовах Лісостепу України, які можуть бути орієнтовані на вирощування біомаси багаторічних злакових культур міскантусу гігантського та проса прутноподібного, площу насаджень та посівів яких на маргінальних землях можна розширити у найближчі роки до 1 млн га.

Рекомендовано виробництву нові технологічні процеси та удосконалені

технології вирощування багаторічних злакових культур в умовах Лісостепу України, які забезпечують формування врожайності сухої біомаси міскантусу гігантського на рівні 23–25 т/га, проса прутноподібного – 16–18 т/га.

Ключові слова: біоенергетичні культури, біомаса, міскантус гігантський, просо прутноподібне, елементи технології, урожайність, оптимізація, якість сировини, переробка, біопаливо.

АННОТАЦИЯ

Гументик М. Я. Агротехнологические основы формирования продуктивности многолетних злаковых культур для производства биотоплива в Лесостепи Украины.

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.09 «Растениеводство». – Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы УААН, Киев, 2021.

В диссертации представлено теоретическое обоснование агротехнологических основ формирования продуктивности биоэнергетических культур и совершенствование элементов технологии выращивания, оптимизации параметров роста и развития растений многолетних злаковых культур с целью увеличения производства сырья, пригодного для твердых видов биотоплива, в Лесостепи Украины. Приведены теоретическое обобщение и новое решение актуальной проблемы повышение урожайности и качества биомассы многолетних злаковых культур в качестве сырья для производства биотоплива. Указаны особенности формирования урожайности по элементам структуры урожая, сортовому составу и условиям выращивания.

Установлены ключевые этапы органогенеза, повышающие интенсивность процесса накопления сухой биомассы в растениях мискантуса (*Miscanthus giganteus*) и проса прутновидного (*Panicum virgatum* L) а также другие наиболее важные факторы формирования урожая. Исследовано стрессовое влияние экстремумов абиотических факторов выращивания на рост и развитие растений, урожайность и биохимический состав биомассы в зависимости от широкого спектра почвенных разновидностей. Установлены морфологические и физиологические особенности формирования и реализации биологического потенциала продуктивности мискантуса гигантского и проса прутновидного в зависимости от элементов технологии выращивания.

Определены оптимальные параметры элементов структуры урожая и их взаимосвязи, что позволяет регулировать применение приёмов, повышающих зимостойкость и урожайность биомассы, направленных на улучшение условий роста и развития растений. Усовершенствована методика учета биологического и фактического урожая по показателям сухой биомассы с использованием оптимальных значений элементов его структуры, что может быть использовано в процессе моделирования технологий выращивания биоэнергетических культур.

Экспериментально определены оптимальные способы подготовки почвы, сроки и способы посева семян проса прутновидного и посадки ризомов мискантуса гигантского, ширина междурядий, густота стояния растений, меры контроля численности сорняков.

Разработана энергосберегающая технология получения посадочного материала

корневищ мискантуса и последующее использование плантации под промышленное выращивание биомассы.

Доказана эффективность выращивания совместных посевов многолетних злаковых культур мискантуса гигантского и проса прутovidного для обеспечения высокой урожайности и улучшенного качества биомассы.

Определено влияние сроков уборки на биохимический и качественный состав сырья многолетних биоэнергетических культур в зависимости от элементов технологии и почвенно-климатических условий выращивания. Усовершенствованы способы уборки урожая биомассы в зимний период в зависимости от формирования элементов структуры урожая.

Определены приоритетные направления развития биоэнергетики в условиях Лесостепи Украины, одной из важных частей которой должно быть выращивание биомассы многолетних злаковых культур мискантуса гигантского и проса прутovidного, площадь насаждений и посевов которых на маргинальных землях можно расширить в ближайшие годы до 1 млн га.

По результатам исследований производству рекомендованы научно обоснованные современные энергосберегающие технологии создания промышленных плантаций многолетних злаковых культур в качестве сырья для производства твердых видов биотоплива, что будет способствовать ускорению темпов развития новой отрасли – биоэнергетики в топливно-энергетическом комплексе Украины и приобретает особое значение для обеспечения внутренних энергетических потребностей страны. Разработана рациональная схема энергетического конвейера поставки биомассы для эффективной и бесперебойной работы твердотопливных котельных с целью производства тепловой и электрической энергии.

Обобщение результатов исследования позволило рекомендовать производству новые технологические процессы и усовершенствованные технологии выращивания многолетних злаковых культур в условиях Лесостепи Украины, обеспечивающие формирование урожайности сухой биомассы мискантуса гигантского на уровне 23-25 т/га, проса прутovidного 16 – 18 т/га.

Ключевые слова: биоэнергетические культуры, биомасса, мискантус гигантский, просо прутovidное, элементы технологии, урожайность, оптимизация, качество сырья, переработка, биотопливо.

ABSTRACT

Humentyk M. Ya. Agrotechnological fundamentals of the productivity formation of perennial grasses for biofuel production in the Ukrainian Forest-Steppe.

Thesis for a Doctor of Agricultural Scientific degree by specialty 06.01.09 – Plant Growing. Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, Kyiv, 2021.

The thesis is focused on the theoretical substantiation of agrotechnological fundamentals of productivity formation of perennial grasses and improvement of the cultivation technology components, optimisation of plant growth and development parameters for the purpose of obtaining feedstock suitable for biofuel production in the Forest-Steppe of Ukraine.

The stages of organogenesis with the highest intensity of dry biomass accumulation in *Miscanthus giganteus* and *Panicum virgatum* L., as well as the most important factors of crop productivity formation have been determined. The influence of a number of abiotic factors on growth, plant development, yield and biochemical composition of biomass as affected by soil and climatic conditions has been studied. The morphological and physiological features of the formation and realization of biological potential of *Miscanthus giganteus* and switchgrass productivity as affected by the cultivation technology components have been investigated.

The efficiency of growing compatible crops and plantations of perennial grasses such as *Miscanthus giganteus* and switchgrass to ensure high yield and quality biomass has been proved.

New technological processes and improved technologies for growing perennial grasses in the Forest-Steppe of Ukraine are recommended that ensure dry biomass yield of *Miscanthus giganteus* in the range from 23 to 25 t/ha and switchgrass from 16 to 18 t/ha.

The priority directions of bioenergy development in the Forest-Steppe of Ukraine have been identified, one of the important parts of which should be the growing of biomass of perennial cereals such as *Miscanthus giganteus* and switchgrass with the expansion of the cultivation area on marginal lands up to 1 million hectares in the coming years.

Key words: *bioenergy crops; biomass; Miscanthus giganteus; switchgrass; components of technology; yield; optimisation; feedstock quality; processing; biofuel.*

Підписано до друку 07.04.2021 Зам. № 228.

Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Друк – цифровий.

Наклад 100 прим. Ум. друк. арк. 1,9.

Друк ЦП «КОМПРИНТ». Свідоцтво ДК №4131 від 04.08.2011 р.

м. Київ, вул. Предславинська,

095-941-84-99, 067 -209-54-3 0 .

email: komprint@ukr