

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА ІНСТИТУТ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**



ГРАБОВСЬКИЙ МИКОЛА БОРИСОВИЧ

УДК 633.15: 633.62:631.5:662.767.2(043.3)

**АГРОТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ
ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ТА СОРГО ЦУКРОВОГО
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ**

06.01.09 – рослинництво

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора сільськогосподарських наук

Дніпро – 2019

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Білоцерківському національному аграрному університеті
Міністерства освіти і науки України

Науковий консультант: доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН України
Курило Василь Леонідович,
Вінницький національний аграрний університет МОН України, професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Коковіхін Сергій Васильович,
Інститут зрошуваного землеробства НААН України, заступник директора з наукової роботи

доктор сільськогосподарських наук, професор
Гирка Анатолій Дмитрович,
Державна установа Інститут зернових культур НААН України, заступник директора з наукової роботи, завідувач лабораторії агробіологічних ресурсів ярих зернових і зернобобових культур

доктор сільськогосподарських наук, доцент
Єременко Оксана Анатоліївна,
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного МОН України, завідувач кафедри рослинництва імені професора В.В. Калитки

Захист відбудеться «17» січня 2020 року о «9» годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.353.01 при ДУ Інститут зернових культур НААН України за адресою: 49027, м. Дніпро, вул. В. Вернадського, 14, тел.: (056) 236-26-18, e-mail: inst_zerna@ukr.net

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДУ Інститут зернових культур НААН України за адресою: 49027, м. Дніпро, вул. В. Вернадського, 14

Автореферат розісланий «12» грудня 2019 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



М. І. Дудка

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Одним із найбільш перспективних альтернативних відновлювальних екологічно чистих джерел енергії є біомаса рослинного походження. Значну увагу в світі приділяють проблемі переробки біомаси з метою отримання біопалива. Біомаса в енергетиці може бути використана безпосередньо шляхом спалювання, або як сировина, після попередньої переробки якої отримують дизельне паливо, етанол або газ. У той час як виробництво біоетанолу та біодизеля викликає все більше питань, а витрати на їх виробництво є високими, кількість заводів із виробництва біогазу в ЄС протягом останніх років постійно зростає.

Енергетичні рослини відрізняються високою врожайністю і невибагливістю до умов вирощування. В перерахунку на еквівалент енергії, витрати на вирощування таких культур значно менші, ніж вартість енергоносіїв, отриманих від традиційних джерел. Використання рослинної біомаси, за умови її безперервного відновлення, не призводить до збільшення концентрації вуглекислого газу в атмосфері. Важливим у збільшенні продуктивності біологічного палива є використання всієї рослини, а не лише її частин. Це друге покоління біологічного палива, яке все ще досліджується і розвивається.

Використання біологічних видів палива, як відновлюваних ресурсів енергії – один із стратегічних напрямів розвитку людської цивілізації. Важливим є впровадження енергозберігаючих технологій, орієнтованих на отримання максимальної продуктивності посівів певної культури.

Актуальність теми. Україна має певні проблеми у забезпеченні економіки і населення традиційними енергоресурсами, особливо, нафтою та газом, які в основному імпортуються з інших країн. Частка відновлюваних джерел енергії в Україні становить 1,6 %, що в 6 разів нижче, ніж у Європейському Союзі.

Незважаючи на низький рівень використання відновлюваної енергетики сьогодні, в Україні є всі передумови для розвитку в найближчому майбутньому цього напрямку. Україна має великий потенціал біомаси, доступної для виробництва біогазу, який можна виробляти з органічних субстратів рослинного походження. Зокрема: кукурудза, буряк цукровий, сорго цукрове, злакові та бобові трави. Енергетичні культури дають вищий вихід метану, ніж відходи тваринництва.

Порівняно з іншими енергетичними культурами, силос кукурудзи має переваги завдяки нижчим витратам на вирощування і зберігання та виходу метану з нього на рівні 52–58 %. З однієї тонни силосу можна отримати 200–400 м³ газу. Крім того, виробництво біогазу з кукурудзи відрізняється також найвищим рівнем скорочення викидів парникових газів і високою економією палива.

Зміни клімату, що спостерігаються останніми десятиліттями, зумовлюють пошук нових альтернативних культур для біоенергетичних цілей, однією з яких є сорго цукрове. Основними перевагами цієї культури є значна посухостійкість, стабільна врожайність за роками, універсальність використання, що й зумовило її значне поширення.

В той час коли дослідження технології вирощування кукурудзи і сорго цукрового для виробництва біогазу досить поширені в розвинених країнах Європи та Америки, в Україні спостерігається дефіцит інформації з цього питання.

Тому дослідження за темою дисертаційної роботи, які спрямовані на розробку і вирішення науково-практичних проблем щодо оптимізації основних елементів

технології вирощування і встановлення особливостей формування продуктивності кукурудзи і сорго цукрового в одновидових і сумісних посівах, як біоенергетичних культур для виробництва біогазу, є надзвичайно актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконані впродовж 2011–2018 рр., польові – в 2011–2016 рр. і є складовою частиною досліджень кафедри технологій в рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету Міністерства освіти і науки України на 2011–2015 рр. згідно з НТП «Теоретичні і практичні основи розробки енерго- і ресурсозберігаючих технологій вирощування зернових, зернобобових, олійних, технічних, кормових культур для переробки та отримання альтернативних видів палива» (№ державної реєстрації 0111U002908), 2013–2017 рр. – згідно з НТП «Агротехнічні основи обґрунтування технології вирощування зернових, зернобобових, олійних, технічних, кормових культур для отримання альтернативних видів палива» (№ державної реєстрації 0113U007057).

Мета та задачі дослідження. Мета досліджень полягала в теоретичному узагальненні та експериментальному обґрунтуванні технологічних прийомів вирощування кукурудзи і сорго цукрового в одновидових та сумісних посівах, як біоенергетичних культур для виробництва біогазу, в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити наступні завдання:

- дослідити особливості процесів росту й розвитку кукурудзи та сорго цукрового в одновидових і сумісних посівах залежно від сортових особливостей та умов вирощування;
- виявити реакцію рослин кукурудзи і сорго цукрового в одновидових та сумісних посівах на рівень мінерального живлення;
- обґрунтувати оптимальні строки сівби кукурудзи і сорго цукрового відповідно до їх сортових особливостей;
- встановити оптимальну густоту стояння рослин і ширину міжрядь за одновидової і сумісної сівби кукурудзи і сорго цукрового та їх вплив на формування агрофітоценозів;
- обґрунтувати застосування заходів контролювання чисельності бур'янів у одновидових та сумісних посівах кукурудзи і сорго цукрового;
- визначити серед гібридів кукурудзи і сорго цукрового форми, які здатні забезпечувати максимальну урожайність зеленої і абсолютно сухої маси та вихід біогазу;
- встановити доцільність різних строків сівби кукурудзи в сумісних посівах з сорго цукровим;
- провести економічну та енергетичну оцінку елементів технології вирощування кукурудзи і сорго цукрового, як культур для виробництва біогазу.

Об'єкт досліджень – процеси росту, розвитку та формування продуктивності кукурудзи і сорго цукрового залежно від сортових особливостей, основних прийомів технології вирощування та погодних умов. Реакція рослин на дію біотичних, абіотичних і антропогенних факторів.

Предмет досліджень. Рослини кукурудзи і сорго цукрового, основні елементи технології вирощування: дози добрив, строки сівби, густота стояння рослин, спосіб сівби, заходи контролювання чисельності бур'янів.

Методи досліджень. Основними методами досліджень були польові багато-факторні дослід з визначення впливу прийомів технології на ріст і розвиток рослин кукурудзи і сорго цукрового, та лабораторні, в яких визначали посівні якості насіння, хімічний склад сировини, вміст сухої речовини в рослинах. Математично-статистичний, дисперсійний, кореляційний, регресійний, оцінки достовірності експериментальних даних. Розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної та біоенергетичної ефективності досліджуваних факторів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

вперше:

- в умовах Правобережного Лісостепу України виявлено закономірності формування високопродуктивних агрофітоценозів кукурудзи і сорго цукрового як біоенергетичних культур для виробництва біогазу;
- теоретично обґрунтовано та експериментально встановлено особливості формування та реалізації продуктивності кукурудзи і сорго цукрового в одновидових та сумісних посівах;
- експериментально визначено оптимальні дози добрив, строки сівби, густоту стояння рослин, спосіб сівби, заходи контролювання чисельності бур'янів у одновидових і сумісних посівах кукурудзи і сорго цукрового;

удосконалено:

- елементи технології вирощування кукурудзи і сорго цукрового в одновидових та сумісних посівах як біоенергетичних культур для виробництва біогазу.

дістали подальшого розвитку:

- наукові положення щодо управління процесами росту й розвитку рослин кукурудзи і сорго цукрового в сумісних посівах.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено технологію вирощування кукурудзи і сорго цукрового в одновидових і сумісних посівах як біоенергетичних культур. Розроблено технологію сумісного вирощування кукурудзи і сорго цукрового, яка в умовах Правобережного Лісостепу дає можливість отримати 70–90 т/га біомаси з потенційним виходом біогазу 5,6–11,2 тис. м³/га.

Удосконалену технологію вирощування кукурудзи і сорго цукрового впроваджено у 2017–2018 рр. у сільськогосподарських підприємствах Київської області на загальній площі 249 га, у тому числі у Навчально-виробничому центрі Білоцерківського НАУ – на площі 48 га, у ФГ «Расавське» Кагарлицького району – на площі 85 га, у ТОВ «Фастівка» Білоцерківського району – на площі 62 га, ТОВ «Саварське» Богуславського району – на площі 54 га; у сільськогосподарських підприємствах Черкаської області на загальній площі 140 га, у тому числі у ТОВ «Промінь-АА» Тальнівського району – на площі 108 га, ФГ «Кадука О. М.» Золотоніського району – на площі 32 га; у ТОВ «НВФ «Урожай» Лохвицького району Полтавської області – на площі 212 га. Також впроваджено рекомендації з метанового зброджування силосної маси гібридів кукурудзи Моніка 350 МВ і Бистриця 400 МВ на біогазовому комплексі ТОВ «Рокитнянський цукровий завод».

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота виконана і написана особисто автором на основі результатів польових і лабораторних досліджень. Здобувачем сформована концепція та розроблена програма досліджень,

обґрунтовано напрям роботи, сплановано і проведено експерименти, здійснено аналіз і узагальнення результатів, викладення власних наукових положень. Всі етапи роботи виконані особисто або за безпосередньої участі автора – визначення стану проблеми і питань, що потребують вирішення, розробка робочих програм і проведення польових дослідів, спостережень і досліджень, підготовка звітів, наукових статей та дисертаційної роботи, обґрунтування висновків і рекомендацій виробництву. Впровадження розробок у виробництво здійснювалось за безпосередньої участі автора або під його науковим супроводом.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень доповідались на Державній науково-практичній конференції «Аграрна наука – виробництво: Новітні технології в рослинництві» (Біла Церква, 2011, 2012, 2013, 2014 pp.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів та докторантів «Новітні технології в рослинництві» (Біла Церква, 2012, 2013, 2014 pp.); VIII Международной научно-практической конференции «Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки» (Владикавказ, 2012 г.); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Стратегічні напрями сталого виробництва сільськогосподарської продукції на сучасному етапі розвитку аграрного комплексу України» (Дніпропетровськ, 2014 p.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів та докторантів «Наукові пошуки молоді у 3-тньому тисячолітті» (Біла Церква, 2015 p.); Державній науково-практичній конференції «Сучасні агробіотехнології та землеустрій в Україні» (Біла Церква, 2015, 2017 pp.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ресурсозберігаючі технології та їх правова і економічна оцінка» (Київ, 2016 p.); IV Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» (Миронівка, 2016 p.); I Международной научно-практической Интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования» (Соленое Займище, 2016 г.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату» (Дніпро, 2017 p.); Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні агротехнології: теорія та практика», присвяченої 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (Київ, 2017 p.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми ведення сільського господарства та підготовки фахівців аграрного профілю» (Біла Церква, 2018 p.); Міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції» (Кам'янець-Подільський, 2018 p.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» (Центральне, 2018 p.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур» (Київ, 2018 p.); Міжнародній науково-практичній конференції «Впровадження інноваційних технологій в аграрний сектор України» (Хлібодарське, 2018 p.); Міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту: Інноваційні технології в агрономії,

агрохімії та екології» (Біла Церква, 2018 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Актуальні проблеми науково-інноваційного забезпечення виробництва зерна в контексті сучасних ринкових умов» (Дніпро, 2019 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку», (Київ, 2019 р.), засіданнях Вченої ради Агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету впродовж 2011–2018 рр.

Публікації. Основні результати досліджень за темою дисертаційної роботи викладено в 64 наукових публікаціях, які включають монографію, 20 статей у фахових наукових виданнях України, 1 статтю в науковому виданні України включеному до міжнародної наукометричної бази Web of Science, 5 – у виданнях іноземних держав, 5 патентів на корисну модель, 6 статей у інших виданнях та 26 тез доповідей наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Матеріали дисертації викладено на 421 сторінках комп'ютерного тексту, в тому числі основного тексту – 329 сторінок. Містить анотацію, вступ, сім розділів, висновки, список використаних джерел, додатки. У роботі наведено 107 таблиць, 65 рисунків, 33 додатки, 531 літературне джерело, з яких 162 – латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Стан проблеми та наукове обґрунтування вирощування кукурудзи і сорго цукрового для виробництва біогазу. Проаналізовано результати досліджень вітчизняних та закордонних дослідників щодо формування високопродуктивних агрофітоценозів кукурудзи і сорго цукрового. Встановлено вплив технологічних прийомів на продуктивність одновидових та сумісних посівів кукурудзи і сорго цукрового. Встановлено, що недостатньо досліджено елементи технології вирощування кукурудзи і сорго цукрового, зокрема строки сівби, густина стояння рослин, дози добрив, заходи контролювання чисельності бур'янів, сортовий склад вказаних культур. На основі аналізу літературних джерел обґрунтовано необхідність проведення досліджень щодо впливу окремих елементів технології вирощування на продуктивність цих видів рослин як біоенергетичних культур при виробництві біогазу, що дозволило провести обґрунтування та вибір теми дисертації.

Програма, методика та умови проведення досліджень. Польові та лабораторні дослідження за темою дисертаційної роботи проводили на дослідному полі Науково-виробничого центру (НВЦ) Білоцерківського національного аграрного університету в 2011–2016 рр.

Дослідне поле Білоцерківського національного аграрного університету розташоване в центральній частині Правобережного Лісостепу України. Рельєф дослідного поля слабохвиляста рівнина з невеликим нахилом поверхні з півдня та південного заходу. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий вилугуваний, середньоглибокий, малогумусний на карбонатному лесі.

Метеорологічні умови за роки проведення досліджень були типовими для даної зони. Відхилення температури повітря, кількості опадів від середніх багаторічних значень не наближалися до критичних, за винятком 2012 і 2015 рр.

Відмічено періоди, які негативно впливали на процеси росту і розвитку рослин та продуктивність кукурудзи і сорго цукрового як в одновидових, так і в сумісних посівах. Роки польових досліджень (2011–2016), слід віднести частково до типових за всіма метеорологічними показниками для цього регіону, а саме до зони нестійкого зволоження.

Відповідно до робочих гіпотез та основних принципів планування досліджень розроблено схеми дослідів.

Дослід 1. Продуктивність кукурудзи залежно від гідротермічних умов вегетації (2011–2016 рр.). Гібриди кукурудзи: ранньостиглий Товтрянський 188 СВ (ФАО 190), середньоранній Білозірський 295 СВ (ФАО 290), середньостиглий Моніка 350 МВ (ФАО 380), середньопізній Бистриця 400 МВ (ФАО 450).

Дослід 2. Оптимізація мінерального живлення різних біотипів кукурудзи (2011–2014 рр.). Схема дослідів: гібриди кукурудзи (фактор А): 1. Товтрянський 188 СВ. 2. Білозірський 295 СВ. 3. Моніка 350 МВ. 4. Бистриця 400 МВ. Рівень мінерального живлення (фактор В): 1. Без добрив (контроль). 2. $N_{60}P_{40}K_{40}$. 3. $N_{80}P_{60}K_{60}$. 4. $N_{100}P_{80}K_{80}$.

Дослід 3. Продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строків сівби (2011–2014 рр.). Схема дослідів: гібриди кукурудзи (фактор А): 1. Товтрянський 188 СВ. 2. Білозірський 295 СВ. 3. Моніка 350 МВ. 4. Бистриця 400 МВ. Строк сівби при температурі ґрунту на глибині загортання насіння, (фактор В): 1. 6–8 °С. 2. 8–10 °С (контроль). 3. 10–12 °С.

Дослід 4. Визначення оптимальної площі живлення рослин кукурудзи. Включав два двофакторні дослідів.

Густота стояння рослин кукурудзи та її вплив на продуктивність кукурудзи (2011–2015 рр.). Схема дослідів: Гібриди кукурудзи (фактор А): 1. ДН Пивиха (ФАО 180). 2. ДН Галатея (ФАО 260). 3. Моніка 350 МВ. 4. Бистриця 400 МВ. Густота стояння рослин (фактор В): 1. 90 тис. шт./га. 2. 100 тис. шт./га. 3. 110 тис. шт./га. 4. 120 тис. шт./га.

Формування продуктивності кукурудзи за різної ширини міжрядь (2012–2015 рр.). Схема дослідів: Гібриди кукурудзи (фактор А): 1. ДН Пивиха. 2. ДН Галатея. 3. Моніка 350 МВ. 4. Бистриця 400 МВ. Ширина міжрядь (фактор В): 1. 45 см. 2. 70 см.

Дослід 5. Вплив заходів контролювання чисельності бур'янів на продуктивність кукурудзи і вихід біогазу (2013–2016 рр.). Схема дослідів: Гібриди кукурудзи (фактор А): 1. ДН Пивиха. 2. ДН Галатея. 3. Моніка 350 МВ. 4. Бистриця 400 МВ. Заходи контролювання чисельності бур'янів (фактор В): 1. Біологічна забур'яненість (контроль). 2. Механізований догляд за посівами. 3. Внесення ґрунтового гербіциду Харнес (2,5 л/га) до появи сходів. 4. Внесення післясходового гербіциду МайсТер Пауер (1,25 л/га) у фазі 3–5 листків у кукурудзи. 5. Комбіноване застосування препаратів Харнес (2,5 л/га) + МайсТер Пауер (1,25 л/га).

Дослід 6. Особливості реалізації потенціалу продуктивності сорго цукрового (2012–2016 рр.). Сорт і гібрид сорго цукрового: Силосне 42 і Довіста.

Дослід 7. Продуктивність сорго цукрового залежно від рівня мінерального живлення (2012–2016 рр.). Схема дослідів: Сорт і гібрид сорго цукрового (фактор А): 1. Силосне 42. 2. Довіста. Рівень мінерального живлення (фактор В): 1. Без добрив (контроль). 2. $N_{60}P_{40}K_{40}$. 3. $N_{80}P_{60}K_{60}$. 4. $N_{100}P_{80}K_{80}$.

Дослід 8. Формування продуктивності сорго цукрового залежно від строків сівби (2012–2016 рр.). Схема досліду: Сорт і гібрид сорго цукрового (фактор А): 1. Силосне 42. 2. Довіста. Строк сівби за температури ґрунту на глибині загортання насіння (фактор В): 1. 8–10 °С. 2. 10–12 °С (контроль). 3. 12–14 °С.

Дослід 9. Наукове обґрунтування оптимальної площі живлення рослин сорго цукрового (2012–2016 рр.). Схема досліду: Сорт і гібрид сорго цукрового (фактор А): 1. Силосне 42. 2. Довіста. Ширина міжрядь (фактор В): 1. 45 см. 2. 70 см. Густота стояння рослин (фактор С): 1. 150 тис. шт./га. 2. 200 тис. шт./га. 3. 250 тис. шт./га.

Дослід 10. Ефективність заходів контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго цукрового (2012–2016 рр.). Схема досліду: Сорт і гібрид сорго цукрового (фактор А): 1. Силосне 42. 2. Довіста. Заходи контролювання чисельності бур'янів (фактор В): 1. Біологічна забур'яненість (контроль). 2. Механізований догляд за посівами. 3. Внесення ґрунтового гербіциду Дуал Голд 960 ЕС, к. е. (1,8 л/га). 4. Внесення післясходового гербіциду Пік 75 ВГ (0,02 кг/га).

Дослід 11. Ріст і розвиток сорго цукрового і кукурудзи в сумісних посівах (2013–2016 рр.). Схема досліду: Сорт і гібриди сорго цукрового та кукурудзи (фактор А): 1. Силосне 42. 2. Довіста. 3. Моніка 350 МВ. 4. Бистриця 400 МВ. Спосіб сівби (фактор В): 1. Одновидовий. 2. Сумісний. Співвідношення рядків у сумісних посівах кукурудзи і сорго цукрового 2:2.

Дослід 12. Вивчення особливостей мінерального живлення кукурудзи і сорго цукрового в сумісних посівах (2013–2016 рр.). Схема досліду: Спосіб сівби сорго цукрового і кукурудзи (фактор А): 1. Сорго цукрове (гібрид Довіста). 2. Кукурудза (гібрид Моніка 350 МВ). 3. Сорго цукрове і кукурудза (Довіста і Моніка 350 МВ). Рівень мінерального живлення (фактор В): 1. Без добрив (контроль). 2. $N_{80}P_{80}K_{80}$. 3. $N_{100}P_{100}K_{100}$. 4. $N_{120}P_{120}K_{120}$. Співвідношення рядків у сумісних посівах кукурудзи і сорго цукрового 2:2.

Дослід 13. Вплив густоти стояння рослин і ширини міжрядь на продуктивність сумісних посівів кукурудзи і сорго цукрового (2013–2016 рр.). Схема досліду: Ширина міжрядь (фактор А): 1. 45 см. 2. 70 см. Густота стояння рослин кукурудзи/сорго цукрового (фактор В): 1. 50/100 тис. шт./га. 2. 60/120 тис. шт./га. 3. 70/140 тис. шт./га. Висівали гібрид кукурудзи Моніка 350 МВ і сорго цукрове Довіста. Співвідношення рядків 2:2.

Дослід 14. Обґрунтування строків сівби кукурудзи в сумісних посівах з сорго цукровим (2014–2016 рр.). Схема досліду: Строки сівби гібрида кукурудзи Моніка 350 МВ у посівах сорго цукрового Довіста: 1. Одночасно з сорго цукровим. 2. У фазі сходів сорго цукрового. 3. У фазі 2-3 листків у сорго цукрового. 4. У фазі 4-5 листків у сорго цукрового. Співвідношення рядків 2:2.

Дослід 15. Ефективність заходів контролювання чисельності бур'янів у сумісних посівах кукурудзи і сорго цукрового (2012–2015 рр.). Схема досліду: Заходи контролювання чисельності бур'янів у сумісних посівах: 1. Біологічна забур'яненість (контроль). 2. Механізований догляд за посівами. 3. Внесення гербіциду Діален Супер 464 SL (1,25 л/га) у фазі 3-5 листків у культур. 4. Внесення ґрунтового гербіциду Примекстра TZ Голд 500 SC (4,5 л/га) до появи сходів. 5. Внесення ґрунтового гербіциду Дуал Голд 960 ЕС (1,6 л/га) до появи сходів.

Площа посівної ділянки – 56,0 м², облікової – 33,6 м², повторність – триразова. Розміщення варіантів у повторенні – рендомізоване.

Агротехніка у дослідях відповідала рекомендованій на час проведення досліджень для Правобережного Лісостепу України, за виключенням факторів, які були поставлені на вивчення.

Обліки, спостереження та аналізи проводили за загальноприйнятими методиками і державними стандартами. Фенологічні спостереження – за Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур (В. В. Волкодав, 2000).

За основними фазами розвитку визначали наростання вегетативної маси та накопичення сухої речовини (В. Росс, Ю. Росс, 1999), наростання листової поверхні та фотосинтетичну продуктивність посівів – за методикою А. О. Нечипоровича (1963).

Забур'яненість посівів сорго цукрового та кукурудзи визначали кількісним методом: перед внесенням гербіциду або застосуванням механізованого догляду і через 25–30 діб після внесення гербіциду або механізованого догляду. Обліки проводили згідно з методикою С. О. Трибеля (2001).

Вміст абсолютно сухої речовини визначали шляхом відбирання рослин у фази молочної, молочно-воскової та воскової стиглості зерна. Облік урожайності здійснювали шляхом зважування зеленої маси з кожної ділянки з наступним її перерахунком на гектар (В. О. Єщенко та ін., 2005).

Хімічні показники якості зеленої маси сорго цукрового і кукурудзи визначали в сертифікованій лабораторії аналітичних досліджень та вегетаційних дослідів Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Хімічні аналізи виконували за наступними стандартами: методи відбору проб – за ДСТУ ISO 6497:2005, визначення загального азоту – за методикою К'ельдаля – ДСТУ ISO 5983–2003, фосфору – згідно з ДСТУ ISO 6491:2004, калію – згідно з ДСТУ ISO 7485:2003, вуглецю в рослинних зразках згідно з ДСТУ Б В.2.1-16:2009.

Вихід біогазу отримано розрахунковим методом, згідно з рекомендаціями Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України та методів, запропонованих Т. Amon (2007) і А. М. Buswell, Н. F. Mueller (1952), а також експериментальним шляхом – у лабораторії відділу теплофізичних проблем біоенергетики Інституту технічної теплофізики НАН.

Статистичний аналіз результатів досліджень виконали за методами дисперсійного, кореляційного та кількісного аналізу Б. О. Доспехова. Економічну ефективність, розроблених елементів технології вирощування кукурудзи і сорго цукрового, визначали за методикою М. В. Роїка та ін. (2013 і 2014 р.). Біоенергетичну оцінку прийомів, що вивчали – за методикою О. К. Медведовського та П. І. Іваненка (1988).

Продуктивність кукурудзи залежно від гідротермічних умов вегетації. В роки досліджень, за період вегетації кукурудзи, гідротермічні умови були різними, що дало можливість більш повно провести оцінку гібридів і розкрити особливості їх вирощування як біоенергетичних культур.

Дані наших досліджень свідчать, що тільки в достатньо забезпечені вологою роки (2011, 2013, 2014 і 2016), коли ГТК змінювався у межах 1,22–1,82 створювались сприятливі умови для нормального росту та розвитку рослин кукурудзи і формування урожайності зеленої маси гібрида Товтрянський 188 СВ на рівні 44,0–

49,2 т/га, Білозірський 295 СВ – 48,3–55,0 т/га, Моніка 350 МВ – 52,7–59,7 т/га і Бистриця 400 МВ – 56,5–60,1 т/га (табл. 1).

Таблиця 1

**Урожайність зеленої маси кукурудзи гібридів різних груп стиглості
залежно від гідротермічних умов, т/га**

Гібриди	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	Середнє
Товтрянський 188 СВ	45,4	34,5	44,0	51,2	31,5	49,2	42,0
Білозірський 295 СВ	49,7	37,4	48,3	55,0	35,8	52,6	45,9
Моніка 350 МВ	54,1	40,8	52,7	59,7	39,2	57,3	50,1
Бистриця 400 МВ	58,6	43,1	56,5	59,8	41,3	60,1	53,2
ГТК V–VIII	1,34	0,65	1,22	1,61	0,62	1,82	1,21
НІР ₀₅ , т/га	2,1	1,8	2,3	2,5	1,9	2,6	

У посушливих 2012 і 2015 рр., коли ГТК становив 0,65 і 0,62 відповідно, урожайність гібридів зменшилась на 9,9–14,5 т/га, або – на 18,8–25,1 %. При цьому в найбільшій мірі у гібридів Моніка 350 МВ і Бистриця 400 МВ. Проте тенденція зростання врожайності від ранньостиглих форм до середньопізніх зберігалась у всі роки досліджень.

У середньому за роки досліджень, розрахунковий вихід біогазу та метану (CH₄), становив у гібрида Товтрянський 188 СВ – 6,56 і 3,61 тис. м³/га, Білозірський 295 СВ – 7,40 і 4,07 тис. м³/га, Моніка 350 МВ – 8,41 і 4,63 тис. м³/га, Бистриця 400 МВ – 9,34 і 5,14 тис. м³/га (рис. 1).

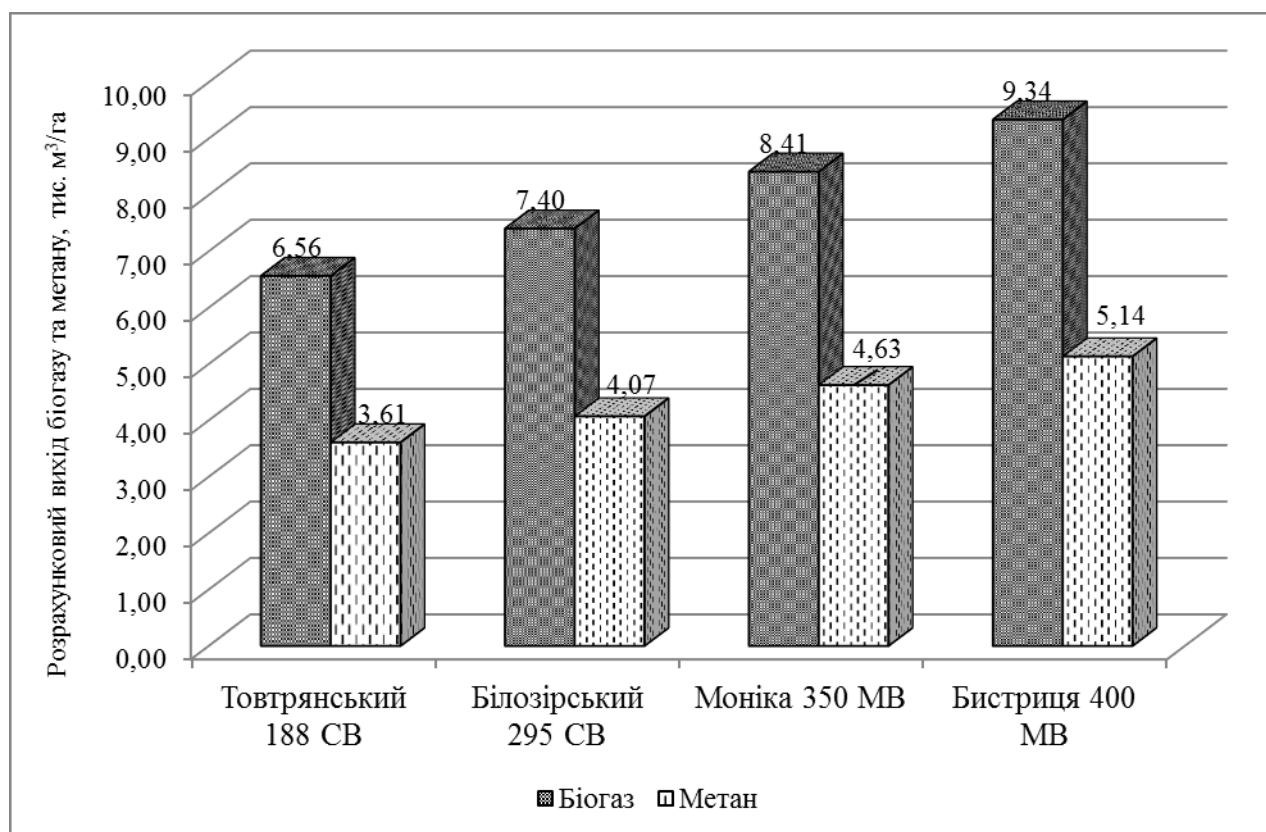


Рис. 1 Розрахунковий вихід біогазу та метану у гібридів кукурудзи, тис. м³/га (середнє за 2011–2016 рр.)

Оптимізація мінерального живлення різних біотипів кукурудзи. В наших дослідженнях внесення мінеральних добрив впливало на ростові процеси у гібридів кукурудзи, призводило до збільшення площі та тривалості функціонування листкової поверхні рослин, інтенсифікувало формування генеративних і вегетативних органів, збільшувало урожайність зеленої і сухої маси та показники розрахункового виходу біогазу.

Найбільшу урожайність сухої маси отримано у гібрида Бистриця 400 МВ за максимального рівня удобрення ($N_{100}P_{80}K_{80}$) – 15,7 т/га, що на 5,6 т/га більше, ніж у варіанті без добрив, та на 2,3 і 1,2 т/га – ніж за внесення $N_{60}P_{40}K_{40}$ і $N_{80}P_{60}K_{60}$ (табл. 2). У гібрида Моніка 350 МВ урожайність сухої маси також була максимальною на цьому варіанті – 14,6 т/га, у Білозірський 295 СВ – 12,5 т/га, Товтринський 188 СВ – 11,3 т/га.

Таблиця 2

Урожайність абсолютно сухої маси гібридів кукурудзи залежно від рівня мінерального живлення, т/га

Гібрид (фактор А)	Дози добрив (фактор В)	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	Середнє
Товтринський 188 СВ	Без добрив	7,5	5,8	7,2	8,2	7,2
	$N_{60}P_{40}K_{40}$	8,9	8,1	10,3	10,7	9,5
	$N_{80}P_{60}K_{60}$	10,1	8,7	10,3	12,8	10,5
	$N_{100}P_{80}K_{80}$	10,7	9,2	11,5	14,0	11,3
Білозірський 295 СВ	Без добрив	8,1	5,8	7,7	9,0	7,6
	$N_{60}P_{40}K_{40}$	10,4	8,3	10,9	11,7	10,3
	$N_{80}P_{60}K_{60}$	11,1	9,1	12,3	13,5	11,5
	$N_{100}P_{80}K_{80}$	12,3	9,5	13,0	15,2	12,5
Моніка 350 МВ	Без добрив	9,2	7,6	10,1	11,2	9,5
	$N_{60}P_{40}K_{40}$	12,2	10,0	13,2	14,0	12,4
	$N_{80}P_{60}K_{60}$	13,8	11,0	13,7	16,1	13,6
	$N_{100}P_{80}K_{80}$	14,6	11,7	15,0	17,2	14,6
Бистриця 400 МВ	Без добрив	9,8	8,1	10,3	12,4	10,1
	$N_{60}P_{40}K_{40}$	14,2	10,8	13,4	15,1	13,4
	$N_{80}P_{60}K_{60}$	14,1	11,2	15,3	17,3	14,5
	$N_{100}P_{80}K_{80}$	14,8	12,7	16,6	18,7	15,7
НР ₀₅ , т/га	А	0,2	0,1	0,2	0,3	
	В	0,4	0,2	0,3	0,5	
	АВ	0,6	0,3	0,5	0,9	

Розрахунковий вихід біогазу, залежно від рівня мінерального живлення, у досліджуваних гібридів кукурудзи становив 5,69–9,41 тис.м³/га (рис. 2).

Найвищі значення цього показника отримані у гібридів Моніка 350 МВ і Бистриця 400 МВ на варіанті з застосуванням $N_{100}P_{80}K_{80}$ – 8,74 і 9,41 тис. м³/га відповідно. У гібридів Білозірський 295 СВ і Товтринський 188 СВ, залежно від доз мінерального живлення, вихід біогазу був на рівні 4,31–6,77 і 4,57–7,47 тис. м³/га.

Продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строків сівби. У середньому за роки досліджень, найвищу урожайність зеленої маси кукурудзи отримано за сівби при температурі ґрунту – 10–12 °С (третій строк), у гібрида Товтринський 188 СВ – 45,1 т/га, Білозірський 295 СВ – 49,3 т/га, Моніка 350 МВ – 51,2 т/га, Бистриця 400 МВ – 52,5 т/га (табл. 3).

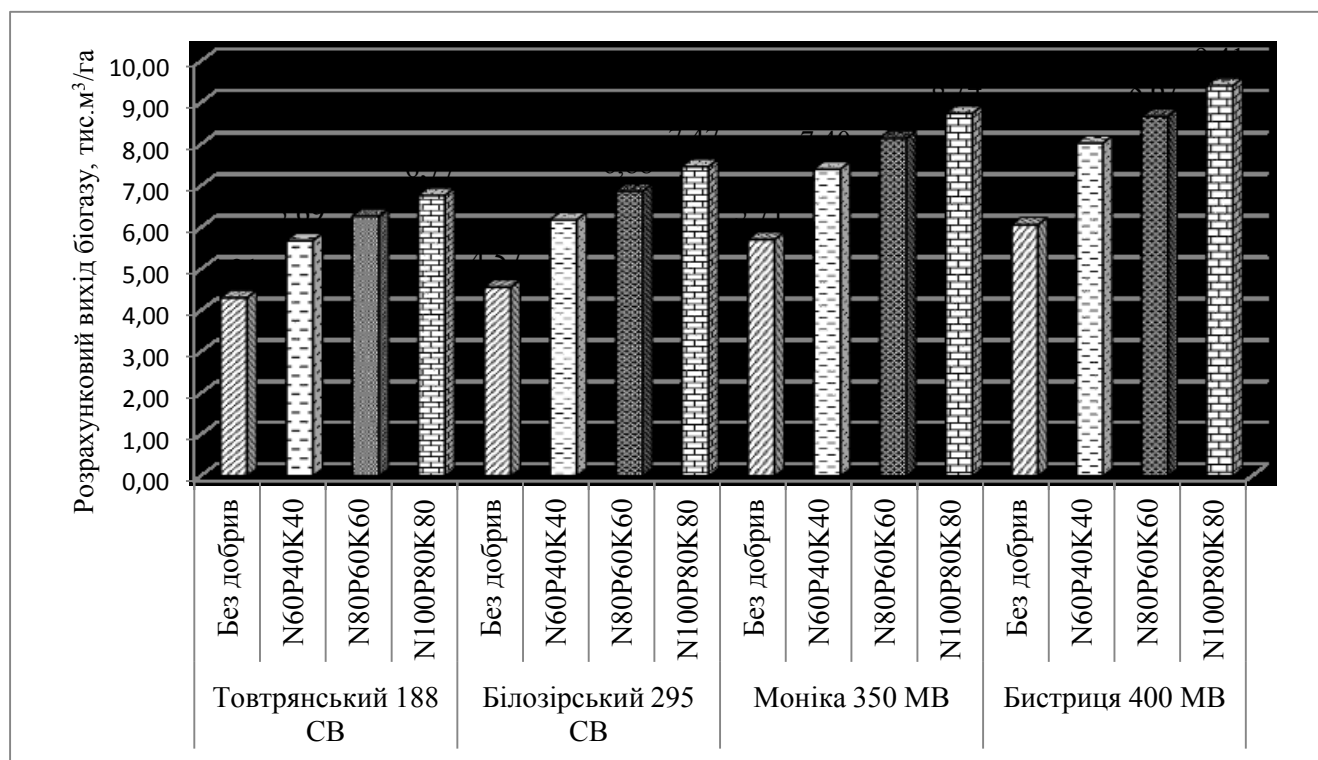


Рис. 2 Розрахунковий вихід біогазу у гібридів кукурудзи залежно від рівня мінерального живлення, тис.м³/га (середнє за 2011–2014 рр.)

Таблиця 3

Урожайність зеленої маси гібридів кукурудзи у фазі воскової стиглості зерна залежно від строків сівби, т/га

Гібрид (фактор А)	Строк сівби (фактор В)*	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	Середня
Товтрянський 188 СВ	I	40,2	38,2	38,7	39,5	37,0
	II	45,6	35,0	45,3	44,6	42,6
	III	47,2	29,7	48,0	46,9	45,1
Білозірський 295 СВ	I	42,1	41,8	41,1	43,0	40,1
	II	48,7	39,5	49,2	47,6	46,3
	III	51,3	34,2	53,0	51,0	49,3
Моніка 350 МВ	I	42,6	35,3	42,5	44,0	41,1
	II	49,1	42,5	52,3	54,5	49,6
	III	53,6	35,6	57,4	58,2	51,2
Бистриця 400 МВ	I	40,2	32,4	39,7	40,8	38,3
	II	51,5	44,3	56,1	54,3	51,6
	III	58,6	31,5	61,3	58,6	52,5
НІР ₀₅ , т/га	A	1,6	1,3	1,7	1,8	
	B	2,3	1,9	2,1	2,0	
	AB	4,1	3,6	4,0	4,2	

Примітка. * I, II, III. Перший строк сівби за температури ґрунту на глибині загортання насіння 6–8 °С, другий – 8–10 °С, третій – 10–12 °С.

У гібридів Моніка 350 МВ і Бистриця 400 МВ зростання врожайності зеленої маси на цьому варіанті становило 1,1–14,2 т/га, а у Товтрянський 188 СВ і Білозірський 295 СВ – 8,1 і 9,2 т/га, порівняно з першим і другим строками сівби.

У всіх гібридів відмічено тенденцію до збільшення виходу біогазу від першого строку сівби до третього. Вищі значення цього показника були у гібридів Моніка 350 МВ і Бистриця 400 МВ – 8,18–9,29 і 8,76–9,94 тис.м³/га, що на 7,7–34,2 % більше, ніж у гібридів Товтринський 188 СВ і Білозірський 295 СВ.

Вплив густоти стояння рослин і ширини міжрядь на продуктивність кукурудзи і вихід біогазу. Значний вплив на рівень врожайності зеленої маси гібридів кукурудзи мали густота стояння рослин та гідротермічні умови вегетаційного періоду.

При зменшенні гідротермічного коефіцієнту (ГТК), погіршувались умови вирощування кукурудзи, що відповідно впливало на урожайність зеленої маси. Біологічною особливістю скоростиглих гібридів кукурудзи є здатність забезпечувати високу продуктивність при високих густотах стояння рослин. Зокрема, максимальну урожайність зеленої маси гібрида ДН Пивиха одержали у варіантах з густотою 120 тис. шт./га – 45,3 т/га, ДН Галатея – 110 тис. шт./га – 46,8 т/га, при цьому відмінності між варіантами 110 і 120 тис. шт./га в них були в межах похибки досліду (табл. 4).

Таблиця 4

Урожайність зеленої маси гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, т/га (середнє за 2011–2015 рр.)

Густота стояння рослин, тис. шт./га	ДН Пивиха	ДН Галатея	Моніка 350 МВ	Бистриця 400 МВ
90	41,1	43,2	48,9	50,6
100	42,8	45,5	46,4	47,3
110	44,3	46,8	42,8	42,8
120	45,3	46,5	39,7	39,3
НІР ₀₅	1,6	1,4	1,7	1,3

Гібриди Моніка 350 МВ і Бистриця 400 МВ найвищу продуктивність забезпечили за густоти стояння рослин 90 тис. шт./га – 48,9 і 50,6 т/га відповідно. Подальше загущення посівів вказаних гібридів до 120 тис. шт./га призводило до суттєвого зниження їх продуктивності.

Максимальні значення виходу біогазу у гібридів ДН Пивиха і ДН Галатея отримані на за густоти стояння рослин 110 і 120 тис. шт./га – 7,1–7,2 та 7,5 тис.м³/га, а у Моніка 350 МВ і Бистриця 400 МВ за густоти 90 тис. шт./га – 8,5 і 9,0 тис.м³/га відповідно.

Спостерігається високий кореляційний зв'язок між виходом біогазу з 1 га і урожайністю сухої ($r = 0,97$) і зеленої маси ($r = 0,86$) (табл. 5).

Таблиця 5

Кореляційна залежність (r) між урожайністю кукурудзи, елементами її структури та розрахунковим виходом біогазу

Показники	Маса однієї рослини кукурудзи, г	Вміст сухої речовини, %	Урожайність сухої маси, т/га	Урожайність зеленої маси, т/га	Вихід біогазу, тис. м ³ /га
Маса однієї рослини кукурудзи, г	1,00	0,38	0,47	0,78	0,78
Вміст сухої речовини, %	0,38	1,00	0,84	0,16	0,64
Урожайність сухої маси, т/га	0,47	0,84	1,00	0,86	0,97
Урожайність зеленої маси, т/га	0,78	0,16	0,86	1,00	0,86
Вихід біогазу, тис.м ³ /га	0,78	0,64	0,97	0,86	1,00

Досить сильна позитивна залежність спостерігається між виходом біогазу та масою рослин кукурудзи ($r = 0,78$) і вмістом сухої речовини ($r = 0,64$).

Суттєвої різниці у розрахунковому виході біогазу, залежно від ширини міжрядь кукурудзи, не відмічено (рис. 3).

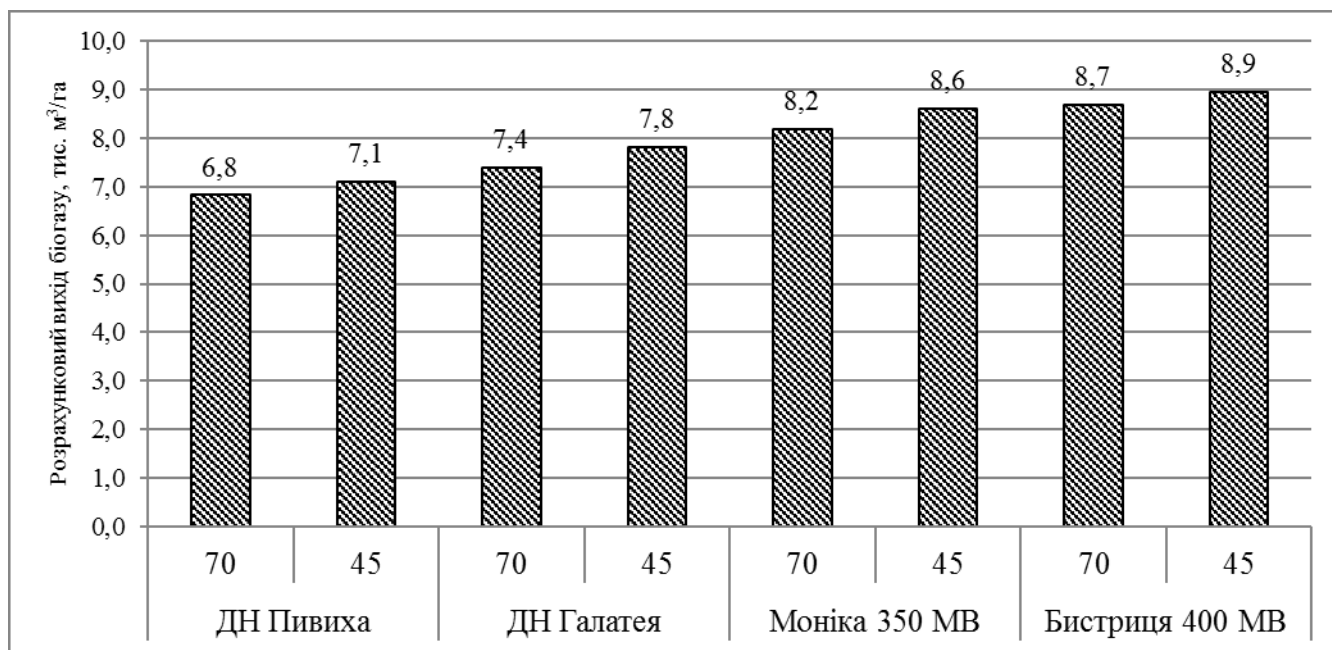


Рис. 3 Розрахунковий вихід біогазу у гібридів кукурудзи залежно від ширини міжрядь, тис. м³/га (середнє за 2012–2015 рр.)

Найвищі значення цього показника відмічені у гібрида Бистриця 400 МВ за сівби з міжряддям 45 см – 8,9 тис. м³/га, у варіанті з міжряддям 70 см цей показник становив 8,7 тис. м³/га.

Звуження міжрядь з 70 до 45 см позитивно впливало на урожайність зеленої маси. Так, за роки досліджень (2012–2015) у посівах з шириною міжрядь 45 см максимальна урожайність зеленої маси (47,9 т/га) і збір сухої речовини (15,0 т/га) одержано при вирощуванні середньопізнього гібрида Бистриця 400 МВ. Але в несприятливі за кліматичними умовами роки (2012 і 2015) продуктивність посівів з міжряддям 45 см була меншою на 7,8–12,3 % порівняно з 70 см.

Вплив заходів контролювання чисельності бур'янів на продуктивність кукурудзи і вихід біогазу. Кращий фітосанітарний стан посівів кукурудзи був у варіанті комбінованого застосування ґрунтового гербіциду Харнес і післясходового МайсТер Пауер (табл. 6). Зменшення кількості бур'янів порівняно з контрольним варіантом складало 92,9–94,5 %. Таке подвійне застосування ґрунтового і післясходового гербіцидів забезпечує високу технічну ефективність їх дії (92,1 %). Комплексне поєднання препаратів з різним хімічним складом діючих речовин і фітотоксичним впливом на конкретний тип забур'яненості забезпечує надійний захист посівів кукурудзи від бур'янів протягом 40–50 діб.

Застосування в системі заходів знищення бур'янів лише ґрунтового гербіциду Харнес призводило тільки до короточасного, 20–30-добового періоду пригнічення бур'янів, які в подальшому могли відростати і негативно впливати на рослини кукурудзи.

Вплив заходів контролювання чисельності бур'янів на забур'яненість посівів кукурудзи (середнє за 2013–2016 рр.)

Захід контролювання чисельності бур'янів	Кількість бур'янів, шт./м ²		Суха маса бур'янів перед збиранням, г/м ²	Ефективність дії, %
	у фазі 5–6 листків	перед збиранням		
Біологічна забур'яненість (контроль)	105,7	89,1	494,4	–
Механізований догляд	34,7	42,2	239,6	82,2
Харнес (2,5 л/га)	12,6	16,1	85,1	78,3
МайсТер Пауер (1,25 л/га)	10,7	12,4	66,2	86,1
МайсТер Пауер (1,25 л/га) + Харнес (2,5 л/га)	5,8	6,3	34,9	92,1

Дещо гірший фітосанітарний стан відмічено за механізованого догляду, який передбачав дві культивації міжрядь. При цьому кількість бур'янів була на 61,8–85,0 % більшою ніж за внесення гербіцидів, в тому числі і за рахунок того, що на період проведення останнього обробітку, деякі види бур'янів не знищувалися.

Найбільш ефективним заходом контролювання чисельності бур'янів у посівах кукурудзи є комбіноване застосування ґрунтового гербіциду Харнес (2,5 л/га) і післясходового МайсТер Пауер (1,25 л/га), що забезпечило урожайність зеленої маси гібридів на рівні 46,0–57,4 т/га і розрахунковий вихід біогазу 6,59–9,32 тис. м³/га.

Особливості реалізації потенціалу продуктивності сорго цукрового. Продуктивність агрофітоценозів сільськогосподарських культур, зокрема й сорго цукрового, є функцією взаємодії ґрунтово-кліматичних умов, сортових особливостей та агротехнічних чинників. Результати наших досліджень свідчать, що найвища продуктивність сорго цукрового була в 2013, 2014 та 2016 рр. Врожайність зеленої та сухої маси у сорту Силосне 42 становила 71,0–78,4 т/га та 16,3–17,7 т/га, а у гібрида Довіста – 79,8–89,0 т/га і 18,7–21,2 т/га в роки коли ГТК вегетаційного періоду був 1,54–1,86 (табл. 7).

Таблиця 7

Урожайність зеленої та абсолютно сухої маси сорго цукрового

Рік	ГТК вегетаційного періоду	Силосне 42		Довіста	
		Урожайність, т/га			
		зеленої маси	абсолютно сухої маси	зеленої маси	абсолютно сухої маси
2012	1,04	64,3	14,2	73,1	16,8
2013	1,86	71,0	16,3	79,8	18,7
2014	1,54	74,6	17,3	83,4	20,0
2015	0,57	45,3	9,7	50,2	11,2
2016	1,80	78,4	17,7	89,0	21,2
Середнє	1,36	66,7	15,0	75,1	17,6
НІР ₀₅		5,4	2,1	5,8	2,4

У 2015 р. врожайність зеленої маси у сорту Силосне 42 і гібрида Довіста становила 45,3 і 50,2 т/га, сухої – 9,7 і 11,2 т/га відповідно (за значення ГТК вегетаційного періоду – 0,57). Аналогічну закономірність відмічено і у 2012 р., хоча

ГТК в цей рік становив 1,04, але урожайність зеленої маси у сорту та гібрида була на рівні 64,3 і 73,1 т/га.

Розрахунковий вихід біогазу з сорго цукрового змінювався залежно від сортових особливостей. Найвищий розрахунковий вихід біогазу отримано у 2016 р. у гібрида Довіста – 8,47 тис. м³/га, а у сорту Силосне 42 він становив 7,09 тис. м³/га (рис. 4).

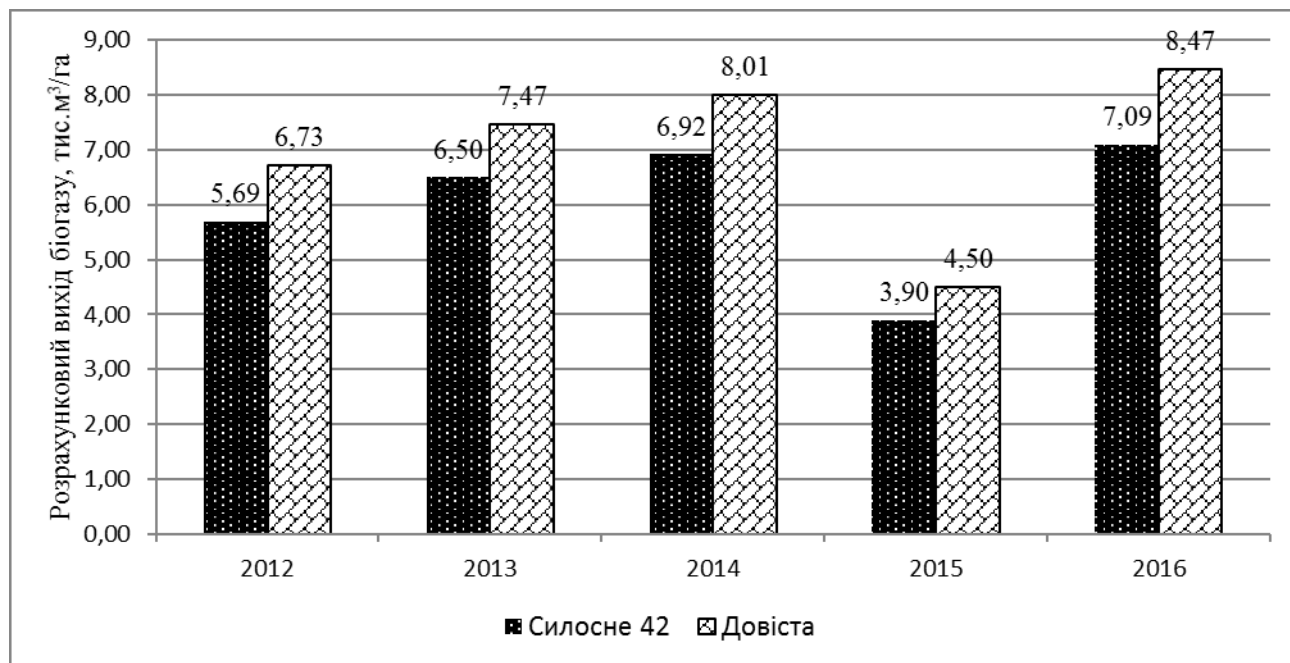


Рис. 4 Розрахунковий вихід біогазу у сорго цукрового Силосне 42 і Довіста, тис. м³/га

Мінімальні значення цього показника були у 2015 р. – 3,90 і 4,50 тис. м³/га. В інші роки вихід біогазу був у межах 5,69–8,01 тис. м³/га.

Згідно кореляційного аналізу існує висока позитивна залежність між виходом біогазу і урожайністю зеленої ($r=0,87$) та сухої маси ($r=0,92$) і, навпаки, слабка – між виходом біогазу і ГТК ($r=0,39$).

Продуктивність сорго цукрового залежно від рівня мінерального живлення. Урожайність зеленої маси сорго цукрового залежить від рівня мінерального живлення, сортових особливостей та погодних умов року. У середньому за роки досліджень, у сорту Силосне 42 та гібрида Довіста приріст урожайності зеленої маси становив при застосуванні $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 18,0 і 16,1 %; на фоні внесення $N_{80}P_{60}K_{60}$ – 29,2 і 25,0 %; на фоні $N_{100}P_{80}K_{80}$ – 37,8 і 33,4 %, порівняно з варіантом без добрив (табл. 8).

Максимальною продуктивність у сорту сорго цукрового Силосне 42 і гібрида Довіста була у 2016 р. – 87,9 і 98,2 т/га при внесенні $N_{100}P_{80}K_{80}$. У середньому за роки досліджень, на варіантах досліду, у гібрида Довіста врожайність зеленої маси була вищою на 8,4–9,0 т/га порівняно з сортом Силосне 42 при внесенні всіх доз мінеральних добрив.

Найвищий розрахунковий вихід біогазу в сорту Силосне 42 та гібрида Довіста спостерігався за максимального рівня удобрення ($N_{100}P_{80}K_{80}$) 6,4–7,6 тис. м³/га, причому у гібрида він був більшим на 18,3–22,1 % порівняно з сортом. Внесення $N_{60}P_{40}K_{40}$ сприяло збільшенню розрахункового виходу біогазу на 15,8–16,2 % порівняно з неудобреними варіантами. За внесення $N_{80}P_{60}K_{60}$ це зростання становило 22,9–26,7 %, а при внесенні $N_{100}P_{80}K_{80}$ – 30,4–34,5 %.

**Урожайність зеленої маси сорго цукрового залежно від доз добрив
(фаза воскової стиглості зерна), т/га**

Сорт, гібрид (фактор А)	Доза добрив (фактор В)	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	Середня
Силосне 42	Без добрив	52,2	58,3	57,3	35,5	64,3	53,5
	N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	61,1	67,1	68,0	43,2	76,3	63,1
	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	67,3	73,7	74,2	47,6	82,5	69,1
	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀	72,5	78,0	79,6	50,3	87,9	73,7
Довіста	Без добрив	61,1	65,7	66,6	43,7	73,1	62,0
	N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	70,6	76,9	77,5	49,1	86,1	72,0
	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	77,1	82,5	83,3	52,6	91,9	77,5
	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀	82,8	87,4	89,6	55,3	98,2	82,7
НІР ₀₅ , т/га	А	2,3	2,4	2,2	2,1	2,3	
	В	2,6	3,1	2,5	2,4	2,5	
	АВ	5,8	6,3	5,9	5,2	5,7	

Формування продуктивності сорго цукрового залежно від строків сівби.

Основним фактором, що визначає строки сівби сорго цукрового, є температура та вологість ґрунту. Згідно наших досліджень вміст сухої речовини у фазі воскової стиглості зерна у листях був на 7,1–10,4 % більшим ніж у стеблах (табл. 9).

Таблиця 9

**Вміст сухої речовини у листях і стеблах сорго цукрового за різних
строків сівби (фаза воскової стиглості зерна), % (середнє за 2012–2016 рр.)**

Сорт, гібрид	Строк сівби*	Вміст сухої речовини, %		Урожайність сухої маси, т/га
		у листях	у стеблах	
Силосне 42	I	25,4	18,3	14,6
	II	27,8	20,6	16,2
	III	31,5	22,1	17,4
Довіста	I	27,6	19,3	16,9
	II	30,1	22,0	18,8
	III	34,0	23,6	20,2

Примітка.* I, II, III. Перший строк сівби за температури ґрунту на глибині загортання насіння 8–10°C, другий – 10–12°C, третій – 12–14°C.

Гібрид Довіста, залежно від строку сівби, переважав за вмістом сухої речовини сорт Силосне 42 на 1,0–2,5 %, а за урожайністю сухої маси – на 2,3–2,8 т/га. Максимальні значення цих показників були за третього строку сівби (при температурі ґрунту на глибині загортання насіння 12–14 °C).

У середньому за роки досліджень, найбільшу врожайність зеленої маси сорго цукрового, у сорту та гібрида, визначено за третього строку сівби – 74,8 і 83,7 т/га, за другого 71,9 і 79,6 т/га і за першого – 67,2 і 75,6 т/га відповідно.

Максимальний розрахунковий вихід біогазу з біомаси сорту і гібрида сорго цукрового отримано за сівби насіння при температурі ґрунту 12–14 °C (третій строк) – 6,9 і 8,1 тис. м³/га. Менший вихід біогазу був за першого та другого строків сівби – 5,9 і 6,7 та 6,5 і 7,5 тис. м³/га відповідно. За всіх строків сівби гібрид Довіста мав вищий на 12,3–16,2 % вихід біогазу порівняно з сортом Силосне 42.

Наукове обґрунтування оптимальної площі живлення рослин сорго цукрового. За оптимальної площі живлення рослин сорго цукрового розподіл світла в рядах є кращим, а волога та поживні речовини – більш доступні, що позитивно впливає на урожайність зеленої і сухої маси та показники виходу біогазу з 1 га.

При збиранні сорго цукрового в різні фази росту і розвитку, відмічено коливання вмісту листя, стебел і волотей в загальному врожаї зеленої маси (рис. 5–6). У фазу молочної стиглості зерна вміст стебел складав 69,0–74,0 %, листя – 14–19 %, волотей – 12–16 %. У фазі воскової стиглості зерна зменшується питома маса стебел до 66–72%, а листя – до 10–15% та збільшується частка волотей до 16–20 %.

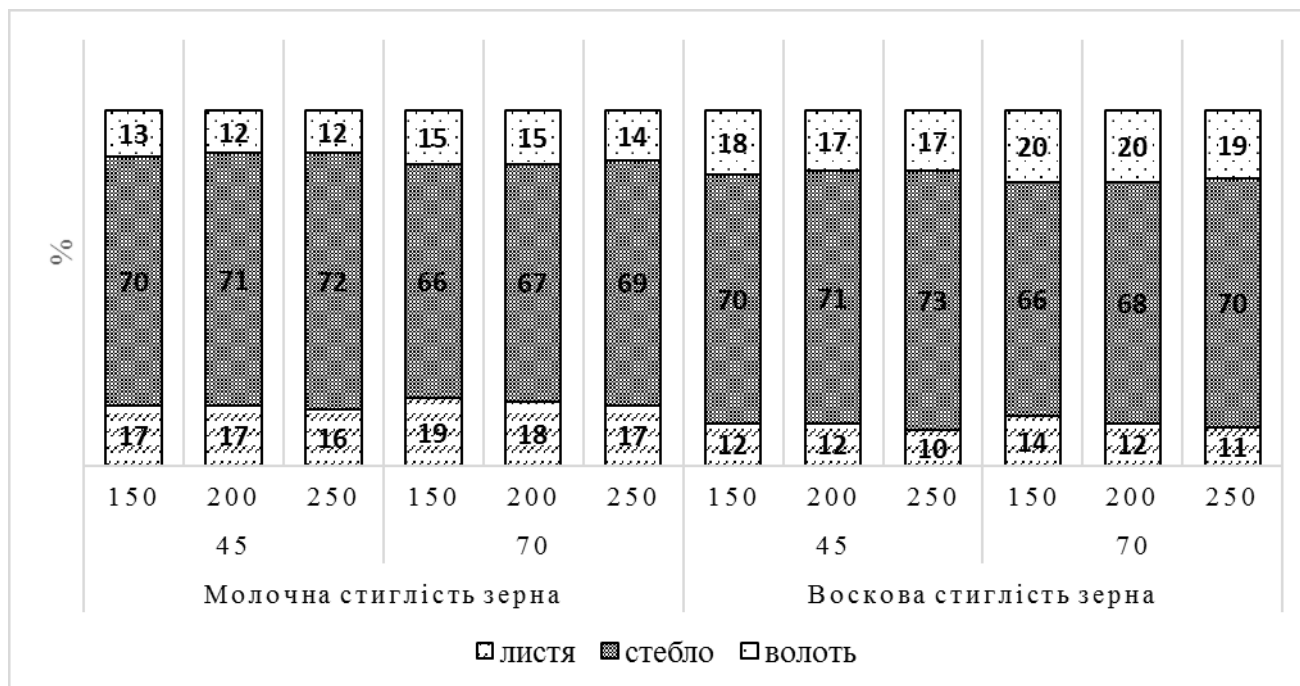


Рис. 5 Вміст листя, стебел і волотей в зеленій масі сорту сорго цукрового Силосне 42 залежно від густоти стояння рослин та фази стиглості, % (середнє за 2012–2016 рр.)

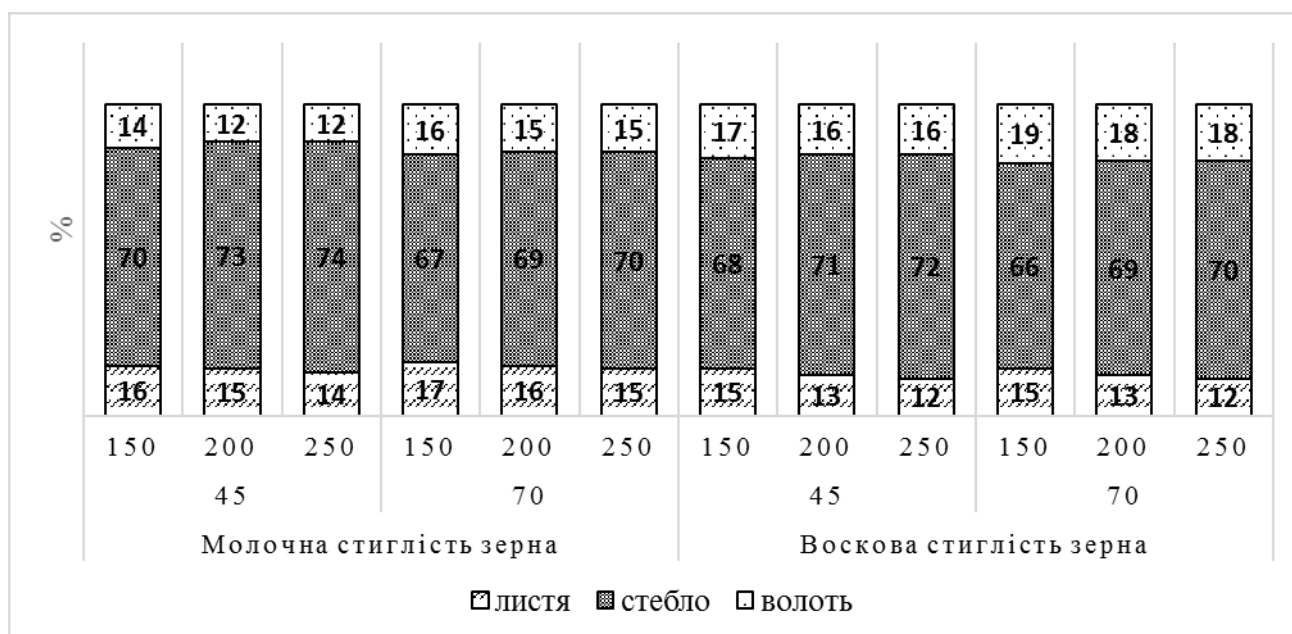


Рис. 6 Вміст листя, стебел і волотей в зеленій масі гібрида сорго цукрового Довіста залежно від густоти стояння рослин та фази стиглості, % (середнє за 2012–2016 рр.)

При збільшенні густоти стояння рослин з 150 до 250 тис. шт./га та при зменшенні ширини міжрядь з 70 до 45 см, спостерігається зменшення на 1–3 % частки волоті та листя та збільшення на таку ж величину частки стебел. В середньому менша частка стебел (66–73 %) і більша частка волоті (17–20 %) відмічена у сорту Силосне 42 порівняно з гібридом Довіста (66–71% і 16–19 % відповідно).

Збільшення ширини міжрядь від 45 до 70 см та збільшення густоти стояння рослин від 150 до 250 тис. шт./га значно впливало на рівень врожайності зеленої маси сорго цукрового (рис. 7).

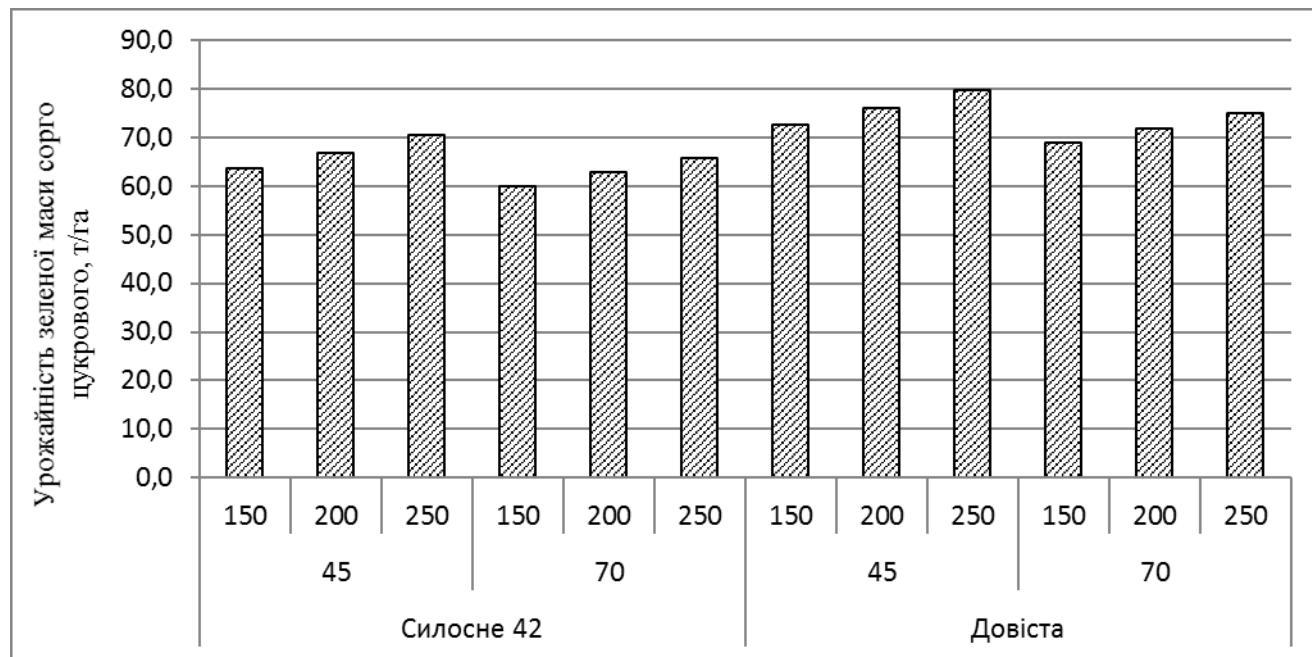


Рис. 7 Урожайність зеленої маси сорго цукрового залежно від густоти стояння рослин і ширини міжрядь, т/га (середнє за 2012–2016 рр.)

Найвища урожайність зеленої маси у сорту Силосне 42 і гібрида Довіста – 70,5 і 79,8 т/га відповідно, була за сівби з шириною міжрядь 45 см і густоти стояння рослин 250 тис. шт./га відповідно, а за сівби з міжряддями 70 см вона знизилась на 4,4 і 4,6 т/га відповідно.

Найбільший розрахунковий вихід біогазу у сорту – 6,39 тис. м³/га, а у гібрида – 7,54 тис. м³/га отримано на варіанті з шириною міжрядь 45 см та густотою стояння рослин 250 тис. шт./га. Вирощування сорго цукрового з шириною міжрядь 70 см призводило до зменшення на 6–7 % розрахункового виходу біогазу порівняно з шириною міжрядь 45 см.

Ефективність заходів контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго цукрового. Ефективність дії ґрунтового гербіциду Дуал Голд 960 ЕС к. е. (1,8 л/га) в посівах сорго цукрового становила 56,5–57,6 %. Чисельність бур'янів у варіантах дослідів, після його внесення, була у межах 50,7–53,4 шт./м² (табл. 10).

Механічні заходи контролювання чисельності бур'янів дали змогу знищити 79,5–80,2 % бур'янів. Але однією з проблем при проведенні механічного обробітку посівів сорго цукрового є неможливість знищення бур'янів у захисній зоні рядка, які формували вегетативну масу 0,66–0,74 кг/м², що більше на 33,8–39,2 % порівняно з ділянками де використовували гербіциди.

Забур'яненість посівів сорго цукрового залежно від заходів контролювання чисельності бур'янів (середнє за 2012–2016 рр.)

Сорт, гібрид	Захід контролювання чисельності бур'янів	До проведення/внесення, шт./м ²	Після проведення/внесення, шт./м ²	Ефективність дії, %
Силосне 42	Контроль	123,5	129,2	–
	Механізований догляд	126,0	25,8	79,5
	Дуал Голд	122,7	53,4	56,5
	Пік	120,3	48,1	60,0
Довіста	Контроль	120,4	127,6	–
	Механізований догляд	124,8	24,7	80,2
	Дуал Голд	119,5	50,7	57,6
	Пік	120,7	47,5	60,6

Підвищення врожайності зеленої маси сорго цукрового у варіантах із застосуванням гербіцидів, порівняно до контролю, становило 32,1–35,6 %, а при проведенні механічного обробітку – 24,8–25,1 %. При цьому суттєвої різниці між ґрунтовим і післясходовим гербіцидами в роки досліджень не відмічено.

Мінімальний розрахунковий вихід біогазу у сорту та гібрида сорго цукрового був на контролі – 4,2 і 5,1 тис. м³/га, найвищий – у варіантах з використанням гербіцидів – 6,1 та 7,2 і 7,3 тис. м³/га. Застосування гербіцидів сприяло підвищенню виходу біогазу в середньому на 43,3 % порівняно з контрольним варіантом. Між розрахунковим виходом біогазу і урожайністю зеленої та сухої маси сорго цукрового існує висока кореляційна залежність $r=0,94$ і $0,96$ та слабка обернено пропорційна з кількістю бур'янів ($r=-0,29$) та масою бур'янів ($r=-0,38$).

Ріст і розвиток кукурудзи і сорго цукрового в сумісних посівах. Створення сумісних посівів є дуже складною проблемою, вирішення якої неможливо без всебічного вивчення взаємин між рослинами різних видів, що складаються на рівні рослинного угруповання. Тривалість вегетаційного періоду має важливе значення для формування рівня врожайності, яку визначають сума температур та генетичні особливості гібрида чи сорту. Ріст і розвиток рослин відображає сукупність процесів взаємодії рослинного організму з факторами зовнішнього середовища.

Тривалість періоду сівба – сходи в основному залежить від температурного режиму ґрунту та кількості ґрунтової вологи на глибині загортання насіння і практично не змінюється в сумісних посівах, порівняно з одновидовими. В середньому за роки досліджень період появи сходів був практично однаковим як за одновидової, так і сумісної сівби і становив у сорго цукрового 9–10 діб, а у кукурудзи 10–11 діб (табл. 11).

Подальші фази розвитку (викидання волоті, цвітіння, молочна і воскова стиглість зерна), як у рослин кукурудзи, так і сорго цукрового, наступали в сумісних посівах на 2–3 доби пізніше, ніж в одновидових. Найменша різниця у тривалості вегетаційного періоду у сорго цукрового та кукурудзи була при вирощуванні в сумісних посівах сорту Силосне 42 і гібрида Моніка 350 МВ (2 доби) та Силосне 42 і Бистриця 400 МВ (4 доби).

Сорго цукрове у одновидовому посіві забезпечувало урожайність зеленої маси 67,8–76,1 т/га, що на 11,6–24,0 т/га перевищувало даний показник у кукурудзи (табл. 12).

Таблиця 11

Тривалість міжфазних періодів кукурудзи і сорго цукрового в одновидових та сумісних посівах, діб (середнє за 2013–2016 рр.)

Сорт, гібрид	Міжфазний період					
	сівба – сходи*	сходи – 6–8 листіків	6–8 листіків – викидання волотей	викидання волотей – молочна стиглість зерна	молочна – воскова стиглість зерна	сходи – воскова стиглість зерна
Силосне 42	10	21	35	32	27	115
Довіста	9	23	38	34	29	124
Моніка 350 МВ	10	27	33	31	22	113
Бистриця 400 МВ	11	28	35	32	23	118
Силосне 42 + Моніка 350 МВ	10/9	28/22	33/36	32/32	23/28	116/118
Силосне 42 + Бистриця 400 МВ	11/9	29/22	35/35	33/32	24/28	121/117
Довіста + Моніка 350 МВ	10/10	28/14	33/38	32/35	23/30	116/127
Довіста + Бистриця 400 МВ	11/10	29/24	35/38	33/34	24/30	121/126

Примітка.* В чисельнику показники кукурудзи в знаменнику сорго цукрового.

Таблиця 12

Продуктивність одновидових і сумісних посівів кукурудзи і сорго цукрового (середнє за 2013–2016 рр.)

Сорт, гібрид сорго цукрового і кукурудзи	Урожайність, т/га		Вихід	
	зеленої маси	сухої маси	біогазу, тис. м ³ /га	енергії з біогазу, ГДж/га
Силосне 42	67,8	15,2	6,1	132,5
Довіста	76,1	17,9	7,2	156,0
Моніка 350 МВ	52,1	16,1	8,0	175,1
Бистриця 400 МВ	56,2	18,2	9,1	197,9
Силосне 42 + Моніка 350 МВ	76,8	19,5	8,8	191,8
Силосне 42 + Бистриця 400 МВ	79,7	20,9	9,4	204,7
Довіста + Моніка 350 МВ	82,6	21,5	9,7	210,7
Довіста + Бистриця 400 МВ	85,5	22,9	10,3	224,2
НІР ₀₅	2,8	1,7	0,6	13,2

За сумісного вирощування цих культур, в середньому по досліді, врожайність зеленої маси на 8,5–37,8 %, сухої – на 14,8–32,5 %, вихід біогазу – на 9,5–28,7 % були вищими порівняно з їх одновидовими посівами.

Вихід біогазу в одновидових посівах сорго цукрового становив 6,1–7,2 тис. м³/га, кукурудзи – 8,0–9,1 тис. м³/га. За сумісного вирощування він був 8,8–10,3 тис. м³/га, що більше на 3,4–20,3 і 35,1–54,5 % порівняно з одновидовими посівами цих культур.

Вивчення особливостей мінерального живлення кукурудзи і сорго цукрового у сумісних посівах. Внесення мінеральних добрив позитивно впливало на підвищення частки листя, качанів та волотей як за одновидового, так і сумісного вирощування сорго цукрового і кукурудзи. Так, у гібрида сорго цукрового Довіста у одновидових посівах, без внесення мінеральних добрив, частка листя становила 11,0 %, волотей 16,0 %, при внесенні N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ – 11,8 і 18,1 % відповідно. У гібрида кукурудзи Моніка 350 МВ частка листя і качанів становила 14,1 і 41,6 % та 14,8 і

42,4 % (табл. 13). В той же час при внесенні добрив спостерігається зменшення частки стебел у обох культур на 0,3–2,9 %. За сумісної сівби сорго цукрового і кукурудзи зменшується маса та частка листя, качанів та волотей, порівняно з одновидовою сівбою та збільшення на 0,3–0,7 % частки стебел.

Таблиця 13

**Структура рослин кукурудзи і сорго цукрового залежно від доз добрив
в одновидових і сумісних посівах (середнє за 2013–2016 рр.)**

Спосіб сівби	Доза добрив	Листя*		Стебла		Качани		Волоті	
		г	%	г	%	г	%	г	%
Сорго цукрове гібрид Довіста (одновидовий)	Без добрив	77,3	11,0	511,4	73,0	–	–	112,2	16,0
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	87,8	11,7	530,1	70,4	–	–	135,6	18,0
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	89,6	11,7	538,4	70,2	–	–	138,5	18,1
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	91,7	11,8	544,6	70,1	–	–	140,3	18,1
Кукурудза гібрид Моніка 350 МВ (одновидовий)	Без добрив	145,7	14,1	428,1	43,6	408,5	41,6	–	–
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	152,3	14,5	461,2	43,4	448,2	42,2	–	–
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	158,7	14,7	466,2	43,0	458,8	42,3	–	–
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	160,4	14,8	471,0	42,9	465,7	42,4	–	–
Кукурудза (гібрид Довіста)+ сорго цукрове (гібрид Моніка 350 МВ) (сумісний)	Без добрив	144,9/74,7	14,0/10,7	430,4/516,6	44,0/73,6	403,5	41,2	109,8	15,7
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	151,6/84,7	14,3/11,3	463,8/531,9	43,7/70,8	445,2	42,0	134,2	17,9
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	158,0/87,6	14,6/11,4	469,3/541,5	43,3/70,7	456,4	42,1	137,3	17,9
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	159,7/90,8	14,6/11,7	474,5/547,8	43,2/50,5	463,1	42,2	138,4	17,8

Примітка. * В чисельнику показники кукурудзи в знаменнику сорго цукрового

Максимальну урожайність сухої маси одержано за вирощування кукурудзи і сорго цукрового в сумісних посівах на фоні внесення мінеральних добрив N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ – 23,8 т/га (рис. 8).

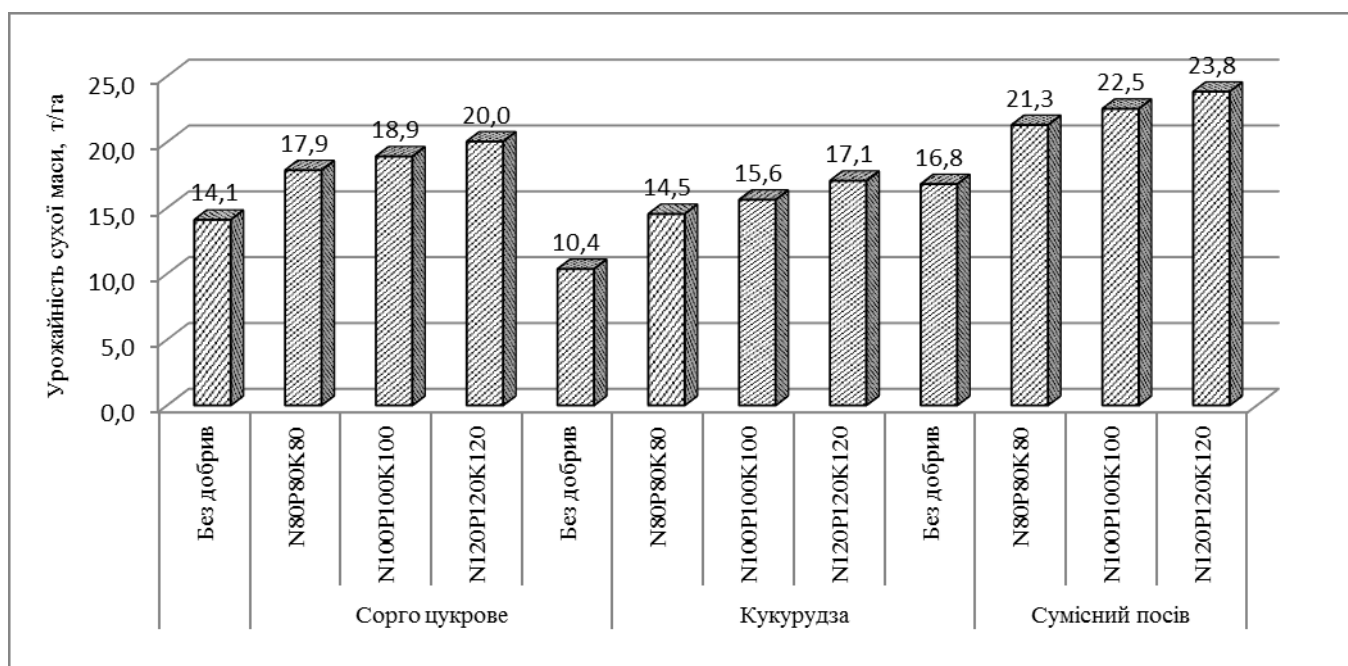


Рис. 8 Урожайність сухої маси в одновидових і сумісних посівах кукурудзи і сорго цукрового, т/га (середнє за 2013–2016 рр.)

Застосування добрив підвищує урожайність сухої маси на 26,7–64,7%, порівняно з контролем (без добрив). За сумісного вирощування сорго цукрового і кукурудзи урожайність сухої маси була вищою на 39,7–62,3 % і 17,4–19,2 % порівняно з одновидовими посівами цих культур. Найвищий розрахунковий вихід біогазу (10,7 тис. м³/га) отримано за сумісного вирощування сорго цукрового і кукурудзи на фоні мінерального живлення N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.

Вплив густоти стояння рослин і ширини міжрядь на продуктивність сумісних посівів кукурудзи та сорго цукрового. Формування оптимальної густоти стояння рослин кукурудзи та сорго цукрового, за різних способів розміщення на одиниці площі є важливим агротехнічним прийомом для підвищення продуктивності цих культур.

Максимальні показники врожайності зеленої маси сумісних посівів сорго цукрового і кукурудзи одержано при вирощуванні з шириною міжрядь 45 см і густотою стояння 70 тис. шт./га у кукурудзи і 140 тис. шт./га у сорго цукрового – 85,4 т/га (табл. 14).

Таблиця 14

Вплив густоти стояння рослин і ширини міжрядь на урожайність зеленої маси кукурудзи і сорго цукрового в сумісних посівах, т/га

Ширина міжрядь, см (фактор А)	Густота стояння, тис. шт./га (фактор В)*	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	Середнє
45	100/50	83,6	85,4	60,5	91,4	80,2
	120/60	87,1	90,6	60,1	95,4	83,3
	140/70	89,5	95,5	58,2	98,2	85,4
70	100/50	81,2	82,8	59,1	88,2	77,8
	120/60	84,5	88,6	58,3	92,1	80,9
	140/70	87,6	92,8	57,3	95,8	83,4
НІР ₀₅ , т/га	А	2,5	2,6	2,0	2,3	
	В	1,9	1,7	1,5	1,6	
	АВ	4,4	4,3	4,0	4,2	

Примітка. * В чисельнику вказана густота стояння рослин сорго цукрового, в знаменнику – кукурудзи.

За ширини міжрядь 70 см урожайність зеленої маси зменшувалась на 2,3–3,2 % порівняно з варіантом з шириною міжрядь 45 см. Збільшення густоти стояння рослин з 50 до 70 тис. шт./га у кукурудзи і з 100 до 140 тис. шт./га у сорго цукрового сприяло підвищенню врожайності зеленої маси на 6,4–7,1 %.

Вміст сухої речовини у роки досліджень в зеленій масі кукурудзи і сорго цукрового змінювався від 24,7 до 27,0 %. Найвища урожайність сухої маси отримана за вирощування сорго цукрового і кукурудзи з шириною міжрядь 45 см – 20,1–22,2 т/га, при цьому достовірної різниці між варіантом з міжряддям 70 см в роки досліджень не відмічено.

Розрахунковий вихід біогазу в середньому за роки досліджень на посівах з шириною міжрядь 45 см становив 9,0–10,0 тис.м³/га, а за ширини міжрядь 70 см – 9,0–9,9 тис.м³/га. Збільшення густоти стояння рослин сорго цукрового і кукурудзи з 100/50 до 120/60 і 140/70 тис. шт./га дозволяє отримати на 3,7–7,4 % вищий вихід біогазу.

Обґрунтування строків сівби кукурудзи в сумісних посівах з сорго цукровим. Формування врожаю у сумісних посівах відбувається під впливом взаємодії компонентів, що входять до складу суміші, факторів зовнішнього середовища та елементів технології вирощування. Визначення оптимальних строків сівби культур за різновидового складу є важливими факторами впливу на ріст, розвиток і продуктивність рослин у сумісних посівах кукурудзи з сорго цукровим.

Тривалість вегетаційного періоду кукурудзи, в сумісних посівах із сорго цукровим, збільшувалась на 1–2 доби від першого строку сівби до четвертого, а у сорго цукрового залишалась практично без змін (127–128 діб).

У середньому за 2014–2016 рр. найбільшу урожайність зеленої маси сумісні посіви кукурудзи з сорго цукровим формували за першого строку сівби гібрида кукурудзи Моніка 350 МВ (одночасно з сорго цукровим) – 80,3 т/га, найменшу – при четвертому (у фазі 4–5 листків у сорго цукрового) – 73,5 т/га (табл. 15).

Таблиця 15

Урожайність зеленої та сухої маси сорго цукрового і кукурудзи в сумісних посівах залежно від строку сівби другого компонента, т/га (середнє за 2014–2016 рр.)

Строки сівби кукурудзи*	Урожайність	
	зеленої маси	сухої маси
1	80,3	20,8
2	79,4	20,7
3	78,6	20,8
4	73,5	19,6
НІР ₀₅	1,8	0,9

Примітка.* 1. Одночасно з сорго цукровим; 2. у фазі сходів сорго цукрового; 3. у фазі 2–3 листків у сорго цукрового; 4. у фазі 4–5 листків у сорго цукрового.

Спостерігається тенденція до зменшення врожайності зеленої і сухої маси при сівбі кукурудзи одночасно з сорго цукровим до варіанту з сівбою у фазі 4–5 листків сорго цукрового.

Суттєвої різниці у розрахунковому виході біогазу між строками сівби кукурудзи не відмічено і цей показник у роки досліджень був у межах 5,5–11,2 тис. м³/га. Мінімальні значення розрахункового виходу біогазу були у 2015 р. – 5,5–6,2 тис. м³/га, максимальні – у 2016 р. – 10,9–11,2 тис. м³/га.

Ефективність заходів контролювання чисельності бур'янів у сумісних посівах кукурудзи і сорго цукрового. Висока забур'яненість посівів є одним із впливових факторів ризику в сучасному землеробстві. Це зумовлює актуальність пошуку заходів підвищення ефективності заходів регулювання чисельності бур'янів у агрофітоценозах кукурудзи і сорго цукрового.

Перед їх проведенням кількість бур'янів на всіх варіантах була практично однаковою 96,4–98,3 шт./м² (табл. 16).

Після заходів контролювання чисельності бур'янів, найменша забур'яненість відмічена за механізованого догляду – 19,6 шт./м². Застосування гербіцидів в сумісних посівах сорго цукрового і кукурудзи, призводило до знищення 58,6–69,5 % бур'янів.

**Ефективність заходів контролювання чисельності бур'янів в сумісних посівах
кукурудзи і сорго цукрового (середнє за 2012–2015 рр.)**

Захід контролювання чисельності бур'янів	Кількість бур'янів, шт./м ²		Повітряно-суха маса бур'янів перед збиранням, г/м ²	Ефективність дії, %
	до проведення/ внесення	після проведення/ внесення		
Біологічна забур'яненість (контроль)	97,8	95,6	2,73	–
Механізований догляд	98,5	19,6	0,58	80,1
Діален Супер	96,4	34,4	0,39	64,3
Примекстра TZ Голд	98,3	30,0	0,40	69,5
Дуал Голд 960 ЕС	–	40,7	0,46	58,6

Використання гербіциду Примекстра TZ Голд 500 SC (4,5 л/га) забезпечило максимальну урожайність зеленої та сухої маси – 76,2 і 19,1 т/га. Слід зазначити відсутність достовірної різниці в роки досліджень за урожайністю зеленої маси між варіантами з різними заходами регулювання чисельності бур'янів.

Розрахунковий вихід біогазу, в середньому за роки досліджень, змінювався від 5,24 до 8,59 тис. м³/га (рис. 9).

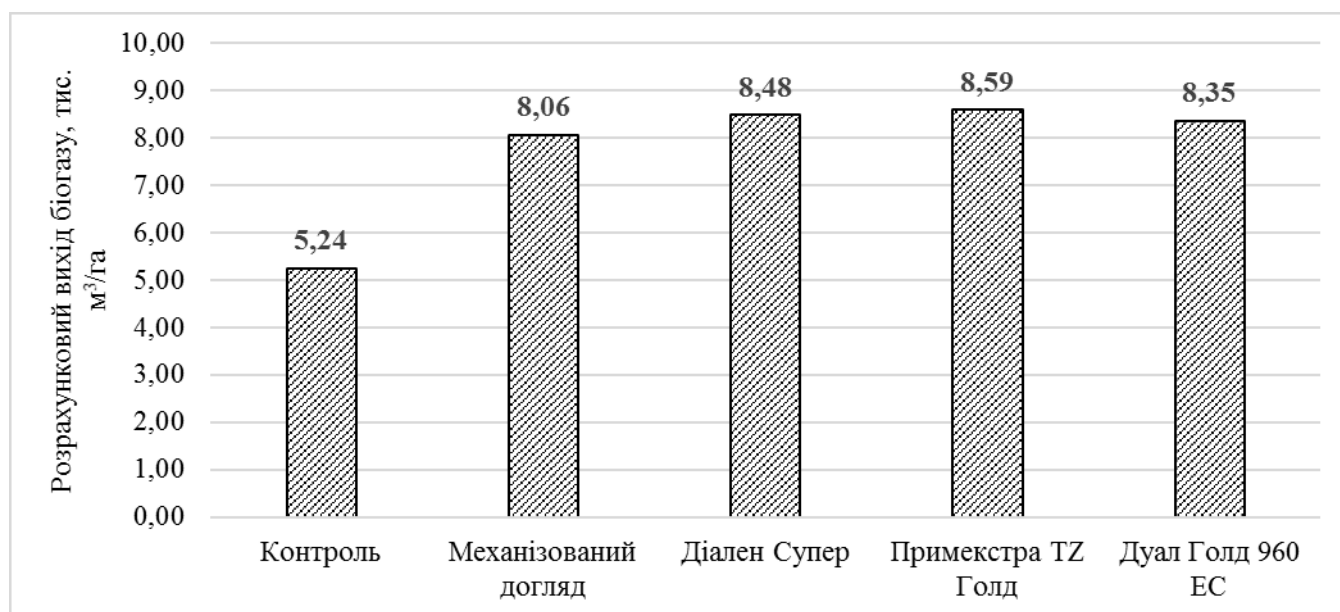


Рис. 9 Розрахунковий вихід біогазу залежно від заходів регулювання чисельності бур'янів у сумісних посівах кукурудзи і сорго цукрового, тис. м³/га (середнє за 2012–2015 рр.)

За механізованого догляду розрахунковий вихід біогазу становив 8,06 тис. м³/га, при застосуванні гербіцидів – 8,35–8,59 тис. м³/га. Не відмічено достовірної різниці за розрахунковим виходом біогазу між заходами регулювання чисельності бур'янів.

Кореляційні взаємозв'язки між елементами продуктивності сорго цукрового і кукурудзи та розрахунковим виходом біогазу в сумісних посівах були подібними до цих значень, отриманих у одновидових посівах. Між розрахунковим виходом біогазу і урожайністю зеленої та сухої маси сорго цукрового існує висока кореляційна залежність $r=0,95$ і $0,94$ та слабка обернено пропорційна – з кількістю ($r=-0,35$) та масою бур'янів ($r=-0,32$).

Використання силосної маси кукурудзи і сорго цукрового як сировини для біогазових установок. Дослідження з визначення експериментального виходу біогазу та метану виконано в 2012 р. на базі лабораторії відділу теплофізичних проблем біоенергетики Інституту технічної теплофізики НАН України.

Фізико-хімічні характеристики силосної маси досліджуваних гібридів кукурудзи наведено в таблиці 17.

Таблиця 17

Фізико-хімічні характеристики силосної маси гібридів кукурудзи

Гібрид кукурудзи	Доза добрив	Суша речовина, %	Суша органічна речовина, % від сухої речовини	Вміст, %			
				N	P	K	C
Бистриця 400 МВ	Без добрив	32,4	95,7	1,12	0,33	0,65	39,37
	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀	27,3	95,5	0,90	0,35	0,72	38,82
Моніка 350 МВ	Без добрив	30,5	95,3	1,18	0,36	0,75	38,55
	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀	28,8	95,5	1,16	0,4	1,01	37,74
Любава 279 МВ	Без добрив	33,7	95,6	1,02	0,38	0,61	39,64
	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀	28,3	95,3	1,33	0,44	1,06	38,82

Після подрібнення стебел кукурудзи в подрібнювачі AL-КО типу New TEC 2400 R було утворено модельний силос з лінійними розмірами часток у діапазоні 0,2–37,9 мм та середньою вагою 2,4–15,0 мг. Об'єм утвореного біогазу приведено стандартним методом до нормальних умов (273 К; 101,325 кПа) для сухого газу. Вміст метану, двоокису вуглецю та сірководню в біогазі вимірювався за допомогою цифрових газоаналізаторів GEM-500 та Dräger Xam 7000.

За виходом біогазу на одиницю свіжої маси (СК) найбільші значення отримано у гібрида Любава 279 МВ на фоні внесення добрив N₁₀₀P₈₀K₈₀ – 169,6 л×кг, за виходом біогазу на одиницю маси сухої органічної речовини (COP) Моніка 350 МВ – 540,8 л×кг COP (табл. 18).

Таблиця 18

Показники питомого виходу біогазу*

Гібрид кукурудзи	Доза добрив	Вихід біогазу:	
		з одиниці внесеної маси кукурудзи, л×кг	з одиниці внесеної сухої органічної речовини, л×кг COP
Бистриця 400 МВ	Без добрив	132,9	431,7
	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀	120,6	418,2
Моніка 350 МВ	Без добрив	137,7	501,0
	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀	143,4	540,8
Любава 270 МВ	Без добрив	169,6	381,1
	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀	142,9	509,4

Примітка.* дані Грабовського М.Б., Кучерука П.П.

За виходом метану, найбільші значення були отримані при зброджуванні силосу гібридів кукурудзи Любава 279 МВ та Моніка 350 МВ, що вирощувались на фоні добрив N₁₀₀P₈₀K₈₀ – 291,9 і 284,5 л×кг COP, що на 59,1 і 6,8 л×кг COP вище за варіант без їх застосування (табл. 19).

Показники питомого виходу метану (CH₄)*

Гібрид кукурудзи	Доза добрив	Вихід метану (CH ₄)		Середня концентрація CH ₄ у біогазі, %
		з одиниці внесеної силосної маси кукурудзи, л×кг	з одиниці внесеної сухої органічної речовини силосної маси кукурудзи, л×кг СОР	
Бистриця 400 МВ	Без добрив	75,4	250,6	56,7
	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀	68,5	239,7	56,8
Моніка 350 МВ	Без добрив	78,6	277,7	57,0
	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀	80,0	284,5	55,8
Любава 279 МВ	Без добрив	84,8	232,8	57,5
	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₈₀	97,5	291,9	59,3

Примітка.* дані Грабовського М.Б., Кучерука П.П.

Середня концентрація метану в біогазі за період спостережень для різних дослідних сумішей становила 55,8–59,3 %. Найменше значення такого показника (55,8 %) зафіксовано при зброджуванні дослідної суміші силосної маси кукурудзи гібрида Моніка 350 МВ за внесення мінеральних добрив дозою N₁₀₀P₈₀K₈₀.

За нашої участі в 2012–2014 р. у лабораторії землеробства, стаціонарних агрохімічних досліджень Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН було проведено якісний аналіз зеленої маси сорго цукрового і кукурудзи на вміст сухої речовини, азоту, фосфору, калію та вуглецю та на основі цих даних розраховано вихід біогазу та метану за формулами запропонованими Amon T. та ін. (2007) та Buswell A.M., Mueller H.F. (1952) .

Вміст азоту в рослинах сорго цукрового становив 1,09–1,14 %, фосфору – 0,32–0,39 %, калію – 1,11–1,16 % та вуглецю – 38,06–38,59 %. У гібридів кукурудзи показники азоту, фосфору і вуглецю були вищими на 0,27–0,29 %, 0,04–0,12 % і 1,21–1,27 %, а калію меншими на 0,17–0,23 %. За вмістом вказаних елементів суміш кукурудзи і сорго цукрового займає проміжне положення.

При перерахунку на 1 га посівної площі вихід біогазу і метану за використання сорго цукрового складав 7,0–8,4 і 4,1–4,9 тис. м³/га, кукурудзи – 5,7–6,5 і 3,3–3,7 тис. м³/га, при використанні маси сумішок цих культур – 9,1–10,2 і 5,3–5,9 тис. м³/га (рис. 10).

Ці дані збігаються з попередніми розрахунками виходу біогазу із зеленої маси кукурудзи і сорго цукрового в одновидових і сумісних посівах.

Економічна і енергетична ефективність технологічних заходів при вирощуванні кукурудзи та сорго цукрового. В наших дослідженнях отриманий умовно чистий прибуток і рівень рентабельності були найвищими за сумісного вирощування гібридів сорго цукрового Довіста і кукурудзи Бистриця 400 МВ – 10165,5 грн/га і 194,6 %. Виробничі витрати були найменшими при одновидовому вирощуванні гібрида кукурудзи Моніка 350 МВ – 4782,3 грн/га та досягали найвищих значень за сумісної сівби гібридів Довіста і Бистриця 400 МВ – 5223,2 грн/га.

Максимальні значення показника коефіцієнта енергетичної ефективності (*K_{ee}*) відмічено за сумісного вирощування сорго цукрового Довіста і кукурудзи Бистриця 400 МВ – 11,1. Використання в сумісних посівах інших компонентів (Силосне 42 +

Бистриця 400 МВ, Силосне 42 + Моніка 350 МВ, Довіста + Моніка 350 МВ) призводить до зменшення виходу енергії з біогазу на 6,4–16,3 % та коефіцієнта енергетичної ефективності на 4,5–9,3 %. За одновидового вирощування сорго цукрового вихід біогазу і енергії з нього становив 6,1–7,2 тис. м³/га та 132,5–156,0 ГДж/га, а у кукурудзи 8,0–9,1 тис. м³/га і 175,1–181,4 ГДж/га. За сумісного вирощування цих культур вихід біогазу зростає на 0,5–2,1 тис. м³/га, а енергії на 16,7–38,2 ГДж/га, порівняно з одновидовими посівами цих культур.

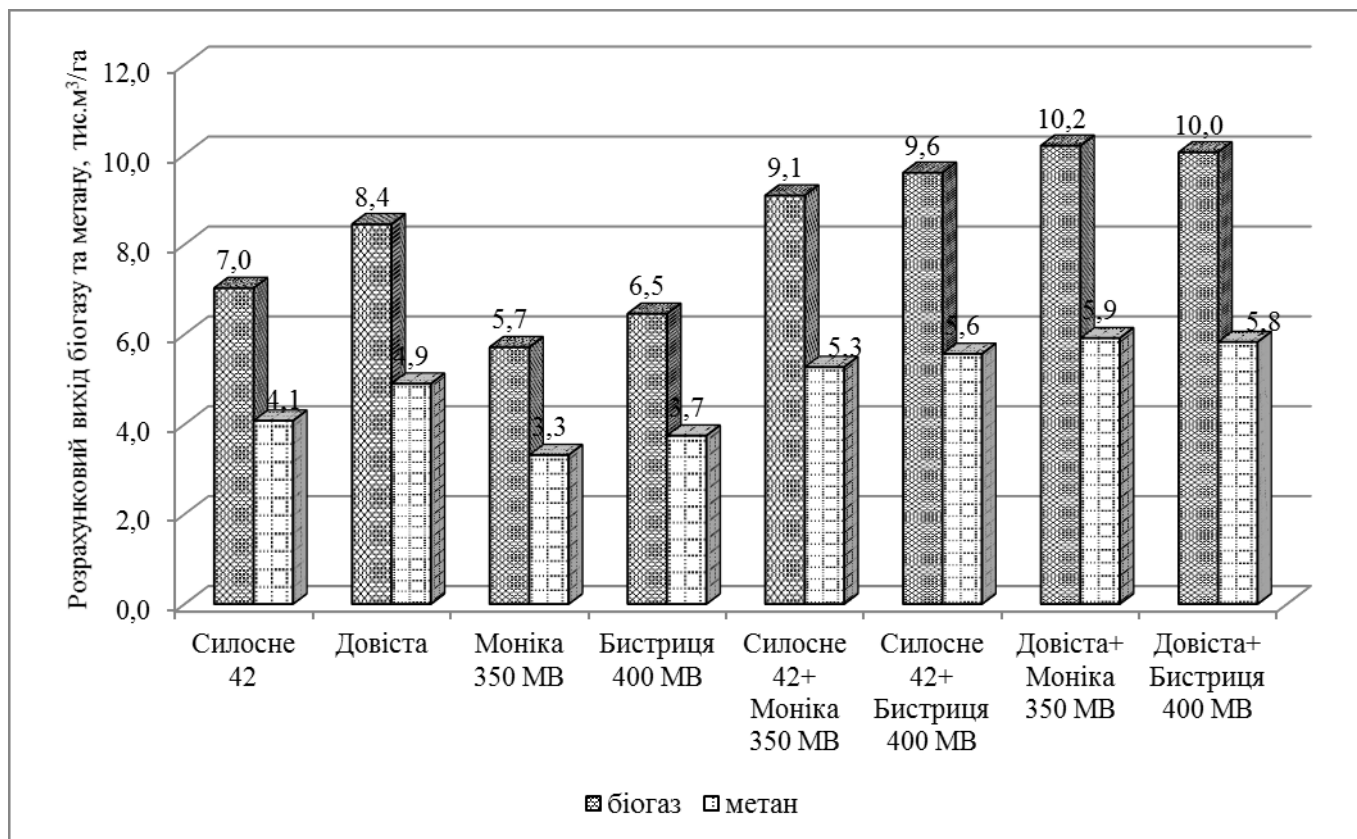


Рис. 10 Розрахунковий вихід біогазу та метану на основі вмісту елементів живлення в зеленій масі кукурудзи і сорго цукрового, тис. м³/га (середнє за 2012–2014 рр.)

Загальний вихід енергії з біогазу, отриманої з одного гектара сумісних посівів сорго цукрового і кукурудзи на всіх варіантах, перевищував цей показник, отриманий в одновидових посівах. Так, за сумісного вирощування гібридів Довіста і Моніка 350 МВ загальний вихід енергії з одиниці площі становив 189,3 ГДж/га, а у одновидових посівах цих культур 156,0 і 175,1 ГДж/га відповідно.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і нове розв'язання наукової проблеми щодо підвищення продуктивності кукурудзи і сорго цукрового, як біоенергетичних культур для виробництва біогазу, на основі визначення особливостей формування одновидових і сумісних посівів, розробки елементів технологій їх вирощування залежно від оптимізації асортименту гібридів (сортів), площі живлення рослин, строків сівби, рівня мінерального живлення, заходів контролювання чисельності бур'янів та погодних умов вегетаційного періоду. За результатами проведених досліджень було зроблено наступні висновки:

1. Встановлено, що на формування продуктивності кукурудзи і сорго цукрового суттєво впливають гідротермічні умови липня – серпня. Несприятливі кліматичні умови в цей період зумовлюють зменшення врожайності зеленої маси кукурудзи на 38,5–46,3 % і сорго цукрового – на 28,7–38,5 % порівняно з кращими за волого-забезпеченістю роками.

2. Виявлено, що в 2011–2016 рр. розрахунковий вихід біогазу у ранньостиглого гібрида Товтряньський 188 СВ становив 6,56 тис. м³/га, середньораннього Білозірський 295 СВ – 7,40 тис. м³/га, середньостиглого Моніка 350 МВ – 8,41 тис. м³/га, середньопізнього Бистриця 400 МВ – 9,34 тис. м³/га.

3. Внесення мінеральних добрив N₁₀₀P₈₀K₈₀ забезпечило отримання урожайності зеленої та сухої маси кукурудзи у ранньостиглого гібрида Товтряньський 188 СВ – 42,1 і 11,3 т/га, середньораннього Білозірський 295 СВ – 45,1 і 12,5 т/га, середньостиглого Моніка 350 МВ – 51,1 і 14,6 т/га і середньопізнього Бистриця 400 МВ – 53,4 і 15,7 т/га.

4. Визначено, що за сівби гібридів кукурудзи при температурі ґрунту на глибині загортання насіння 10–12 °С формується максимальна площа листкової поверхні, найвища урожайність зеленої і сухої маси та розрахунковий вихід біогазу. Максимальними значеннями вказаних показників серед гібридів відзначався середньопізній Бистриця 400 МВ – 47,8 тис. м²/га, 56,4 та 18,1 т/га і 9,94 тис. м³/га відповідно.

5. Досліджено, що оптимальна передзбиральна густина стояння рослин при вирощуванні кукурудзи з метою виробництва біогазу для гібрида ДН Пивиха є 120 тис. шт./га, ДН Галатея – 110–120; Моніка 350 МВ і Бистриця 400 МВ – 90 тис. шт./га. Вихід біогазу становить при цьому – 7,2; 7,5; 8,5 і 9,0 тис. м³/га відповідно.

6. Розрахунковий вихід біогазу залежно від гібрида кукурудзи та ширини міжрядь був у межах 6,8–8,9 тис. м³/га. При зменшенні ширини міжрядь з 70 до 45 см зростав фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи, урожайність зеленої і сухої маси та зменшувався коефіцієнт водоспоживання на 5,3–7,6 %.

7. Комбіноване застосування ґрунтового гербіциду Харнес (2,5 л/га) перед сівбою і післясходового МайсТер Пауер (1,25 л/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи забезпечує найкращий фітосанітарний стан посівів, урожайність зеленої і сухої маси 46,0–57,4 і 13,2–18,8 т/га та вихід біогазу 6,6–9,3 тис. м³/га.

8. Використання сорту сорго цукрового Силосне 42 і гібрида Довіста як біоенергетичних культур дає змогу отримати 3,90–8,47 тис. м³/га біогазу. Існує висока кореляційна залежність ($r=0,87$) між урожайністю зеленої маси сорго цукрового та коефіцієнтом ГТК, а відносно розрахункового виходу біогазу – слабка ($r=0,38$).

9. Встановлено, що застосування добрив сприяє збільшенню врожайності зеленої і сухої маси сорго цукрового, порівняно з неудобреними ділянками на 16,1–37,6 %. Найвищі показники врожайності зеленої маси та розрахункового виходу біогазу отримано при вирощуванні гібрида Довіста за застосування N₁₀₀P₈₀K₈₀ – 82,7 т/га і 7,6 тис. м³/га.

10. Максимальну врожайність зеленої маси сорго цукрового та розрахунковий вихід біогазу отримано при сівбі сорту Силосне 42 і гібрида Довіста за температури ґрунту на глибині загортання насіння 12–14 °С – 74,8 і 83,7 т/га та 6,9 і 8,1 тис. м³/га відповідно.

11. Урожайність зеленої та сухої маси у сорту Силосне 42 і гібрида Довіста мали найвищі значення при вирощуванні їх з міжряддям 45 см за густоти стояння рослин 250 тис. шт./га – 70,5 і 79,8 та 16,0 і 18,9 т/га відповідно. За вирощування сорго цукрового з міжряддям 70 см урожайність зеленої і сухої маси були меншими на 9,8–15,6 %, а розрахунковий вихід біогазу – на 6–7 %.

12. Обґрунтовано, що за використання в посівах сорго цукрового ґрунтового гербіциду Дуал Голд (1,8 л/га) та післясходового Пік 75 ВГ (0,02 кг/га) їх ефективність становила 56,5–60,6 %, а приріст врожайності зеленої маси при цьому складав 32,1–35,5 %, порівняно з контролем. Хімічний захід контролювання чисельності бур'янів сприяв підвищенню виходу біогазу в середньому на 43,3 % порівняно з контролем.

13. Урожайність зеленої маси сумісних посівів кукурудзи і сорго цукрового була вищою на 8,5–37,8 %, сухої маси – 14,8–32,5 %, а розрахунковий вихід біогазу на 9,5–28,7 % порівняно з одновидовими посівами цих культур.

14. Максимальний розрахунковий вихід біогазу був за вирощування кукурудзи і сорго цукрового в сумісних посівах на фоні внесення мінеральних добрив $N_{120}P_{120}K_{120}$ – 11,0 тис. м³/га.

15. Виявлено, що за рахунок збільшення кількості рослин на одиниці площі сумісних посівів кукурудзи і сорго цукрового, на варіанті з міжряддям 45 см при густоті стояння рослин кукурудзи 70 тис. шт./га і сорго цукрового 140 тис. шт./га, вихід зеленої і сухої маси зростав відповідно на 4,6 і 0,8 т/га, біогазу – на 0,4 тис. м³/га порівняно з аналогічним варіантом при міжрядді 70 см.

16. Спостерігається тенденція до зменшення врожайності зеленої і сухої маси від першого строку сівби кукурудзи (одночасно з сорго цукровим) до четвертого (у фазі 4–5 листків у сорго цукрового) у сумісних посівах із сорго цукровим, при цьому достовірної різниці між варіантами дослідів не відмічено. Суттєвої різниці у розрахунковому виході біогазу між строками сівби кукурудзи не встановлено і цей показник в роки досліджень був у межах 5,5–11,2 тис. м³/га.

17. Використання гербіциду Примекстра TZ Голд (4,5 л/га) в сумісних посівах кукурудзи і сорго цукрового забезпечило максимальну урожайність зеленої і сухої маси – 76,2 і 19,1 т/га. Достовірної різниці за розрахунковим виходом біогазу між заходами контролювання чисельності бур'янів не виявлено.

18. У лабораторних умовах вихід біогазу на одиницю маси сухої органічної речовини найвищим був у гібрида Моніка 350 МВ – 540,8 л×кг. Максимальні значення розрахункового виходу біогазу і метану, на основі вмісту елементів живлення в зеленій масі, отримано з суміші кукурудзи Моніка 350 МВ і сорго цукрового Довіста – 10,2 і 5,9 тис. м³/га.

19. За вирощування гібридів сорго цукрового Довіста і кукурудзи Бистриця 400 МВ в сумісних посівах чистий прибуток становив 10165,5 грн і рентабельність – 194,6 %, що на 1604,0–5043,7 грн та 27,6–52,1 % вище порівняно з одновидовими посівами цих культур.

20. За вирощування сорго цукрового в одновидових посівах коефіцієнт енергетичної ефективності (К_е) становить 7,4–8,5, а кукурудзи – 10,2–10,6. При сумісному вирощуванні цих культур вказаний показник був у межах 10,3–11,1.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Сільськогосподарським господарствам Правобережного Лісостепу України, для отримання врожайності зеленої маси кукурудзи на рівні 41,1–57,4 т/га і розрахункового виходу біогазу 6,2–9,3 тис. м³/га, сорго цукрового 72,0–82,1 т/га та 6,5–8,0 тис. м³/га, а у сумісних посівах 76,7–92,7 т/га і 8,9–10,8 тис. м³/га рекомендується:

1. За вирощування кукурудзи в одновидових посівах:

- висівати середньостиглий гібрид Моніка 350 МВ і середньопізній Бистриця 400 МВ за температури ґрунту на глибині загортання насіння 10–12°C з шириною міжрядь 45 см, густотою стояння рослин 90 тис. шт./га, на фоні внесення N₁₀₀P₈₀K₈₀ і використовувати післясходовий гербіцид МайсТер Пауер (1,25 л/га) у фазі 3–5 листків культури;

2. За вирощування сорго цукрового в одновидових посівах:

- вирощувати гібрид сорго цукрового Довіста за сівби при температурі ґрунту 12–14 °C, з шириною міжрядь 45 см, густотою стояння рослин 250 тис. шт./га, із застосуванням мінеральних добрив дозою N₁₀₀P₈₀K₈₀ та ґрунтового гербіциду Дуал Голд 960 ЕС, к. е. (1,8 л/га перед сівбою або до появи сходів культури);

3. За вирощування кукурудзи і сорго цукрового в сумісних посівах:

– проводити сівбу гібридів кукурудзи Моніка 350 МВ і сорго цукрового Довіста з шириною міжрядь 45 см і густотою стояння рослин відповідно 70 і 140 тис. шт./га, з внесенням мінеральних добрив N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ та гербіциду Примекстра TZ Голд 500 SC к.с. (4,5 л/га) до появи сходів. Співвідношення рядків у сумісних посівах кукурудзи і сорго цукрового 2:2.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія

1. Грабовський М.Б. Енергоефективність та енергозбереження : економічний, технічний та агроекологічний аспекти : [Колективна монографія. Розділ 10.4. Економічна і енергетична ефективність технологічних заходів при вирощуванні кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу.]. Полтава : Астроя, 2018. С. 447–452.

Статті в наукових фахових виданнях України:

2. **Грабовський М. Б.,** Грабовська Т. О., Ображій С. В. Вплив гідротермічних умов вегетації на урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах центрального Лісостепу України. *Агробіологія* : збірник наукових праць. Біла Церква, 2014. №1 (109). С. 57–61. (60% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка статті)

3. Грабовський М. Б. Урожайність кукурудзи на силос залежно від рівня мінерального живлення в умовах Центрального Лісостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ, 2014. №7. С.49–53.

4. **Грабовський М. Б.,** Грабовська Т. О., Ображій С. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості під впливом строків сівби. *Агробіологія* : збірник наукових праць. Біла Церква, 2014. №2 (113). С. 81–86. (60% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка статті)

5. **Грабовський М. Б.,** Грабовська Т. О. Продуктивність кукурудзи на силос в залежності від густоти стояння рослин. *Агробіологія : збірник наукових праць*. Біла Церква, 2015. №2 (121). С. 77–83. (75% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка статті)

6. **Грабовський М. Б.,** Грабовська Т. О., Ображій С. В. Формування продуктивності сумісних посівів кукурудзи і сорго цукрового залежно від заходів захисту рослин від бур'янів. *Агробіологія : збірник наукових праць*. Біла Церква, 2016. №1 (124). С. 28–36. (65% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка статті)

7. Грабовський М. Б. Продуктивність кукурудзи на силос та вихід біогазу залежно від заходів контролювання чисельності бур'янів. *Зернові культури*. Дніпро, 2017. Том 1. №2. С. 269–278.

8. Грабовський М. Б. Вплив заходів контролювання чисельності бур'янів на ріст та розвиток кукурудзи. *Агробіологія : збірник наукових праць*. Біла Церква, 2017. №2 (135). С. 45–54.

9. Грабовський М. Б. Формування продуктивності сорго цукрового як біоенергетичної культури залежно від рівня мінерального живлення. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2018. Вип. 99. С. 30–39.

10. Грабовський М. Б. Регулювання рівня забур'яненості посівів сорго цукрового агротехнічними і хімічними методами. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2018. №3 (247). С. 33–37.

11. **Грабовський М. Б.,** Грабовська Т. О., Герасименко Л. А. Вплив площі живлення рослин сорго цукрового на водоспоживання та формування біометричних і фотосинтетичних показників. *Зрошуване землеробство : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон : Олді-Плюс, 2017. Вип. 68. С. 130–137. (60% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка статті)

12. Грабовський М. Б. Обґрунтування строків сівби кукурудзи в сумісних посівах з сорго цукровим. *Агробіологія : збірник наукових праць*. Біла Церква, 2018. №1 (138). С. 67–76.

13. Грабовський М. Б. Ефективність застосування мінеральних добрив у одновидових та сумісних посівах сорго цукрового та кукурудзи. *Техніка і технології АПК*. Дослідницьке, 2018. № 8-9 (107). С. 21–24.

14. **Грабовський М. Б.,** Федорук Ю. В., Правдива Л. А., Грабовська Т. О. Вплив площі живлення рослин сорго цукрового та кукурудзи на їх ріст, розвиток та урожайність зеленої маси в сумісних посівах. *Наукові доповіді НУБіП України*. Київ, 2018. № 5 (75). dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.05.024 URL:<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.05.024> (60% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка статті)

15. Грабовський М. Б. Продуктивність сумісних посівів сорго цукрового й кукурудзи та вихід біогазу залежно від густоти стояння рослин і ширини міжрядь. *Біоенергетика/Bioenergy*. Київ, 2018. №2 (12). С. 32–34.

16. **Грабовський М. Б.,** Федорук Ю. В., Правдива Л. А., Грабовська Т. О. Вплив рівня мінерального живлення на ріст, розвиток та водоспоживання рослин сорго цукрового та кукурудзи в одновидових та сумісних посівах. *Таврійський науковий*

вісник. Херсон, 2018. Вип. 103. С. 27–35. (60% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка статті)

17. Грабовський М. Б. Економічна та біоенергетична ефективність вирощування сорго цукрового та кукурудзи як біоенергетичних культур за різного рівня мінерального живлення. *Зернові культури*. Дніпро, 2018. Т. 2. № 2. С. 294–300.

18. Грабовський М. Б. Потенціал виробництва біогазу з силосної маси сорго цукрового та кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2019. Вип. 106. С. 26–32.

19. Грабовський М. Б. Особливості технології вирощування кукурудзи як сировини для виробництва біогазу. *Рослинництво та ґрунтознавство*. Київ, 2019. Т. 10. №2. С. 12–17.

20. **Грабовський М. Б.,** Грабовська Т. О., Городецький О. С., Курило В. Л. Формування продуктивності кукурудзи на силос залежно від фону мінерального живлення. *Зрошуване землеробство : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон : Олді-Плюс, 2019. Вип. 71. С. 37–40. (65% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка статті)

21. Грабовський М. Б. Продуктивність кукурудзи на силос та вихід біогазу залежно від густоти стояння рослин. *Наукові горизонти/Scientific Horizons*. Житомир, 2019. №7 (80). С. 15–21.

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

22. **Грабовський М. Б.,** Грабовська Т. О., Козак Л. А., Городецький О. С., Богатир Л. В. Формування продуктивності сорго цукрового під впливом строків сівби. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Т. 7(4). С. 500–505. doi : 10.15421/2017_151 (50% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка статті)

Статті в виданнях іноземних держав:

23. Грабовский Н. Б. Производительность сорго сахарного и выход биогаза в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода. *Вісник Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта*. Серыя прыродазнаўчых навук. Пінск, 2017. №2. С. 22–28.

24. **Грабовский Н. Б.,** Грабовская Т. А., Федорук Ю. В., Производительность сорго сахарного и выход биогаза в зависимости от площади питания растений. *Вестник Прикаспия*. ПНИИАЗ, 2018. №2 (21). С. 10–15. (60% авторства, проведение исследований, анализ экспериментальных данных, подготовка статьи)

25. Грабовский Н. Б. Рост и развитие сорго сахарного и кукурузы в совместных посевах [Электронный ресурс]. *Электронный периодический научный журнал «SCI-ARTICLE.RU»*. 2018. № 61. С. 83–89. URL : http://sci-article.ru/number/09_2018.pdf

26. **Grabovskyi M.,** Fedoruk Yu., Pravdyva L., Grabovska T., Kurylo V., Fedoruk N. Influence of agrotechnical and chemical measures on weediness in sweet Sorghum crops (Sorghum Bicolor) and the output of biogas. *EurAsian Journal of BioSciences*, 2018. №12. pp.347-353. (50% авторства, проведение исследований, анализ экспериментальных данных, подготовка статьи)

27. **Грабовский Н. Б.,** Грабовская Т. А., Курило В. Л. Выращивание сорго сахарного и кукурузы как биоэнергетических культур в совместных посевах. *Вісник Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта*. Серыя прыродазнаўчых навук. Пінск, 2018. №2.

С. 3–10. (60% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка статті)

Патенти на корисну модель

28. Спосіб вирощування кукурудзи для виробництва біогазу / **М. Б. Грабовський**, В. Л. Курило : пат. 124481 Україна : МПК 2018/01 A01C 21/00. № u201710813; заявл. 06.11.2017 ; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7. С. 4.4–4.5 (50% авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, опис патенту).

29. Спосіб вирощування кукурудзи і сорго цукрового в сумісних посівах для виробництва біогазу/ **М. Б. Грабовський**, В. Л. Курило : пат. 124480 Україна : МПК 2018/01 A01C 7/00. № u201710812 ; заявл. 06.11.2017 ; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7. С. 4.3 (50% авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, опис патенту).

30. Спосіб вирощування в сумісних посівах кукурудзи і сорго цукрового для виробництва біогазу/ В. Л. Курило, **М. Б. Грабовський** : пат. 124479 Україна : МПК 2018/01 A01C 14/00. № u201710811 ; заявл. 06.11.2017; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7. С. 4.3 (50% авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, опис патенту).

31. Спосіб сівби насіння для вирощування в сумісних посівах кукурудзи та сорго цукрового/ **М. Б. Грабовський**, В. Л. Курило : пат. 124478 Україна : МПК 2018/01 A01C 14/00. № u201710810 ; заявл. 06.11.2017 ; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7. С. 4.4 (50% авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, опис патенту).

32. Спосіб сівби насіння сорго цукрового для вирощування його в сумісних посівах з кукурудзою для виробництва біогазу/ В. Л. Курило, **М. Б. Грабовський** : пат. 124477 Україна : МПК 2018/01 A01C 14/00. № u201710809; заявл. 06.11.2017 ; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7. С. 4.4 (50% авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, опис патенту).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

33. Грабовський М. Б. Виробництво біогазу з кукурудзи. *Аграрна наука – виробництву «Новітні технології в рослинництві»* : тези доповідей державної науково-практичної конференції, м. Біла Церква, 9 листопада 2011 р. БНАУ, 2011. С. 10-11.

34. Грабовський М. Б. Використання кукурудзяного силосу як сировини для біогазових установок. *Новітні технології в рослинництві* : тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та докторантів, м. Біла Церква, 17-18 травня 2012 р. БНАУ, 2012. С.18-19.

35. Грабовский Н. Б. Растительные субстраты для производства биогаза. *Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки* : материалы VIII Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 75-летию профессора А. Т. Фарниева. Ч. 1, г. Владикавказ, 21 февраля 2012 г. Владикавказ : Горский агроуниверситет, 2012. С. 291–294.

36. Грабовский Н. Б. Использование сорго и суданской травы для производства биогаза. *Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки* : материалы VIII Международной научно-практической конференции молодых ученых,

посвященної 75-летию професора А. Т. Фарниева. Ч. 1, г. Владикавказ, 21 февраля 2012 г. Владикавказ : Горский агроуниверситет, 2012. С. 294–295.

37. Грабовський М. Б. Енергетичні рослини для виробництва біогазу. *Новітні технології в рослинництві* : тези доповідей державної науково-практичної конференції, м. Біла Церква, 8-9 листопада 2012 р. БНАУ, 2012. С. 5–6.

38. Грабовський М. Б. Продуктивність сумісних посівів кукурудзи та цукрового сорго. *Новітні технології в рослинництві* : тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та докторантів, м. Біла Церква, 16-17 травня 2013 р. БНАУ, 2013. С. 5–6.

39. Грабовський М. Б. Ефективність виробництва біогазу з гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Новітні технології в рослинництві* : тези доповідей державної науково-практичної конференції, м. Біла Церква, 7 листопада 2013 р. БНАУ, 2013. С. 10–12.

40. Грабовський М. Б. Гібриди кукурудзи різних груп стиглості в силосному конвеєрі Центрального Лісостепу України. *Новітні технології в рослинництві* : тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та докторантів, м. Біла Церква, 15-16 травня 2014 р. БНАУ, 2014. С. 14–15.

41. **Грабовський М. Б.,** Грабовська Т. О. Вплив строків сівби на структуру врожаю зеленої маси та накопичення сухої речовини гібридами кукурудзи. *Новітні технології в рослинництві* : тези доповідей державної науково-практичної конференції, м. Біла Церква, 6 листопада 2014 р. БНАУ, 2014. С. 12–13. (70% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка матеріалів)

42. Грабовський М. Б. Ефективність виробництва біогазу з гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Стратегічні напрями сталого виробництва сільсько-господарської продукції на сучасному етапі розвитку аграрного комплексу України* : тези Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, м. Дніпропетровськ, 22–23 травня 2014 р. Дніпропетровськ : ІСГСЗ, 2014. С. 28–29.

43. **Грабовський М. Б.,** Грабовська Т. О. Фотосинтетична діяльність гібридів кукурудзи залежно від ширини міжрядь і густоти рослин. *Наукові пошуки молоді у 3-тньому тисячолітті* : тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та докторантів, м. Біла Церква, 14–15 травня 2015 р. БНАУ, 2015. С. 11–12. (70% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка матеріалів)

44. Грабовський М. Б. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від ширини міжрядь. *Сучасні агробіотехнології та землеустрій в Україні* : тези доповідей державної науково-практичної конференції, м. Біла Церква, 19 листопада 2015 р. БНАУ, 2015. С. 9–10.

45. Грабовський М. Б. Сорго цукрове як сировина для виробництва біогазу. *Ресурсозберігаючі технології та їх правова і економічна оцінка сільсько-господарському виробництві* : збірник матеріалів доповідей міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 27-28 квітня 2016 р. НУБіП України, 2016. С. 105–106.

46. Грабовський М. Б. Продуктивність сорго цукрового при вирощуванні на силос в умовах центрального Лісостепу України. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, с. Центральне, 21 квітня 2016 р. МПП ім. В. М. Ремесла, Укр. ін-т експертизи сортів рослин, Вінниця : Нілан-ЛТД, 2016. С. 23–24.

47. Грабовский Н. Б. Влияние ширины междурядий и густоты стояния растений на производительность кукурузы на силос. *Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования* : материалы I международной научно-практической интернет-конференции, с. Соленое Займище, 29 февраля 2016 г. ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2016. С. 2302–2307.

48. Грабовський М. Б. Вирощування гібридів кукурудзи для отримання біогазу та метану. *Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, м. Дніпро, 25-26 травня 2017 р. НААН, ДУ ІЗК НААН, Укр. ін-т експертизи сортів рослин. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2017. С. 90–91.

49. Грабовський М. Б. Формування продуктивності посівів кукурудзи на силос за різної ширини міжрядь. *Новітні агротехнології : теорія та практика* : тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ, 11 липня 2017 р. Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2017. С. 76–77.

50. Грабовський М. Б. Вплив рівня мінерального живлення на формування біометричних показників сорго цукрового. *Сучасні агробіотехнології та землеустрій в Україні* : тези доповідей державної науково-практичної конференції, м. Біла Церква, 23 листопада 2017 р. БНАУ, 2015. С. 8–9.

51. Грабовський М. Б. Тривалість вегетаційного періоду кукурудзи та цукрового сорго в сумісних посівах. *Сучасні проблеми ведення сільського господарства та підготовки фахівців аграрного профілю* : тези міжнародної науково-практичної конференції, м. Біла Церква, 15 лютого 2018 р. БНАУ, 2018. С. 6.

52. Грабовський М. Б. Вплив метеорологічних умов на продуктивність сорго цукрового. *Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції* : збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції, м. Кам'янець-Подільський, 20-22 березня 2018 р. Тернопіль : Крок, 2018. Ч.1. С. 83–85.

53. **Грабовський М. Б.,** Грабовська Т. О., Остренко М. В. Урожайність зеленої маси кукурудзи і сорго цукрового в сумісних посівах залежно від доз мінеральних добрив. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, с. Центральне, 20 квітня 2018 р. МПП ім. В. М. Ремесла, Укр. ін-т експертизи сортів рослин. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2018. С. 23. (70% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних, підготовка матеріалів)

54. Грабовський М. Б. Вплив рівня мінерального живлення на зміну біометричних показників рослин кукурудзи і сорго цукрового в одновидових і сумісних

посівах. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, м. Київ, 29 березня 2018 р. НААН України, Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків; Укр. ін-т експертизи сортів рослин. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2018. С. 73–74.

55. Грабовський М. Б. Вирощування кукурудзи і сорго цукрового, як біоенергетичних культур в сумісних посівах. *Впровадження інноваційних технологій в аграрний сектор України* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Одеса, 27-28 лютого 2018 р. Хлібодарське, 2018. С. 38–41.

56. **Грабовський М. Б.,** Грабовська Т. О. Енергетична оцінка вирощування кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу. *Аграрна освіта та наука : досягнення, роль, фактори росту. Інноваційні технології в агрономії, агрохімії та екології. Землеустрій та кадастри у сучасних умовах : проблеми та вирішення* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Біла Церква, 27-28 вересня 2018 р. Білоцерківський НАУ, 2018. С. 18–19. (75% авторства, проведення досліджень, аналіз експериментальних даних)

57. Грабовський М. Б. Продуктивність сорго цукрового і кукурудзи та вихід біогазу залежно від заходів контролювання чисельності бур'янів. *Актуальні проблеми науково-інноваційного забезпечення виробництва зерна в контексті сучасних ринкових умов* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, 30–31 травня 2019 р., Дніпро : ДУ Інститут зернових культур НААН, 2019. С. 65-66.

58. Грабовський М. Б. Оптимізація вирощування кукурудзи і сорго цукрового в сумісних посівах залежно від строку сівби першого компоненту. *Світові рослинні ресурси : стан та перспективи розвитку* : матеріали V міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 7 червня 2019 р. Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2019. С. 181–182.

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації:

59. Кучерук П. П., Матвеев Ю. Б., Ходаківська Т. В., **Грабовський М. Б.** Перспективи виробництва біогазу з сумішей гнойових відходів тваринництва та рослинної сировини в Україні. *Промислова теплотехніка*. Київ, 2013. Т. 35. №1. С. 107–113. (30% авторства, аналіз експериментальних даних, узагальнення, написання рекомендацій)

60. Грабовський М. Б. Гібриди кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2011. №4(203). С. 12–20.

61. Грабовський М. Б. Сівба кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2011. №8(207). С. 20–22.

62. Грабовський М. Б. Гербіциди на кукурудзі. *The Ukrainian Farmer*, лютий 2012. С.34–38.

63. Грабовський М. Б. Удобрення кукурудзи : на часі економія. *The Ukrainian Farmer*, січень 2015. С.56–57.

64. Правдива Л. А., Бойко І. І., **Грабовський М. Б.,** Марчук О. О. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сорго цукрового та забур'яненість посівів. *Карантин і захист рослин*. Київ, 2018. №8(250). С. 8–10. (20% авторства, аналіз експериментальних даних, написання рекомендацій).

АНОТАЦІЯ

Грабовський М.Б. Агротехнологічне обґрунтування вирощування кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 «Рослинництво» (201 – Агрономія). ДУ Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України, Дніпро, 2020.

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і нове розв'язання наукової проблеми щодо підвищення продуктивності сорго цукрового і кукурудзи на основі визначення особливостей формування одновидових і сумісних посівів цих біоенергетичних культур та розробки елементів технологій їх вирощування, залежно від оптимізації сортименту гібридів (сортів), площі живлення рослин, строків сівби, рівня мінерального живлення, заходів контролювання чисельності бур'янів та погодних умов вегетаційного періоду.

Проаналізовано стан та результати досліджень вітчизняних та закордонних дослідників щодо формування високопродуктивних агрофітоценозів сорго цукрового і кукурудзи в одновидових і сумісних посівах. Обґрунтовано необхідність проведення досліджень з впливу окремих елементів технології вирощування на продуктивність сорго цукрового і кукурудзи, як біоенергетичних культур для виробництва біогазу.

Вперше виявлено закономірності формування високопродуктивних агрофітоценозів сорго цукрового і кукурудзи. Теоретично обґрунтовано та експериментально встановлено особливості формування та реалізації продуктивності сорго цукрового і кукурудзи в одновидових та сумісних посівах. Експериментально визначено оптимальні дози добрив, строки сівби, густоту стояння рослин, ширину міжрядь, заходи контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго цукрового і кукурудзи за одновидової і сумісної сівби.

Удосконалено елементи технології вирощування сорго цукрового і кукурудзи за одновидової та сумісної сівби, як біоенергетичних культур для виробництва біогазу. Дістали подальшого розвитку наукові положення щодо управління процесами росту й розвитку рослин сорго цукрового і кукурудзи в сумісних посівах.

Ключові слова: кукурудза, сорго цукрове, біогаз, строки сівби, рівень мінерального живлення, спосіб сівби, густина стояння, ширина міжрядь, бур'яни, врожайність, продуктивність.

АННОТАЦИЯ

Грабовский М.Б. Агротехнологическое обоснование выращивания кукурузы и сорго сахарного для производства биогаза. На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.09 «Растениеводство» (201 – Агрономия). ГУ Институт зерновых культур Национальной академии аграрных наук Украины, Днепр, 2020.

В диссертационной работе приведены теоретическое обобщение и решение научной проблемы по повышению производительности сорго сахарного и кукурузы на основе определения особенностей формирования одновидовых и совместных

посевов этих биоэнергетических культур и разработки элементов технологий их выращивания, в зависимости от оптимизации сортимента гибридов (сорт), площади питания растений, сроков сева, уровня минерального питания, способов контроля численности сорняков и погодных условий вегетационного периода.

Проанализировано состояние и результаты исследований отечественных и зарубежных ученых по формированию высокопродуктивных агрофитоценозов сорго сахарного и кукурузы в одновидовых и совместных посевах. Обоснована необходимость проведения исследований по влиянию отдельных элементов технологии выращивания на производительность сорго сахарного и кукурузы как биоэнергетических культур для производства биогаза.

Впервые выявлены закономерности формирования высокопродуктивных агрофитоценозов сорго сахарного и кукурузы. Теоретически обосновано и экспериментально установлены особенности формирования и реализации производительности сорго сахарного и кукурузы в одновидовых и совместных посевах. Определены оптимальные дозы удобрений, сроки сева, густота стояния растений, ширина междурядий, способов контроля численности сорняков в посевах сорго сахарного и кукурузы в одновидовых и совместных посевах.

Усовершенствованы элементы технологии выращивания сорго сахарного и кукурузы в одновидовых и совместных посевах как биоэнергетических культур для производства биогаза. Получили дальнейшее развитие научные положения по управлению процессами роста и развития растений сорго сахарного и кукурузы в совместных посевах.

Ключевые слова: кукуруза, сорго сахарное, биогаз, сроки сева, уровень минерального питания, способ посева, густота стояния, ширина междурядий, сорняки, урожайность, продуктивность.

ANNOTATION

Grabovskyi M. Agrotechnological substantiation of corn and sweet sorghum cultivation for biogas production. Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Thesis for a Doctor of Agricultural Sciences degree on specialty 06.01.09 "Plant Growing" (201 – Agronomy). Institute of Cereals of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Dnipro, 2020.

In the dissertation the theoretical synthesis and a new solution of the scientific problem concerning increase of sorghum and corn productivity are given on the basis of determination of the formation peculiarities of the single-species and compatible crops of these bioenergetic plants as well as the development of technologies elements for their cultivation, depending on optimization of the assortment of hybrids (varieties), feed area plants, timing of sowing, level of mineral nutrition, measures of protection against weeds and weather conditions of the growing season.

In the dissertation, the state and results of domestic and foreign researchers concerning formation of high-yield agrophytocenoses of sorghum and corn in single-species and compatible crops are analyzed. The necessity of conducting research on the

influence of separate elements of cultivation technology on the productivity of sweet sorghum and corn as bioenergetic crops for biogas production is substantiated.

For the first time the patterns of high-yield agrophytocenoses of sorghum and corn formation as bioenergetic crops for biogas production were revealed. The peculiarities of establishment and realization of sweet sorghum and corn productivity in single-species and compatible crops are theoretically substantiated and experimentally established. Optimal doses of fertilizers, time of sowing, plant density, row spacing, measures for controlling the number of weeds in sorghum and corn crops for single-species and compatible crops were experimentally determined.

The elements of the cultivation technology of sweet sorghum and corn for single-species and compatible crops as bioenergetic plants for biogas production have been improved. Further development of scientific management in growth and development processes of sweet sorghum and corn plants in compatible crops was obtained.

It has been established that the hydrothermal conditions of July-August has a significant influence on the production of sweet sorghum and corn. Unfavorable climatic conditions in this period lead to a decrease in the yield of green mass in corn on 38,5–46,3% and sweet sorghum on 28,7–38,5% compared to the years with better moisture supply.

The productivity of corn crops depends on their varietal characteristics. More adapted to the conditions of the region are hybrids of corn Monika 350 MB and Bystrytsia 400 MV. On average, over the years of researches, the yield of green mass was in the range of 50,1–53,2 t/ha, dry mass – 15,3–17,0 t/ha, estimated output of biogas – 10,7–11,9 thsd. m³/ha.

Applying mineral fertilizers increased the intensity of growth processes in corn hybrids, contributed to better use of moisture and the formation of generative organs and increased the yield of green and dry mass. The highest green mass yield and estimated biogas output were obtained at hybrid Bystrytsia 400 MV, when N₁₀₀P₈₀K₈₀ was applied – 52,8 t/ha and 11,0 thsd. m³/ha.

It was established that, depending on the hybrid, the yield of green and dry mass of corn decreased on 13,1–25,8 and 15,2–27,4% when sowing at soil with temperature at the depth of seeding 6–8 °C compared with the variant 10–12 °C.

Under favorable conditions of the growing season (GTC = 1.22–1.82), early-maturing and middle-early hybrids of corn, form the maximum yield of green mass with the density of plant standing 120 thsd. pcs./ha (55,6–58,0 t/ha), the middle-maturing – 100 thsd. pcs/ha (52,4–57,8 t/ha), and the middle-late – 90 thsd. pcs./ha (59,0–62,8 t/ha). With deteriorating conditions (GTC = 0,62–0,65), all investigated hybrids had the highest values of this indicator with the density of plants standing 90 thsd. pcs./ha – 32,0–36,4 t/ha.

When narrowing the inter-row spacing from 70 to 45 cm, an increase in the photosynthetic potential of corn hybrids from different maturity groups, as well as the yield of green and dry mass and a decrease in the water consumption coefficient on 5,3–7,6 % were noted.

There is a high correlation between the yield of green mass of sweet sorghum and the coefficient GTC ($r = 0,87$), and with the estimated output of biogas is weak ($r = 0,38$).

Using the sorghum variety Sylosne 42 and hybrid Dovista as bioenergetic crops can give 3,90–8,47 thsd. m³/ha of biogas. The maximum indexes of the estimated output of biogas are noted during the cultivation of hybrid Dovista on the background with applying N₁₀₀P₈₀K₈₀ – 7,9 thsd. m³/ha.

The yield of green and dry mass in the variety Sylosne 42 and hybrid Dovista were of the highest value when cultivated with a row spacing 45 cm and a plant density 250 thsd. pcs./ha – 70,5 and 79,8 as well as 16,0 and 18,9 t/ha. The productivity of the crop was lower on 9,8–15,6%, when cultivating sweet sorghum with this density and inter-row spacing 70 cm.

In the compatible crops of sweet sorghum and corn, a decrease in morphological and biological parameters was observed in both – sorghum and corn, compared to single-species crops, except for plant height, which increased on 7,9–18,6%. The maximum estimated output of biogas was when cultivating sweet sorghum and corn in the compatible on the background with applying mineral fertilizers N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ – 11,0 thsd. m³/ha.

Due to the increase in the number of plants per unit area of compatible crops of sweet sorghum and corn, in the variant with an inter-row spacing 45 cm and the density of corn plants 70 thsd. pcs./ha and sweet sorghum 140 thsd. pcs./ha, the yield of green mass increased on 4,6 t/ha, dry mass – on 0,8 t/ha, biogas – on 0,4 thsd. m³/ha compared to the same variant with an inter-row spacing 70 cm.

There is a tendency to decrease the yield of green and dry mass from the variant of the first sowing of corn to the fourth in the compatible crops with sweet sorghum, but there was no significant difference between the variants of the experiment. There was no significant difference in the estimated output of biogas between the dates of corn sowing and this index in the years of research was in the range 5.5–11.2 thsd. m³/ha.

Key words: *corn, sweet sorghum, biogas, hybrid, dates of sowing, level of mineral nutrition, method of sowing, density of standing, width of rows, weeds, yields, productivity.*

Підписано до друку 05.12.2019.

Формат 60x90¹/₁₆. Ум. др. арк. 1,9. Зам. 6958. Тираж 100.

Сектор оперативної поліграфії РВІКВ БНАУ.

09117, Біла Церква, Соборна площа, 8, тел. 33-11-01.