

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**НАЙДЕНКО ВАЛЕНТИНА МИХАЙЛІВНА**

УДК 633.174:631.54

**ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО  
ЗАЛЕЖНО ВІД ШИРИНИ МІЖРЯДДЯ ТА УДОБРЕННЯ В УМОВАХ  
ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.09 «Рослинництво»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2020

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Роботу виконано у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник** доктор сільськогосподарських наук,  
професор, член-кореспондент НААН  
**Каленська Світлана Михайлівна**,  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України,  
завідувач кафедри рослинництва

**Офіційні опоненти:** доктор сільськогосподарських наук, професор  
**Федорчук Михайло Іванович**,  
Миколаївський національний  
аграрний університет,  
професор кафедри рослинництва  
та садово-паркового господарства

кандидат сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник  
**Присяжнюк Олег Іванович**,  
Інститут біоенергетичних культур  
і цукрових буряків НААН,  
завідувач лабораторії математичного моделювання  
та інформаційних технологій

Захист відбудеться «13» жовтня 2020 року о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.10 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розіслано «11» вересня 2020 року

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Л. А. Гарбар

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Сорго зернове – цінна високоврожайна культура, яка за обсягами світового виробництва знаходиться на п'ятому місці серед зернових культур. За зміни клімату і напрямів використання культура набуває все більшого поширення в Україні. Останні десятиліття характеризувалися періодичними посушливими умовами саме в період вегетації ярих зернових культур, що призводило до значного зниження урожайності. Однією з альтернативних культур виступає сорго зернове. Якщо раніше до цієї культури відносилися, насамперед, як до джерела зеленої маси, необхідної для забезпечення потреб тваринництва, то наразі нею зацікавилися виробники зерна. Сорго зернове має значну господарську й агротехнічну цінність, переваги щодо універсальності використання – сировина для виробництва продовольчих товарів, біопалива, кормів тощо. Нестача енергетичних ресурсів зумовлює потребу використання відновлювальних ресурсів як джерела енергії – сорго за хімічним складом відповідає вимогам до виробництва різних видів біопалива.

Розширення посівних площ і підвищення врожайності сорго у Лівобережному Лісостепу України стримувалося відсутністю сортів і гібридів, адаптованих до умов вирощування та технологіями їх вирощування, які дозволяють максимально реалізувати їхній генетичний потенціал. На оптимізацію технології вирощування сорго зернового загалом та вивчення окремих елементів технології його вирощування спрямовано дослідження М. А. Шепеля, С. В. Краснєнкова, Д. Б. Рахметова, С. М. Каленської, М. І. Федорчука, І. П. Гринюк, Д. Шпаара, О. І. Присяжнюка, Н. О. Григоренко, Л. І. Сторожик, П. В. Климович, L Krzystek, K. Wajszczuk, S. R. Krishnareddy.

Зміни кліматичних умов, селекційні досягнення у створенні нових сортів і гібридів сорго зернового, придатних для вирощування в північних регіонах України, зумовили потребу в розробленні технологій вирощування, зокрема ефективного застосування добрив за різної ширини міжряддя в посівах.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження за темою дисертації виконано впродовж 2015–2018 рр. згідно з планом науково-дослідних робіт Національного університету біоресурсів і природокористування України відповідно до державної наукової теми: «Обґрунтування параметрів розширення біорізноманіття польових культур у виробництві біологічно- та енергетично цінної продукції» (номер державної реєстрації 0116U001587).

**Мета та завдання дослідження.** Метою дисертаційного дослідження визначено встановлення закономірностей росту і розвитку рослин сорго зернового, особливостей формування урожайності та якості зерна залежно від добрив та ширини міжряддя в посівах в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Поставлена мета зумовила вирішення таких завдань:

– встановити особливості росту і розвитку рослин гібридів порівняно з сортом залежно від елементів технології вирощування та погодних умов –

фенологія, формування вегетативних та генеративних органів, структурні елементи врожайності;

- встановити особливості формування та ефективність функціонування фотосинтетичного апарату посівів сорго залежно від змінних норм азотних добрив, внесених перед сівбою сорго та ширини міжряддя;

- обґрунтувати ефективність застосування добрив та ширину міжряддя щодо ефективності використання рослинами елементів живлення та формування врожайності, якості зерна сорго;

- дати економічну та енергетичну оцінку ефективності технологій вирощування сорго зернового;

- за результатами досліджень і виробничої перевірки рекомендувати виробництву розроблені елементи технології вирощування сорго зернового.

*Об'єкт дослідження* – процес формування продуктивності сорго зернового залежно від удобрення та ширини міжряддя.

*Предмет дослідження* – гібриди сорго зернового 'Брігга F1' і 'Бургго F1', сорт 'Лан 59', удобрення, ширина міжряддя, урожайність, якість зерна, економічна й енергетична ефективність технології вирощування сорго зернового.

**Методи дослідження.** У процесі виконання дисертаційного дослідження використовувалися загальнонаукові та спеціальні методи досліджень, а саме: польовий – встановлення впливу погодних умов і досліджуваних чинників на ріст і розвиток рослин, формування урожайності та якості зерна; вимірювально-ваговий – для визначення біометричних параметрів росту і розвитку рослин та формування урожайності; математично-статистичний; дисперсійний; порівняльно-розрахунковий для визначення економічної та енергетичної ефективності технології вирощування.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у тому, що:

*вперше* в умовах Лівобережного Лісостепу України:

- обґрунтовано високу ефективність вирощування сорго зернового з урахуванням біокліматичного потенціалу зони;

- встановлено особливості росту і розвитку рослин, формування й ефективність функціонування фотосинтетичного апарату посівів сорго залежно від змінних норм азотних добрив, внесених перед сівбою сорго, ширини міжряддя та погодних умов;

- встановлено ефективність використання рослинами сорго елементів живлення, їх накопичення в основній та побічній продукції;

- встановлено біологічний і господарський потенціал урожайності сорго зернового в умовах північної частини Лівобережного Лісостепу України;

- визначено економічну та енергетичну ефективність технологій вирощування сорго зернового;

- доведено, що кластерні групи за ознаками структури врожайності, урожайності, якості зерна значною мірою формуються у зв'язку з біологічними особливостями гібридів та їх реакцією на вирощування з різною шириною міжряддя та удобрення;

*удосконалено* систему удобрення сорго за рахунок передпосівного внесення азоту на фоні повного основного удобрення та доведено її високу ефективність;

*набули подальшого розвитку* обґрунтування щодо впливу погодних умов на ріст і розвиток сорго зернового та формування його урожайності в умовах Лівобережного Лісостепу України.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у розробленні та рекомендації виробництву технології вирощування сорго зернового, яка забезпечує отримання стабільно високої урожайності зерна. Встановлено оптимальні норми внесення азотних добрив для удобрення сорго зернового та найбільш оптимальну ширину міжряддя, що забезпечує підвищення продуктивності культури.

Впровадження наукових розробок у виробництво здійснено у 2018 р. на полях ФГ «Вітчизна-Тиниця» на площі 21 га та у ФГ «Початок» на площі 17 га. Отримані результати виробничих випробувань підтвердили високу ефективність запропонованих елементів технології вирощування сорго зернового, за чистого прибутку від вирощування гібридів 'Брігга F1' і 'Бургго F1' відповідно 29,3 та 31,1 тис грн/га.

**Особистий внесок здобувача.** Автором особисто проведено теоретичне обґрунтування та практичне вирішення завдання щодо розширення виробництва сорго зернового шляхом впровадження технологій вирощування з урахуванням біокліматичного потенціалу регіону та біології гібридів. Дисертацію виконано здобувачем самостійно, зокрема визначено мету і завдання, здійснено пошук та аналіз літературних джерел, розроблено програму й схему досліду, обґрунтовано методологію досліджень. Здійснено польові та лабораторні дослідження відповідно до поставлених завдань із використанням сучасних методик. За темою дисертації проведено узагальнення та аналіз вітчизняної і зарубіжної літератури. Узагальнено й обґрунтовано результати досліджень, зроблено їх систематизацію та сформульовано основні положення дисертації, висновки та рекомендації виробництву. За результатами проведених досліджень самостійно та у співавторстві підготовлено й опубліковано наукові праці.

Автор висловлює подяку ТОВ «Біотех ЛТД» й особисто професору А. В. Бикіну за сприяння у закладанні, проведенні польового досліду на базі господарства та наукову співпрацю під час проведення дослідження.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень оприлюднено та обговорено на: Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційний розвиток АПК України: проблеми та їх вирішення» (м. Житомир, 2015 р.); Всеукраїнській науково-практичній відео-онлайн конференції «Біорізноманіття України в забезпеченні продовольчої та енергетичної безпеки» (м. Мукачеве – м. Київ, 2016 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Рослинництво XXI століття: виклики та інновації. До 120-річчя кафедри рослинництва НУБіП України» (м. Київ, 2019 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Родючість ґрунтів як основа ефективного землекористування» (м. Київ, 2019 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 10 наукових праць, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, науково-практичні рекомендації, 4 тези наукових доповідей

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з анотацій, вступу, п'яти розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Роботу викладено на 179 сторінках. Робота містить 22 таблиці та 18 рисунків. Список використаних джерел налічує 258 найменувань, зокрема 48 латиницею.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі розкрито суть наукової проблеми, обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання досліджень, обґрунтовано зв'язок роботи з науковими програмами й темами, зазначено наукову новизну одержаних результатів, показано їх практичне значення, задекларовано особистий внесок здобувача.

### **ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО** (огляд літератури)

Висвітлено стан виробництва сорго зернового у світі та в Україні, господарське значення культури. Проаналізовано результати досліджень вітчизняних і зарубіжних учених щодо особливостей росту й розвитку рослин, формування продуктивності та якості насіння сорго зернового залежно від елементів технологій вирощування, зокрема підбір гібридів, система удобрення, ширини міжряддя та ін.

### **УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Польові дослідження проведено впродовж 2015–2017 рр. у ТОВ «Біотех ЛТД», яке знаходиться у центральній частині Бориспільського району Київської області. Господарство розташоване в Лівобережному Лісостепу України.

*Умови проведення дослідження.* Польовий дослід закладався на темно-сірому опідзоленому ґрунті на лесовидних суглинках. Вміст гумусу в ґрунті – 2,8 %; легкогідролізованого азоту – 37,8 мг/кг; фосфору – 305 мг/кг, калію – 342 мг/кг. Ємність поглинання 27,9 мг-екв./100 г, гідролітична кислотність – 2,6 мг-екв./100 г, ступінь насичення основами – 86,3 %, рН сольове – 6,0. У цілому ґрунт на високому рівні забезпечений рухомими сполуками фосфору і калію, тоді як на дуже низькому – легкогідролізованим азотом. Бонітет ґрунту становить 59 балів, а отже загалом ґрунт дослідної ділянки має сприятливі агрофізичні властивості та відносно високу природну родючість.

Клімат зони проведення досліджень помірно теплий, помірно зволожений. Сума активних температур становить 2500–2600 °С. Близько 75 % опадів випадає в період вегетації культур, що сприятливо для формування

продуктивності. Однак спостерігаються бездошові періоди тривалістю 18–20, а в окремих випадках – 35–45 діб.

Аналіз погодних умов показав, що роки проведення досліджень різнилися між собою, проте загалом були характерними для Лівобережного Лісостепу України, за окремими виключеннями. Температурний режим вегетаційного періоду 2015 р. виявився наближеним до середніх багаторічних значень, у 2016 і 2017 р. фіксувалися незначні відхилення згаданих параметрів в окремі місяці (рис. 1).

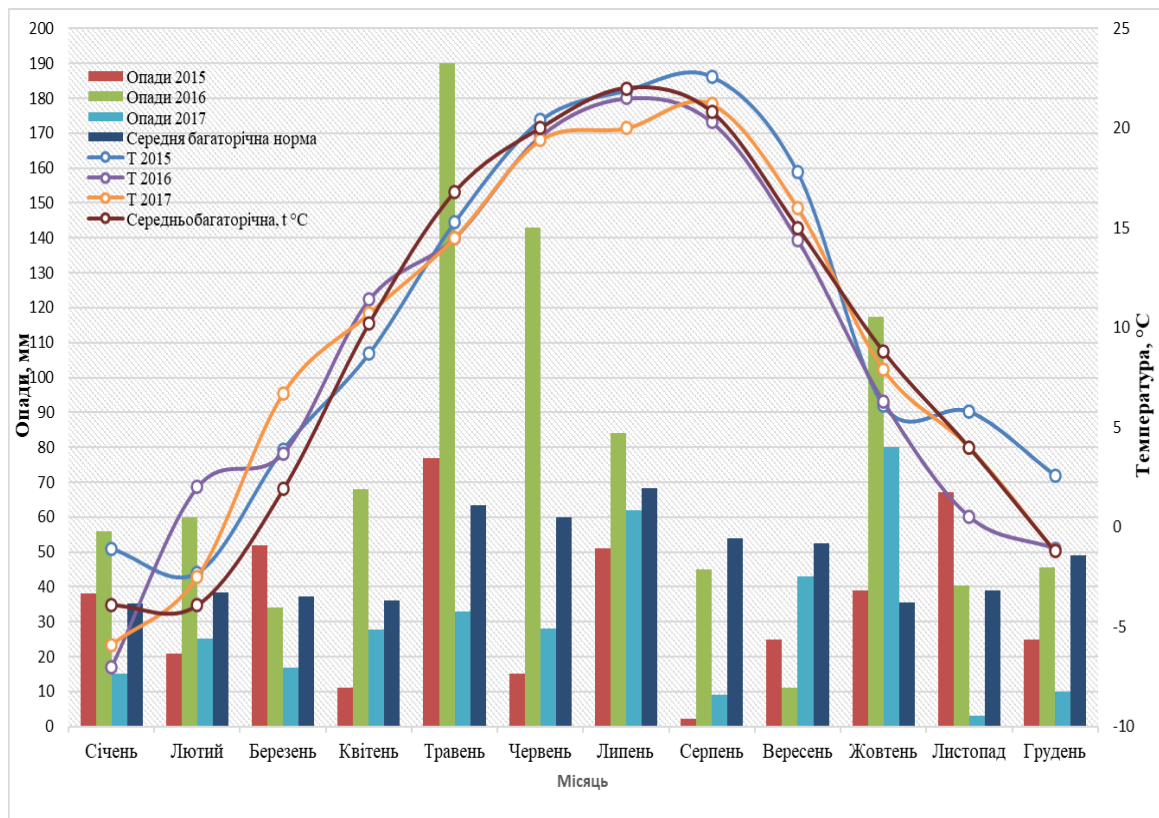


Рис. 1. Середньодобові температури повітря, °C, та кількість опадів, мм, за місяцями (середнє за 2015–2017 рр.)

Кількість опадів за період активної вегетації сорго впродовж років проведення досліджень досить різнилася. Так у 2015 і 2017 р. кількість опадів була суттєво меншою за середні багаторічні дані. Лише в травні і жовтні 2015 р. випало на 13,7 та 3,6 мм опадів більше багаторічної норми, при цьому в липні кількість опадів була наближеною до середніх багаторічних. У травні 2016 р. випало на 126,7 мм опадів більше за норму, в червні – 82,9 та жовтні – 81,9 мм, із нестачею опадів у серпні та вересні.

У 2017 р. упродовж активної частини вегетаційного періоду спостерігалася постійна нестача опадів (на 8,2–44,9 мм нижче норми) і лише в жовтні випало на 44,6 мм більше за багаторічні показники. Водночас, у цілому кліматичні умови виявилися сприятливими для вирощування сорго зернового.

*Методика проведення дослідження.* Для досягнення поставленої мети впродовж 2015–2017 рр. закладався багатofакторний польовий дослід (табл. 1).

Схема дослідю

Гібрид/сорт (фактор А)	Ширина міжряддя, см (фактор В)	Норма добрив, кг/га (фактор С)
1. 'Лан 59' (контроль) 2. 'Брігга F1' 3. 'Бургго F1'	1. 35 2. 50 3. 70 (контроль)	1. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон) – ф (контроль) 2. фон + N <sub>20</sub> 3. фон + N <sub>40</sub> 4. фон + N <sub>60</sub>

Примітка. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (фон) – основне удобрення; N<sub>20</sub>, N<sub>40</sub>, N<sub>60</sub> – удобрення в передпосівну культивуацію

У досліді висівали два гібриди – 'Брігга F1' і 'Бургго F1' та вітчизняний сорт 'Лан 59'. Сорт та гібриди відносяться до однієї групи стиглості – ранньостиглі.

Попередником сорго зернового була пшениця озима. Відповідно до схеми дослідю, під сорго зернове восени під оранку вносили основне удобрення у формі нітроамофоски (16:16:16). У варіантах додаткового застосування азотних добрив їх вносили весною під передпосівну культивуацію в формі аміачної селітри (34,5 %). Насіння перед сівбою обробляли фунгіцидом Максим XL 035 FS (1,0 л/га) у композиції з інсектицидом Круїзер 35 FS (6 л/т).

Сівбу проводили за температури ґрунту на глибині зароблення насіння – 12–13 °С, сівалкою Serie IV SW 1770 SUPER WALTER. Норма висіву насіння становила 190 тис. шт./га. Вносили ґрунтовий гербіцид Примекстра Голд 500 SC (4 л/га). За 12–15 днів до збирання з метою прискорення достигання і полегшення збирання врожаю проводили десикацію посівів Реглоном (2–4 л/га).

Площа елементарної посівної ділянки 56 м<sup>2</sup>, облікової – 35 м<sup>2</sup>; повторність – чотириразова із систематичним розміщенням ділянок.

Фенологічні спостереження та визначення густоти стояння рослин визначали керуючись Методикою державного сортовипробування сільсько-господарських культур, 2000. Густоту стояння рослин визначали у фазу повних сходів та перед збиранням.

Площа листової поверхні. Застосовували лінійний метод за двома параметрами – ширина та довжина листка:

$$П = Д \times Ш \times К, \quad (1)$$

де П – площа листової поверхні, см<sup>2</sup>; Д – довжина листка, см; Ш – ширина листка в найширшому місці, см; К – перевідний коефіцієнт (0,75).

Фотосинтетичний потенціал посіву визначали за формулою:

$$ФП = \frac{Л_1 + Л_2}{2 \times 1000} T, \quad (2)$$

де ФП – фотосинтетичний потенціал посіву, тис. м<sup>2</sup>/га×діб; Л<sub>1</sub>+Л<sub>2</sub> – площа листової поверхні в певні фази розвитку, тис. м<sup>2</sup>/га; Т – довжина міжфазного періоду, діб.

Чиста продуктивність посіву. Для визначення використовували формулу:

$$ЧПФ = \frac{B_2 - B_1}{0,5(Л_1 + Л_2) \times n}, \quad (3)$$



де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м<sup>2</sup> за добу;  $V_1$  і  $V_2$  – маса сухої речовини рослин на початку і в кінці облікового періоду, г;  $(V_2 - V_1)$  – приріст маси сухої речовини за  $n$  днів, г;  $L_1$  і  $L_2$  – площа листків на початку і кінці облікового періоду, м<sup>2</sup>;  $0,5 (L_1 + L_2)$  середня площа листової поверхні;  $n$  – період між двома спостереженнями, днів.

Крім цього визначали: вологість, масову частку води і сухої речовини в рослинному матеріалі – термогравіметричним методом; масу 1000 насінин – за ДСТУ 4138–2002; структуру урожайності встановлювали за методикою Н. А. Майсуриана, 1970; облік біологічної урожайності зерна проводили методом пробного снопа; господарську врожайність – методом прямого комбайнування кожної ділянки.

Біохімічні показники якості насіння визначали за наступними методиками: вміст білка – метод мінералізації сульфатною кислотою в присутності каталізатора за Штейном-Муром; крохмалю – метод розчинення в гарячому розчині соляної кислоти з подальшим дослідженням на поляриметрі.

Для статистичного аналізу результатів досліджень використовували персональний комп'ютер із залученням програми «Statistica-6»; економічну ефективність визначали за методикою оцінки ефективності наукових досліджень (1997); витрати на вирощування залежно від факторів досліду – складанням технологічних карт; енергетичну оцінку прийомів, що вивчалися – за методичними рекомендаціями В. П. Мартянова (1996).

## **РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ШИРИНИ МІЖРЯДДЯ ТА УДОБРЕННЯ**

*Тривалість вегетаційного періоду сорго зернового становить:* 'Лан 59' – 113–119 діб; 'Брігга F1' – 112–116; 'Бургго F1' – 110–115 діб. Тривалість міжфазного періоду «сівба – повні сходи» для гібридів 'Брігга F1' і 'Бургго F1' – 9 діб, 'Лан 59' – 10 діб. Тривалість міжфазного періоду «цвітіння – повна стиглість зерна» виявилася найдовшою – 54 доби. За внесення перед сівбою азотних добрив тривалість міжфазних періодів збільшувалася на 2–3 доби. Таку ж тенденцію відзначали за сівби сорго з шириною міжряддя 35 см порівняно з посівами, де ширина міжряддя становила 50 та 70 см.

*Густота стояння рослин та висота рослин сорго зернового.* Для реалізації потенціалу гібридів щодо урожайності важливе формування посівів з оптимальною густотою стояння рослин та їх рівномірний розподіл по площі. Лабораторна схожість насіння сорту та гібридів знаходилася на рівні – 95,6–97,8 %; польова схожість насіння рослин 'Лан 59' відповідала 85,1–87,7; 'Брігга F1' – 89,7–91,2; 'Бургго F1' – 87,8–89,5 %. За повної появи сходів кількість рослин у посівах сорту 'Лан 59' становила 152,2–156,6 тис. шт./га, а гібридів 'Брігга F1' – 156,2–159,0 та 'Бургго F1' – 154,0–156,0 тис. шт./га відповідно. В цілому по досліді за вегетаційний період втрачалася

до 11,7 тис. шт./га рослин, тобто не більше 7,5 % від загальної кількості рослин на час повних сходів.

Висота рослин сорту 'Лан 59' у фазі повної стиглості становила 111,2–130,2 см; гібридів 'Брігга F1' – 108,0–126,4 та 'Бургго F1' – 104,8–122,7 см. Рослини відносно низькорослі з високою стійкістю до вилягання. Висота рослин сорту і гібридів зростала за ширини міжряддя 35 см та підвищення норми азоту під передпосівний обробіток ґрунту: 'Лан 59' – 130,2 см; 'Брігга F1' і 'Бургго F1' відповідно 126,4 та 122,7 см.

*Фотосинтетична активність посівів сорго зернового.* Суттєвий вплив на формування площі листової поверхні виявляли, як досліджувані елементи технології вирощування, так і погодні умови за роками. Встановлено, що максимальна площа листової поверхні посівів формувалася за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{60}$  та ширині міжряддя 70 см. За застосування додаткового азотного удобрення на рівні  $N_{40}$  і  $N_{60}$  посіви достовірно не відрізнялися один від одного на ранніх етапах росту та розвитку сорту і гібридів сорго (рис. 2).

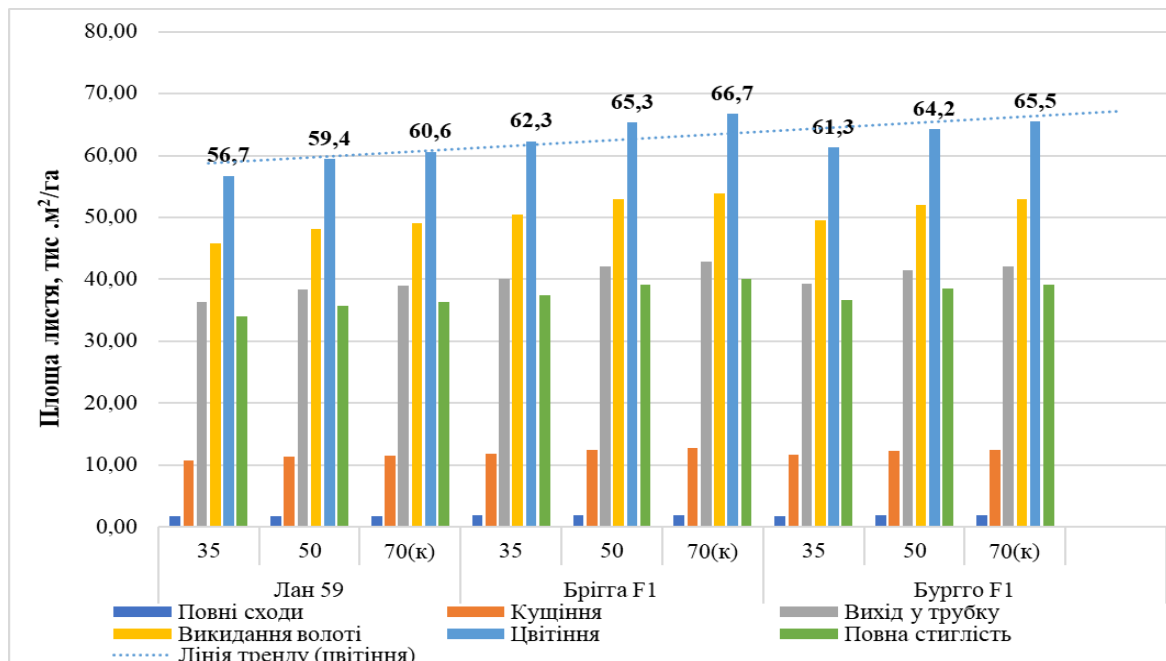


Рис. 2. Площа листової поверхні сорго зернового залежно від ширини міжряддя за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{60}$  (середнє за 2015–2017 рр.), тис. м²/га

Накопичення сухої речовини в рослинах та нагромадження вегетативної маси посівами сорго зернового формувалося під впливом погодних умов та досліджуваних елементів технології вирощування. Оптимальними з накопичення сухої речовини в усіх досліджуваних гібридів залишилися варіанти за ширини міжряддя 50 см та норми застосування добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{40-60}$ . У період після закінчення цвітіння до повної стиглості рослин збільшення сухої речовини на одиницю площі відбувалося в основному за рахунок формування і досягання насіння. Максимальне накопичення сухої речовини в середньому за 2015–2017 рр. було притаманне для гібрида 'Брігга F1', що за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{40-60}$  та ширині міжряддя 50 см і у фазу повної стиглості становило 16,2 і 16,3 т/га відповідно.

Фотосинтетичний потенціал посівів сорго зернового в період «цвітіння – повна стиглість» виявився максимальним. Сорт і гібриди різнилися між собою щодо інтенсивності формування фотосинтетичного потенціалу – у сорту ‘Лан 59’ показник коливався від 0,44 до 0,60 тис.<sup>2</sup>/га×діб; ‘Брігга F1’ – 0,40–0,51; ‘Бургго F1’ – 0,36–0,46 тис.<sup>2</sup>/га×діб.

Чиста продуктивність фотосинтезу за вегетаційний період досягала найбільших показників у період «вихід в трубку – викидання волоті». У період «цвітіння – повна стиглість» показник знижувався. Чиста продуктивність фотосинтезу за вирощування сорго за ширини міжряддя 50 см в усіх досліджуваних гібридів була найефективнішою.

*Особливості накопичення елементів живлення в рослинах та зерні сорго.* Зі збільшенням норми азотних добрив спостерігалось підвищення концентрації загального азоту в рослинах незалежно від ширини міжряддя та сорту і гібрида. Отримана закономірність має загальнобіологічний тип взаємодій. При цьому значних відмінностей у накопиченні азоту в листках досліджуваних сорту і гібридів не виявлено. Ймовірно, це можна пояснити накопиченням в період повної стиглості рослин максимальної кількості доступного азоту в насінні і лише фізіологічно зв’язаний азот залишиться в листі рослин. Тобто відбувається своєрідна «утилізація» азоту, доступного до повторного його використання в запасних поживних речовинах, накопичених у ендоспермі насінини. У зерні сорго сорту ‘Лан 59’ вміст азоту становив – 1,70 %, у гібридів ‘Брігго F1’ та ‘Бургго F1’ – відповідно 1,83 та 1,87 %.

Мінімальний вміст фосфору в стеблах у фазу «повне досягання насіння» виявився у рослин ‘Лан 59’ – 0,14 %, ‘Брігга F1’ – 0,16 та ‘Бургго F1’ – 0,15 % на суху речовину. В листках вміст фосфору мінімальним був в ‘Лан 59’ – 0,31 %, тоді як максимальні значення спостерігали в ‘Брігга F1’ – 0,33 %. У насінні рослин накопичується найбільший вміст фосфору на одиницю сухої маси: ‘Лан 59’ – 0,73 %; ‘Брігга F1’ і ‘Бургго F1’ – 0,75 %.

У стеблах сорго найвищі показники вмісту калію відзначено у фазу «повна стиглість зерна»: ‘Лан 59’ – 1,34 %, ‘Брігга F1’ – 1,51, ‘Бургго F1’ – 1,47 % на суху речовину. Вміст калію у листках сорго становить: ‘Лан 59’ – 1,26 %, ‘Брігга F1’ – 1,27; ‘Бургго F1’ – 1,23 % на суху речовину. В зерні сорту та гібридів сорго зернового містилося калію: ‘Лан 59’ – 0,45 %, у ‘Брігга F1’ – 0,49 та ‘Бургго F1’ – 0,45 % на суху речовину.

### **УРОЖАЙНІСТЬ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ШИРИНИ МІЖРЯДДЯ ТА УДОБРЕННЯ**

*Структура врожаю залежно від ширини міжряддя та удобрення.* Продуктивна кущистість сорго зернового залежить від біологічних особливостей сорту та гібридів, рівномірності розміщення рослин в посіві та удобрення. Рослини сорту ‘Лан 59’ формували 1,06–1,54 шт. продуктивних стебел/рослину; ‘Брігга F1’ – 2,76–3,24; ‘Бургго F1’ – 2,16–2,64 шт. продуктивних стебел/рослину. Продуктивне кушіння рослин сорго було інтенсивнішим за ширини міжряддя 35 см та внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+N<sub>60</sub>.

Збільшення норми азотних добрив сприяло зростанню кількості продуктивних стебел (табл. 2).

Таблиця 2

**Структура врожаю залежно від досліджуваних елементів  
технології вирощування, середнє за 2015–2017 рр.**

Гібрид (фактор А)	Норма внесення добрив, кг/га (фактор С)	Продуктивна кущистість, шт.			Кількість зерен у волоті, шт.			Маса 1000 насінин, г		
		Ширина міжряддя, см (фактор В)								
		35	50	70	35	50	70	35	50	70
‘Лан 59’	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	1,40	1,30	1,06	788	813	934	35,3	37,2	36,3
	ф + N <sub>20</sub>	1,44	1,34	1,07	789	826	947	35,5	37,6	36,9
	ф + N <sub>40</sub>	1,49	1,43	1,08	817	831	1035	35,6	38,0	37,0
	ф + N <sub>60</sub>	1,54	1,48	1,10	796	812	1013	35,7	38,1	37,1
‘Брігга F1’	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	3,10	3,00	2,76	493	553	577	37,5	38,4	38,0
	ф + N <sub>20</sub>	3,16	3,04	2,77	505	565	593	37,6	38,4	38,2
	ф + N <sub>40</sub>	3,19	3,13	2,78	524	559	603	37,6	38,5	38,3
	ф + N <sub>60</sub>	3,24	3,18	2,80	522	557	602	37,6	38,5	38,3
‘Бургго F1’	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	2,49	2,40	2,16	784	841	912	28,9	29,5	29,1
	ф + N <sub>20</sub>	2,52	2,44	2,17	796	856	941	29,0	29,6	29,2
	ф + N <sub>40</sub>	2,59	2,53	2,18	797	849	962	29,0	29,6	29,3
	ф + N <sub>60</sub>	2,64	2,58	2,20	780,	837	949	29,1	29,6	29,4
НІР <sub>0,05</sub> загальна		0,12			10			0,1		
НІР <sub>0,05</sub> фактор А		0,03			3			0,1		
НІР <sub>0,05</sub> фактор В		0,04			4			0,1		
НІР <sub>0,05</sub> фактор С		0,04			3			0,1		

Зі збільшенням ширини міжряддя знижувалася продуктивна кущистість рослин як сорту, так і гібридів. Зважаючи на те, що відстані між рослинами в рядку, за ширини міжряддя 35 см, 50 та 70 см, становили 15 см, 10,5 та 7,5 см відповідно сприятливіші умови для формування більшої кількості продуктивних стебел виявилися за ширини міжряддя 35 см.

Визначальним чинником диференціації кількості зерен у волоті слугують генетичні властивості рослин сорго та ширина міжряддя. У волоті сорго зернового закладалося – 493–1013 шт. зернин. Найбільша їхня кількість спостерігалася у волоті сорту ‘Лан 59’ до 1035 шт. за ширини міжряддя 70 см та внесенні N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+N<sub>40</sub>. У волоті гібрида ‘Брігга F1’ у середньому по досліді виявлено 554,3 шт. зерен, за ширини міжряддя 70 см та внесення N<sub>20-60</sub> – 595,7–602,4 шт. Аналогічні закономірності встановлено і для гібрида ‘Бургго F1’ – за внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+N<sub>40</sub> – 961,7, тоді як у середньому по досліді гібрид формував 858,6 шт. зерен на волоть.

Маса зерна з однієї рослини дозволяє повною мірою оцінити індивідуальну продуктивність рослин досліджуваних гібридів. Найвищі показники маси 1000 насінин отримано за ширини міжряддя 50 см і норми удобрення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+N<sub>60</sub>, а саме у ‘Лан 59’ – 37,3; ‘Брігга F1’ – 37,4; ‘Бургго F1’ – 30,2.

*Урожайність сорго зернового залежно від ширини міжряддя та норми добрив. Урожайність рослин сорго зернового за вирощування в умовах*

Лівобережного Лісостепу України в середньому за роки проведення дослідження змінювалася від 4,89 до 8,69 т/га (табл. 3).

Таблиця 3

**Урожайність гібридів сорго зернового залежно від ширини міжряддя та норм удобрення азотними добривами, т/га**

Гібрид (фактор А)	Ширина міжряддя, см (фактор В)	Норма добрив, кг/га (фактор С)	Рік			
			2015	2016	2017	середнє
‘Лан 59’ (к)	35	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	5,20	4,49	4,99	4,89
		ф + N <sub>20</sub>	5,36	4,66	5,26	5,09
		ф + N <sub>40</sub>	5,76	5,01	5,65	5,47
		ф + N <sub>60</sub>	5,79	5,03	5,69	5,50
	50	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	5,21	4,50	5,16	4,96
		ф + N <sub>20</sub>	5,49	4,78	5,39	5,22
		ф + N <sub>40</sub>	6,00	5,21	5,89	5,70
		ф + N <sub>60</sub>	6,03	5,24	5,92	5,73
	70 (к)	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	4,70	3,98	4,50	4,39
		ф + N <sub>20</sub>	4,85	4,22	4,76	4,61
		ф + N <sub>40</sub>	5,32	4,62	5,23	5,06
		ф + N <sub>60</sub>	5,35	4,65	5,25	5,08
‘Брігга F1’	35	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	7,82	6,49	7,68	7,33
		ф + N <sub>20</sub>	8,08	7,02	7,93	7,68
		ф + N <sub>40</sub>	8,46	7,36	8,31	8,04
		ф + N <sub>60</sub>	8,50	7,39	8,35	8,08
	50	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	8,60	7,52	8,37	8,16
		ф + N <sub>20</sub>	8,83	7,68	8,67	8,39
		ф + N <sub>40</sub>	9,11	7,92	8,94	8,66
		ф + N <sub>60</sub>	9,14	7,95	8,98	8,69
	70 (к)	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	8,02	6,98	7,85	7,62
		ф + N <sub>20</sub>	8,28	7,20	8,14	7,87
		ф + N <sub>40</sub>	8,53	7,41	8,37	8,10
		ф + N <sub>60</sub>	8,56	7,45	8,41	8,14
‘Бургго F’	35	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	7,52	6,45	7,39	7,12
		ф + N <sub>20</sub>	7,74	6,73	7,60	7,36
		ф + N <sub>40</sub>	7,97	6,93	7,83	7,58
		ф + N <sub>60</sub>	8,00	6,96	7,86	7,61
	50	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	7,95	6,87	7,84	7,55
		ф + N <sub>20</sub>	8,19	7,12	8,04	7,78
		ф + N <sub>40</sub>	8,45	7,35	8,30	8,03
		ф + N <sub>60</sub>	8,49	7,38	8,33	8,07
	70 (к)	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	7,51	6,55	7,23	7,10
		ф + N <sub>20</sub>	7,77	6,76	7,64	7,39
		ф + N <sub>40</sub>	7,99	6,95	7,85	7,60
		ф + N <sub>60</sub>	8,01	6,96	7,87	7,61
НІР <sub>0,05</sub> загальна			0,12	0,20	0,15	0,17
НІР <sub>0,05</sub> фактор А			0,04	0,09	0,05	0,05
НІР <sub>0,05</sub> фактор В			0,06	0,07	0,04	0,06
НІР <sub>0,05</sub> фактор С			0,03	0,08	0,04	0,05

Коливання урожайності за роками і досліджуваних чинниках становили від 3,98 до 9,14 т/га, у тому числі по сорту і гібридах: ‘Лан 59’ – 3,98–6,03 т/га; ‘Брігга F1’ – 6,49–9,14; ‘Бургто F1’ – 6,45–8,49 т/га

Вирощування сорго зернового за різної ширини міжряддя дозволило встановити біологічні особливості щодо формування урожаю зерна. Сорт ‘Лан 59’ забезпечував у середньому за роки досліджень максимальний урожай за ширини міжряддя 50 см – 5,73 т/га, тоді як за 70 см урожайність була на 0,45 т/га нижчою порівняно з міжряддями 35 см. Гібриди по-іншому реагували на зміну ширини міжряддя. Так, ‘Брігга F1’ за ширини міжряддя 35 см формувал урожайність на рівні 7,78 т/га; 50 см – 8,48; 70 см – 7,93 т/га. У гібрида ‘Бургто F1’ найбільшою урожайність виявилася за ширини міжряддя 50 см – 7,86 т/га.

За відсутності азоту усі рослини сорго зернового за змінної ширини міжрядь формували нижчу урожайність. За підвищення норми азоту від 20 до 60 кг/га урожайність сорго зростала.

За передпосівного внесення  $N_{60}$  порівняно з  $N_{20}$ , урожайність гібриду ‘Лан 59’ збільшувалася на 0,41–0,51 т/га; ‘Брігга F1’ – 0,27–0,40; ‘Бургто F1’ – на 0,22–0,29 т/га.

Між урожайністю та нормою внесення азоту перед сівбою існує позитивний кореляційний зв’язок –  $r=0,49$  (рис. 3).

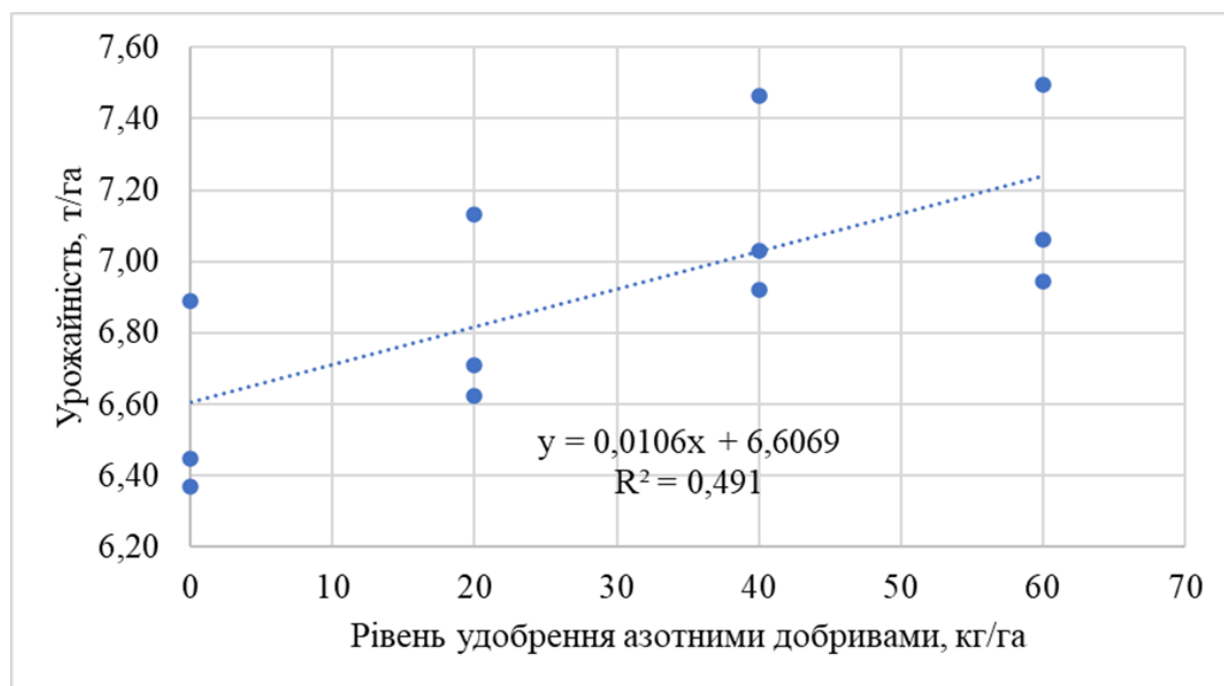


Рис. 3. Залежність урожайності сорго від норми азоту

На досліджувані чинники припадала різна частка участі у формуванні урожайності сорго: «гібрид/сорт» – 43 %; «умови року» – 21; «норма добрив» – 20 %; «ширина міжрядь» – 10 % (рис. 4).

Сорго зернове, за вирощування на ґрунтах із низьким вмістом азоту, позитивно реагує на внесення останнього, що проявляється через зростання урожайності.

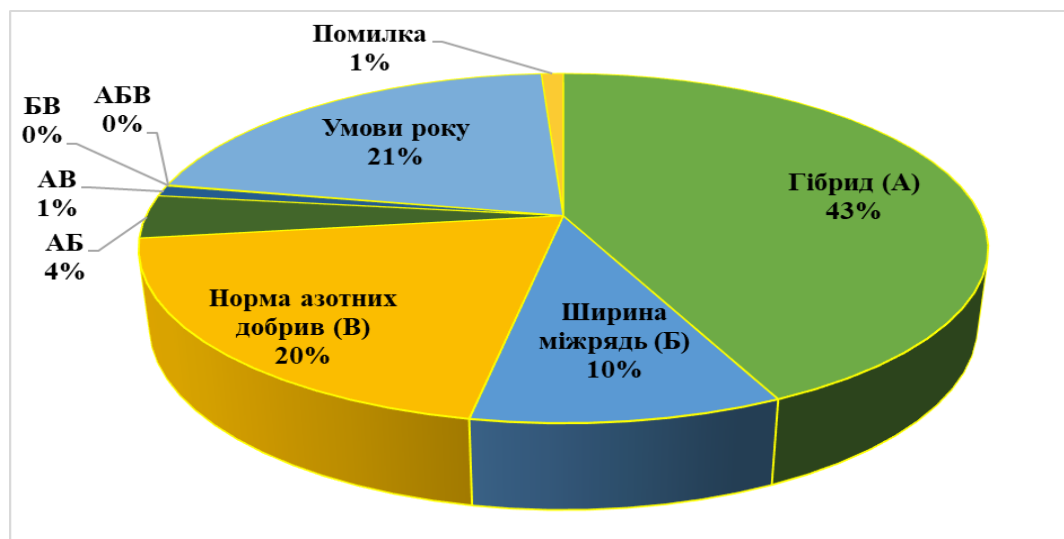


Рис. 4. Частка участі факторів у формуванні урожайності сорго зернового

*Якість зерна сорго зернового.* Вміст протеїну в зерні сорго сорту ‘Лан 59’ коливається від 10,5 до 11,7 %; ‘Брігга F1’ – від 10,8 до 11,7; ‘Бургто F1’ – від 10,7 до 11,9 % (табл. 4). Частка впливу досліджуваних факторів на накопичення протеїну в зерні сорго становить: «норма добрив» – 52 %; «ширина міжряддя» – 32 %; «гібрид» – 9 %.

Таблиця 4

**Вміст протеїну і крохмалю в зерні сорго залежно від елементів технології вирощування, %, середнє за 2015–2017 рр.**

Гібрид (фактор А)	Норма внесення добрив, кг/га (фактор С)	Протеїн			Крохмаль			Жир		
		Ширина міжряддя, см (фактор В)								
		35	50	70	35	50	70	35	50	70
‘Лан 59’	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	10,5	10,6	11,0	75,5	75,4	75,5	3,22	3,35	3,39
	ф + N <sub>20</sub>	10,6	10,7	11,1	75,5	75,3	75,4	3,22	3,33	3,40
	ф + N <sub>40</sub>	10,9	11,2	11,5	75,4	75,1	74,8	3,27	3,42	3,42
	ф + N <sub>60</sub>	11,0	11,4	11,7	75,2	74,7	74,3	3,34	3,43	3,50
‘Брігга F1’	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	10,8	10,8	11,0	73,6	73,6	73,0	1,93	2,38	2,09
	ф + N <sub>20</sub>	10,8	10,9	11,0	73,5	73,5	72,9	2,02	2,37	2,08
	ф + N <sub>40</sub>	11,0	11,2	11,4	73,4	73,3	73,2	2,06	2,31	1,85
	ф + N <sub>60</sub>	11,2	11,6	11,7	73,1	73,2	72,6	2,08	2,48	2,18
‘Бургто F1’	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон)	10,7	10,9	11,1	73,6	73,3	73,0	2,16	2,72	2,45
	ф + N <sub>20</sub>	10,8	11,0	11,5	73,5	73,2	73,0	2,16	2,72	2,39
	ф + N <sub>40</sub>	11,2	11,4	11,9	73,5	73,1	72,7	2,13	2,61	2,84
	ф + N <sub>60</sub>	11,3	11,6	11,8	73,2	72,6	72,6	2,47	2,73	2,68
НІР <sub>0,05</sub> загальна		0,2			0,3			0,04		

Вміст крохмалю у зерні гібридів сорго зернового змінюється від 72,6 до 75,5 %. За внесення азоту під передпосівний обробіток ґрунту простежується тенденція до зниження вмісту крохмалю, оскільки відзначена зворотна кореляція з вмістом протеїну. Вміст крохмалю в зерні сорго зумовлюється на 44 % властивостями гібриду чи сорту; 21 – нормою азотних добрив; 20 % – шириною міжряддя.

У зерні сорго достатньо високий вміст жиру, порівняно з іншими зерновими культурами. Вміст жиру в зерні сорту ‘Лан 59’ вищий порівняно з іншими гібридами – 3,22–3,50 %; ‘Брігга F1’ – 1,85–2,48; ‘Бургто F1’ – 2,13–2,72 %.

Вміст клітковини в зерні сорго гібриду ‘Лан 59’ – 2,60 %, ‘Брігга F1’ – 2,15 та ‘Бургто F1’ – 2,50 %. Вміст клітковини зростає за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{60}$  порівняно з контролем в зерні гібриду ‘Лан 59’ на 0,04–0,36; ‘Брігга F1’ – 0,09–0,16; ‘Бургто F1’ – 0,01–0,30 % залежно від ширини міжряддя. Вміст клітковини в зерні на 45 % визначався фактором «гібрид» та на 31 % фактором «ширина міжряддя».

*Кластерний аналіз результатів досліджень.* Для встановлення міри подібності/відмінності досліджуваних сорту та гібридів за показниками даних структури врожаю, урожайності, якості, як результат реакції їх на досліджувані елементи технології, проведено кластерний аналіз. Результати кластерного аналізу підтверджують неподібність досліджуваних гібридів на більш високому статистично достовірному рівні. Гібриди можна виділити в три окремі групи кластерів. Найбільш віддалено розташований кластер сорту ‘Лан 59’, однак навіть гібриди ‘Брігга F1’ та ‘Бургто F1’ перебувають в різних кластерах (рис. 5).

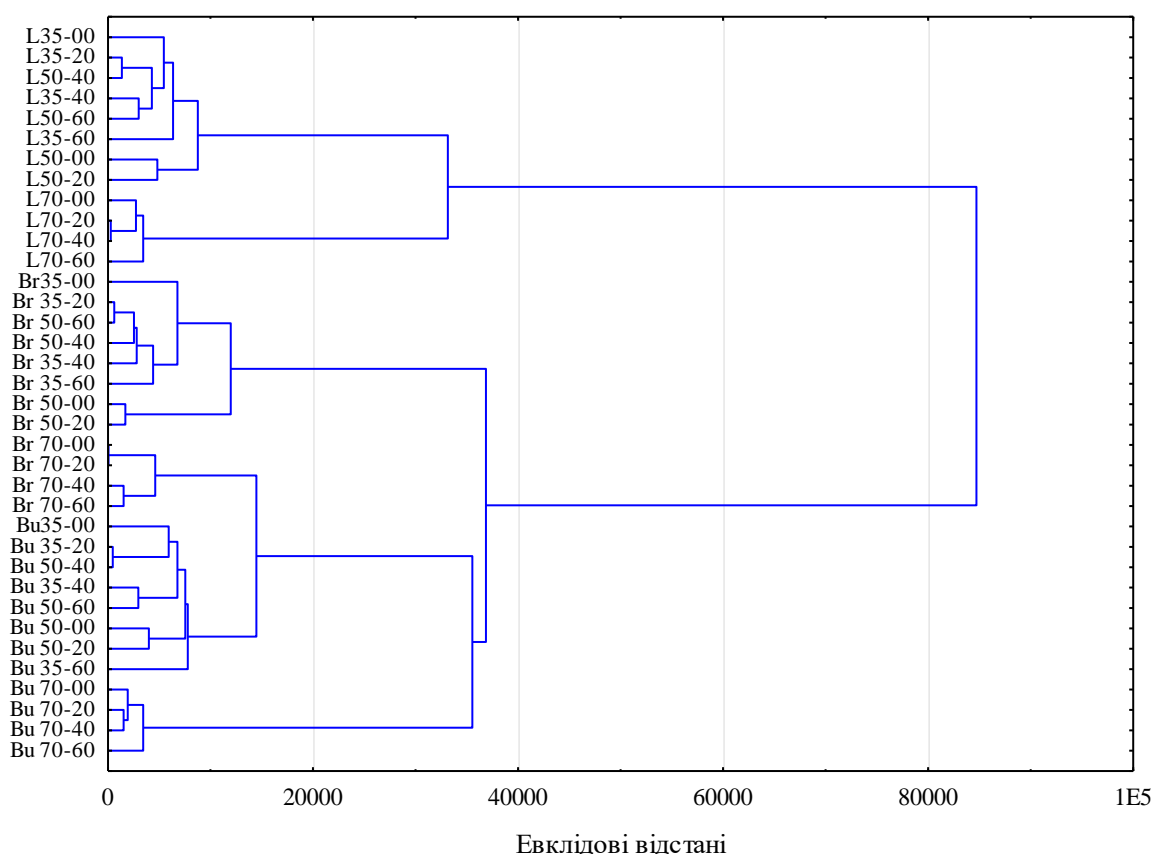


Рис. 5. Кластерні групи за даними структури врожаю, урожайності та якості зерна гібридів сорго зернового

Примітка. Відповідно до схеми досліду введемо умовні позначення варіантів досліду: L35-00 – ‘Лан 59’, ширина міжряддя – 35, норма азотних добрив/передпосівне – 0; Br – ‘Брігга F1’; Bu – ‘Бургто F1’



Аналіз кластерів для сорту 'Лан 59' показує відокремленість ширини міжряддя 70 см від інших двох варіантів. Різниця доволі суттєва й усі варіанти удобрення в межах ширини міжрядь 70 см перебувають в одному кластері. Це означає, що компенсувати додатковим удобренням таку ширину міжрядь неможливо. Тобто біологічні параметри рослин за ширини міжряддя 70 см не досягають показників за вирощування з шириною міжрядь 35 та 50 см. Подібними за біологічним проявом ростових параметрів є норми застосування добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{20}$  за ширини міжряддя, які об'єднуються в окремий кластер. Інші варіанти удобрення за ширини міжрядь 35 та 50 см формують по суті єдиний кластер, в якому варіанти ранжуються відповідно до інтенсивності застосування додаткового азотного добрива.

За правильного вибору елементів технології вирощування та відповідності умовам вирощування за ширини міжряддя 35 та 50 см можна отримати високу урожайність.

У гібрида 'Брігга F1' в окремий кластер виділяються варіанти з шириною міжряддя 50 см та нормою добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{20}$ . Решта варіантів досліду об'єднується в більший третій кластер, аналогічно до попереднього гібрида. Водночас, за вирощування гібрида 'Бургго F1' усі варіанти удобрення за ширини міжрядь 35 та 50 см об'єднуються в один кластер. Тобто гібрид реагує на зміну умов вирощування інакше, ніж 'Брігга F1'.

### **ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО**

*Економічна ефективність технологій вирощування сорго зернового.* Встановлено, що найзначніше на технологію вирощування сорго впливає фактор удобрення посівів. Найбільш економічно вигідними виявилися гібриди 'Бургго F1' і 'Брігга F1', які забезпечили врожайність на рівні 8,66–8,69 та 8,03–8,07 т/га з шириною міжрядь 50 см та за удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{40-60}$ . Незважаючи, що вартість насіння 'Лан 59' нижча, порівняно з гібридами, за застосування інших рівнозначних елементів технології вирощування отримували набагато менший рівень прибутку.

*Енергетична ефективність технологій вирощування сорго зернового.* Енергія, нагромаджена приростом врожаю значною мірою перевищує енергію витрат. Однак застосування додаткового підживлення азотними добривами не може бути компенсоване додатковим збором енергії із зерном сорго, тобто енергія, нагромаджена приростом врожаю, значно перевершує енергію витрат на застосування добрив. Звідси найбільш енергетично ефективним було вирощування сорго зернового за застосування лише основного удобрення та ширини міжряддя 50 см. За таких умов коефіцієнт енергетичної ефективності технології становив для гібрида 'Бургго F1' – 2,77, 'Брігга F1' – 2,99.

### **ВИСНОВКИ**

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та обґрунтовано практичне вирішення наукового завдання, що полягає у виявленні

особливостей росту й розвитку сорго зернового, формування врожаю та якості зерна залежно від ширини міжряддя та удобрення в умовах Лівобережного Лісостепу України.

1. Тривалість вегетації в середньому за роки проведення досліджень, залежно від удобрення та ширини міжряддя становила: для сорту 'Лан 59' – 113–119 діб; 'Брігга F1' – 112–116 та 'Бургто F1' – 111–115 діб. Збільшення норми азотних добрив подовжує період вегетації рослин на 1–3 доби порівняно з варіантами без додаткового удобрення. Найкоротший вегетаційний період гібридів сорго зернового відзначено за 70 см, тоді як найдовший виявився у рослин за міжряддя 35 см. Тобто на загущених посівах рослини достигали на 2–4 доби довше, ніж на широкорядних.

2. Оптимальні за густотою стояння рослин посіви сорго забезпечують формування стабільної урожайності. Лабораторна схожість насіння сорго є достатньо високою – 95,6–97,8 %, а польова знаходиться на рівні: 'Лан 59' – 85,1–87,7 %; 'Брігга F1' – 89,7–91,2; 'Бургто F1' – 87,8–89,5 %. За повної появи сходів кількість рослин становить у посівах 'Лан 59' – 152,2–156,6 тис. шт./га; 'Брігга F1' – 156,2–159,0; 'Бургто F1' – 154,0–156,0 тис. шт./га. В цілому по досліді за вегетаційний період втрачалось не більше 7,5 % від загальної кількості рослин на час повних сходів.

3. Рослини сорго зернового відносно низькорослі з високою стійкістю до вилягання. Висота 'Лан 59' у фазі повної стиглості становить 111,2–130,2 см; 'Брігга F1' – 108,0–126,4; 'Бургто F1' – 104,8–122,7 см. Висота посівів сорго збільшувалася за ширини міжряддя 35 см та підвищенні норми азоту під передпосівний обробіток ґрунту: 'Лан 59' – 130,2 см; 'Брігга F1' і 'Бургто F1' відповідно 126,4 та 122,7 см.

4. Максимальну площу листової поверхні посіви формували до фази «цвітіння»: 'Лан 59' – 60,6 тис. м<sup>2</sup>/га; 'Брігга F1' – 66,7; 'Бургто F1' – 65,5 тис. м<sup>2</sup>/га. До фази «повна стиглість зерна» площа листової поверхні посіву зменшувалася майже вдвічі. Сорт і гібриди різнилися між собою щодо інтенсивності фотосинтетичного потенціалу в період «цвітіння – повна стиглість» – у сорту 'Лан 59' показник коливався від 0,44 до 0,60 тис. м<sup>2</sup>/га×діб; 'Брігга F1' – від 0,40 до 0,51; 'Бургто F1' – від 0,36 до 0,46 тис. м<sup>2</sup>/га×діб.

5. Інтенсивність накопичення сухої речовини по гібридах суттєво різнилась, що зумовлюється вищою кустистістю сучасних гібридів. За ширини міжряддя 50 см та удобрення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+N<sub>40-60</sub> посіви 'Лан 59' до фази повної стиглості накопичували 10,6–10,8 т/га сухої речовини; 'Брігга F1' і 'Бургто F1' – 16,2–16,3 та 15,0–15,2 т/га сухої речовини.

6. Зростання норми азоту в передпосівний період від 20 до 60 кг/га зумовлювало підвищення концентрації загального азоту в рослинах. Найбільший вміст азоту виявився у стеблах гібриду 'Бургто F1' – 0,28 %, тоді як найменший у сорту 'Лан 59' – 0,23 %. Норми азоту не впливали достовірно на додаткове засвоєння фосфору та калію. Їхній вміст у рослинах залежав переважно від обсягів накопиченої біомаси, а концентрація достовірно не змінювалася.

7. У волоті сорту 'Лан 59' формувалося 866,9 зерен на волоть, із найвищими показниками за ширини міжряддя 70 см та удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{40}$  – 1035,1 шт. У гібрида 'Брігга F1' у середньому по досліді визначено 554,3 шт. зерен на волоть, за ширини міжряддя 70 см та удобрення азотними добривами  $N_{20-60}$  – відповідно 595,7 та 602,4 шт. Аналогічні показники отримали і в гібрида 'Бургго F1': за норми удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{40}$  – 961,7, а в середньому по досліді гібрид формував 858,6 шт. зерен на волоть.

8. Урожайність сорту та гібридів сорго зернового за вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України в середньому за роки проведення дослідження змінювалася від 4,89 до 8,69 т/га. Коливання урожайності за роками і досліджуваними чинниками становили від 3,98 до 9,14 т/га, у тому числі по сорту та гібридах: 'Лан 59' – 3,98–6,03; 'Брігга F1' – 6,49–9,14; 'Бургго F1' – 6,45–8,49 т/га. Максимальну врожайність всі рослини формували за ширини міжряддя 50 см: 'Лан 59' – 5,40 т/га; 'Брігга F1' – 8,48; 'Бургго F1' – 7,86 т/га. За доведення норми передпосівного азоту до  $N_{60}$  порівняно з  $N_{20}$  урожайність збільшувалася для 'Лан 59' на 0,41–0,51 т/га; 'Брігга F1' – 0,27–0,40; 'Бургго F1' – 0,22–0,29 т/га. Урожайність сорго зернового (у) залежно від рівня удобрення азотними добривами (х) описується рівнянням:  $y=0,0106x+6,6074$ . Також між цими показниками існує позитивний помірний кореляційний зв'язок  $r=0,49$ .

9. Встановлено, що застосування додаткового внесення азоту в нормах від  $N_{20}$  до  $N_{60}$  сприяє збільшенню вмісту протеїну в зерні, а саме: найвищі його значення спостерігали в гібрида 'Бургго F1' – 11,8 за ширини міжряддя 70 см та удобрення в нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{60}$ . Відзначено дещо більший вміст крохмалю на контрольних варіантах без додаткового застосування азотних добрив. Найвищий вміст жиру сформовано у зерні гібрида 'Бургго F1' – 3,79 % за максимального удобрення та ширини міжряддя 50 та 70 см. Найвищий показник клітковини зафіксовано в гібрида 'Бургго F1' за ширини міжряддя 70 см та норми удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{40}$ .

10. Загальні технологічні витрати за вирощування сорго становлять 16,8–19,4 тис. грн/га; прибуток знаходиться в межах 7,33–28,9 тис. грн/га. Економічно ефективно вирощування гібридів сорго зернового 'Брігга F1' та 'Бургго F1'. Найвищий прибуток отримано за ширини міжряддя 50 см і внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{40}$ : 'Брігга F1' – 28,9 і 'Бургго F1' – 25,4 тис. грн/га відповідно.

11. Встановлено, що найбільші витрати енергії за застосування азотних добрив у дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{60}$ . Вищий коефіцієнт енергетичної ефективності отримано за ширини міжряддя 50 см і внесенні  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Так, у гібрида 'Брігга F1' цей показник становить 2,99, в гібрида 'Бургго F1' – 2,77.

12. За результатами кластеризації за показниками елементів структури врожаю, урожайності та якості встановлено, що найвіддаленіше розташований кластер сорту 'Лан 59'. Однак, навіть гібриди 'Брігга F1' і 'Бургго F1' перебувають у різних кластерах, тобто по-різному реагують на умови вирощування. Результати кластерного аналізу підтверджують неподібність досліджуваних гібридів на високому статистичному рівні.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою ефективного вирощування сорго зернового та одержання стабільної урожайності – 8,00–8,50 т/га в умовах Лівобережного Лісостепу України рекомендується вирощувати гібриди сорго зернового інтенсивного типу ‘Брігга F1’ та ‘Бургго F1’. Гібриди вирощувати з шириною міжряддя 50 см за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  в основне удобрення та  $N_{40-60}$  під передпосівний обробіток ґрунту.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Каленська С. М., **Найденко В. М.** Урожайність сорго зернового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. № 26. С. 67–75. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено і проаналізовано результати щодо врожайності сорго зернового, підготовлено матеріали до друку).*

2. Каленська С. М., **Найденко В. М.** Якісний склад зерна сорго залежно від елементів технології вирощування. Таврійський науковий вісник. 2019. № 105. С. 82–89. *(Здобувачем проведено лабораторні дослідження, проаналізовано результати щодо якісного складу зерна сорго, підготовлено статтю до друку).*

3. Бикін А. В., Антал Т. В., **Найденко В. М.** Фенологічні особливості сорго зернового залежно від впливу елементів технології вирощування. Таврійський науковий вісник. 2019. № 107. С. 12–21 *(Здобувачем проведено польові і лабораторні дослідження, проаналізовано результати щодо фенологічних особливостей сорго зернового, підготовлено матеріали до друку).*

### Статті у наукових фахових виданнях України,

#### включених до міжнародних наукометричних баз даних:

4. Найденко В. М. Особливості формування елементів структури врожаю сорго зернового залежно від ширини міжрядь та удобрення. Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Т. 15. № 3. С. 288–295.

5. Каленська С. М., **Найденко В. М.** Економічна оцінка вирощування гібридів сорго зернового в умовах Лівобережного Лісостепу України. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2019. № 2 (78). URL: <https://doi.org/10.31548/dopovid2019.02.008> *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено та проаналізовано економічні показники сорго зернового, підготовлено статтю до друку).*

### Науково-практичні рекомендації

6. Каленська С. М., Новицька Н. В., Юник А. В., Каленський В. П., Гончар Л. М., Жовтун М. В., Черній В. П., Степаненко Ю. П., Найденко В., Стегура І., Мазуренко Б. Технології вирощування малопоширених

перспективних культур комплексного використання: науково-практичні рекомендації щодо комплексу технологічних заходів. К., 2017. 82 с.

### **Тези наукових доповідей:**

7. **Найденко В. М.**, Каленська С. М. Стан і перспективи вирощування сорго зернового в умовах Лівобережного Лісостепу України та світі. Інноваційний розвиток АПК України: проблеми та їх вирішення: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена пам'яті декана агробіологічного факультету М. Ф. Рибак, м. Житомир, 19–20 листопада 2015 року: тези доповіді. Житомир, 2015. С. 86–89. *(Здобувачем проаналізовано стан та перспективи вирощування досліджуваної культури, підготовлено матеріали до друку).*

8. Каленська С. М., **Найденко В. М.** Якість зерна гібридів сорго зернового залежно від ширини міжрядь та норми добрив. Інновації в освіті, та науці та виробництві: Міжнародна науково-практична відео-онлайн конференція, м. Київ, 23–24 листопада 2017 року: тези доповіді. Мукачєво, 2017. С. 27–29 *(Здобувачем проведено лабораторні дослідження, аналіз результатів щодо якісних показників зерна сорго, підготовлено матеріали до друку).*

9. Найденко В. М. Формування площі листкової поверхні сорго зернового залежно від мінеральних добрив. Рослинництво ХХІ століття: виклики та інновації. До 120 річчя кафедри рослинництва НУБіП України: III Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 25–26 вересня 2019 року: тези доповідей. К., 2019. С. 161–163.

10. Каленська С. М., **Найденко В. М.** Особливості удобрення сорго зернового на темно-сірих опідзолених ґрунтах. Родючість ґрунтів як основа ефективного земле-користування: Всеукраїнська науково практична конференція, присвячена Всесвітньому дню ґрунтів, м Київ, 10–11 грудня 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 53–54. *(Здобувачем визначено і проаналізовано особливості удобрення культури на темно сірих-опідзолених ґрунтах).*

### **АНОТАЦІЯ**

**Найденко В. М. Продуктивність гібридів сорго зернового залежно від ширини міжряддя та удобрення в умовах Лівобережного Лісостепу України.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільсько-господарських наук зі спеціальності 06.01.09 «Рослинництво». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2020.

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і обґрунтовано практичне вирішення наукового завдання, що полягає у виявленні особливостей росту й розвитку сорго зернового, формування врожаю та якості зерна залежно від ширини міжряддя та удобрення в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Урожайність рослин сорго зернового за вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України в середньому за роки проведення дослідження змінювалася від 4,89 до 8,69 т/га. Коливання урожайності за роками і досліджуваними чинниками становили від 3,98 до 9,14 т/га. Встановлено, що максимальна урожайність всіх гібридів формувалася за ширини міжряддя 50 см. Між урожайністю та рівнем удобрення азотними добривами сорго зернового існує позитивний помірний кореляційний зв'язок  $r=0,49$ .

Отримані та узагальнені результати досліджень дозволяють рекомендувати виробництву вирощувати гібриди сорго зернового 'Брігго F1' і 'Бургго F1' для одержання стабільної урожайності – 8,00–8,50 т/га в умовах Лівобережного Лісостепу України. Гібриди вирощувати з шириною міжряддя 50 см за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  в основне удобрення та  $N_{40-60}$  під передпосівну культивуацію.

**Ключові слова:** сорго зернове, ширина міжряддя, азотні добрива, урожайність, структура врожаю, коефіцієнт енергетичної ефективності, економічна ефективність.

## АННОТАЦИЯ

**Найденко В. М. Производительность гибридов сорго зернового в зависимости от ширины междурядья и удобрения в условиях Левобережной Лесостепи Украины.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.09 «Растениеводство». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Киев, 2020.

В диссертации приведены теоретическое обобщение и обосновано практическое решение научного задания, которое заключается в выявлении особенностей роста и развития сорго зернового, формирования урожая и качества зерна в зависимости от ширины междурядья и удобрения в условиях Левобережной Лесостепи Украины.

Урожайность сорта и гибридов сорго зернового при выращивании в условиях Левобережной Лесостепи Украины в среднем за годы проведения исследования меняется от 4,89 до 8,69 т/га. Установлено, что максимальная урожайность всех гибридов формировалась при ширине междурядья 50 см. Между урожайностью и уровнем удобрения азотными удобрениями сорго зернового существует положительная умеренная корреляционная связь  $r=0,49$ .

Полученные и обобщенные результаты исследований позволяют рекомендовать производству выращивать гибриды сорго зернового 'Бригга F1' и 'Бургго F1' для получения стабильной урожайности – 8,00–8,50 т/га в условиях Левобережной Лесостепи Украины. Гибриды выращивать с шириной междурядий 50 см при внесении  $N_{60}P_{60}K_{60}$  в основное удобрение и  $N_{40-60}$  под предпосевную культивацию.

**Ключевые слова:** сорго зерновое, ширина междурядья, азотные удобрения, урожайность, структура урожая, коэффициент энергетической эффективности, экономическая эффективность.

## ANNOTATION

**Naidenko V. M. The Productivity of Grain Sorghum Hybrids Depending on Inter-Row Spacing and Fertilizing in the Conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.** – The Manuscript.

Thesis for degree Candidate of Agricultural Sciences on specialty 06.01.09 «Plant Growing». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv. 2020.

The dissertation presents a theoretical generalization and substantiates the practical solution of the scientific problem, which consists of identifying the features of grain sorghum growth and development, yield formation, and grain quality depending on the inter-row spacing and fertilizing in the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Weather conditions during the years of research differed, but in general, were typical for the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine and favorable for grain sorghum cultivation. The duration of vegetation on average over the years of research, depending on fertilizing and inter-row spacing, was for the hybrid 'Lan 59' – 113–119 days; 'Brigga F1' – 112–116 days and 'Burggo F1' – 111–115 days. Increasing the rate of nitrogen fertilizers prolongs the growing season of plants by 1–3 days compared to options without additional fertilizer. The shorter vegetation period of grain sorghum hybrids was observed at an inter-row spacing of 70 cm, compared to inter-row spacing of 35 cm. To obtain high yields plants, it is especially important to form the optimal density of stems and uniform distribution of plants over the area, taking into account the biological characteristics of the hybrid. After all, the parameters of the photosynthetic activity of grain sorghum sowings, the intensity of plant transpiration, and water consumption are closely related to the inter-row spacing. At full emergence, the number of plants in sowings was 'Lan 59' – 152.2–156.6 thousand plants/ha; 'Brigga F1' – 156.2–159.0; 'Burggo F1' – 154.0–156 thousand plants/ha. In general, according to the experiment, no more than 7.5 % of plants were lost during the growing season. The plants height of all hybrids increased with inter-row spacing of 35 cm and the increase of nitrogen for pre-sowing tillage – 'Lan 59' – 130.2 cm; 'Brigga F1' and 'Burggo F1' are 126.4 and 122.7 cm, respectively.

The maximum leaf surface area of sowings was formed by applying  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{60}$  and inter-row spacing of 70 cm. The intensity of dry matter accumulation in terms of hybrids differs significantly, due to the higher bushiness of modern hybrids. For inter-row spacing of 50 cm and fertilizer  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{40-60}$  crops 'Lan 59' to the phase of full maturity accumulated 10.6–10.8; 'Brigga F1' and 'Burggo F1' – 16.2–16.3 and 15.0–15.2 t/ha of dry matter. Due to the fact that the distances between plants in a row, with inter-row spacing of 35 cm, 50 and 70 cm, were 15 cm, 10.5 and 7.5 cm, respectively, the best conditions

for more productive stems formation were with inter-row spacing of 35 cm. Best values of 1000 seeds mass were obtained with inter-row spacing of 50 cm and fertilizer rates  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{60}$ , namely in 'Lan 59' – 37.3; 'Brigga F1' – 37.4; 'Burggo F1' – 30.2.

The yield of variety and hybrids of grain sorghum for cultivation in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine on average during the years of research varies from 4.89 to 8.69 t/ha. Yield fluctuations in terms of the years and studied factors ranged from 3.98 to 9.14, including hybrids: 'Lan 59' – 3.98–6.03 t/ha; 'Brigga F1' – 6.49–9.14; 'Burggo F1' – 6.45–8.49 t/ha.

The cultivation of grain sorghum at different inter-row spacings allowed establishing biological features of grain yield formation. Variety 'Lan 59' provided, on average over the years of research, the maximum yield for inter-row spacing 50 cm 5.73 t/ha, for 70 cm – yield was 0.45 t/ha lower than inter-row spacing 35 cm. Hybrids responded to changes in inter-row width in another way. 'Brigga F1' with inter-row spacing of 35 cm formed a yield – 7.78 t/ha; 50 cm – 8.48; 70 cm – 7.93 t/ha. The 'Burggo F1' hybrid generated the highest yields with inter-row spacing of 50 cm – 7.86 t/ha. It was found that the maximum yield of all hybrids was formed at inter-row spacing of 50 cm. There is a positive moderate correlation between grain sorghum yield and level of nitrogen fertilization  $r=0.49$ .

With rate of nitrogen fertilizers increase, there is an increase in the concentration of total nitrogen in plants, regardless of the width between rows and hybrids. Nitrogen doses did not significantly affect the additional absorption of phosphorus and potassium – their content in plants depended mainly on the amount of accumulated biomass, and their concentration did not change significantly.

With nitrogen introduction for pre-sowing tillage there is a tendency to starch content reducing, as there is an inverse correlation with the protein content. The starch content in sorghum grain is determined by 44 % of the hybrid properties; 21 % – the rate of nitrogen fertilizers; 20 % – inter-row spacing.

The most economically profitable was cultivation of hybrids 'Burggo F1' and 'Brigga F1', which provided yields of 8.66–8.69 t/ha and 8.03–8.07 t/ha with inter-row spacing of 50 cm and fertilizing  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{40-60}$ . The energy accumulated by the yield increase significantly exceeds the energy consumption. However, the application of additional fertilization by nitrogen fertilizers cannot be compensated by additional energy collection of sorghum grain, energy that is accumulated by the yield increase, significantly exceeds the energy cost of fertilizer application.

The obtained and generalized results of research allow to recommend to the production to grow sorghum grain hybrids 'Briggo F1' and 'Burggo F1' to obtain a stable yield – 8.00–8.50 t/ha in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The protein content in the grain of sorghum variety 'Lan 59' is 10.5–11.7 %; 'Brigga F1' – 10.8–11.7; 'Burggo F1' – 10.7–11.9 %.

**Key words:** grain sorghum, inter-row spacing, nitrogen fertilizers, yield, yield structure, energy efficiency coefficient, economic efficiency.