

ФОРМУВАННЯ ПЛОЩІ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ ГІБРИДІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО (*SORGHUM*) ЗАЛЕЖНО ВІД ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН ТА ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ

Д.В. Сухіна

Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)

e-mail: sukhina.denis@gmail.com; ORCID: 0009-0008-4352-1777

Висвітлено результати польових досліджень із вивчення впливу гібридів, густоти стояння рослин та застосування регулятору росту рослин Анпетайзер на формування площі листкової поверхні сорго зернового. Вирішальним чинником у реалізації генетичного потенціалу є комплекс агротехнічних заходів у агрофітоценозах, що забезпечує створення оптимальних умов росту рослин. Найвищий показник зафіксовано на варіанті з густотою стояння рослин 200 тис. шт./га із використанням регулятора росту Анпетайзер гібридів ЕС Алізе (30,5 тис. м²/га), ЕС Фоен (29,9 тис. м²/га) та Калатур (29,3 тис. м²/га) у фазі цвітіння. Деяко менші показники були у гібридів ЕС Муссон (26,1 тис. м²/га) та Албанус (25,8 тис. м²/га) за таких самих умов. Відповідно, приріст від застосування РРР становив 2,8% у гібрида Калатур; 1,3% у гібрида ЕС Алізе; 1,7% у гібрида ЕС Фоен; 2,2% у гібрида Албанус; 2,7% – ЕС Муссон. Водночас густина стояння рослин на рівні 170 тис. шт./га мала низьку площу асиміляційного апарату, обмежуючи генетичний потенціал рослин. Збільшення густоти стояння рослин до 230 тис. шт./га є недоцільним через неістотну різницю у площі листкової поверхні та неефективності. На всіх варіантах застосування регулятора росту, особливо з оптимальною густотою стояння рослин, спостерігався приріст площі листкової поверхні на 0,4–11,7% залежно від фази розвитку, густоти стояння рослин та гібрида. Це свідчить, що використання регулятора росту рослин є ефективним та має перспективи розвитку та впровадження у технологію вирощування сорго зернового для збільшення його біометричних показників та продуктивності. Результатами наукових досліджень встановлено, що гібриди, густина стояння рослин та регулятор росту рослин Анпетайзер істотно впливали на формування площі листкової поверхні рослин сорго зернового.

Ключові слова: фотосинтез, біостимулятор, екстракт морських водоростей, вегетація, площа асиміляційної поверхні.

ВСТУП

Сорго зернове (*Sorghum*) має високу господарську цінність, яка полягає у широкому спектрі використання зерна на кормові, харчові та технологічні цілі. Зерно цієї культури містить близько 70–75% крохмалю, 12–15 білка та 2,4–4,8% жиру, що за хімічним складом є наближеним до кукурудзи і є важливим джерелом поживних речовин для годівлі худоби у південних областях України.

Завдяки низькому транспіраційному коефіцієнту (300 вагових одиниць води на вагову одиницю врожаю), невибагли-

вості, посухостійкості та адаптивності до несприятливих умов сорго зернове може мати за певних умов високий продуктивний потенціал поряд з іншими зерновими культурами, що робить його стратегічно важливою культурою для України. Реалізація його генетичного потенціалу відбувається завдяки особливості будови асиміляційного апарату: листки мають так звану «кранц-анатомію», яка є характерною для С4 рослин. Вона передбачає оточення пучкових оболонкок листка шаром клітин із підвищеною кількістю хлоропластів, що сприяє ефективнішому процесу фотосинтезу. Тому, у сорго зернового первинна фік-

сація CO_2 відбувається з утворенням щавлевооцтової кислоти (оксалоацетату), яка містить чотири атоми вуглецю. Цей механізм дає змогу зменшити дихання рослини та підвищити ефективність фотосинтезу, особливо в умовах високих температур.

Мета нашої роботи — з'ясувати та описати вплив досліджуваних елементів на формування листкової поверхні сорго зернового впродовж вегетаційного періоду для подальшого впровадження його у технологію вирощування для підвищення продуктивного, генетично обумовленого потенціалу в посушливих умовах степової зони України.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Завдяки особливостям будови асиміляційного апарату, сорго зернове характеризується високою посухостійкістю та невибагливістю, що робить його перспективною зерновою культурою в сучасних агрокліматичних умовах України [1; 2].

Згідно з дослідженнями А.Д. Гирки, Я.В. Алексєєва, Ю.Я. Сидоренко, О.В. Бочевара, показники площі та маси асиміляційного апарату є ключовими для визначення продуктивності рослин. Оптимізація елементів технології вирощування, зокрема густота стояння рослин та спосіб сівби, може впливати на ці параметри, забезпечуючи більш ефективне використання ресурсів та підвищення врожайності [3; 4]. За результатами їх досліджень, істотний вплив на формування площі листкової поверхні (далі — РРР) має густота стояння рослин на відміну від ширини міжряддя.

Л.А. Правдива та колеги [5; 6] дослідили дію регуляторів росту на фотосинтетичну продуктивність сорго зернового та дійшли висновку, що застосування препаратів підвищувало площу листкової поверхні до 40,32 тис. $\text{м}^2/\text{га}$ у фазі цвітіння та чисту продуктивність фотосинтезу на 30% (від 4,67 до 6,12 $\text{г}/\text{м}^2$ на добу). Також позитивний вплив регуляторів росту описують О.С. Тітаренко, Л.М. Карпук та ін. [7], відмітивши особливості перебігу фізіологічних процесів та підвищення показни-

ків продуктивності сорго зернового, що у результаті відображалось і на економічній ефективності [8].

У статтях М.О. Бойка [9; 10] наведено результати досліджень щодо вдосконалення технології вирощування гібридів сорго зернового за різної густоти стояння за ранніх та пізніх строків сівби. Оцінено потенціал найадаптованіших для умов регіону гібридів сорго зернового, а також доведено, що оптимізація цих параметрів сприяє посиленню продуктивності сорго в умовах півдня України.

Ці спостереження підкреслюють важливість оптимізації агротехнічних заходів та окремих елементів технології вирощування, як-от строки сівби, густота посівів, гібридний склад, застосування РРР, умови зволоження та ін., для підвищення фотосинтетичної активності та врожайності сорго зернового в Україні, вивчення яких залишається на сьогодні актуальним.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження виконано впродовж 2022–2024 рр. на полях ТОВ «Зоря» у с. Гаврилівка Синельниківського р-ну Дніпропетровської обл. Згідно з зональним розподіленням, район належить до північної частини степової зони України з недостатнім і нестійким зволоженням та посушливими погодними умовами.

Ґрунти місця проведення дослідів — чорноземи звичайні середньогумоакумулятивні. Ґрунтові запаси елементів живлення становили 260–270 $\text{кг}/\text{га}$ мінерального азоту, 240–260 фосфору та 860–880 $\text{кг}/\text{га}$ калію. Вміст гумусу коливався в межах 4,48–4,55%.

Агротехніка в досліді загальноприйнята для зони Степу, за винятком способу сівби (ширина міжряддя 45 см) та досліджуваних елементів. Попередник — пшениця озима. Дослід трифакторний: фактор А — гібриди сорго зернового від компанії Lidea різних груп стиглості (ЕС Алізе, ЕС Фоен, Калатур, Албанус, ЕС Муссон); фактор В — густота стояння рослин 170, 200 і 230 тис. шт./га; фактор С — двократне застосуван-

ня регулятора росту рослин Аппетайзер у фазі 4–5 листків з нормою витрати 0,5 л/га та у фазі 7–8 листків з нормою витрати 0,5 л/га. Розміщення варіантів — систематичне 30 варіантів у три яруси.

Загальна площа дослідної ділянки (поля) — 8 га. Облікова площа ділянки варіанта — 600 м² (6×100 м), загальна — 673,2 м² (6,6×102 м). Повторність досліді чотириразова.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За різної густоти стояння у посівах створюються неоднакові умови живлення та освітлення рослин, що впливає на інтенсивність процесів фотосинтезу та формування надземної маси, зокрема площі листової поверхні.

Отримані результати за період 2022–2024 рр. свідчать про те, що найменша різниця площі листової поверхні між гібридами спостерігалася під час проходження фази виходу у трубку з коливаннями 0,2–0,7 тис. м²/га (рис. 1). На цій стадії розвитку сорго зернового варіанти контролю з густотою стояння рослин 170 тис. шт./га мали асиміляційну площу 11,0–11,9 тис. м²/га залежно від гібрида, зі збільшенням площі на 2,5–3,6% до значень 11,4–12,2 тис. м²/га. Істотну різницю зі зростаючою динамікою зафіксували за

збільшення густоти стояння рослин (ГСР) до 200 тис. шт./га — 13,2–13,5 тис. м²/га на варіантах контролю та 13,6–14,2 тис. м²/га на варіантах застосування регулятора росту рослин.

Наступне підвищення ГСР на 30 тис. шт./га призвело до зменшення площі листової поверхні рослин на гібриді Калатур на 0,7% (13,3–13,8 тис. м²/га) на варіанті контролю, на інших гібридах — зростання показника на 0,7–2,2% відповідно. Натомість на варіантах застосування РРР гібридів Калатур, ЕС Алізе, ЕС Фоен та ЕС Муссон площа листової поверхні зменшилася на 0,7–2,9%, а на варіанті гібрида Албанус з РРР було зафіксовано збільшення показника на 1,4%. Ймовірно, це було пов'язано з індивідуальною реакцією гібридів сорго зернового на зміну площі живлення та рівня освітлення внаслідок загущення посівів.

З настанням фази викидання волоті спостерігалася прямо-пропорційна залежність площі листової поверхні від густоти стояння рослин — зі зростанням останньої підвищувався і досліджуваний показник. Так, найменший показник спостерігався у гібрида Албанус за ГСР 170 тис. шт./га на варіанті контролю — 20,5 тис. м²/га, наступним був ЕС Муссон (20,7), далі Калатур (21), ЕС Фоен (21,4) та ЕС Алізе з максимальною площею 21,6 тис. м²/га (рис. 2).

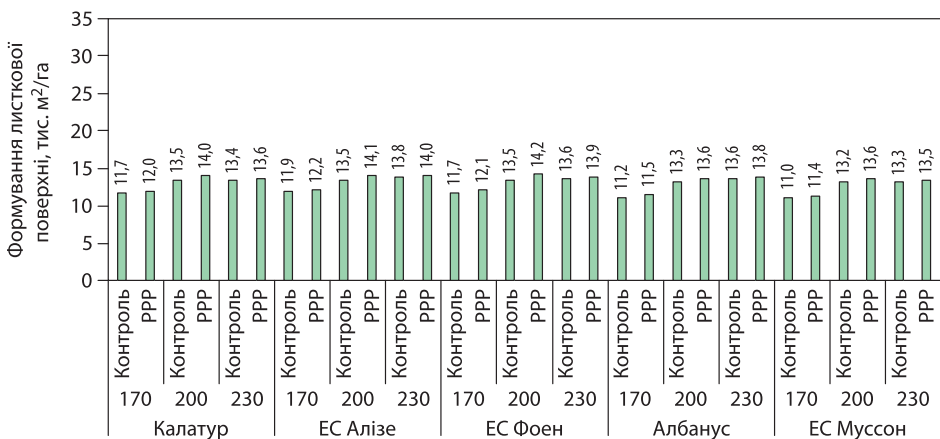


Рис. 1. Площа листової поверхні сорго зернового (тис. м²/га) у фазі вихід у трубку (середнє за 2022–2024 рр.)

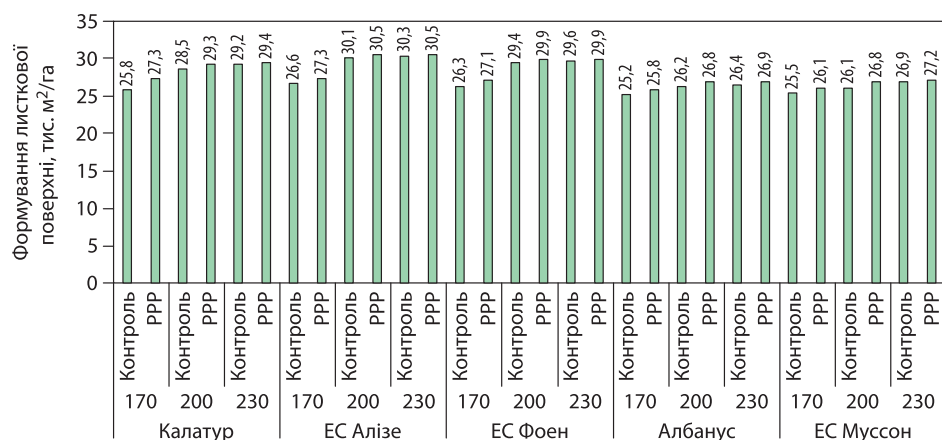


Рис. 2. Площа листкової поверхні сорго зернового (тис. м²/га) у фазі викидання волоті (середнє за 2022–2024 рр.)

Збільшення площі асиміляційного апарату за ГСР 170 тис. шт./га від використання PPP становило 5,7% для гібрида Калатур, 2,7 — для гібрида ЕС Алізе, 2,8 — для гібрида ЕС Фоен, 2,4% — для гібридів Албанус та ЕС Муссон.

На варіантах контролю з ГСР=200 тис. шт./га спостерігалось збільшення площі листкової поверхні до 21,2–24,5 тис. м²/га, що становило зростання на 10,5% для гібрида Калатур, на 13,4 — для гібрида ЕС Алізе, на 11,6 — для гібрида ЕС Фоен, на 3,9 — для гібрида Албанус та на 2,4% — для гібрида ЕС Муссон. Застосування PPP за вищезазначеної густоти стояння рослин призвело до посилення площі листкової поверхні до 21,8–24,8 тис. м²/га на всіх варіантах, приріст яких порівняно з варіантами із застосуванням PPP з густотою стояння рослин 170 тис. шт./га становив 7,2% для гібрида Калатур, 11,7 — для гібрида ЕС Алізе, 10,4 — для гібрида ЕС Фоен, 3,8 — для гібрида Албанус та 2,8% — для гібрида ЕС Муссон.

Зі збільшенням густоти стояння рослин до 230 тис. шт./га площа листкової поверхні на варіантах контролю підвищилася від 23,2 тис. м²/га до 23,7 тис. м²/га (приріст на 2,1%) для гібрида Калатур; від 24,5 до 24,6 (приріст на 0,4%) для гібрида ЕС Алізе; від 23,9 до 24,1 (приріст на 0,8%) для гібрида

ЕС Фоен; від 21,3 до 21,5 (приріст на 0,9%) для гібрида Албанус; від 21,2 тис. м²/га до 21,9 тис. м²/га (приріст на 3,3%) для гібрида ЕС Муссон. Такі результати ймовірно пов'язані з фазою розвитку рослин, яка більшою мірою дає можливість рослині за своїти регулятор росту через більшу площу листкової поверхні загалом.

На варіантах з ГСР=230 тис. м²/га із використанням регулятора росту зафіксовано площі листкової поверхні на рівні 23,9 тис. м²/га для гібрида Калатур; 24,8 — для гібрида ЕС Алізе; 24,3 — для гібрида ЕС Фоен; 21,9 — для гібрида Албанус; 23,8 тис. м²/га — для гібрида ЕС Муссон. Однак істотного збільшення площі асиміляційного апарату порівняно з аналогічними варіантами за густоти стояння рослин 200 тис. шт./га не спостерігалось. Це зумовлено значною кількістю рослин на одиниці площі з більшою конкуренцією за світло та поживні речовини водночас.

Фаза цвітіння сорго зернового на всіх варіантах характеризувалася досягненням максимальної площі листкової поверхні (рис. 3), яка за найменшої ГСР=170 тис. шт./га на контрольному та PPP варіантах становила 25,8 тис. м²/га та 27,3 тис. м²/га відповідно для гібрида Калатур; 26,6 й 27,3 відповідно для гібрида ЕС Алізе; 26,3 і 27,1 відповідно для гібрида ЕС Фоен; 25,5 та

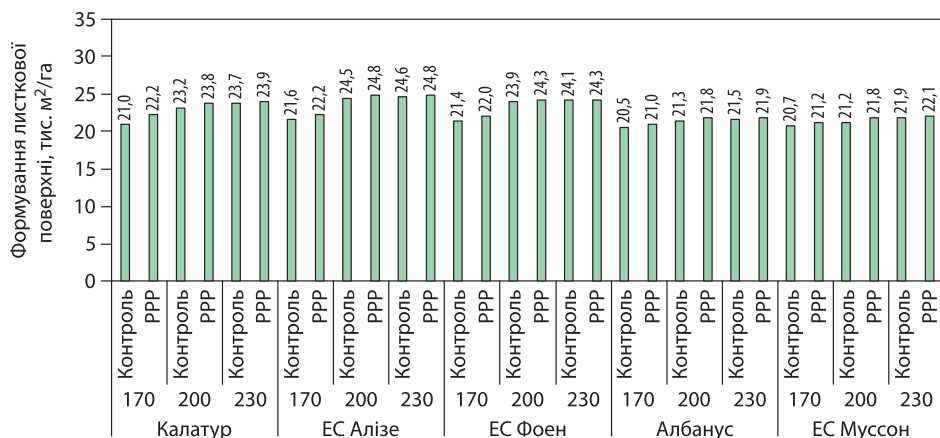


Рис. 3. Площа листової поверхні сорго зернового (тис. м²/га) у фазі цвітіння (середнє за 2022–2024 рр.)

25,8 — для гібрида Албанус; 25,5 тис. м²/га та 26,1 тис. м²/га — для гібрида ЕС Муссон.

Збільшення густоти стояння рослин до 200 тис. шт./га зумовило зростання площі листової поверхні на всіх ділянках дослід: варіант контролю гібрида Калатур досяг значення 28,5 тис. м²/га; гібрид ЕС Алізе — 30,1 (найбільший показник); гібрид ЕС Фоен — 29,4; гібрид Албанус — 26,2; найменшу площу листової поверхні сформував гібрид ЕС Муссон — 26,1 тис. м²/га. Застосування PRR на відповідних варіантах збільшило площу листової поверхні на 2,8% у гібрида Калатур (29,3 тис. м²/га); на 1,3% у гібрида ЕС Алізе (30,5); на 1,7% у гібрида ЕС Фоен (29,9); на 2,2% у гібрида Албанус (26,8) та на 2,7% — ЕС Муссон (26,8 тис. м²/га).

Аналогічно з попередньою фазою розвитку рослин, істотного посилення площі листової поверхні зі збільшенням густоти стояння рослин до 230 тис. шт./га не спостерігалось.

Фаза воскової стиглості визначалася поступовим зменшенням площі листової поверхні у зв'язку з природним відмиранням листків нижнього ярусу, що не враховувалися відповідно до методики окреслення площі асиміляційної поверхні листків. Так, у цю фазу найнижчу площу листової поверхні зафіксували на контрольних ва-

ріантах з ГСР=170 тис. шт./га, яка становила 17,9 тис. м²/га для гібрида Калатур; 18,4 для гібрида ЕС Алізе; 17,1 для гібрида ЕС Фоен; 17,4 для гібрида Албанус; 17,2 тис. м²/га — ЕС Фоен. Варіанти з застосуванням регулятора росту характеризувалися більшою площею листової поверхні (рис. 4), значення якої досягло 18,7 тис. м²/га (приріст на 4,5%) для гібрида Калатур; 18,9 (приріст на 2,7%) для гібрида ЕС Алізе; 18,2 (приріст на 6,4%) для гібрида ЕС Фоен; 17,9 (приріст на 2,9%) для гібрида Албанус; 17,5 тис. м²/га (приріст на 1,7%) — ЕС Муссон.

Істотну різницю мали варіанти з густотою стояння рослин 200 тис. шт./га. Так, варіанти контролю мали площу листової поверхні 19,6 тис. м²/га для гібрида Калатур; 20,8 для гібрида ЕС Алізе; 20,4 для гібрида ЕС Фоен; 18,1 для гібрида Албанус та 18,0 тис. м²/га — ЕС Муссон. На варіантах із використанням PRR спостерігали посилення площі на 0,9–2,5%, серед яких найбільшим значенням вирізнявся гібрид ЕС Алізе (21,1 тис. м²/га), а найменшим — ЕС Муссон (18,3 тис. м²/га).

Подальше збільшення густоти стояння рослин до 230 призвело до зменшення площі асиміляційної поверхні листків, яка на варіантах контролю становила 19,0 тис. м²/га для гібрида Калатур; 19,7 для гібрида ЕС

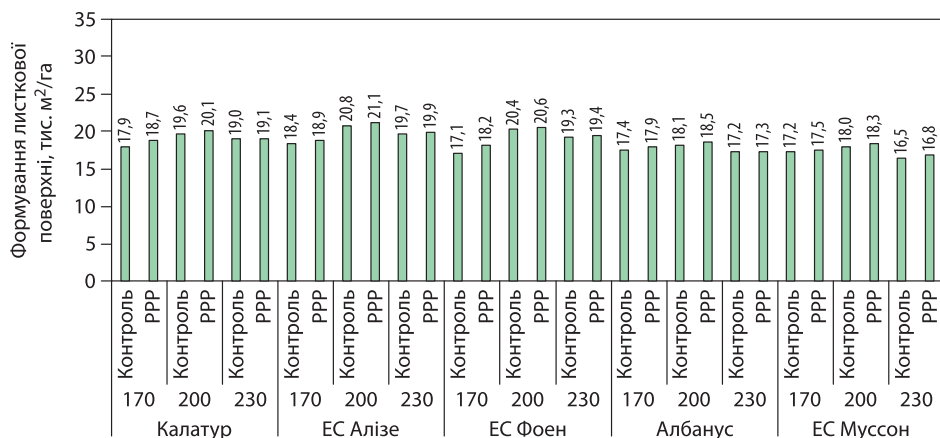


Рис. 4. Площа листкової поверхні сорго зернового (тис. м²/га) у фазі воскової стиглості (середнє за 2022–2024 рр.)

Алізе; 19,3 для гібрида ЕС Фоен; 17,2 для гібрида Албанус; 16,5 тис. м²/га — ЕС Муссон. Варіанти із застосуванням регулятора росту не істотно відрізнялися від варіантів контролю, що свідчить про недоцільність використання PPP за високої густоти стояння рослин.

ВИСНОВКИ

Площа асиміляційного апарату зростала впродовж фаз виходу у трубку та викидання волоті, досягла максимуму у фазі цвітіння і перебувала в межах від 25,2 тис. м²/га до 30,5 тис. м²/га, поступово знижуючись з настанням фаз воскової та повної стиглості. Серед досліджуваних елементів впливу на формування листкової поверхні рослин на основі результатів найкраще зарекомендували себе густота стояння рослин 200 тис. шт./га із регулятором росту Аппетайзер з найвищими показниками площі асиміляційного апарату гібриди ЕС Алізе (30,5 тис. м²/га), ЕС Фоен (29,9 тис. м²/га) та Калатур (29,3 тис. м²/га). Встановлено, що низька густота стояння рослин на рівні 170 тис. шт./га має відповідно низьку площу листкової поверхні, обмежуючи генетичний потенціал рослин при цьому і не рекомендовано до впровадження у виробництво. Те саме стосується і загущення посіву до 230 тис. шт./га, яке є недоцільним

через надлишкові витрати для неістотної різниці у площі листкової поверхні та не-ефективності як для фотосинтетичної активності рослин, так і їх продуктивності.

Крім того, важливим елементом впливу на формування площі листкової поверхні виявився регулятор росту Аппетайзер, який забезпечив збільшення показника на 0,4–11,7% залежно від фази розвитку, густоти стояння рослин та гібрида. Це свідчить про ефективність застосування регулятора росту на посівах сорго зернового для посилення його біометричних показників та продуктивності.

До того ж важливу роль відіграє сортовий або гібридний склад сорго зернового, як невід’ємна складова технології вирощування, що є запорукою реалізації потенціалу культури завдяки правильному підбору з урахуванням агрокліматичних умов зони вирощування, технології та особливостей росту й розвитку окремих сортів чи гібридів. Оскільки сорго зернове і сьогодні залишається нішевою культурою через недостатню вивченість, будучи водночас зерновою культурою з широким спектром використання та маючи високий потенціал, перспективним залишається напрям дослідження та розробки елементів впливу на реалізацію потенціалу сорго зернового в умовах глобальних кліматичних змін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жатова, Г., & Коваленко, М. (2020). Біологічні особливості культури сорго. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер.: Агрономія і біологія*, 40(2), 14–22. DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.2>.
2. Behera, P. P., Saharia, N., Borah, N., Devi, S. H., & Sarma, R. N. (2022). Sorghum physiology and adaptation to abiotic stresses. *International Journal of Environment and Climate Change*, 12(10), 1005–1022. DOI: <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i1030891>.
3. Гирка, А. Д., Сіренко, Н. О., Гирка, О. А., & Гирка, В. А. (2022). Вплив норми висіву та способу сівби сорго зернового на формування асиміляційної поверхні та зернову продуктивність рослин. *Зернові культури*, 6(2), 302–309. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0189>.
4. Домарацький, Є. О. (2019). *Агроекологічне обґрунтування системного застосування багатofункціональних рістрегулюючих препаратів при вирощуванні польових культур у Південному Степу* [Автореф. дис. д-ра с.-г. наук, Херсонський державний аграрний університет].
5. Правдива, Л., Хахула, В., & Коваленко, Н. (2023). Фотосинтетична продуктивність сорго звичайного двоколіорового (*Sorghum bicolor* L. (Moenh)) в умовах Правобережного Лісостепу України. *Наукові горизонти*, 26(5). DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor5.2023.56>.
6. Pravdyva, L. (2021). Influence of elements of growing technology on productivity of sorghum and biofuel output. *Visnyk agrarnoi nauky*, 99, 5, 23–29. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-03>.
7. Brendel, O. (2021). The relationship between plant growth and water consumption: A history from the classical four elements to modern stable isotopes. *Annals of Forest Science*, 78, 47. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13595-021-01063-2>.
8. Тітаренко, О. С., & Карпук, Л. М. (2021). Ефективність вирощування сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. *Новітні агротехнології*, 9. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.9.2021.259698>.
9. Бойко, М. О. (2017). Формування асиміляційного апарату гібридів сорго зернового в залежності від строків сівби та густоти посівів. *Таврійський науковий вісник*, 97, 18–22.
10. Бойко, О. В., & Ковальова, Л. І. (2016). Особливості вирощування сорго зернового в умовах України. *Аграрна наука та харчові технології*, 4, 8–12.

Стаття надійшла до редакції журналу 17.01.2025