ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

Р. Є. Грищенко, О. Г. Любич, О. В. Глієва, Я. В. Алексєєв

*Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», вул. Машинобудівників, 2б,
смт. Чабани, Києво-Святошинський район, Київська область, 08163, Україна*

Наведені результати досліджень за 2016–2018 рр. з вивчення продуктивності сорго зернового гібрида Арміда, які були проведені в зоні північного Лісостепу України. Максимальну площу листової поверхні посіву сорго зернового у фазі викидання волоті - цвітіння (53,1 тис. м²/га) забезпечує внесення N₄₅P₆₀K₆₀ в основне удобрення та N₁₅ в підживлення на фоні оброблення насіння препаратом БТУ; найбільше накопичення сухої речовини (26,9 т/га) одержали за внесення N₆₀P₆₀K₆₀ в основне удобрення на фоні оброблення насіння.

Найвищі показники фотосинтетичного потенціалу посівів сорго (2,96 млн м²/га × діб) і чистої продуктивності фотосинтезу (5,4–5,76 г/м² за добу) були при внесенні мінеральних добрив в дозі N₆₀P₆₀K₆₀ в основне удобрення, і за перенесення частини азоту (N₁₅) в підживлення на фоні оброблення насіння препаратом БТУ.

З'ясовано ефективність мінеральних добрив і оброблення насіння препаратом БТУ на наростання листової поверхні, накопичення сухої речовини; визначено ФП і ЧПФ і взаємозв'язок між ними для формування високої врожайності сорго (9,04–9,63 т/га) в зоні північного Лісостепу України.

Ключові слова: *урожайність, листова поверхня, мінеральні добрива, сорго зернове, суха речовина, чиста продуктивність фотосинтезу.*

Сорго (*Sorghum*) є традиційною культурою для південних регіонів України, але в умовах зміни кліматичних умов в бік потепління його посівні площі змістилися в західну та північну частини Лісостепу. У зв'язку з цим виникла потреба встановити як змінюється фотосинтетична діяльність рослин сорго залежно від умов мінерального живлення.

Фотосинтез є одним з основних процесів життєдіяльності зеленої рослини. У результаті цього складного синтетичного процесу в листках при безпосередній участі світла, вуглекислого газу, води та елементів мінерального живлення утворюються органічні речовини, формується врожай, його величина та якість [1].

Для оптимального проходження фотосинтезу сільськогосподарські рослини повинні сформувати певну площу листової поверхні. А. А. Ничипорович вважає, що за

достатньої інтенсивності освітлення, оптимальними будуть посіви з площею листків 45–55 тис. м²/га. Надлишкова листова поверхня не сприятиме високій продуктивності рослини, оскільки частина її буде затінена верхніми ярусами листків [2]. Врожайність польової культури визначається, перш за все, оптимальними розмірами та продуктивністю роботи фотосинтетичного апарату, який у процесі росту і розвитку рослин повинен якомога швидше досягти належних параметрів. Одним із факторів, що регулює площу асиміляційної поверхні, є рівень мінерального живлення рослин. Тому в період вегетації необхідно створювати найсприятливіші умови живлення, аби рослини сформували оптимальну площу листків для ефективної фотосинтетичної діяльності.

Сорго має ефективний механізм фотосинтезу C₄ і може активно засвоювати і

Інформація про авторів:

Грищенко Раїса Євгенівна, канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник відділу адаптивних інтенсивних технологій зернобобових, круп'яних та олійних культур, e-mail: Grychenkoraya59@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6503-6034>

Любич Олександр Григорович, канд. с.-г. наук, завідувач відділу адаптивних інтенсивних технологій зернобобових, круп'яних та олійних культур, e-mail: slyubchich@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-6768-1398>

Глієва Оксана Володимирівна, науковий співробітник відділу адаптивних інтенсивних технологій зернобобових, круп'яних та олійних культур, e-mail: glievaoksana.volod@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6768-1398-4072>

Алексєєв Ярослав Володимирович, науковий співробітник лаб. агробіологічних ресурсів кукурудзи і сорго, e-mail: ayv7709@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5757-8044>

трансформувати світлову енергію при температурі повітря 35 °С, тимчасом як інші культури за цих умов практично припиняють асиміляційні процеси і перебувають у стані депресії (пшениця, ячмінь) [3].

Накопичення сухої маси є індивідуальним процесом і його можна вважати одним з чинників, що впливають на рівень урожайності. Чим більша листостеблова маса рослини, тим вищий в ній запас пластичних речовин для утворення репродуктивних органів і формування урожаю [4].

Мета дослідження – вивчити особливості формування фотосинтетичної поверхні та з'ясувати її вплив на продуктивність рослин сорго зернового залежно від умов вирощування; встановити вплив мінеральних добрив у разі основного їх внесення і у вигляді підживлення за умови застосування біопрепарату на формування стабільно високих врожаїв зерна.

Матеріали і методи дослідження. З метою виконання поставленого завдання досліджувалась реакція сорго зернового (гібрид Арміда) на різні строки і дози внесення мінеральних добрив у чистому вигляді та в разі обробляння насіння препаратом БТУ на формування фотосинтетичної поверхні рослин та їх продуктивність. У схему досліду були включені: рекомендована доза мінеральних добрив на сірих лісових ґрунтах $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Тразекс, а також, крім основного внесення, проводили підживлення рослин азотними добривами на IV і VII етапах органогенезу на фоні застосування Тразексу та без нього – ($N_{45}P_{60}K_{60}$ + N_{15} (IV е. о.), $N_{30}P_{60}K_{60}$ + N_{15} (IV е. о.) + N_{15} (VII е. о.).

Дослідження проводили в умовах північного Лісостепу України на типових для зони ґрунтах – сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому, який характеризується наступними агрофізичними показниками: уміст гумусу (за Тюриним) 1,15 %, азоту лужногідролізованого (за Корнфілдом) 50 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору і обмінного калію (за Кірсановим) відповідно 210 і 144 мг/кг ґрунту, $pH_{\text{сол.}}$ 5,9.

Мінеральні добрива вносили згідно зі схемою досліду; фосфорні і калійні – під основний обробіток ґрунту, азотні – навесні у строки і дозах, передбачених схемою дос-

ліду.

Препарат БТУ використовують для передпосівної обробки насіння. Його склад: природні азотфіксуючі бактерії, фунгіцидні бактерії широкого спектра дії, фосфор- та каліймобілізуючі ґрунтові бактерії, які захищають насіння і рослини від багатьох збудників хвороб.

Препарат Тразекс застосовують для листового підживлення рослин, живить рослину мікроелементами (В, Cu, Fe, Zn, Mn).

Бур'яни знищували шляхом внесення під передпосівну культивуацію ґрунтового гербіциду Примекстра Голд і проведення двох міжрядних розпушувань ґрунту на початкових етапах вегетації рослин. Висівали сорго в першій декаді травня, норма висіву – 180 тис. схожих насінин/га, ширина міжрядь – 45 см. Розміщення ділянок у досліді послідовне систематичне. Площа загальної ділянки становила 60 м², облікової – 50 м², повторність – 4-разова.

Зразки рослин сорго відбирали у фазі 6–7 листків, викидання волоті та на початку досягання для визначення площі листової поверхні, накопичення сухої речовини, розрахунку фотосинтетичного потенціалу (ФП) і чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ).

У формуванні урожаю сорго важливу роль відіграють метеорологічні фактори, які в 2016–2018 рр. були типовими для зони Лісостепу і характеризувалися контрастністю температурного режиму та нерівномірним розподілом опадів по місяцях. У 2016 р. період вегетації становив 116 діб, сума ефективних температур була 1247 °С, ГТК за вегетацію – 0,63. У 2017 р. період вегетації дорівнював 126 діб, сума ефективних температур – 1293 °С, ГТК за вегетацію – 1,1.

Сума ефективних температур 1576 °С, ГТК 1,71 (достатнє зволоження) і період вегетації 150 діб були при вирощуванні сорго у 2018 р. Більш теплою і зі значнішою кількістю опадів була друга половина вегетаційного періоду.

Результати дослідження. Урожайність сорго визначається фотосинтетичною активністю рослин, яка в свою чергу залежить від погодних умов, сорту та фону мінерального живлення. Саме тому встановлення дози оптимального удобрення з метою підвищення фотосинтетичної діяльності листово-

вого апарату в умовах зони вирощування є актуальним питанням.

Згідно з даними дослідження формування листової поверхні рослин сорго залежить як від фону мінерального живлення, так і від застосування біологічного препарату БТУ. На ділянках без удобрення (контроль) обробка насіння біопрепаратом зумовлювала збільшення площі листків на 16,7 % у фазі 6–7 листочків, на 20,4 % – викидання волоті і на 26,4 % – досягання.

Однак на збільшення площі листків значніше впливала система удобрення. Внесення в основне удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ посилювало наростання листової поверхні (на 39,6 %). За комплексного впливу – внесення мінеральних добрив в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ і обробки насіння, при першому визначенні площа листя збільшилася на 2,5 тис. $m^2/га$, але найбільші її показники були у фазі викидання волоті, коли листова поверхня зросла на 16,5 тис. $m^2/га$, а в фазі досягання зерна – на 6,4 тис. $m^2/га$ (рис. 1).

Підживлення рослин препаратом Тразекс призводило до збільшення листової поверхні з 35,3 до 38,1 тис. $m^2/га$ в фазі викидання волоті у варіанті без бактеризації насіння та на 6,4 тис. $m^2/га$ в разі бактеризації насіння у варіанті з підживленням рослин $N_{45}P_{60}K_{60}$ + Тразекс + N_{15} (VII).

Після цвітіння у рослин сорго розпочинається процес відмирання листків нижніх ярусів. У зв'язку з цим спостерігається значне зменшення площі листової поверхні незалежно від забезпечення рослин елементами живлення. Тому в фазі досягання має місце суттєве зменшення площі листків. Бактеризація насіння призводила до подовження тривалості їх роботи у фазі досягання. У таких варіантах листки довше залишались зеленим і їх було більше, ніж у варіантах без обробки насіння, де вони жовтіли і відмирали. Коли в контрольному варіанті площа листя становила 18,2 тис. $m^2/га$, то за обробки насіння БТУ вона досягала 23,0 тис. $m^2/га$.

Ріст, розвиток і формування листової поверхні у сорго залежать не тільки від генотипу рослин, але й від вологозабезпеченості. Відомо, що вода є одним із незамінних факторів підтримання життя рослинних організмів. Крім того, рослини здатні використовувати основні елементи живлення тільки в

розчиненому у воді стані, тому існує прямо пропорційна залежність між кількістю вологи в ґрунті і доступністю для рослин мінеральних речовин, які мають безпосередній вплив на наростання листової поверхні. Наші дослідження показали, що посушливі погодні умови 2017 р., передусім першої половини вегетації, зумовили значне послаблення процесів наростання листя. Вегетативний період був посушливим: в травні випало лише 14,4 мм опадів, а в червні і того менше – 9,8 мм за норми 73 мм. Зважаючи на такі умови, посіви сорго не сформували належної асиміляційної поверхні – в фазі 6–7 листочків у варіантах без добрив (контроль) цей показник становив лише 2,1 тис. $m^2/га$, тимчасом як в попередні і наступний рік – відповідно 6,5–5,8 тис. $m^2/га$. При поліпшенні погодних умов в подальшому стан рослин змін не зазнавав, агрофітоценоз не мав оптимального показника листової поверхні, найвищі показники були 25,4–28,6 тис. $m^2/га$.

Як зазначає А. А. Ничипорович, добре сформований фотосинтетичний апарат – це важливий критерій високої продуктивності сучасних сортів. Він повинен забезпечити найкращу роботу за інтенсивністю та якістю в усі фази росту і розвитку рослин.

Найбільш об'єктивно визначити роботу фотосинтетичного апарату можна шляхом оцінки показників накопичення сухої речовини на одиниці площі за певний період. Процес утворення і накопичення органічної речовини є інтегральним показником усіх фізіологічних і біохімічних процесів – це відображення життєдіяльності рослинного організму на кожному етапі його росту та розвитку в конкретних умовах навколишнього середовища [4, 5].

У наших дослідженнях ми визначали динаміку накопичення сухої речовини в посівах сорго зернового залежно від технології його вирощування. Дослідження показали, що по мірі росту та розвитку рослин спостерігалось збільшення вмісту сухої речовини. Разом з тим змінювалася її кількість під впливом застосування мінеральних добрив та бактеризації насіння.

Максимальне накопичення сухої речовини спостерігалось у період повного наливу зерна. Так, за вирощування сорго в контролі (без обробляння насіння препаратом БТУ)

Рис. 1. Динаміка наростання листової поверхні сорго, тис. м²/га (середнє за 2016–2018 рр.).

Рис. 2. Динаміка накопичення сухої речовини рослинами сорго, т/га (середнє за 2016–2018 рр.).

цей показник становив 14,5 т/га, що перевищувало на 6,9 т/га його значення у фазі викидання волоті. За оброблення насіння препаратом БТУ площа листкової поверхні рослин збільшувалась і відповідно накопичення сухої речовини було вищим на 37,5 % на початкових етапах росту і на 6,6 % у фазі викидання волоті та на 23,4 % у фазі досягання.

Наші дослідження показали, щодо фази викидання волоті збільшення сухої речовини йде повільно, а після її завершення – посилюється. Пояснюється це біологічною особливістю рослин сорго: на початкових етапах вони нарощують кореневу систему, а вже потім – надземну біомасу. За нашими даними до фази 6–7 листочків рослини накопичували 2,26 % сухої речовини, у фазі викидання волоті – 44,1 %.

Кращим варіантом за накопиченням сухої речовини з одиниці площі є внесення $N_{45}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення та N_{15} у вигляді підживлення на VII етапі органогенезу, де збір сухої речовини становив 21,6 т/га, що в 1,5 раза перевищує контроль (14,5 т/га). Оброблення насіння препаратом БТУ краще вплинуло на накопичення сухої речовини за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$, її збір в цьому варіанті становив 26,9 т/га (див. рис. 2).

В наших дослідженнях встановлено, що найбільш суттєво як на наростання листкової поверхні рослин сорго, так і накопичення ними сухої речовини впливали мінеральні добрива – продуктивність ценозу підвищувалася на 37,2 %.

Вплив мінеральних добрив на формування врожаю сорго можна оцінити, враховуючи показники фотосинтетичного потенціалу рослин. Залежно від розміру асиміляційної поверхні змінюється і фотосинтетичний потенціал. Цей показник у цілому характеризує фотосинтетичну діяльність рослин за весь вегетаційний період [2]. За даними А. А. Ничипоровича, фотосинтетична діяльність агроценозу вважається оптимальною у разі показника понад 2 млн m^2 діб/га за кожні 100 днів фактичної вегетації. Посів, вегетація якого тривала 120 діб, повинен мати не менше 2,5 млн m^2 діб/га. Посіви з фотосинтетичним потенціалом 2,2–3,0 млн m^2 діб/га мають формувати врожайність 18 т/га сухої біомаси і оцінюються як добрі [2]. В наших посівах за період кушення - досягання фотосинтетичний потенціал був понад 2,5 млн m^2 діб/га у всіх варіантах з обробленням насіння препаратом БТУ (рис. 3).

Найвищим ФП був у рослин сорго зер-

Рис. 3. Фотосинтетичний потенціал рослин сорго зернового залежно від системи удобрення, млн m^2 днів/га (середнє за 2016–2018 рр.).

нового на фоні внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{45}P_{60}K_{60}$ + Тразекс + $N_{15}(VII)$ і становив 2,90–2,96 млн m^2 діб/га відповідно. У разі інших варіантів

технології показники були у межах 2,5–2,73 млн m^2 діб/га. Нижчі показники ФП були у варіантах без застосування препарату БТУ і

коливалися від 2,11 до 2,47 млн м² днів/га.

Фотосинтез як механізм створення сухої речовини пов'язується, в першу чергу, з площею листків. А тому ефективність фотосинтезу визначається створенням одиниці листової поверхні за одиницю часу одиниці сухої речовини. Облікова одиниця листової поверхні – 1 м², часу – 1 доба, сухої речовини – 1 г. Показник, який поєднує в собі зазначені функціональні елементи, є чиста продуктивність фотосинтезу – ЧПФ.

ЧПФ посіву – показник динамічний, залежний від стану розвитку рослин, від біологічних особливостей культури, від комплексу зовнішніх факторів: сонячної радіації, температури повітря, рівня мінерального живлення [5]. На початку розвитку рослини ЧПФ кількісно невелика, а по мірі її зміцнення також відповідно збільшується. В наших дослідженнях в період від формування рослинами 6–7 листків до викидання волоті ЧПФ коливалася від 1,82 до 2,68 г/м² за до-

бу, від фази викидання волоті до фази достигання – від 3,72 до 5,76 г/м². Це свідчить про те, що найбільш інтенсивно працює фотосинтетична поверхня посіву в період активного плодоутворення.

Аналізуючи показники урожайності сорго зернового встановлено, що при внесенні мінеральних добрив мало місце збільшення врожаю. Така закономірність простежувалась протягом всіх досліджуваних років. Слід відмітити, що на урожайність значний вплив має підживлення.

Продуктивність сорго була вищою у варіантах з сівбою бактеризованим насінням. Комплексне застосування – обробка насіння, внесення N₄₅P₆₀K₆₀ в основне удобрення та додавання Тразексу і N₁₅ у вигляді підживлення мало позитивний вплив на приріст урожайності, підвищення становило 50,7 % порівняно до варіанту без обробки насіння (6,00 т/га) (табл.).

Позакоренеve підживлення рослин пре-

**Урожайність сорго залежно від системи удобрення і бактеризації насіння, т/га
(середнє за 2016–2018 рр.)**

Варіант удобрення	Контроль (без обробки)	Застосування препарату БТУ (бактеризація насіння)
Контроль (без добрив)	6,00	7,68
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,90	9,63
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Тразекс	7,49	8,15
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + Тразекс + N ₁₅ (IV е. о.)	8,04	9,04
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + Тразекс + N ₁₅ (VII е. о.)	6,76	8,24
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅ (VII е. о.)	8,25	8,56
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅ (IV е. о.) + N ₁₅ (VII е. о.)	7,74	8,56
НІР ₀₅ для фактора обробка насіння – 0,24 для фактора система удобрення – 0,39		

паратом Тразекс у технології вирощування сорго (N₆₀P₆₀K₆₀ + Тразекс) зумовлювало менший вплив на урожайність.

Частка впливу системи удобрення на продуктивність гібрида Арміда становила 42,2 %, обробки насіння – 31,4 %.

Висновки. У результаті проведених досліджень виявлено, що найвищі показники фотосинтетичного потенціалу посівів сорго (2,96 млн м²/га×дів), чистої продуктивності

фотосинтезу (5,4–5,76 г/м² за добу) та накопичення сухої речовини (23,3–26,9 т/га) були у разі основного внесення мінеральних добрив у дозі N₆₀P₆₀K₆₀, а також при внесенні частини азоту (N₁₅) у вигляді підживлення на фоні обробляння насіння препаратом БТУ. Це є оптимальними умовами для формування високої врожайності гібрида сорго Артеміда (9,04–9,63 т/га) в зоні північного Лісостепу України.

Використана література

1. Ничипорович А. А. Фотосинтез и вопросы продуктивности. Москва: Из-во АН СССР, 1963. 58 с.
2. Іващенко О. О. Перспективи вирощування кукурудзи та сорго. *Хімія, агрономія, сервіс*. 2011. № 12. С. 39–41.
3. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности. *Теоретические основы фотосинтетической продуктивности*. Москва: Изд-во Наука, 1972. С. 511–514.

4. Курило В. Л., Григоренко Н. О., Марчук О. О. Залежність фотосинтетичної здатності сорго цукрового від його сортових особливостей та норм мінерального живлення. *Сортівивчення та сортознавство*. 2012. № 2. С. 38–41.
5. Грабовський М. Б., Грабовська Т. О., Герасименко Л. А. Вплив площі живлення рослин сорго цукрового на водоспоживання та формування біометричних і фотосинтетичних показників. *Зрошувальне землеробство*: зб. наук. пр. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Вип. 68. С. 130–137.
6. Федорчук М. І. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування екологічнобезпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України: моногр. Херсон, 2017. 208 с.
7. Грабовський М. Б., Федорук Ю. В., Правди-ва 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*. 2018. № 5 (75).

8. Основные факторы повышения урожайности и качества зеленой массы сорго / А. В. Алабушев и др. *Успехи современного естествознания*. 2017. № 6. С. 50–55.
9. Mineral composition and biomass partitioning of sweet sorghum grown for bioenergy in the southeastern USA / Singh M. P. et al. *Biomass and bioenergy*, 2012. Vol. 47. P. 1–8.
10. Yadav, A. K., Singh, P., Singh, K. Growth, yield and economics of sorghum [SORGUM BICOLOR (L.) MOENCH] affected by tillage and integrated nutrient management. *Forage Res.* 2012. Vol. 38 (1): P. 40–43.

References

1. Nychyporovych, A. A. (1963). *Fotosyntezy voprosy produktivnosti* [Photosynthesis and productivity issues.]. Moskva: Yz-vo AN SSSR. 58 p. [in Russian]
2. Ivashchenko, O. O. (2011). Prospects for growing corn and sorghum]. *Khimiia, ahronomiia, servis*, 12, 39–41. [in Ukrainian]
3. Nychyporovych, A. A. (1972). *Fotosyntetycheskaia deiatelnost y puty povysheniya ykh produktivnosti*. [Photosynthetic activity and ways to increase their productivity.]. Teoretycheskiye osnovy fotosyntetycheskoi produktivnosti. Moskva: Nauka, 12–16. [in Russian]
4. Kurilo, V. L., Grigorenko, N. A., Marchuk, O. O. (2012). Dependence of photosynthetic ability of sugar sorghum on its varietal features and norms of mineral nutrition. *Sortovyvchennya ta sortoznavstvo* [Plant Varieties Studying and Protection], 2, 38–41. [in Ukrainian]
5. Grabovsky, M. B., Grabovskaya, T. O., Gerasimenko, L. A. (2017). Influence of the nutrition area of sugar sorghum plants on water consumption and formation of biometric and photosynthetic parameters. *Zroshuvalne zemlerobstvo* [Irrigation agriculture]. Kherson: OLD-PLUS, 68, 130–137. [in Ukrainian]
6. Fedorchuk, M. I. (2017). Naukovo-teoretychni zasady ta praktychni aspekty formuvannia-theoretical ambush and practical aspects of environmental protection technology viroshuvannia ekolohobezpechnykh

tekhnologii vyroshchuvannia ta pererobky sorho v stepovii zoni Ukrainy. [Science and conversion of sorghum in the steppe zone of Ukraine]. Kherson. 208 p. [in Ukrainian]

7. Grabovsky, M. B., Fedoruk, Yu. V., Pravdyva, L. A., Grabovskaya T. O. (2018). *Influence of the nutrition area of sugar and corn sorghum plants on their growth, development and yield of green mass in compatible crops* [Impressive area of lively growth of sorghum of sorghum and corn maize on the river, development and harvest of green masks in the total amount of crops]. *Scientific f NULES of Ukraine*, 5 (75). [in Ukrainian]
8. Areports olabushev, A. V., Kovtunova, N. A., Roman-yukin A. E., Gorpichenko S. I., Ermolina G. M. (2017). The main factors of increasing the yield and quality of the green mass of sorghum. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya* [The successes of modern natural science], 6, 50–55. [in Russian]
9. Singh, M. P., Erickson, J. E., Sollenberger, L. E., Woodard K. R., Vendramini J. M. B., Fedenko J. R. (2012). Mineral composition and biomass partitioning of sweet sorghum grown for bioenergy in the south-eastern USA. *Biomass and bioenergy*, 47, 1–8.
10. Yadav, A. K., Singh, P., Singh, K. (2012). Growth, yield and economics of sorghum [SORGUM BICOLOR (L.) MOENCH] affected by tillage and integrated nutrient management. *Forage Res.*, 38 (1), 40–43.

УДК 633.134:581.32 (477.41)

Грищенко Р. Е., Любич А. Г., Глиева О. В., Алексеев Я. В. Фотосинтетическая продуктивность посевов зернового сорго в зависимости от системы удобрения.

Зерновые культуры. 2020. Т. 4. № 1. С. 122–129.

Национальный научный центр «Институт земледелия НААН Украины», ул. Машиностроителей, 26, пгт. Чабаны, Киевская область, Украина

Изложены результаты исследований за 2016–2018 гг. по изучению продуктивности зернового сорго (гибрид Армида) при выращивании в условиях северной Лесостепи Украины. Максимальная площадь листовой поверхности посева зернового сорго в фазе выбрасывания метелки - цветение (53,1 тыс. м²/га) формировалась при внесении N₄₅P₆₀K₆₀ в основное удобрение и N₁₅ в виде подкормки на фоне обработки семян препаратом БТУ; наиболее интенсивное накопление сухого вещества

(26,9 т/га) отмечалось при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ в основное удобрение на фоне обработки семян.

Самые высокие показатели фотосинтетического потенциала посевов сорго ($2,96 \text{ м}^2/\text{га} \times \text{сутки}$) и чистой продуктивности фотосинтеза ($5,4\text{--}5,76 \text{ г/м}^2$ в сутки) наблюдаются при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в основное удобрение, а также при перенесении части азота (N_{15}) в подкормку на фоне обработки семян препаратом БТУ.

Установлена эффективность минеральных удобрений и обработки семян препаратом БТУ на нарастание листовой поверхности, накопление сухого вещества; определен фотосинтетический потенциал и установлена чистая продуктивность фотосинтеза и их взаимосвязь для формирования высокой урожайности сорго ($9,04\text{--}9,63 \text{ т/га}$) в северной части Лесостепи Украины.

Ключевые слова: урожайность, листовая поверхность, минеральные удобрения, зерновое сорго, сухое вещество, чистая продуктивность фотосинтеза.

UDC 633.134:581.32 (477.41)

Grishchenko R. E., Lyubchich A. G., Glieva O. V., Alekseev Ya. V. Photosynthetic productivity of crops of sorghum grain depending on the fertilizer system. Grain Crops. 2020. 4 (1). 122–129.

National Scientific Center "Institute of Agriculture of NAAS of Ukraine". 2b, Mashynobudivnykiv Str., , town. Chabany, Kyiv region.

The results of research for 2016–2018 are conducted in the area of the northern Forest-Steppe of Ukraine to study the productivity of grain sorghum hybrid Armida. Field research, mathematical and statistical analysis. The maximum leaf area of sowing of grain sorghum in the ejection phase of flowering – flowering ($53,1$ thousand $\text{м}^2/\text{га}$) is provided by the fertilizer system $N_{45}P_{60}K_{60}$ in the main fertilizer and N_{15} in the feed on the background of seed treatment with BTU preparation; the highest accumulation of dry matter ($26,9 \text{ т/га}$) was obtained by making $N_{60}P_{60}K_{60}$ mainly against the background of seed treatment.

The highest indices of formation of photosynthetic potential of sorghum crops ($2,96$ million $\text{м}^2/\text{га} \times \text{days}$), PPP ($5,4\text{--}5,76 \text{ г/м}^2$ per day) are observed in its cultivation by the model of technology with application of mineral fertilizers in the main application of the dose $N_{60}P_{60}K_{60}$ as well as the transfer of a portion of nitrogen (N_{15}) to the feed on the background of seed treatment with BTU.

The effectiveness of mineral fertilizers and treatment of seeds with the preparation of BTU on the growth of leaf surface, the accumulation of dry matter, the PP and PPP and their relationship for the formation of high yields ($9,04\text{--}9,63 \text{ т/га}$) in the northern forest-steppe zone of Ukraine were established.

Key words: yield, leaf surface, mineral fertilizers, grain sorghum, dry matter, pure photosynthesis performance.