



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 633.174:631.5

© 2024

ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ГІБРИДІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО У ЗОНІ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

М.О. Бойко

кандидат сільськогосподарських наук

Херсонський державний аграрно-економічний університет

просп. Університетський 5/2, м. Кропивницький, 25002, Україна

e-mail: nikcm81184@gmail.com

ORCID: 0009-0001-2291-3164

Надійшла 29.05.2024

Мета. Визначити оптимальні строки сівби та густоту стояння рослин в агроценозі гібридів сорго зернового для підвищення врожайності та якості його зерна в зоні Південного Степу України. **Методи.** Польовий — для вивчення впливу різних факторів на ріст, розвиток та врожайність зерна гібридів сорго зернового, лабораторний — визначення якісних показників культури, зокрема вмісту білка та крохмалю в отриманих зразках культури, табличний — систематизації, впорядкування та відображення інформації, графічний — для візуалізації отриманих даних. Наукова програма досліджень передбачала вивчення базисних елементів технології вирощування гібридів сорго зернового та їх впливу на фенологічні й біометричні показники, адаптивні властивості рослин, фітосанітарний стан посівів, насінневу продуктивність та якісні показники культури. З якісних показників зерна сорго досліджували вміст білка (метод мінералізації сульфатною кислотою за наявності каталізатора за Штейном-Муром) і крохмалю (метод розчинення в гарячому розчині соляної кислоти з подальшим вивченням на поляриметрі). **Результати.** За роки досліджень максимальною врожайністю зерна (6,54–6,69 т/га) характеризувалися гібриди сорго зернового Сонцедар і Даш Е за раннього строку сівби і густоти стояння рослин 140–180 тис. шт./га. За пізнього строку сівби ці гібриди сформували найвищу продуктивність — 4,0 т/га за густоти стояння 180 та 220 тис. шт./га. Застосування 0,01%-го розчину бурштинової кислоти як стимулятора росту у фазі формування волоті культури забезпечить приріст урожаю гібридів сорго зернового на 12–15% й пришвидшить дозрівання зерна на 7–8 днів. **Висновки.** Проводити сівбу сорго зернового рекомендується за температури ґрунту 8–10 °С на глибину загортання насіння 2–4 см, що сприятиме оптимальному проростанню та розвитку насіння. Для гібридів Сонцедар і Даш Е рекомендується формувати густо-

ту рослин в агрофітоценозі 140 і 180 тис. шт./га відповідно. За несприятливих агрокліматичних умов рекомендується проводити пізню сівбу. Для цього висівають гібрид Даш Е із густотою 180 тис. шт./га за температури ґрунту 14–16 °С. Пропонується використовувати розчин бурштинової кислоти як стимулятор росту в період формування суцвіття культури, що дасть змогу збільшити зернову продуктивність на 0,6–0,7 т/га. Ці рекомендації ґрунтуються на дослідах і практичному досвіді й можуть бути корисними для сільськогосподарських підприємств, що спеціалізуються на вирощуванні зернових культур в умовах Південного Степу України.

Ключові слова: строки сівби, густина стояння рослин, бурштинова кислота, якість насіння

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202408-08>

Вплив глобального потепління на сільське господарство у світі стає дедалі відчутнішим. Зміни клімату значною мірою впливають на агробізнес, змінюючи оптимальні зони для вирощування багатьох культур, що позначається на структурі посівних площ аграрних підприємств [1]. У сучасних умовах світового аграрного виробництва великого значення набуває перспектива реалізації агробіологічного та виробничого потенціалів соргових культур, їх інтродукції, споживання та промислового використання [2–4].

Зернове сорго — культура, яка має багато переваг. Зерно сорго містить значну кількість поживних речовин, зокрема білків, вуглеводів, вітамінів та мінералів, і є цінним кормом для сільськогосподарських тварин. В умовах посухи сорго має високу врожайність порівняно з ячменем, кукурудзою та горохом. Культура досить стійка до посухи й високих температур, що дуже важливо для вирощування в регіонах з обмеженими ресурсами води. Зерно сорго використовують як сировину для виробництва харчових продуктів для людей і комбікормів для тварин.

Світове виробництво сорго становить майже 60 млн т у рік, хоча фактичну цифру складно визначити, оскільки культуру вирощують у більш ніж 60 країнах [5]. За обсягами вирощування сорго посідає 5-те місце у світі після пшениці, рису, кукурудзи та ячменю, його батьківщиною є Африка. Культура належить до роду однорічних і багаторічних трав'янистих

рослин сімейства злакових. Оскільки сорго теплолюбна й стійка до посухи та спеки культура, її можна успішно вирощувати в усіх кліматичних регіонах планети. Цей злак також добре адаптується до ґрунтових умов вирощування. Сорго є рослиною C4, це означає, що культура ефективно використовує механізм фотосинтезу для збереження запасів води та пристосування до посушливих умов [6, 7].

Соргові культури можуть бути ефективними, урізноманітвивши сівозміну господарств. У зоні Південного Степу з жорсткими ґрунтово-кліматичними умовами, де майже 80% земель розташовані на території з річним випаданням опадів менше 400 мм і сумою ефективних температур 2600–3000 °С, при вирощуванні кукурудзи та інших культур часто не вдається отримувати стабільних урожаїв. Сорго ж стабільно формує високу врожайність — 4–5 т/га, навіть у тих регіонах, де можлива втрата частини врожаю через посуху. Висока адаптивність до різних типів ґрунтів дає змогу сорго реалізувати свій потенціал у регіонах із піщаними та супіщаними ґрунтами (Житомирська, Черкаська, Харківська, Одеська, Херсонська та інші обл.). Ця рослина поліпшує фітосанітарний стан поля, особливо в областях із великим накопиченням у ґрунті вовчка соняшникового, і провокує його проростання до 70%, але паразитувати на цій культурі вовчок соняшниковий не може, через це й гине. Тому сорго є добрим попередником

для вирощування соняшнику. Культура на 30% має меншу потребу в добривах, ніж кукурудза, потребує невеликої кількості азотних добрив. При цьому 40% поглинутого рослиною азоту (N) повертається в ґрунт в органічній формі [8].

Сорго — найпоширеніша зернова культура, особливо в напівпосушливих тропічних регіонах, де спостерігається дефіцит продовольства [9]. Ця культура здатна протистояти високим температурним режимам і тривалим посухам. Для формування 1 кг сухої речовини сорго потребує майже в 1,5 раза менше води, ніж кукурудза, і вдвічі менше, ніж зернові культури. В умовах повного пересихання ґрунту сорго може входити в стан ангідрохорії, що дає змогу йому виживати в умовах нестачі води. У цьому стані сорго припиняє свій ріст і розвиток, зберігаючи ресурси і знижуючи втрату води. В оптимальному середовищі для росту, скажімо, після випадання опадів, культура може швидко відновити свою активність й продовжити ріст і розвиток [10]. Завдяки цій здатності сорго є популярним у зонах із підвищеним ризиком посух та інших несприятливих агрокліматичних умов. Цінність його зумовлена також універсальністю використання, здатністю давати стабільні врожаї, можливістю вирощування на малопродуктивних ґрунтах [11]. Проте врожайність сорго зернового в Україні поки що залишається на низькому рівні, тому слід удосконалювати технологію вирощування цієї культури [12].

Правильне застосування і дотримання технології вирощування зерна сорго сприяють поліпшенню якісних показників сорго зернового, не збільшуючи загалом витрати на технологію культивування [13–16]. Вивчення оптимальних методів вирощування сорго, включаючи вибір перспективних сортів і гібридів, оптимальні технології обробітку ґрунту, поливу та добрив, також є важливим аспектом досліджень.

Вирощування зернового сорго може бути важливим напрямом розвитку сільського господарства, особливо в умовах зміни клімату та посушливих регіонах.

Мета досліджень — визначити оптимальні строки сівби та густоту стояння

рослин в агроценозі гібридів сорго зернового в зоні Південного Степу України для підвищення врожайності та якості зерна за обробки бурштиновою кислотою.

Матеріали і методи досліджень. Досліди проводили на неполивних землях Херсонського державного аграрно-економічного університету в 2015–2020 рр. Ґрунти — темно-каштанові, середньосуглинкові, слабосолонцюваті. Клімат регіону — помірно спекотний, дуже посушливий, характеризується значними ресурсами тепла, недостатньою кількістю опадів, особливо в літній період, і нерівномірним розподілом їх упродовж року.

Трифакторний польовий дослід було закладено методом рандомізованих розщеплених ділянок. Усі основні й допоміжні дослідження, спостереження та вибір зразків проводили в 4-разовій повторності. Посівна площа ділянок — 56,0 м, облікова — 33,6 м.

У польовому досліді вивчали такі фактори та їх варіанти: фактор А — гібриди зернового сорго: Сонцедар, Прайм, Бургго, Спринт W, Даш Е, Таргга; фактор В — густина стояння рослин в агроценозі на момент повних сходів, 100, 140, 180, 220 тис. шт./га; фактор С — строки сівби: ранній (за температури ґрунту 8–10 °С на глибину загортання насіння 2–4 см); пізній — за температури ґрунту 14–16 °С.

Наукова програма досліджень передбачала вивчення базисних елементів технології вирощування гібридів сорго зернового та їх впливу на фенологічні й біометричні показники, адаптивні властивості рослин, фітосанітарний стан посівів, насінневу продуктивність та якісні показники культури (уміст білка та крохмалю). Уміст білка визначали методом мінералізації сульфатною кислотою з каталізатором за Штейном-Муром. Цей метод сприяє перетворенню органічного білка в зразку в азотні сполуки, які кількісно визначають. Такий підхід дає змогу отримати точний результат щодо вмісту білка в зерні сорго. Для визначення вмісту крохмалю використовували метод його розчинення в гарячому розчині соляної кислоти з подальшим дослідженням на поляриметрі.

Результати досліджень. Сорго — унікальна злакова рослина за своїми біологічними особливостями і господарськими ознаками. Основними його перевагами є виняткова посухостійкість, солевитривалість, висока продуктивність. Під час сильної посухи в корінні утворюється захисний кремнієвий шар, що оберігає його від висихання. За ґрунтових і повітряних посух сорго припиняє ріст і переходить в анабіотичний стан. При цьому життєві процеси гальмуються, але рослина здатна в будь-який момент за відповідних умов їх активізувати.

Агротехніка вирощування сорго зернового в польовому досліді — загальноприйнята для цієї зони, за винятком окремих технологічних аспектів (гібрид, густота стояння, строк сівби, бурштинова кислота). Попередником гібридів сорго зернового була пшениця озима. Після її збирання проведено 2 луцення стерні дисковою бороною АГД-3 на глибину 10–12 см з інтервалом 14 діб, що сприяло знищенню значної кількості сходів бур'янів, заробленню післяжнивних решток. Після 2-го луцення перед оранкою вносили мінеральні добрива у вигляді карбаміду й гранульованого суперфосфату. Під основний обробіток ґрунту додавали 1/3 загальної норми азотних (N_{20}) і повну норму фосфорних добрив (P_{60}). Заробляли добрива за основного обробітку ґрунту на глибину 24–26 см плугом ПОН-5-40.

Весняний комплекс робіт розпочинали з ранньовесняного боронування за фізичної стиглості ґрунту, проводили суцільну культивування на глибину 10–12 см з унесенням 2/3 норми азотних добрив (N_{40}). Ґрунтовий гербіцид BASF Фронт'єр® Оптіма (1,2 л/га) вносили в передпосівну культивування, яку здійснювали на глибину 6–8 см.

Сівбу проводили в I декаді травня сівалкою Vaderstad TPL16 на глибину 6–8 см із нормами висіву згідно зі схемою досліду. У фазі 3–6 листків посіви сорго обробляли гербіцидом Пік (0,02 л/га), при утворенні генеративних органів проти шкідників — інсектицидом Фастак (0,3 л/га). Під час вегетації виконували міжрядні обробітки, урожай збирали у варіантах досліду

за вологості зерна 15–16% комбайном SAMPO COMIA. Урожайність товарної кондиційної продукції — підсумковий показник, за яким слід проводити об'єктивний аналіз ефективності та доцільності застосування певного агрозаходу, дієвості конкретного елементу видової чи сортової технології.

Аналіз впливу генетичних властивостей гібридів культури, густоти стояння рослин в агрофітоценозі та строку проведення сівби зернового сорго показав, що характер і значущість залежностей основних фенологічних і біометричних показників росту, розвитку та врожайності культури збереглися. Це вплинуло на підсумковий показник — урожайність та якість зерна сорго, за яким було проведено оцінювання зазначених елементів технології.

Урожайність зерна сорго, приведеного до базисних кондицій, за варіантами досліду в середньому за роки досліджень наведено в табл. 1.

За наведеними вище даними, максимальний вплив на формування зернової продуктивності сорго в досліді мав фактор строку сівби. У всіх варіантах гібридів культури і густоти стояння рослин в агроценозі врожайність зерна сорго, отримана за раннього строку сівби, була вищою, ніж за пізнього в середньому на 2,29 т/га, або на 49,3%. Це свідчить про перевагу висівання культури в ранні строки завдяки створенню оптимальніших умов для росту і розвитку рослин, передусім — поліпшенню вологозабезпечення агрофітоценозу. За сівби культури при температурі ґрунту 8–10 °C на глибину загортання насіння 2–4 см гібрид Сонцедар сформував максимальну зернову продуктивність 6,54 т/га за густоти стояння рослин 140 тис. шт./га, середня врожайність за варіантом густоти стояння становила 5,46 т/га.

Істотно вищим рівнем зернової продуктивності характеризувався гібрид Даш Е: у варіанті із загущенням 180 тис. шт./га у середньому за роки досліджень було отримано 5,68 т/га зерна, що (як і його середня врожайність за фактором В — 5,68 т/га) є найвищим показником із досліджуваних гібридів.

1. Урожайність зерна гібридів сорго зернового за різних строків сівби і густоти стояння рослин, т/га

Гібрид (фактор А)	Густота посівів, тис. шт./га (фактор В)			
	100	140	180	220
<i>8–10°C (фактор С)</i>				
Сонцедар	5,64	6,54	4,88	4,79
Прайм	3,20	4,54	4,62	3,83
Бургго	4,38	5,50	5,00	4,29
Спринт W	2,96	2,93	3,16	3,49
Даш Е	4,55	6,23	6,69	5,26
Таргга	3,83	4,98	5,60	4,58
<i>14–16°C (фактор С)</i>				
Сонцедар	2,67	2,18	2,29	2,05
Прайм	1,75	2,43	1,70	1,60
Бургго	1,93	2,39	1,94	2,28
Спринт W	1,43	1,39	1,25	1,45
Даш Е	3,29	3,52	3,96	3,96
Таргга	2,59	2,61	3,20	2,64

Основними показниками якості зерна сорго, що зумовлюють придатність і вектор використання певних гібридів, є вміст у них перетравного протеїну (харчовий і кормовий напрям використання) і крохмалю (виробництво біоетанолу). Результати дослідження вмісту протеїну в зерні гібридів зернового сорго наведено на рис. 1.

Уміст у зерні культури протеїну в середньому становить 10,8%, тому його можна застосовувати як повноцінну сировину для харчової переробки і високоживного кормового інгредієнта. За

максимальним значенням цього показника у випробуванні виділяють гібриди Прайм і Даш Е (відповідно 11,3 і 11,1% протеїну в зерні).

Принциповим показником, за яким оцінюють придатність зерна сорго для подальшої технологічної переробки, є вміст у ньому полісахаридів, передусім крохмалю. Вважається, що за вмісту крохмалю 55–60% сировина є придатною для наступного технологічного циклу переробки щодо економічної доцільності та ефективності отримання кінцевого продукту. На

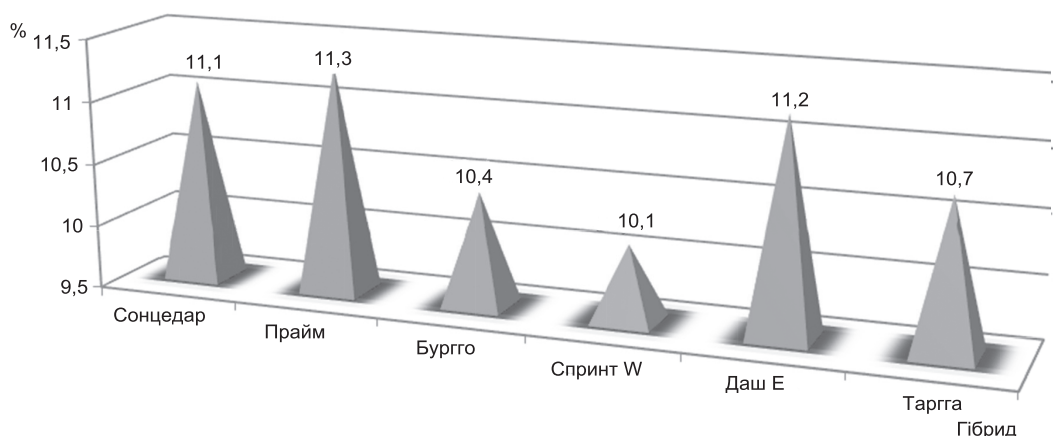


Рис. 1. Уміст протеїну в зерні гібридів сорго зернового, %

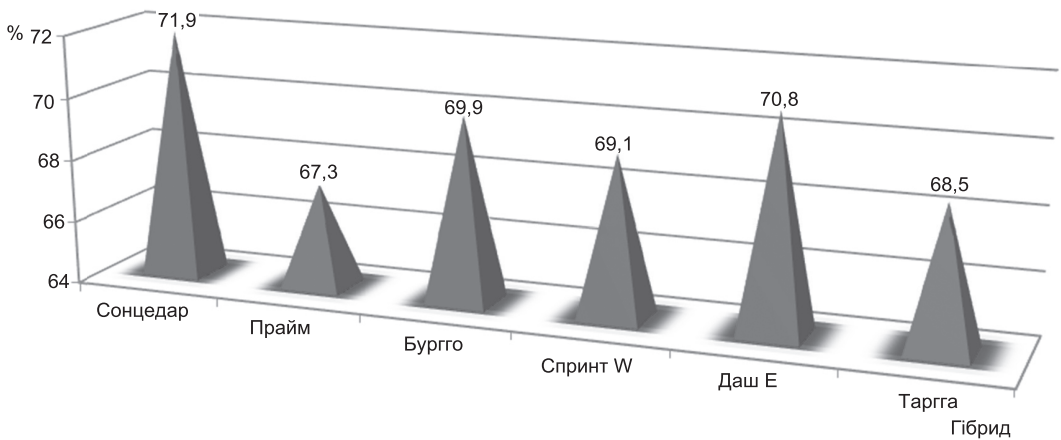


Рис. 2. Уміст крохмалю в зерні гібридів сорго зернового, %

рис. 2 показано вміст крохмалю в зерні досліджуваних гібридів культури.

Наведені дані свідчать про те, що товарне зерно всіх гібридів, залучених до комплексного агробіологічного оцінювання, є придатним і перспективним для подальшого технологічного використання. Максимальний уміст крохмалю в зерні гібрида Сонцедар у середньому за роки досліджень становив 71,9%.

Для підвищення кількісно-якісних показників урожайності гібридів сорго зернового після «анабіотичного стану» та для поліпшення комплексу адаптивних властивостей культури застосовують сполуки, які регулюють ріст і позитивно впливають на ростові процеси та механізм утворення і накопичення запасних

речовин (цукрів, жиру, білка).

З метою об'єктивного дослідження ефективності впливу зазначеного стимулятора росту на кількісно-якісні показники врожаю гібридів сорго зернового (з урахуванням мінімальної норми його внесення — 30–40 г/га) у схему дослідів нами було додатково введено варіант фоновому контролю — обробку чистою водою, яка позитивно впливала на продуктивність культур.

За результатами досліджень, обробка рослин сорго зернового за раннього строку сівби 0,01%-м розчином бурштинової кислоти в період формування суцвіть виявилася високоефективним заходом, спрямованим на підвищення зернової продуктивності культур (табл. 2).

2. Вплив обробки стимулятором росту на врожайність зерна гібридів сорго зернового за раннього строку сівби (t ґрунту 8–10°C), т/га

Гібрид (фактор А)	Спосіб обробки рослин (фактор В)				
	без обробки — контроль	чиста вода — фон	± до контролю	0,01%-й — розчин бурштинової кислоти	± до контролю
Сонцедар	4,88	4,95	0,07	5,60	0,72
Прайм	4,62	4,71	0,09	5,28	0,66
Бургго	5,00	5,07	0,07	5,75	0,75
Спринт W	3,16	3,25	0,09	3,57	0,41
Даш Е	6,69	6,75	0,06	7,51	0,82
Таргга	5,60	5,65	0,05	6,34	0,74

У середньому за роки досліджень на ділянках із застосуванням стимулятора росту врожайність зерна культури становила 5,67 т/га, з обробкою рослин чистою водою — 5,06 т/га, на контрольних ділянках — 4,99 т/га. Це свідчить про істотний позитивний вплив на врожайність сорго зернового застосування регулятора росту, відзначено також освіжаючу дію води на формування генеративної частини врожаю рослин.

Застосування 0,01%-го розчину бурштинової кислоти сприяло підвищенню насінневої продуктивності культури порівняно з необробленим контрольним варіантом: гібрида Сонцедар — на 0,72 т/га, або 12,9%; Прайм — 0,66, або 12,5%; Бургго — 0,75, або 13,0%; Спринт W — 0,41, або 11,5%; Даш Е — на 0,82 т/га, або 10,9%. На ділянках, де висівали гібрид Таргга, приріст урожаю становив 0,74 т/га, або 11,7%.

Висновки

Сільськогосподарським підприємствам зони Південного Степу України, спеціалізованим на виробництві зернових культур, рекомендовано сівбу сорго зернового проводити за температури ґрунту 8–10 °С на глибину загортання насіння 2–4 см із густиною рослин в агрофітоценозі 140 тис. шт./га (гібрид Сонцедар) та 180 тис. шт./га (Даш Е). У разі несприятливих агрокліматичних умов, що унеможлиблює проведення сівби культури в оптимальний термін, її можна здійснити в пізній строк за температури ґрунту 14–16 °С, висіваючи гібрид Даш Е із густиною 180 тис. шт./га. Застосування за раннього строку сівби

як стимулятора росту 0,01%-го розчину бурштинової кислоти в період формування суцвіття культури є обов'язковим технологічним елементом, що дає можливість на 0,6–0,7 т/га підвищити зернову продуктивність культури.

Для адаптації сільськогосподарських культур до змін клімату потрібно створювати стійкі до змін клімату сорти та гібриди рослин, застосовувати системи зрошення та поливу, удосконалювати методи обробки ґрунту та ефективно управляти ресурсами. Важливо також проводити наукові дослідження та впроваджувати сучасні технології для оптимізації виробництва.

Boiko M.

Kherson State Agrarian and Economic University,
5/2 Universytetskyi Prospekt, Kropyvnytskyi,
Ukraine, 25002; e-mail: nikcm81184@gmail.com;
ORCID: 0009-0001-2291-3164

Increasing the yield and grain quality of grain sorghum hybrids in the Southern Steppe zone of Ukraine

Goal. To determine the optimal sowing dates and plant density in the agrocenosis of grain sorghum hybrids to increase the yield and quality of its grain in the Southern Steppe zone of Ukraine.

Methods. Field — to study the influence of various factors on the growth, development, and grain yield of grain sorghum hybrids; laboratory — to determine the quality indicators of the culture, in particular, the content of protein and starch in the obtained culture samples; tabular — to systematize, organize and display information; graphic — to visualize the obtained data. The

scientific research program included the study of the basic elements of grain sorghum hybrid cultivation technology and their influence on phenological and biometric indicators, adaptive properties of plants, the phytosanitary status of crops, seed productivity, and quality indicators of culture. From the quality indicators of sorghum grain, the content of protein (method of mineralization with sulfuric acid in the presence of a catalyst according to Stein-Moore) and starch (method of dissolution in a hot solution of hydrochloric acid with subsequent study on a polarimeter) was studied. **Results.** During the years of research, the maximum grain yield (6.54–6.69 t/ha) was characterized for hybrids of grain sorghum Sontsedar and Dash E at an early sowing period and plant stand density of 140–180 thousand plants/ha. During the late sowing period, these hybrids produced the highest productivity — 4.0 t/ha at stand densities of 180 and 220,000 plants/ha. The use of a 0.01% solution of succinic acid as a growth stimulator in the

panicle formation phase of the culture ensured an increase in the yield of grain sorghum hybrids by 12–15% and accelerated grain ripening by 7–8 days. **Conclusions.** It is recommended to sow grain sorghum at a soil temperature of 8–10°C and seed wrapping depth of 2–4 cm, which will contribute to optimal seed germination and development. For hybrids Sontsedar and Dash E, it is recommended to form a density of plants in the agrophytocenosis of 140 and 180 thousand plants/ha, respectively. Under unfavorable agro-climatic conditions, late sowing is recommended. For this, the Dash E hybrid is sown at a

density of 180,000 plants/ha at a soil temperature of 14–16°C. It is proposed to use a solution of succinic acid as a growth stimulator during the formation of the inflorescence of the crop, which will make it possible to increase grain productivity by 0.6–0.7 t/ha. These recommendations are based on experiments and practical experience and can be useful for agricultural enterprises specializing in the cultivation of grain crops in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

Key words: sowing time, plant stand density, succinic acid, seed quality

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202408-08>

Бібліографія

1. Базалій В.В., Бойко М.О., Алмашова В.С., Онищенко С.О. Рослинницькі аспекти та агро-екологічні засади вирощування сорго зернового на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 91. С. 3–6.
2. Boiko M.O. The impact of crop density and sowing time on the yield structure of grain sorghum hybrids. *Sciences of Europe: Global science center LP*. 2016. V. 4, № 5. P. 62–65.
3. Бойко М.О. Вплив густоти посіву та строків сівби на продуктивність гібридів сорго зернового в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2016. Вип. 3 (91). С. 96–104.
4. Бойко М.О. Формування асиміляційного апарату гібридів сорго зернового в залежності від строків сівби та густоти посівів. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 97. С. 18–22.
5. Чому вигідно вирощувати сорго в 2024. URL: <https://agroexp.com.ua/uk/pochemu-vygodno-vyrashchivat-sorgo#2>
6. Miri K., Rana D.S., Rana K.S., Kumar A. Productivity, nitrogen-use efficiency and economics of sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes as influenced by different levels of nitrogen. *Indian j. of Agronomy*. 2012. 57(1). P. 49–54.
7. Dahlberg J. The Role of Sorghum in Renewables and Biofuels. Sorghum. *Methods in Molecular Biology*. 2019. V. 1931. P. 269–277. doi: 10.1007/978-1-4939-9039-9_19
8. Сорго: нові можливості для вашої сівозміни. 2023. URL: <https://lidea-seeds.com.ua/news/sorho/novi-mozhlyvosti-dlya-vashoyi-sivozminy>
9. Vegna O. Effect of Striga Species on Sorghum (*Sorghum Bicolor* L Moench) Production and its Integrated Management Approaches. *International J. of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)*, 2021. 7(7): 10–22. doi: 10.20431/2454-6224.0707002
10. Hussein M.A., Antille D.L., Kodur S. et al. Controlled traffic farming effects on productivity of grain sorghum, rainfall and fertiliser nitrogen use efficiency. *J. of Agriculture and Food Research*. 2021. 3, Article 100–111. doi: 10.1016/j.jafr.2021.100111
11. Федорчук М.І., Коваленко О.А., Гавриш В.І. та ін. Енергетична оцінка технології вирощування сорго в умовах півдня Миколаївської області. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 4. doi: 10.31521/2313-092X/2020-4(108)
12. Титаренко О.С., Карпук Л.М. Ефективність вирощування сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. *Новітні агротехнології*. 2021. № 9. doi: 10.47414/na.9.2021.259698
13. Іваніна В.В., Пашинська К.Л., Костащук М.В. Вплив добрив на врожайність та якість зерна сорго зернового. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204801>
14. Abdelhalim T.S., Kamal N.M., Amro B.H. Nutritional potential of wild sorghum: Grain quality of Sudanese wild sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Food Sci. Nutr.* 2019. V. 7. Iss. 4. P. 1529–1539. doi: 10.1002/fsn3.1002
15. Ahmed S.O., Abdalla A.W.H., Inoue T. et al. Nutritional quality of grains of sorghum cultivar grown under different levels of micronutrients fertilization. *Food Chemistry*. 2014. 159. P. 374–380. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.03.033
16. Каленська С.М., Найденко В.М. Якісний склад зерна сорго залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 105. С. 82–89.