

УДК 633.17:631.53.01(477.47/.48)

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-7>

Войняк О. А.

аспірант кафедри рослинництва,
Уманський національний університет
Умань, Україна
ORCID: 0009-0003-7617-7494

Кравченко В. С.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент, завідувач кафедри рослинництва,
Уманський національний університет
Умань, Україна
E-mail: vitalii_12@ukr.net
ORCID: 0000-0003-4873-5367

ВПЛИВ ГУСТОТИ СТОЯННЯ СОРГО ЦУКРОВОГО НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ В УМОВАХ ЗОНИ ПІВДЕННОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

Мета цього дослідження – визначити вплив густоти стояння сорго цукрового на формування біометричних показників у зоні Південного Лісостепу України з урахуванням сортових особливостей, норм висіву та варіантів позакореневого підживлення. Особливу увагу приділено виявленню оптимальних агротехнічних параметрів, які сприяють формуванню максимальної густоти стояння рослин у фазі повної стиглості, що є критично важливим чинником підвищення врожайності.

Полюві дослідження проводились упродовж 2023–2025 рр. у Полтавській та Вінницькій областях. Було реалізовано багатofакторний експеримент за схемою $4 \times 4 \times 4$ з чотирикратною повторюваністю, що включає фактори: сорт (4 варіанти), норма висіву (70, 100, 130, 160 тис. насінин/га) та варіанти позакореневого підживлення (контроль, біопрепарат, мікродобриво, комбінація). Використано методику ДСТУ 7169:2010, шкалу ВВСН для фенологічного аналізу, а також програму забезпечення Excel та Agrostat для статистичної обробки.

Встановлено, що густина стояння у фазі повної стиглості істотно залежала від погодних умов, норми висіву, сорту й застосованого підживлення. У сприятливіших умовах Вінницької області густина стояння була стабільно вищою, ніж у Полтавській. Сорт Медовий забезпечував найвищу густоту (до 140 тис. рослин/га за норми висіву 160 тис. та комбінованому підживленні). Натомість Сило 700 Д показав нижчу здатність до збереження рослин. Встановлено, що застосування біопрепаратів і мікродобрив покращувало густоту на 5–9% порівняно з контролем. У Полтавській області вищі втрати були пов'язані з пиловою ерозією та нестачею вологи. Сортіві особливості суттєво впливали на збереження рослин: Медовий і Троїстий мали найвищу стабільність густоти у різних умовах.

Для формування оптимальної густоти стояння сорго цукрового необхідно враховувати як агрокліматичні умови, так і сортові особливості. Найефективнішими є сорти з високою енергією проростання та стійкістю до стресових факторів, зокрема Медовий і Троїстий. Оптимальною нормою висіву для більшості сортів є 130–160 тис. насінин/га у поєднанні з позакореневим підживленням. Результати підтверджують доцільність регіоналізації агротехнологій під час вирощування сорго цукрового з метою стабільного формування густих посівів та підвищення врожайності.

Ключові слова: цільність посіву, фаза повної стиглості, сортова реакція, позакореневе підживлення, біометричні показники, агроекологічні умови, вітрова ерозія, оптимізація технологій.

Вступ. Проблема, порушена у статті, полягає в не досить вивченому впливі густоти стояння сорго цукрового на його біометричні показники в умовах різних регіонів Південного Лісостепу України. Незважаючи на наявність загальних рекомендацій щодо норм висіву [1–14] практичне забезпечення оптимальної густоти стояння рослин залишається актуальним завданням, оскільки цей показник визначає рівень конкуренції між рослинами за вологу, світло й елементи живлення, а також значною мірою впливає на ріст, розвиток і врожайність сорго. Особливої актуальності проблема набуває з огляду на регіональні агрокліматичні відмінності та необхідність адаптації агротехнологій до конкретних умов вирощування. У відповідності до праць [1–13] густина стояння рослин є одним із ключових агротехнічних параметрів, що істотно впливає на формування біометричних та продуктивних показників сорго цукрового.

На узагальненому рівні поняття «густина стояння рослин» як агрономічний термін сформувався поступово впродовж розвитку сільськогосподарської науки, і конкретна особа, якій приписують його «винахід», у класичному розумінні відсутня. Зокрема, в праці [5] наголошується, що це поняття виникло як природна потреба кількісного визначення щільності рослин у посівах для аналізу їх росту, розвитку та врожайності.

Із праці [3] відомо, що в першій половині ХХ століття, коли наука про рослинництво почала активно впроваджувати методи систематичних агрономічних досліджень, багато вчених загалом звертали увагу на вплив щільності посіву на продуктивність культур. Відображаються перші спроби кількісно визначити параметри розміщення рослин у посівах. Однак чітке формулювання поняття та стандартизація терміна «густота стояння» як показника, що позначає кількість рослин на одиницю площі впродовж вегетації (з урахуванням втрат сходів і збереження рослин), сформувалися у другій половині ХХ століття в агрономічній літературі (такий термін широко використовувався у фахових наукових виданнях і навчальних посібниках із рослинництва, агрохімії та селекції). В українській науковій школі поняття «густота стояння» набуло конкретного значення у дослідженнях з агротехніки, в 1970–2000-х роках систематично досліджували вплив густоти стояння на продуктивність зернових і технічних культур, включно із сорго цукровим [9]. Як бачимо, на узагальненому рівні поняття «густота стояння рослин» є результатом еволюції агрономічної науки, що розвивалася на основі практичних потреб і досліджень багатьох учених протягом ХХ століття. Натомість у сучасних агрономічних дослідженнях це поняття трактується як фактична кількість рослин, що збереглися на одиниці площі (тис. рослин/га) до певної фази розвитку культури, переважно до збирання врожаю. Також варто відзначити, що згідно з працею [10] «густота стояння», на відміну від норми висіву, є інтегральним показником, що враховує не лише початкову кількість висіяного насіння, а і схожість, стійкість рослин до стресових чинників, ураження хворобами, вплив погодно-кліматичних умов, якість передпосівної підготовки та агрофон загалом. Щодо сорго цукрового українські науковці [1–7] наголошують, що для забезпечення максимальної врожайності надзвичайно важливим є досягнення оптимальної густоти стояння, яка повинна узгоджуватись із біологічними особливостями сорту або гібриду.

Також варто відзначити, що від густоти стояння рослин цукрового сорго значною мірою залежать темпи його росту, розвиток вегетативної маси та загальне формування врожаю, оскільки цей показник безпосередньо регулює рівень конкуренції за такі життєво важливі ресурси, як волога, світло та елементи мінерального живлення. Оптимальне просторове розміщення рослин забезпечує не лише повноцінне фотосинтетичне функціонування кожної окремої рослини, а і сприяє формуванню більшої кількості генеративних органів та підвищенню врожайності. На практиці густота стояння розглядається як один із ключових агротехнічних чинників, що визначає ефективність функціонування агроценозу сорго цукрового загалом [7].

Мета роботи – встановити вплив різних рівнів густоти стояння рослин сорго цукрового на формування біометричних показників у зоні Південного Лісостепу України з урахуванням сортових особливостей, норм висіву та варіантів позакореневого підживлення, а також визначити оптимальні агротехнічні параметри для забезпечення максимальної густоти стояння у фазі повної стиглості з метою підвищення врожайності культури в конкретних регіональних умовах.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили упродовж 2023–2025 рр. на дослідних полях, розташованих у межах Південного Лісостепу України, для Полтавської області (с. Юрівка) та Вінницької області (с. Агрономічне)). У ході дослідження умов вирощування сорго цукрового для вибраних місць виконувались дослідження із чотирикратною повторюваністю, при цьому варіанти розміщено за рендомізованою схемою. Площа однієї дослідної ділянки становила 50 м², а облікової – 25 м². Спостереження за ростом і розвитком рослин «сорго цукрового» у процесі дослідження проводили з дотриманням чинних державних стандартів і методичних рекомендацій, затверджених в Україні для агрономічних досліджень. Основою для організації дослідної роботи слугує державний стандарт ДСТУ 7169:2010 «Методика проведення польових досліджень з сільськогосподарськими культурами», який регламентує принципи планування дослідів, закладання ділянок, повторюваність, рендомізацію варіантів, а також методику спостережень і статистичну обробку результатів. Цей стандарт передбачає використання репрезентативної кількості рослин у межах кожної облікової ділянки та встановлює вимоги до кількості повторень для забезпечення достовірності результатів. Фенологічні спостереження проводили на основі адаптованої до українських умов міжнародної шкали ВВСН (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie), яка дозволяє уніфікувати облік фаз розвитку культур: проростання, появу сходів, кушіння, вихід у трубку, формування волоті, цвітіння, налив зерна, воскову та повну стиглість. Ця шкала є рекомендованою до використання в наукових дослідженнях, затверджена в низці нормативних документів НААН України та підтримується профільними науковими інститутами. Методологічно дослідження базується на сучасних підходах, що поєднують традиційні агрономічні методики з використанням комп'ютерного аналізу результатів (програми Excel, Agrostat), що дає змогу математично моделювати і прогнозувати ефективність вирощування сорго за різних технологічних сценаріїв. Таким чином, дослідження не лише надає важливі наукові висновки, а й закладає основу для практичного впровадження ефективних агротехнологій у виробництво, орієнтоване на підвищення урожайності та стійкості агросистем.

Виклад основного матеріалу дослідження. В табл. 1 наведено дані щодо застосованої схеми польового дослідження вирощування сортів сорго цукрового (4 × 4 × 4, чотириразова повторність).

Схема досліді була реалізована у форматі 4 × 4 × 4 з чотирикратною повторюваністю (загалом 256 варіантів), є прикладом комплексного та глибокого підходу до агрономічного дослідження. Такий підхід дозволяє одночасно оцінити вплив трьох важливих факторів: генетичного (сорт сорго), технологічного (норма висіву) та агрохімічного (позакоренево підживлення). Завдяки цьому дослідження охоплює як окрему дію кожного з факторів, так

Таблиця 1. Дані щодо застосованої схеми польового дослідження вирощування сортів сорго цукрового (4 × 4 × 4, чотириразова повторність)

| Фактор | Позначення | Рівень / варіант | Опис |
|-------------------------------------|----------------|---------------------------|--|
| Фактор А – Сорт | A ₁ | Сило 700 Д (еталон) | Середньостиглий гібрид, висока цукристість |
| | A ₂ | Фаворит | Високий вміст цукрів, адаптивність до посухи |
| | A ₃ | Медовий | Цукристий, швидке нарощування зеленої маси |
| | A ₄ | Троїстий | Універсальний, придатний для силосу та біопалива |
| Фактор В – Норма висіву | B ₁ | 70 тис. насінин/га | Розріджені посіви |
| | B ₂ | 100 тис. насінин/га | Середня густина |
| | B ₃ | 130 тис. насінин/га | Контрольна норма |
| | B ₄ | 160 тис. насінин/га | Загущені посіви |
| Фактор С – Позакореневе підживлення | C ₁ | Контроль (вода) | Обприскування чистою водою, без препаратів |
| | C ₂ | Біокомплекс-БТУ (2 л/га) | Біопрепарат з бактерійним комплексом |
| | C ₃ | Мікродобрива «Квантум» | Бор Актив + Хелат Цинку + АкваСил + АміноМакс |
| | C ₄ | Біокомплекс-БТУ + Квантум | Комбіноване внесення біопрепарату і мікродобрив |

і їхні взаємодії, зокрема, як різні сорти реагують на зміни густоти стояння рослин і використання біопрепаратів чи мікродобрив.

В табл. 2. наведено дані (середнє за 2023–2025 рр.) щодо густоти стояння рослин сорго цукрового у фазу повної стиглості для обраних дослідних полів.

У процесі дослідження густоти стояння рослин цукрового сорго у фазу повної стиглості в умовах Південного Лісостепу України, зокрема на дослідних ділянках у Полтавській області (с. Юрівка) та Вінницькій області (с. Агрономічне), було встановлено суттєві регіональні відмінності, які пояснюються агрокліматичними, ґрунтовими та метеорологічними умовами зазначених місцевостей. У Полтавській області спостерігається дещо нижча густина стояння рослин порівняно з Вінницькою. Так, за однакових норм висіву та видів підживлення (контроль, біопрепарат БК, мікродобриво Квантум, або їх комбінація) середні показники густоти стояння у Юрівці були на 1,5–3,0 тис. шт./га менші. Це пов'язано з вищим індексом пилової ерозії (від 11,3 до 19,2 за 2023–2025 рр.) та більшими середніми швидкостями вітру (до 3,1 м/с). Унаслідок цього спостерігались вищі втрати сходів на ранніх фазах розвитку, особливо за нижчих норм висіву (70 та 100 тис. шт./га), коли відсоток виживання був найменшим. Крім того, у Юрівці частіше фіксувалось зниження густоти у роки з посушливими умовами (2023, 2025), що узгоджується з даними про сумарну кількість опадів і дефіцит вологи у вегетаційний період. Натомість у Вінницькій області (с. Агрономічне) умови були сприятливішими для формування більш стабільної густоти стояння. Це пов'язано з кращим зволоженням ґрунтів, вищим вмістом гумусу та нижчими показниками пилової ерозії (9,5–16,4), що зменшує механічне пошкодження сходів. Вітер у регіоні слабший (2,7–2,8 м/с), що також позитивно впливає на виживаність молодих рослин. Як результат навіть за контрольного варіанта без додаткового підживлення у разі норми висіву 70 тис. шт./га спостерігалась густина до 59 тис. шт./га, що на 3–4 тис. шт./га більше, ніж у Юрівці.

Також варто зазначити, що реакція рослин на підживлення в обох регіонах була позитивною, проте у Вінницькій області вона проявлялась більш виражено. Застосування комбінації біопрепарату БК та мікродобрива Кв призводило до збільшення густоти на 7–9 % порівняно з контролем, тоді як у Полтавській області цей приріст становив переважно 5–7 %, а це свідчить про те, що ефективність біологічних препаратів і добрив значною мірою залежить від загального агроекологічного фону.

Загалом, наведені результати дозволяють зробити висновок, що умови вирощування у Вінницькій області є більш сприятливими для формування щільніших посівів сорго цукрового, особливо за умов використання сучасних агротехнологій та біологічних стимуляторів росту. Водночас у Полтавській області досягнення аналогічних показників густоти стояння потребує ретельнішого вибору строків сівби, захисту посівів від ерозії та оптимального внесення регуляторів росту. Аналіз густоти стояння рослин цукрового сорго за 2023–2025 роки у двох регіонах Південного Лісостепу України – Полтавській області (с. Юрівка) та Вінницькій області (с. Агрономічне) – свідчить про наявність помітних сортових відмінностей у показниках збереження рослин до фази повної стиглості. Розглянуті сорти та гібриди – Сило 700 Д, Фаворит, Медовий і Троїстий – по-різному реагували як на умови вирощування, так і на застосування різних агротехнічних заходів, що проявилось у варіаціях густоти стояння за однакових норм висіву. Сорт Медовий стабільно демонстрував найвищу густоту стояння рослин у всіх варіантах дослідів та в обох регіонах. Його показники перевищували інші сорти на 1,0–2,0 тис. рослин/га, особливо за умов підживлення біопрепаратами або їх комбінацією з мікродобривами. Це свідчить про високу енергію проростання, добру адаптацію до вологого середовища та підвищену стійкість до зовнішніх абіотичних чинників, зокрема температурних коливань і нестачі вологи на початкових етапах росту. У Вінницькій області густина стояння Медового за норми висіву 160 тис. шт./га і застосування БК+Кв сягала понад 140 тис. рослин/га, що є найвищим показником серед усіх сортів. Гібрид Фаворит займав проміжне положення за показниками

Таблиця 2. Дані (середнє за 2023–2025 рр.) щодо густоти стояння рослин сорго цукрового у фазу повної стиглості для обраних дослідних полів

| Норма висіву (тис. шт./га) | Підживлення | Сило 700 Д | Фаворит | Медовий | Троїстий |
|--|-------------|------------|---------|---------|----------|
| Густота стояння рослин сорго цукрового у фазу повної стиглості в Полтавській області (с. Юрівка), середнє за 2023–2025 рр. | | | | | |
| 70 | Контроль | 54,1 | 55,6 | 56,0 | 55,4 |
| | БК | 56,3 | 57,4 | 58,5 | 58,0 |
| | Кв | 57,6 | 58,6 | 59,8 | 59,1 |
| | БК + Кв | 59,0 | 60,4 | 61,2 | 60,6 |
| 100 | Контроль | 80,4 | 81,6 | 82,5 | 81,9 |
| | БК | 82,3 | 83,4 | 84,7 | 84,0 |
| | Кв | 83,5 | 85,1 | 86,0 | 85,3 |
| | БК + Кв | 85,6 | 87,0 | 88,1 | 87,5 |
| 130 | Контроль | 105,3 | 106,8 | 107,6 | 106,9 |
| | БК | 107,6 | 108,9 | 110,0 | 109,2 |
| | Кв | 109,1 | 110,6 | 112,1 | 111,4 |
| | БК + Кв | 111,5 | 112,9 | 114,3 | 113,5 |
| 160 | Контроль | 126,5 | 127,9 | 129,0 | 128,3 |
| | БК | 128,6 | 130,1 | 131,0 | 130,3 |
| | Кв | 130,4 | 132,0 | 133,2 | 132,5 |
| | БК + Кв | 132,7 | 134,1 | 135,6 | 134,9 |
| Густота стояння рослин сорго цукрового у фазу повної стиглості у Вінницькій області (с. Агрономічне), середнє за 2023–2025 рр. (з урахуванням підвищеного вітру та пилової ерозії) | | | | | |
| 70 | Контроль | 56,8 | 58,2 | 59,0 | 58,5 |
| | БК | 58,9 | 60,3 | 61,4 | 61,0 |
| | Кв | 60,2 | 61,8 | 62,9 | 62,3 |
| | БК + Кв | 62,4 | 63,9 | 64,7 | 64,1 |
| 100 | Контроль | 83,1 | 84,7 | 85,3 | 84,8 |
| | БК | 85,3 | 86,8 | 87,9 | 87,4 |
| | Кв | 86,6 | 88,3 | 89,5 | 88,9 |
| | БК + Кв | 88,7 | 90,0 | 91,1 | 90,5 |
| 130 | Контроль | 109,7 | 111,1 | 112,3 | 111,5 |
| | БК | 111,8 | 113,3 | 114,6 | 113,8 |
| | Кв | 113,2 | 114,7 | 116,0 | 115,2 |
| | БК + Кв | 115,4 | 117,0 | 118,2 | 117,5 |
| 160 | Контроль | 132,1 | 133,5 | 134,8 | 134,1 |
| | БК | 134,3 | 135,9 | 137,0 | 136,3 |
| | Кв | 135,9 | 137,4 | 138,6 | 137,9 |
| | БК + Кв | 138,0 | 139,6 | 140,9 | 140,2 |

Примітка: Контроль – обробка водою, БК – Біокомплекс-БТУ, Кв – комплекс мікродобрив Квантум, БК + Кв – суміш Біокомплекс БТУ та мікродобрив Квантум.

густоти. У середньому його результати були стабільними як в умовах Полтавської, так і Вінницької областей. Особливістю цього сорту є добра відгукливість на внесення добрив, особливо Квантуму. Проте в роки з несприятливими погодними умовами у Полтавській області (2022 та 2025 роки) відзначалась більша втрата густоти, ніж у Медового. Це вказує на чутливість Фаворита до стресових факторів у ранній фазі розвитку.

Сорт Сило 700 Д відзначився нижчою густиною стояння через чутливість до пилової ерозії та високих температур: у Полтавській обл. за норми 70 тис. шт./га лишалося <55 тис. рослин/га. Водночас у Вінницькій обл. за зволоження й добрив БК+Кв густина сягала ≈ 140 тис./га, що вказує на високий потенціал сорту за оптимального агрофону. Троїстий мав середні результати, але вирізнявся стабільністю: коливання густоти між роками й регіонами були мінімальні. Найкраще він реагував на біокомплекс БК, а не на мікродобрива Квантум, що підкреслює важливість біоактивної стимуляції кореня.

Таким чином, за сумарними результатами у зоні Південного Лісостепу можна виділити Медовий як найбільш ефективний сорт за показником густоти стояння, особливо у сприятливих умовах Вінниччини. Фаворит

та Троїстий можуть бути рекомендовані як стабільні сорти з доброю реакцією на мікродобрива і біологічні препарати відповідно. Сило 700 Д, попри нижчу густоту, потенційно придатний за умови внесення комбінованих добрив у роки з достатнім зволоженням. Сортові відмінності мають вирішальне значення для подальшого вибору агротехнології в регіональних умовах.

Густота стояння рослин сорго цукрового у досліджуваних регіонах Південного Лісостепу України змінювалась істотно залежно від року вирощування, норми висіву, умов середовища, а також виду підживлення. У період з 2023 по 2025 роки спостерігались значущі коливання густоти, що зумовлювались переважно погодними чинниками, зокрема кількістю опадів у вегетаційний період, середньою температурою повітря та рівнем вітрового навантаження. Найнижчі показники густоти фіксувались у 2022 та 2025 роках, які характеризувалися посушливими умовами та вищими температурами, особливо в Полтавській області. Саме в ці роки спостерігались підвищені втрати рослин у ранні фази розвитку, зокрема за нижчих норм висіву (70–100 тис. шт./га). Навпаки, 2023 і 2023 роки відзначались кращим зволоженням і помірним тепловим режимом, що забезпечило вищу виживаність сходів і формування більш щільних посівів.

Окрім року, істотно впливала норма висіву насіння: зі зростанням кількості висіяних насінин до 130–160 тис. шт./га густота стояння підвищувалась у всіх варіантах. Водночас ефективність різних норм залежала від здатності сорту компенсувати втрати рослин – у Медового та Фаворита ця здатність була вищою. Ще одним чинником, що істотно змінював густоту стояння, було використання біологічних препаратів і мікродобрив.

Таблиця 3. Результати аналізу густоти стояння рослин сорго цукрового для Полтавської області (с. Юрівка) та Вінницької області (с. Агрономічне)

| Сорт / гібрид | Норма висіву, тис. шт./га | Фаза сходів | Фаза кушення | Повна стиглість |
|--|---------------------------|-------------|--------------|-----------------|
| Показники густоти стояння рослин сорго цукрового у фазах розвитку (Полтавська обл., с. Юрівка) (тис. шт./га) | | | | |
| Сило 700 Д | 70 | 60,2 | 54,1 | 51,8 |
| | 100 | 89,5 | 80,2 | 75,6 |
| | 130 | 119,3 | 105,2 | 99,7 |
| | 160 | 145,2 | 127,4 | 121,6 |
| Фаворит | 70 | 61,0 | 55,3 | 53,6 |
| | 100 | 90,7 | 81,6 | 77,3 |
| | 130 | 120,5 | 106,8 | 101,0 |
| | 160 | 146,7 | 129,3 | 123,5 |
| Медовий | 70 | 62,8 | 57,0 | 55,2 |
| | 100 | 91,8 | 83,1 | 79,4 |
| | 130 | 122,0 | 108,6 | 104,1 |
| | 160 | 148,3 | 131,0 | 126,8 |
| Троїстий | 70 | 63,5 | 57,6 | 54,7 |
| | 100 | 92,5 | 84,2 | 80,1 |
| | 130 | 123,0 | 109,1 | 104,5 |
| | 160 | 149,0 | 132,0 | 127,4 |
| Показники густоти стояння рослин сорго цукрового у фазах розвитку (Вінницька обл., с. Агрономічне) (тис. шт./га) | | | | |
| Сило 700 Д | 70 | 62,3 | 56,8 | 54,2 |
| | 100 | 91,7 | 83,6 | 79,0 |
| | 130 | 121,8 | 108,3 | 103,2 |
| | 160 | 147,3 | 130,1 | 124,8 |
| Фаворит | 70 | 63,4 | 58,0 | 56,0 |
| | 100 | 93,0 | 85,2 | 81,0 |
| | 130 | 123,3 | 110,4 | 105,2 |
| | 160 | 149,0 | 132,0 | 127,2 |
| Медовий | 70 | 64,5 | 59,7 | 57,5 |
| | 100 | 94,2 | 86,9 | 83,1 |
| | 130 | 124,7 | 112,1 | 108,4 |
| | 160 | 151,5 | 134,5 | 130,2 |
| Троїстий | 70 | 65,4 | 60,5 | 58,2 |
| | 100 | 95,1 | 87,8 | 84,3 |
| | 130 | 126,0 | 113,7 | 109,5 |
| | 160 | 152,9 | 136,2 | 131,6 |

Варіанти з обробкою насіння біопрепаратом БК, мікродобривом Квантум або їх комбінацією забезпечували покращення густоти на 5–9 % порівняно з контролем. Найбільш виражене підвищення густоти відзначалося у сприятливих роках у Вінницькій області, де дія препаратів підсилювалась кращим ґрунтовим та гідротермічним фоном.

Результати аналізу густоти стояння рослин сорго цукрового для Полтавської області (с. Юрівка) та Вінницької області (с. Агрономічне) наведено у табл. 3.

Наведені в табл. 3. результати демонструють стабільну закономірність зростання густоти стояння в усіх фазах розвитку рослин залежно від норми висіву насіння. У фазі сходів у обох регіонах густота рослин безпосередньо корелює з підвищенням норми висіву від 70 до 160 тис. шт./га, що підтверджує ефективність збільшення норм висіву для отримання більшої кількості рослин на одиницю площі. Аналогічна тенденція простежується і у фазі кушення та повної стиглості, проте спостерігається поступове зниження показників густоти порівняно з фазою сходів, що свідчить про природні втрати рослин у процесі росту та розвитку (див. рис. 1 та рис. 2).

Порівнюючи сорти і гібриди, можна відзначити, що показники густоти стояння у фазі сходів, кушення та стиглості у Вінницькій області є дещо вищими, ніж у Полтавській, що може бути зумовлено кращими агротехнічними умовами або природно-кліматичними факторами регіону. Серед сортів найбільшою густотою стояння відзначаються гібриди Троїстий та Медовий, які стабільно мають вищі значення, ніж Сило 700 Д і Фаворит, що може свідчити про їхню більшу життєздатність або стійкість до природних втрат (рис. 1).

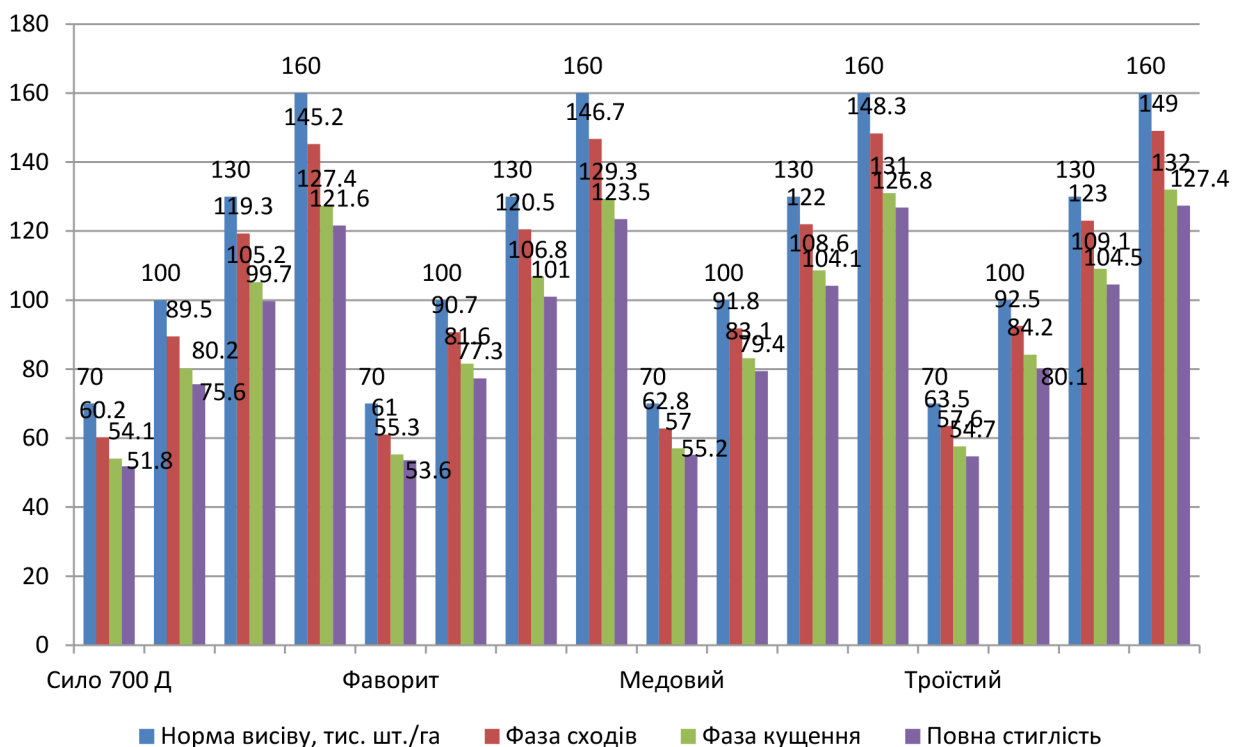


Рис. 1. Показники густоти стояння рослин сорго цукрового у фазах розвитку (Полтавська обл., с. Юрівка) (тис. шт./га)

Варто також підкреслити, що з підвищенням норми висіву відбувається більш виразне зниження густоти рослин у фазі повної стиглості порівняно з фазою сходів, що вказує на активніший процес проріджування або природного відмирання в пізніших фазах розвитку. Це може бути наслідком конкуренції за ресурси за високої густоти або особливостей біології сорго. Загалом, отримані дані дають змогу рекомендувати оптимальні норми висіву для кожного сорту з урахуванням регіональних особливостей для досягнення максимального ефективного густого стояння рослин у фазі повної стиглості, що є ключовим для формування врожаю (рис. 2).

Аналіз показників густоти стояння рослин сорго цукрового у фазах розвитку в двох регіонах України – Полтавській області (с. Юрівка) та Вінницькій області (с. Агрономічне) – дозволяє зробити кілька важливих висновків, що спираються на конкретні числові дані. По-перше, у фазі сходів густота рослин у Полтавській області для сорту «Сило 700 Д» за норми висіву 70 тис. шт./га становить 60,2 тис. шт./га, тоді як у Вінницькій області цей показник дещо вищий і дорівнює 62,3 тис. шт./га. У разі збільшення норми висіву до 160 тис. шт./га густота сходів зростає майже у 2,4 раза – до 145,2 тис. шт./га у Полтавській та 147,3 тис. шт./га у Вінницькій області, що свідчить про пряму залежність густоти стояння від сівби і підтверджує правильність встановленої норми висіву.

Водночас у разі переходу до фази повної стиглості помітне зниження густоти стояння рослин: у Полтавській області для «Сило 700 Д» цей показник зменшується з 60,2 тис. шт./га у сході до 51,8 тис. шт./га, що становить приблизно 86 % від початкової кількості, а у Вінницькій області – з 62,3 до 54,2 тис. шт./га, або близько

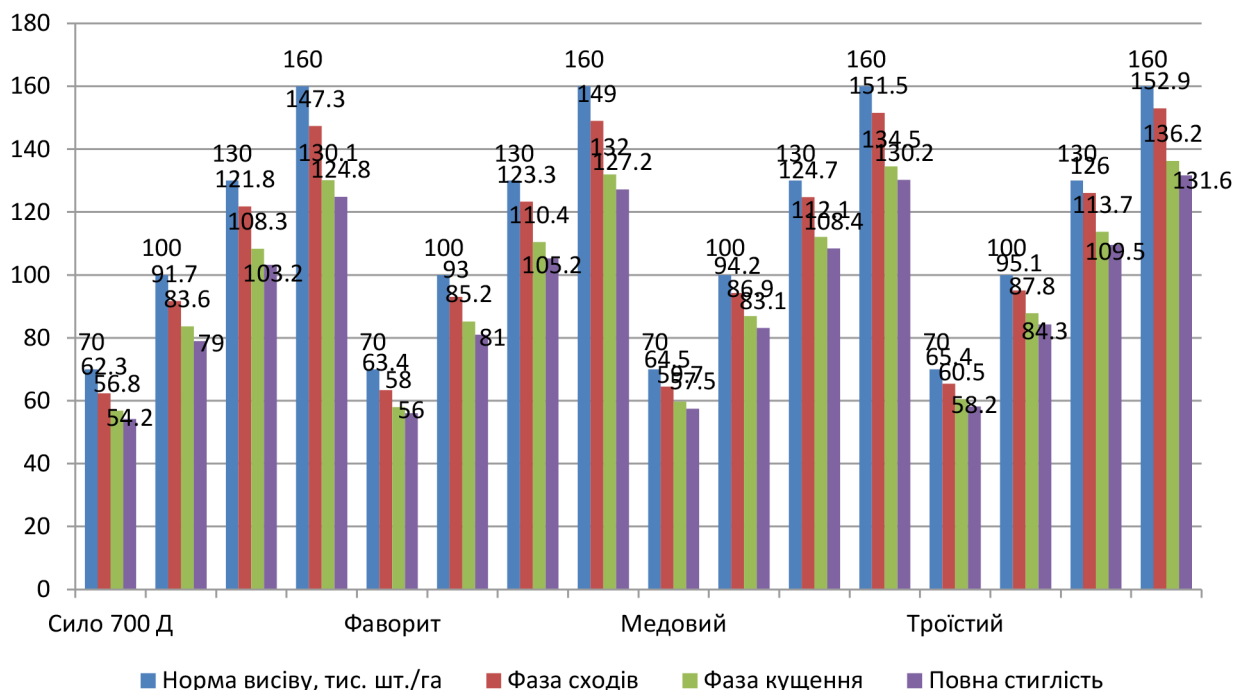


Рис. 2. Показники густоти стояння рослин сорго цукрового у фазах розвитку (Вінницька обл., с. Агрономічне) (тис. шт./га)

87 %. Це свідчить про те, що близько 13–14 % рослин у процесі розвитку природно гинуть або втрачають життєздатність. Така ж тенденція зниження присутності у всіх сортів і гібридів у обох регіонах.

Подібна динаміка спостерігається і для сорту «Фаворит», де за норми висіву 70 тис. шт./га густина сходів становить 61,0 тис. шт./га у Полтавській області і 63,4 тис. шт./га у Вінницькій, а на стадії повної стиглості – відповідно 53,6 та 56,0 тис. шт./га. У разі збільшення норми висіву до 160 тис. шт./га густина у фазі повної стиглості зростає до 123,5 тис. шт./га у Полтавській області та 127,2 тис. шт./га у Вінницькій, що свідчить про збереження стабільної пропорції втрат, близько 15 %.

Відзначається, що найбільшу густоту стояння у всіх фазах розвитку демонструють гібриди «Медовий» та «Троїстий». До прикладу, у Вінницькій області на нормі висіву 160 тис. шт./га густина стояння рослин «Троїстий» у фазі повної стиглості досягає 131,6 тис. шт./га, що є максимальним значенням серед усіх досліджених сортів. У Полтавській області цей показник становить 127,4 тис. шт./га, що також є найвищим серед усіх сортів. Відповідно, це свідчить про більш високу життєздатність та стійкість цих гібридів до природних факторів і внутрішньовидових конкурентних процесів.

Загалом, в обох регіонах чітко простежується пряма пропорційна залежність між нормою висіву та густиною стояння рослин у фазі сходів, що переходить у помірне зниження густоти у фазі повної стиглості через природні втрати. Відносні втрати рослин у фазі повної стиглості становлять приблизно 12–15 % від кількості сходів. При цьому Вінницька область характеризується дещо вищими абсолютними значеннями густоти стояння, що може бути пов'язано з більш сприятливими агрокліматичними умовами або різницею в агротехнічних підходах. Отже, використання норми висіву 130–160 тис. шт./га для гібридів «Медовий» та «Троїстий» є доцільним для забезпечення максимальної густоти рослин у фазі повної стиглості та потенційно високого врожаю з урахуванням оптимізації ресурсів і мінімізації природних втрат.

Порівнюючи регіони загалом, можна стверджувати, що умови у Вінницькій області є більш сприятливими для формування стабільної та густої стоянки сорго. Це підтверджується вищими абсолютними показниками густоти за однакових агротехнологічних підходів, меншою міжрідною амплітудою коливань і більшою відгукливістю рослин на підживлення. У Полтавській області досягнення високої густоти стояння потребує більш точної адаптації технологій до кліматичних викликів, зокрема оптимізації строків сівби, додаткових заходів захисту посівів і використання біостимуляторів для компенсації втрат.

Отже, аналіз отриманих результатів свідчить про необхідність регіоналізації агротехнічних підходів до вирощування сорго цукрового. Під час вибору сорту, норм висіву та систем підживлення повинні враховуватися місцеві кліматичні умови, здатність сорту до адаптації та бажаний рівень густоти, що забезпечує оптимальне формування врожаю.

Висновки. Проведені у 2023–2025 рр. польові дослідження в умовах Південного Лісостепу України дозволили встановити закономірності формування густоти стояння рослин сорго цукрового у фазі повної стиглості залежно від сорту, норми висіву, регіональних агрокліматичних умов та системи позакореневого підживлення. Отримані результати підтверджують, що густина стояння є інтегральним показником, який відображає як початкову польову схожість, так і здатність рослин зберігати життєздатність упродовж вегетації.

Встановлено, що підвищення норми висіву з 70 до 160 тис. шт./га забезпечує стабільне зростання густоти стояння у всіх фазах розвитку рослин у обох регіонах дослідження. Водночас у фазі повної стиглості спостерігається закономірне зменшення кількості рослин порівняно з фазою сходів, що зумовлено природним проріджуванням, конкуренцією за вологу та поживні речовини, а також впливом абіотичних стресових чинників. Частка втрат рослин у середньому становила 13–16 % і була вищою за умов посухи та підвищеного вітрового навантаження.

Виявлено чіткі регіональні відмінності у формуванні густоти стояння. У Вінницькій області (с. Агрономічне) показники густоти були стабільно вищими на 1,5–4,0 тис. рослин/га порівняно з Полтавською областю (с. Юрівка), що пояснюється кращим зволоженням ґрунту, нижчим рівнем пилової ерозії та меншою середньою швидкістю вітру. У Полтавській області більші втрати рослин відзначалися насамперед у роки з дефіцитом опадів і за нижчих норм висіву.

Суттєвими виявилися сортові особливості. Найвищу та найбільш стабільну густоту стояння в обох регіонах продемонстрував гібрид Медовий, що свідчить про його високу адаптивність, енергію росту та стійкість до абіотичних стресів. Гібриди Фаворит і Троїстий характеризувалися середніми, але досить стабільними показниками, причому Троїстий вирізнявся мінімальними коливаннями між роками вирощування. Сорт Сило 700 Д виявився більш чутливим до несприятливих умов, особливо до вітрової ерозії та посухи, проте за оптимального агрофону та комбінованого підживлення демонстрував високий потенціал.

Доведено позитивний вплив позакореневого підживлення на збереження густоти стояння. Застосування біопрепарату Біокомплекс-БТУ та мікродобрив Квантум, особливо у комбінованому варіанті, забезпечувало підвищення густоти стояння на 5–9 % порівняно з контролем. Найбільш ефективною дія препаратів була у сприятливі роки та в умовах Вінницької області, що підкреслює залежність ефективності агрохімічних заходів від загального агроекологічного фону.

За сумарними результатами дослідження оптимальними для формування продуктивних і стабільних посівів сорго цукрового в умовах Південного Лісостепу України слід вважати норми висіву 130–160 тис. шт./га у поєднанні з позакореневим підживленням, з обов'язковим урахуванням сортових особливостей та регіональних кліматичних чинників. Отримані дані підтверджують доцільність регіоналізації агротехнологій вирощування сорго цукрового з метою мінімізації втрат рослин і забезпечення оптимальної густоти стояння як передумови формування високого врожаю.

Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на вивчення взаємозв'язку густоти стояння з показниками врожайності зеленої маси та вмісту цукрів, а також на оцінку впливу різних строків сівби, систем удобрення та елементів точного землеробства на продуктивність сучасних гібридів сорго цукрового в умовах кліматичних змін.

Список використаних джерел

1. Войняк О. О., Крикун С. М., Полторецька Н. І., Вишневецька Л. М., Михайловин Ю. М., Кравченко В. В. Вплив густоти стояння сорго цукрового на біометричні показники в умовах зони Південного Лісостепу України. *European Congress of Scientific Discovery : proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference*. Madrid : Barca Academy Publishing, 2025. С. 19–23. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2025/08/EUROPEAN-CONGRESS-OF-SCIENTIFIC-DISCOVERY-18-20.08.25.pdf> (дата звернення: 16.01.2026).
2. Герасименко Л. А. Перспективи вирощування сорго в Україні. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату* : зб. наук. праць Всеукр. наук.-практ. конф. (15–16 черв. 2017 р., м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль, 2017. С. 69. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2017_3_12 (дата звернення: 06.01.2026).
3. Грабовський М. Б. Агротехнологічне обґрунтування вирощування кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Дніпро, 2019. 40 с. URL: <https://institut-zerna.com/library/repozitarij/docs/grabovskiy/grabovskiy-dis.pdf> (дата звернення: 16.01.2026).
4. Коваленко О. А., Чернова А. В., Моспаненко Т. О. Сорго цукрове та його перспективи для зони Південного Степу України. *Сільськогосподарські науки* : матеріали конф. (4–5 груд. 2014 р.). URL: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2014_12_4_5/sekcija_1_silskogospodarski_nauki/sorgo_cukrove_ta_jogo_perspektivi_dlja_zoni_pivdenного_stepu_ukrajini/10-1-0-156 (дата звернення: 10.01.2026).
5. Курило В. Л., Герасименко Л. А. Вплив погодних умов на урожайність сорго цукрового залежно від строків сівби та глибини загорання насіння. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2011. Вип. 12. С. 74–78. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen_2013_2_9 (дата звернення: 16.01.2026).
6. Моргун А. В., Любич В. В. Технологічні параметри біоенергетики різних культиварів сорго цукрового залежно від умов вирощування. *Аграрні інновації*. 2025. № 27. С. 61–68. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2024.27.10>
7. Музика О. В. Формування врожаю сорго цукрового за вирощування як енергетичної культури в умовах Лісостепу правобережного : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Біла Церква : Білоцерків. нац. аграр. ун-т, 2020. 18 с. URL: <https://newlibrary.snau.edu.ua/bib/118195> (дата звернення: 10.01.2026).
8. Польовий А. М. Агроекологічні умови формування продуктивності сорго в південних областях України в умовах змін клімату. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 4. С. 62–68. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/8349> (дата звернення: 16.01.2026).
9. Попова О. П., Кудлик М. І. Вплив елементів технології вирощування на врожайність та цукристість біомаси сорго цукрового. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. № 45. С. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.7>

10. Федорчук М. І., Каленська С. М., Рахметов Д. Б., Коковіхін С. В., Федорчук Є. М., Поливода О. М., Федорчук В. Г., Коваленко О. А. Методичні рекомендації з інноваційних технологій вирощування та переробки сорго для використання в якості альтернативних джерел енергії. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/2768> (дата звернення: 01.01.2026).

11. Харитонов М. М., Коваленко О. А., Федорчук М. І., Поливода О. М. Перспективи виробництва біоетанолу та пелет при вирощуванні культиварів цукрового сорго на рекультивованих землях. *Вісник Львівського національного екологічного університету. Серія «Агрономія»*. 2023. № 27. С. 74–80. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.074>

12. Чернова А. В. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від норм висіву, бактеріальних препаратів та мікродобрив в умовах Південного Степу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво» / наук. керівн. О. А. Коваленко. Миколаїв : МНАУ, 2021. 238 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/19309> (дата звернення: 16.01.2026).

13. Abu-Ellail F. F. B., Ghareeb Z. E., Attia A. E. Genetic analysis for morphological, quality and biofuel related traits in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2023. Vol. 83, №. 4. P. 508–517. DOI: <https://doi.org/10.31742/isgpb.83.4.7>

14. Rahim S., Wahid H., Rahman A., Ismail N. Development of land suitability assessment applications for sorghum, sweet potato and sugarcane. *Journal of Smart Agriculture and Environmental Technology*. 2024. Vol. 2, №. 2. P. 61–66. DOI: <https://doi.org/10.60105/josaet.2024.2.2.61-66>

Voiniak O. A.

*Postgraduate Student at the Department of Crop Production,
Uman National University
Uman, Ukraine*

ORCID: 0009-0003-7617-7494

Kravchenko V. S.

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Crop Production,
Uman National University
Uman, Ukraine*

E-mail: vitalii_12@ukr.net

ORCID: 0000-0003-4873-5367

INFLUENCE OF SWEET SORGHUM STAND DENSITY ON BIOMETRIC INDICATORS UNDER THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE

Abstract

The aim of this study was to determine the impact of plant stand density on the formation of biometric parameters of sweet sorghum in the Southern Forest-Steppe zone of Ukraine, taking into account varietal characteristics, seeding rates, and foliar fertilization options. Special attention was paid to identifying optimal agrotechnical parameters that contribute to the formation of maximum plant density at the full maturity stage, which is a critically important factor in yield improvement.

Field research was conducted during 2023–2025 in the Poltava and Vinnytsia regions. A multifactorial experiment with a 4 × 4 × 4 design and four replications was implemented, involving the following factors: variety (4 options), seeding rate (70, 100, 130, and 160 thousand seeds/ha), and foliar fertilization treatments (control, biopreparation, micronutrient fertilizer, and combination). The study employed the DSTU 7169:2010 methodology, the BBCH scale for phenological analysis, and software tools such as Excel and Agrostat for statistical data processing.

It was established that stand density at full maturity was significantly influenced by weather conditions, seeding rate, variety, and the applied foliar treatment. Under more favorable conditions in the Vinnytsia region, plant density remained consistently higher than in Poltava. The variety Medovyi provided the highest plant density (up to 140 thousand plants/ha with a seeding rate of 160 thousand and combined fertilization). In contrast, Sylo 700 D showed a lower ability to maintain stand density. The use of biopreparations and micronutrient fertilizers increased plant density by 5–9 % compared to the control. In the Poltava region, higher plant losses were associated with wind erosion and moisture deficiency. Varietal characteristics significantly influenced plant survival: Medovyi and Troistyi demonstrated the highest density stability under different conditions. To achieve optimal stand density of sweet sorghum, both agroclimatic conditions and varietal features must be considered. The most effective varieties are those with high germination energy and resistance to stress factors, particularly Medovyi and Troistyi. An optimal seeding rate for most varieties ranges from 130 to 160 thousand seeds/ha in combination with foliar fertilization. The results confirm the relevance of region-specific agrotechnological approaches in cultivating sweet sorghum for stable dense crop formation and increased yield.

Key words: planting density, full maturity stage, varietal response, foliar fertilization, biometric parameters, agroecological conditions, wind erosion, technology optimization.

References

1. Voiniak, O., Krykun, S., Poltoretska, N., Vyshnevska, L., Mykhailovyn, Yu., Kravchenko, V. (2025). Vplyv hustoty stoiannia sorho tsukrovoho na biometrychni pokaznyky v umovakh zony Pivdennoho Lisostepu Ukrainy [Influence of sugar sorghum plant density on biometric indicators in the Southern Forest-Steppe zone of Ukraine]. In *European congress of scientific discovery: Proceedings of the 9th International scientific and practical conference* (pp. 19–23). Madrid: Barca Academy Publishing. Retrieved from: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2025/08/EUROPEAN-CONGRESS-OF-SCIENTIFIC-DISCOVERY-18-20.08.25.pdf> [in Ukrainian].
2. Herasymenko, L. A. (2017). *Perspektyvy vyroshchuvannia sorho v Ukraini* [Prospects for sorghum cultivation in Ukraine]. In *Aktualni pytannia suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur v umovakh zmin klimatu: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference* (p. 69). Ternopil. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2017_3_12 [in Ukrainian].
3. Hrabovskiy, M. B. (2019). *Ahrotekhnolohichne obgruntuvannia vyroshchuvannia kukurudzy ta sorho tsukrovoho dlia vyrobnytstva biohazu* [Agrotechnological substantiation of maize and sweet sorghum cultivation for biogas production] (Doctoral dissertation abstract). Dnipro. Retrieved from: <https://institut-zerna.com/library/repozitarij/docs/grabovskiy/grabovskiy-dis.pdf> [in Ukrainian].
4. Kovalenko, O. A., Chernova, A. V., & Mospanenko, T. O. (2014). *Sorho tsukrove ta yoho perspektyvy dlia zony Pivdennoho Stepu Ukrainy* [Sweet sorghum and its prospects for the Southern Steppe of Ukraine]. In *Agricultural Sciences: Conference Proceedings*. Retrieved from: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2014_12_4_5/sekcija_1_silskogospodarski_nauki/sorgo_cukrove_ta_jogo_perspektivi_dlja_zoni_pivdennoho_stepu_ukrajini/10-1-0-156 [in Ukrainian].
5. Kurylo, V. L., & Herasymenko, L. A. (2011). Vplyv pohodnykh umov na urozhainist sorho tsukrovoho zalezno vid strokiv sivy ta hlybiny zahortannia nasinnia [Influence of weather conditions on sweet sorghum yield depending on sowing time and seed depth]. *Collection of Scientific Works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets*, 12, 74–78. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen_2013_2_9 [in Ukrainian].
6. Morhun, A. V., & Liubych, V. V. (2025). Tekhnolohichni parametry bioenerhetyky riznykh kultyvariv sorho tsukrovoho zalezno vid umov vyroshchuvannia [Technological parameters of bioenergy of different sweet sorghum cultivars depending on growing conditions]. *Agrarian Innovations*, 27, 61–68. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.27.10> [in Ukrainian].
7. Muzyka, O. V. (2020). *Formuvannia vrozhaiv sorho tsukrovoho za vyroshchuvannia yak enerhetychnoi kultury v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho* [Formation of sweet sorghum yield when grown as an energy crop in the Right-Bank Forest-Steppe] (PhD dissertation abstract). Bila Tserkva National Agrarian University. Retrieved from: <https://newlibrary.snau.edu.ua/bib/118195> [in Ukrainian].
8. Polovyi, A. M. (2020). Ahroekolohichni umovy formuvannia produktyvnosti sorho v pivdennykh oblastiakh Ukrainy v umovakh zmin klimatu [Agroecological conditions of sorghum productivity formation in the southern regions of Ukraine under climate change]. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 62–68. Retrieved from: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/8349> [in Ukrainian].
9. Popova, O. P., & Kulyk, M. I. (2024). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na vrozhaivist ta tsukrystist biomasy sorho tsukrovoho [Influence of cultivation technology elements on yield and sugar content of sweet sorghum biomass]. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 45, 50–58. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.7> [in Ukrainian].
10. Fedorchuk, M. I., Kalenska, S. M., Rakhmetov, D. B., Kokovikhin, S. V., Fedorchuk, Ye. M., Polyvoda, O. M., Fedorchuk, V. H., & Kovalenko, O. A. (n.d.). *Metodychni rekomendatsii z innovatsiinykh tekhnolohii vyroshchuvannia ta pererobky sorho dlia vykorystannia yak alternatyvnykh dzherel enerhii* [Methodological recommendations on innovative technologies for sorghum cultivation and processing as alternative energy sources]. Retrieved from: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/2768> [in Ukrainian].
11. Kharytonov, M., et al. (2023). Perspektivy vyrobnytstva bioetanolu ta pelet pry vyroshchuvanni kultyvariv tsukrovoho sorho na rekultyvovanykh zemliakh [Prospects for bioethanol and pellet production from sweet sorghum cultivars on reclaimed lands]. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agronomy*, 27, 74–80. <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.074> [in Ukrainian].
12. Chernova, A. V. (2021). *Produktyvnist sortiv ta hibrydiv sorho tsukrovoho zalezno vid norm vysyvu, bakterialnykh preparativ ta mikrodozuv v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy* [Productivity of sweet sorghum varieties and hybrids depending on seeding rates, bacterial preparations, and micronutrients in the Southern Steppe of Ukraine] (PhD dissertation). Mykolaiv National Agrarian University. Retrieved from: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/19309> [in Ukrainian].
13. Abu-Ellail, F. F. B., Ghareeb, Z. E., & Attia, A. E. (2023). Genetic analysis for morphological, quality, and biofuel-related traits in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 83(4), 508–517. <https://doi.org/10.31742/isgpb.83.4.7>
14. Rahim, S., et al. (2024). Development of land suitability assessment applications for sorghum, sweet potato, and sugarcane. *Journal of Smart Agriculture and Environmental Technology*, 2(2), 61–66. <https://doi.org/10.60105/josaet.2024.2.2.61-66>



Стаття поширюється на умовах
ліцензії відкритого доступу
CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 19.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 16.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026