

УДК 631.8:633.63

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.6>

## ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ, РОЗВИТКУ ЦУКРОВОГО СОРГО ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ВИСІВУ ТА СПОСОБІВ ПОСІВУ

**Бойко О.Г.** – к.с.-г.н., доцент,  
доцент кафедри агробіотехнологій,  
Західноукраїнський національний університет

Пошук нових екологічно чистих джерел енергії з поновлювальної сировини стає все більш важливим у світлі погіршення стану навколишнього середовища. Сорго цукрове є однією з найбільш перспективних біоенергетичних культур в Україні, оскільки це культура, яка не потребує якісних показників ґрунту та посухостійка. Уміле використання біологічних особливостей сорту норм та способів посіву забезпечує високі та стійкі врожаї сорго цукрового. У зв'язку з цим вивчення впливу цих показників на продуктивність і вихід біоетанолу з рослин сорго цукрового в Західному Лісостепу України протягом вегетаційного періоду є важливим напрямом дослідження та метою дослідження.

Сорго є дрібнонасіньовою культурою, тому заробляти насіння слід на оптимальну глибину, за глибокого загортання збільшується тривалість періоду сівба-сходи, знижується польова\* схожість. Проведені дослідження засвідчили, що найважливіше значення для одержання хороших сходів має сприятливе поєднання чинників життя рослин у початковій фазі росту та розвитку. Польова схожість істотно впливає на формування таких елементів, як густина рослин, яка в подальшому впливає на продуктивність посіву. У сорго, порівняно з іншими культурами, найменша потреба у волозі для проростання насіння, воно потребує для свого проростання до 35 % вологи від його ваги, а мінімальна температура для проростання +10°C.

Колівання польової схожості неможливо прогнозувати з достатньою точністю, щоб ефективно використовувати середній її показник для коригування норм висіву. Завдання полягає в тому, щоб створити для висіяного насіння найсприятливіші умови і максимально наблизити польову схожість до лабораторної.

Наукові дослідження мають практичне значення для підвищення врожайності сорго цукрового, збільшення виходу цукру та виходу біопалива з посівної площі.

Норми та способи посіву сорго цукрового дають змогу оцінити вплив технологій на показники росту та розвитку культури.

**Ключові слова:** фази розвитку, норма висіву, способи посіву, сорго цукрове, фотосинтетична продуктивність, енергія.

### **Boiko O.G. Peculiarities of growth and development of sugar sorghum depending on seeding rates and sowing methods**

The search for new clean energy sources from renewable raw materials is becoming increasingly important in light of environmental degradation. Sugar sorghum is one of the most promising bioenergy crops in Ukraine, as it is a crop that does not require high quality soil and is drought-resistant. The skillful use of biological characteristics of the variety and sowing rates and methods ensures high and sustainable yields of sugar sorghum. In this regard, the study of the influence of these indicators on the productivity and yield of bioethanol from sugar sorghum plants in the Western Forest-Steppe of Ukraine during the growing season is an important area of research and the purpose of the study.

Sorghum is a small-seeded crop, so seeds should be planted at the optimum depth; deep planting increases the duration of the sowing-emergence period and reduces field germination. Studies have shown that a favorable combination of plant life factors in the initial phase of growth and development is essential for obtaining good germination. Field germination significantly affects the formation of such elements as plant density, which further affects the productivity of sowing. Compared to other crops, sorghum has the lowest moisture requirement for seed germination, requiring up to 35 % moisture by weight, and the minimum temperature for germination is +10°C.

*Fluctuations in field germination cannot be predicted with sufficient accuracy to effectively use the average germination rate to adjust the seeding rate. The task is to create the most favorable conditions for the sown seeds and bring field germination as close as possible to the laboratory germination.*

*Scientific research is of practical importance for increasing the yield of sugar sorghum, increasing sugar yield and biofuel yield from the sown area.*

*Sowing rates and methods of sugar sorghum sowing allow us to assess the impact of technologies on the growth and development of the crop.*

**Key words:** *developmental stages, seeding rate, sowing methods, sugar sorghum, photosynthetic productivity, energy.*

**Постановка проблеми.** Енергетичне споживання викопних паливних ресурсів призводить до постійного підвищення цін на енергоресурси та погіршення екологічної ситуації в багатьох країнах. У всьому світі, в тому числі в Україні, все більше людей звертають увагу на розробку альтернативних видів палива з відновлюваних джерел енергії з метою зменшення нашої залежності від імпортованих енергоносіїв.

Гелетуха Г.Г. зазначає: «перспективним у цьому плані є використання енергії фотосинтетичної діяльності рослин у вигляді біоетанолу, обсяги виробництва якого за останнє десятиліття зросли більше ніж утричі» [1].

Болізор Л.В. стверджує: «пошук перспективної сировини для виробництва біогазу, біодизеля, біоетанолу, бутанолу та твердого біопалива є актуальним завданням сьогодення» [2].

Енергетична залежність України, зниження врожайності основних сільськогосподарських культур унаслідок поступового глобального потепління зумовлюють необхідність підбору нових культур, які вирізняються високою урожайністю, посухостійкістю та невибагливістю до умов вирощування [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** До перспективних злакових енергетичних культур належать міскантус, свіччграс, сорго та ін. Головними вимогами до культур, які використовуються в біоенергетиці, є собівартість продукції та забезпечення стабільної сировинної бази. Забезпечити біоенергетику сировиною для всіх її галузей на всьому просторі України спроможне сорго цукрове [4].

Виробництво енергії з біомаси є важливим напрямом розвитку в сільському господарстві. Сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* (L) Pers) є однією з найбільш перспективних рослин для виробництва кормів, харчових продуктів і енергії.

Сорго – невибаглива, високоврожайна культура, адаптована до різних кліматичних умов на різноманітних ґрунтах, що має потужну,глибоко проникаючу в ґрунт кореневу систему. Завдяки тому, що вміст вуглеводів у соку стебел сорго від 14 до 20 %, його можна використовувати в якості сировини для виробництва біоетанолу та харчового сиропу, а суху масу стебел після віджиму – для переробки на біогаз або виробництва твердих видів палива [5].

За даними Ганженко О.М., Гирасименко Л.А.: «сорго цукрове формує стабільно високі врожаї навіть за несприятливих погодних умов. З 1 га посівів сорго можна збирати 90–120 т/га цукроносною біомасою із загальним вмістом у соці цукрів до 20 %. У 100 кг зеленої маси цукрового сорго міститься 24–25 кормових одиниць, що робить його цінною кормовою культурою. Цукрове сорго, як і цукрові буряки, є універсальною культурою, сировину якої використовують не тільки в кормовиробництві, а й у харчовій промисловості» [6, 7].

Але навіть незважаючи на те, що сорго цукрове є чудовою культурою, яка виробляє багато енергії, досі не розроблено ефективну технологію його вирощування.

Таким чином, дослідження того, наскільки ефективним є сорго цукрового залежно від компонентів технології вирощування, як сировини для виробництва біопалива, є надзвичайно важливим як з наукового, так і з економічного погляду.

**Метою дослідження** є підвищення врожайності та поліпшення показників технологічної якості сорго цукрового шляхом удосконалення технології вирощування даної культури.

**Матеріал та методи дослідження.** Дослідження проводились протягом 2022–2023 років на полях дослідного центру Західноукраїнського національного університету м. Тернопіль.

Польові досліди проводили за наступною схемою:

Таблиця 1

Фактори	
А – норма висіву	В – ширина міжрядь
150 тисяч схожих насінин	0,15 м
250 тисяч схожих насінин	0,45 м
350 тисяч схожих насінин	0,70 м

Поставлені на вивчення питання вирішувалися в наступних експериментах:

1. Вплив норм і способів посіву на врожай зеленої маси і насіння цукрового сорго. Дослідження проводилися в 2022–2023 рр. Сорт Мамонт, розмір ділянок 120 м<sup>2</sup>, повторність 3-х кратна, розташування систематичне.

Для всебічної оцінки кінцевих результатів в дослідях проводилися такі спостереження, аналізи та обліки:

1. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком сорго. Відзначалися такі фази: початок появи сходів, повні сходи, кущіння, припинення осінньої вегетації, початок весняної вегетації, вихід у трубку, початок колосіння, повне колосіння, цвітіння, налив насіння, молочна стиглість, воскова та повна стиглість.

Початок фази відмічався, коли у 10 % рослин відзначено її настання, а масивний – у 75 %.

2. Облік густоти стояння і визначення польової схожості за звичайного рядового посіву проводили в період сходів на стаціонарних майданчиках (0,25 м<sup>2</sup>) у 3-х кратній повторності за кожним повторенням досліду. На широкорядних посівах на стаціонарних майданчиках (1,0 м<sup>2</sup>) у 3-х кратній повторності.

3. Визначення збереженості рослин проводили на стаціонарних майданчиках шляхом підрахунку кількості рослин у фазу повної стиглості перед збиранням.

4. Вимірювання висоти рослин проводили за варіантами досліду в основні фази: вихід у трубку, викидання метелки, повна стиглість.

Висоту рослин вимірювали від основи стебла до кінчика верхнього листка, вимірювання проводили на 25 рослинах у кожному повторенні досліду.

6. Площу листків визначали ваговим методом із використанням планшета, що складається з 2-х пластин органічного скла розміром 5x10 см.

Для визначення площі листя відбирали рослини з площі 0,25 м.

Визначали сиру біомасу всіх рослин шляхом зважування і сиру біомасу листя з площі 0,25 м<sup>2</sup>.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Нормальний життєвий цикл сорго складається з низки періодів, що характеризуються якісними змінами біохімічних процесів, фізіологічних функцій і органоутворювальних процесів.

У розвитку сорго можна виокремити два основні періоди: I – формування вегетативних органів – коренів, стебел і листя; II – утворення генеративних органів – суцвіть, квіток і насіння [8].

За кількістю тепла, необхідного для проходження всього циклу розвитку (I–XII етапи) сорго належить до теплолюбних культур. При цьому необхідна сума температур, як показали дослідження, величина непостійна, вона коливається в значних межах, залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду.

За характером фізіологічних і біологічних процесів період сходи – цвітіння має свої специфічні особливості залежно від норми висіву та способів посіву. З появою сходів розпочинається процес асиміляції та наростання сухої органічної речовини, закладаються та формуються генеративні органи (III–IX етапи).

Характерна біологічна особливість цукрового сорго – повільний ріст надземної частини рослин у початковий період розвитку. Перші чотири – п'ять листків розвиваються п'ять – шість тижнів, а рослини виростають лише на 20–25 см. Повільний початковий ріст надземної частини рослин пов'язаний з тим, що в цей час відбувається прискорений розвиток кореневої системи в глибину і в сторони. У цей час іде активне формування коренів у глибокі шари ґрунту, вони здатні проникати до глибини 2,5...3,0 м і більше [9].

Велика мінливість тривалості періоду сходи – цвітіння (табл. 2) відображає реакцію даної культури на погодні умови.

Таблиця 2

**Тривалість періоду сходи – цвітіння і потреба в теплі  
в середньому за два роки**

Способи сівби	Середнє за 2022–2023 роки		
	Норма висіву, тис.шт./га		
	150	250	350
Звичайний рядковий			
Тривалість періоду, дн.	73	77	77
Сума температур, °С	1633	1714	1714
Широкорядний – 0,45 м			
Тривалість періоду, дн.	71	74	74
Сума температур, °С	1582	1648	1648
Широкорядний – 0,70 м			
Тривалість періоду, дн.	72	75	75
Сума температур, °С	1612	1671	1671

У середньому за два роки тривалість періоду за звичайної рядової сівби за норми висіву становила 73 дні, за суми позитивних температур – 1633°С, за сівби з нормою висіву 250–350 тис. схожих насінин/га відмічалось збільшення цього періоду на 4 дні, а сума температур становила 1714°С.

За посіву широкорядним способом – 0,45 м тривалість періоду в середньому за три роки сягала 71–74 дні, за потреби в температурі порядку 1582–1648°С.

Відхилення в тривалості періоду сходи – цвітіння за широкорядного способу сівби (0,70 м) за варіантами дослідження досягали 3-х днів, за суми температур за цей період за варіантами від 1612°С до 1671°С.

Залежно від сорту, густоти посіву, а також від родючості ґрунту й кліматичних умов висота стебел та їхня кількість на одній рослині буває різною. З вузла кущіння у цукрового сорго утворюється кілька стебел. Енергія кущіння, як показали дослідження, змінювалися від норм висіву та умов вирощування (табл. 3).

**Кущистість.** У наших дослідках норми і способи висіву справляли істотний вплив на розвиток і ріст цукрового сорго. Як уже зазначалося вище, через 20 днів після появи сходів починається фаза кущіння. Багато дослідників відзначають, що: «підвищена кущистість рослин позитивно впливає на врожайність зеленої маси [10]. Водночас цілком очевидно є його негативна дія на врожай і якість насіння. Тому залежно від використання цукрового сорго вони рекомендують регулювати величину кущистості нормами висіву та способами сівби.

Наші дослідження, проведені в Тернопільській області, підтвердили ці твердження.

Кущистість рослин цукрового сорго більшою мірою залежала від норми посіву і меншою мірою від способу розміщення насіння. Так, наприклад, у середньому за два роки за суцільного рядового посіву коливання кущистості між крайніми варіантами становило 0,6 стебла, то за ширини міжрядь 45 см воно становило 1,1 стебла, за посіву на 70 см – 1,0 стебла (табл. 3).

Отже, збільшення ширини міжрядь сприяє підвищенню кущистості за малих норм висіву і знижує кущистість із підвищенням норми висіву. Однак, якщо розглядати кущистість рослин з однією і тією ж нормою висіву за різних способів розміщення, то цей показник змінювався меншою мірою і не перевищував 0,6 стебла. Погодні умови також впливали на кущистість рослин і коливання за варіантами в окремі роки становили від 0,1 до 0,5 стебел. Слід зазначити, що за всіма варіантами за всі роки досліджень підвищення норми висіву знижувало кущистість рослин від 0,5 до 0,3 стебла.

Таблиця 3

**Вплив норм і способів посіву на кущистість рослин,  
шт. пагонів на одній рослині**

Норма висіву, тис.шт./м <sup>2</sup>	Ширина міжряддя, м	Роки		Середнє за 2022–2023 рр.
		2022	2023	
150	0,15	2,3	2,4	2,3
250	0,15	2,1	2,1	2,1
350	0,15	1,7	1,8	1,7
150	0,45	2,8	2,7	2,7
250	0,45	2,4	2,1	2,2
350	0,45	1,8	1,5	1,6
150	0,70	2,6	2,4	2,5
250	0,70	1,8	1,7	1,8
350	0,70	1,4	1,6	1,5

Найнижча кущистість рослин цукрового сорго (1,4 стебла) була відмічена 2002 року за посіву 350 тисяч схожих зерен на 0,70 м, а найвища (2,8 стебла) 2022 року за ширини міжрядь 45 см і норми висіву 150 тис. схожих зерен на гектар.

**Висота рослин.** Біологічною особливістю сорго є те, що в перші фази розвитку рослини мають уповільнений ріст, що сприяє сильному пригніченню їх швидкоростаючими бур'янами.

Проведені дослідження показали, що висота рослин, насамперед, залежить від біологічних особливостей сорту. Однак, у деяких випадках, вона може змінюватися під впливом погодних умов. Наприклад, у погодних умовах 2022 року зміна висоти рослин за крайніми варіантами сягала до 11,2 см. У менш сприятливий за зволоженням 2023 рік абсолютні показники висоти рослин за крайніми варіантами досягали 2,7 см. Слід зазначити, що збільшення густоти посіву знижувало висоту рослин (табл. 4).

У середньому за три роки до фази дозрівання за всіма способами посіву рослини за норми висіву 150 тис. схожих насінин на гектар були вищими, так за розміщення на 0,70 м висота рослин становила в середньому за три роки 131 см, за посіву рядовим способом посіву рослини були на 20,3 см нижчими.

Таблиця 4

**Висота рослин цукрового сорго залежно від норм і способів посіву  
(середнє за 2022–2023 рр.), см**

Норма висіву, тис.шт./м <sup>2</sup>	Ширина міжрядь, см	Фаза розвитку		
		вихід в трубку	цвітіння	дозрівання
150	15	38,3	101,0	110,7
250	15	37,0	100,0	105,7
350	15	35,7	98,0	103,7
150	45	35,7	104,0	119,0
250	45	33,7	102,3	117,7
350	45	32,0	99,3	110,7
150	70	32,0	109,0	131,0
250	70	31,0	110,0	128,7
350	70	30,0	110,3	126,0

Посіви на 0,45 м посідали проміжне положення. Важливими морфологічними ознаками, за якими можна оцінити потужність розвитку всієї рослини, є розміри та кількість листків, товщина стебла. За ними можна судити про біологічні властивості окремих сортів, вимоги, які вони висувають до основних чинників росту.

Проведені нами дослідження свідчать про те, що умови зростання, за різної густоти стояння рослин, суттєво впливають на їхні морфологічні ознаки. У міру загушення посівів відзначено зменшення діаметра стебла (табл. 5).

Так, зі збільшенням норми висіву зі 150 до 350 тис. схожих зерен на гектар товщина стебла в середньому за три роки зменшувалася на 0,7 см. Дані дослідів показують, що кількість листків на рослині за зміни норми висіву практично не змінювалася. Спостерігається лише тенденція до зменшення довжини та ширини листків зі збільшенням норми висіву. Так, довжина листка зменшувалася з 56,1 см за норми 150 тис. схожих зерен на гектар до 55,1 см за норми 350 тис. схожих зерен на гектар, а ширина листків відповідно з 5,8 до 5,1 см.

Таким чином, збільшення норми висіву сприяє зниженню висоти рослин, товщини стебла, довжини і ширини листя.

Таблиця 5

**Залежність морфологічних ознак рослин сорго від норм висіву за ширини міжрядь ва за ширини міжрядь 0,70 м (середнє за 2022–2023 рр.)**

Норма висіву тис.шт/га	Товщина стебла, мм	Листок		
		довжина, см	ширина, см	кількість, шт.
150	13,8	56,1	5,8	6,7
250	13,6	55,6	5,3	6,5
350	13,1	55,1	5,1	6,5

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Аналіз проведених досліджень показав, що строк сівби має збігатися з періодом стійкого потепління та доброї вологості ґрунту. Тривалість періоду посів – сходи становила у 2022 році за варіантами дослідів від 13 до 15 днів, у 2023 році – 14 днів. Польова схожість істотно впливає на густоту стояння, яка в подальшому суттєво впливає на продуктивність посіву. Величина польової схожості за рядового посіву 70,6–84,6 %, за широкорядного – 0,45 м – 70,0–76,0 %, за широкорядного – 0,70 м – 66,0–71,0 %. Тривалість періоду сходи – цвітіння за варіантами дослідів складала від 71 до 77 днів. Від цвітіння до дозрівання від 28 до 38 днів, за суми позитивних температур від 484 до 729°C, що зумовлено здебільшого погодними умовами. Морфологічні ознаки рослин цукрового сорго змінювалися в більшій мірі від норм висіву. У міру загущення посівів відзначено зменшення товщини головного стебла, довжини та ширини листків, загальної та продуктивної куцтності. Висота рослин змінювалася незначно.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Гелетуа Г.Г., Железна Т.А. Бар'єри для розвитку біоенергетики в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2013. № 4, т. 35. С. 63–71.
2. Білозор Л.В. Особливості формування ринку інноваційної продукції в аграрній сфері. *Економіка АПК*. 2005. № 2. С. 106–111.
3. Гелетуа Г.Г., Железна Т.А. Бар'єри для розвитку біоенергетики в Україні. Частина 2. *Промислова теплотехніка*. 2013. № 5. т. 35. С. 43–47.
4. Бузовський Є.А. Нетрадиційні поновлювальні джерела енергії: навчально-методичний посібник. – Київ: ННІ ПО НАУ, 2007. 21 с.
5. Григоренко Н. О. Цукрове сорго дає високі й стабільні врожаї зерна та зеленої маси за складних кліматичних умов. *Зерно і хліб*. 2011. № 3. С. 48–49.
6. Ганженко О. М., Зиков П.Ю. Вплив способів отримання соку зі стебел цукрового сорго на його вихід та якість. *Цукрові буряки*. 2014. № 5. С. 14–16.
7. Гирасименко Л. А. Оптимізація елементів технології вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива в умовах Лісостепу України: автореф. дис. наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.09. Київ, 2013. 20 с.
8. Мулярчук О. І., Кобернюк О. Т. Вплив мінерального живлення на вихід біоетанолу сорго цукрового. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. № 26. ч. 1. С. 94–101.
9. Макаров Л. Х. Соргові культури: монографія. Херсон: Айлант, 2006. – 263 с.
10. Ганженко О. М., Григоренко Н.О. Залежність продуктивності і вуглеводного складу від сортових особливостей та мінерального живлення цукрового сорго. *Цукор України*. 2011. № 4. С. 27–32.