

**Л. І. СТОРОЖИК, С. В. ЗАВГОРОДНЯ,  
О. В. ЯЛАНСЬКИЙ, В. І. СЕРЕДА**

# **ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА З УРАХУВАННЯМ ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ ТА ДЕПОНУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ КУЛЬТУРИ**

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ



**КИЇВ 2026**



**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

**Л. І. Сторожик, С. В. Завгородня,  
О. В. Яланський, В. І. Серeda**

**ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО  
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА  
З УРАХУВАННЯМ ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ  
ТА ДЕПОНУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ КУЛЬТУРИ**

**Науково-методичні рекомендації**

**Київ 2026**

УДК 633.63.631.51

<https://doi.org/10.47414/978-617-8706-39-5>

*Рекомендовано до опублікування вченою радою  
Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН  
(протокол № 8 від 08 квітня 2026 р.)*

**Рецензенти:**

**В. В. Дрига**, доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник;  
**М. О. Корнєєва**, кандидат біол. наук, старший науковий співробітник  
(Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН)

**Сторожик Л. І., Завгородня С. В., Яланський О. В., Середа В. І.** Технологічні аспекти вирощування сорго для виробництва біопалива з урахуванням вуглецевого сліду та депонуючої здатності культури : науково-методичні рекомендації / НААН України, Ін-т біоенергет. культ. і цукр. буряків. Електрон. вид. Київ : ІБКіЦБ НААН, 2026. 25 с.

ISBN 978-617-8706-39-5 (PDF)

На основі узагальнення багаторічних досліджень висвітлено наукове обґрунтування агробіологічних аспектів формування продуктивності сорго цукрового [*Sorghum saccharatum* (L.) Moench] та віничного (технічного) (*Sorghum technicum* Roshev) як енергетичних культур в Лісостепу України, ефективності його вирощування на біоенергетичні цілі у балансі відновлювальної енергії в агроєкосистемі з урахуванням балансу парникових ефектів та потенціалу секвестрації вуглецю.

**УДК 633.63.631.51**

**<https://doi.org/10.47414/978-617-8706-39-5>**



Цей твір поширюється на умовах ліцензії CC BY-NC-SA 4.0  
(Creative Commons «Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International)

**ISBN 978-617-8706-39-5 (PDF)**

© Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, 2026  
© Колектив авторів, 2026

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	4
<b>1. Сорго як біоенергетична культура</b> .....	5
1.1. Основні біологічні ознаки сорго цукрового ( <i>Sorghum saccharatum</i> (L.) Moench) та віничного (технічного) ( <i>Sorghum technicum</i> Roshev) .....	6
1.2. Агротехнологічні умови вирощування сорго .....	9
<b>2. Сівба сорго</b> .....	11
2.1. Підготовка насіння до сівби .....	11
2.2. Строки сівби .....	12
2.3. Способи сівби .....	12
2.4. Глибина загортання насіння .....	12
2.5. Сорти сорго віничного (технічного) .....	12
2.6. Сорти і гібриди сорго цукрового .....	13
<b>3. Догляд за посівами</b> .....	14
3.1. Коткування посівів .....	14
3.2. Досходове розпушування ґрунту .....	14
3.3. Розпушування ґрунту в міжряддях .....	15
3.4. Підживлення рослин .....	15
3.5. Контролювання сегетальної рослинності .....	15
3.6. Захист від шкідників і хвороб .....	16
<b>4. Збирання</b> .....	16
4.1. Строки та спосіб збирання .....	16
4.2. Біоенергетичні моделі гібридів та сортів сорго .....	17
4.3. Визначення енергетичного потенціалу сорго .....	19
4.4. Визначення енергетичного потенціалу за виходом біогазу .....	20
<b>5. Оцінка балансу парникових ефектів та потенціалу секвестрації вуглецю в агроценозах сорго</b> .....	20
<b>6. Депонування вуглецю та формування гумусу</b> .....	23
<b>Список використаних джерел</b> .....	25

## Вступ

Загострення екологічних проблем спонукає до пошуку шляхів виробництва і використання відновлювальних джерел енергії, що визнано одним із пріоритетів світової економіки. Підтвердженням цього слугує підписання нової Кліматичної Угоди, яка передбачає уповільнення темпів зростання середньорічної температури через приведення у другій половині XXI століття викидів парникових газів до рівня, який природа здатна переробляти без шкоди для себе. З цією метою передбачається щорічно залучати 100 млрд \$ для заміни традиційних джерел енергії відновлювальними, серед яких значне місце посідає біоенергетика.

Сільське господарство має суттєвий внесок у викиди парникових газів. В умовах глобальних і регіональних змін клімату, яка підтверджується збільшенням аномальних погодних умов. За даними Світового банку 321,5 млн т CO<sub>2</sub>-еквівалент (CO<sub>2</sub>-екв), з частка сільського господарства становила 15,7 %. Тільки в галузі рослинництва значна кількість викидів парникових газів пов'язана з розорюваністю земель і інтенсивним обробітком ґрунту.

На євроінтеграційному шляху Україна є активним учасником серед світової спільноти у досягненні стратегічних цілей щодо декарбонізації та кліматичної нейтральності задля «зеленої» трансформації економіки. Важлива роль у означеному аспекті належить рослинництву (сектору сільського господарства), оскільки екологоантропогенні агроценози наділені здатністю до поглинання вуглецю.

Враховуючи сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для вирощування рослин, найбільш перспективним видом біоенергетики для України є фітоенергетика, яка базується на біосировині рослинного походження. До основних переваг рослинної біомаси як джерела енергії можна віднести екологічну чистоту викидів порівняно з викопними видами палива, відсутність негативного впливу на баланс вуглекислого газу в атмосфері. Під час згорання біопалива на основі рослинної біомаси в атмосферу викидається менше вуглекислого газу, ніж поглинається рослинами в процесі фотосинтезу, утворюється в 20...30 разів менше оксиду сірки і в 3...4 рази менше золи в порівнянні з вугіллям. Побічним продуктом в процесі виробництва рідкого та газоподібного біопалива і в результаті згорання твердого біопалива є органічна речовина, яку можна використовувати в якості добрив.

Отже, розширення виробництва і використання різних видів біопалива забезпечить енергетичну, а отже і економічну, незалежність України та покращить екологічний стан довкілля. Отже, для побудови кліматично нейтральної економіки потрібні системний підхід та інноваційні удосконалення елементів технології вирощування сільськогосподарських культур у агропромисловому комплексі.

## 1. Сорго як біоенергетична культура

Енергетична стратегія України передбачає збільшення використання біомаси у виробництві електро- та теплоенергії за рахунок створення конкурентних ринків біопалива, стимулювання вирощування та використання біомаси як палива підприємствами, на яких біомаса є залишковим продуктом. Тай наслідки поступового глобального потепління, зумовлюють необхідність добору нових культур, які відрізняються високою врожайністю, посухостійкістю та невибагливістю до ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Для біоенергетики в Україні значні перспективи мають деякі нетрадиційні культури, які здатні накопичувати значну біомасу, зокрема за рахунок того, що у них фотосинтез відбувається протягом тривалого періоду вегетації (від ранньої весни до пізньої осені, що зменшує концентрацію парникових газів в атмосфері та передусім CO<sub>2</sub>). Однією з таких енергетичних культур є сорго з високими показниками умісту цукрів та сухої речовини у стеблах, високою кущистістю, унікальна злакова рослина, яка формує стійкі агрофітоценози на малородючих ґрунтах за екстремальних кліматичних умов зростання та придатна для виробництва біогазу та твердих видів біопалива. За використання сучасних сортів і гібридів соргових культур досягається гарантована забезпеченість сировиною (біомасою) у продовольчій та енергетичній промисловостях України.

Тому, задля забезпечення подальшого зростання галузі біоенергетики необхідно створити достатню кількість високоякісної сировинної бази, провідне місце у формуванні якої відводиться сорговим культурам, які здатні формувати високі і стабільні врожаї в екстремальних умовах вирощування, вигідно відрізняючись посухостійкістю, солевитривалістю, економним витрачанням вологи.

На сьогодні сучасний стан агробіоценозів нашої держави породжує занепокоєння через техногенне навантаження на довкілля, неконтрольоване збільшення розорюваності цілинних територій, яке призвело до глобальних порушень природних факторів, зокрема співвідношення орних та неорних земель. Неконтрольоване внесення мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин від шкідників, патогенів та бур'янів, поширення монодомінантних агроценозів певних сільськогосподарських культур, вирощування на зрошенні – усе це призводить до руйнування природних зв'язків, збіднення видової різноманітності фітоценозів та зниження стійкості культур щодо несприятливих факторів довкілля, катастрофічне зменшення родючості ґрунтів. Свій «вклад» в забруднення навколишнього середовища та орних земель внесла і військова російська агресія проти нашої держави. Внаслідок вибухів та воєнних дій ґрунти піддаються фізичному та хімічному впливу. Такий ґрунт швидше підда-

ється ерозії та засоленню, що в результаті унеможливорює його придатність до використання в сільському господарстві. Тай у наслідок надмірного аграрного виробництва відбулися істотні зміни в структурі ґрунтового покриву, які призвели до значної втрати родючості. До того ж вміст гумусу знизився в 2,0–2,5 рази, а насиченість ґрунтів хімічними елементами різної природи, продуктами деструкції гербіцидів і пестицидів значно перевищила європейські норми. Культури, які вирощують на таких ґрунтах, візуально різняться, мають пригнічений стан та ознаки водного дефіциту, так як такий ґрунт має різноманітні хімічні елементи та різну їх кількість. Тому на таких ґрунтах доречно вирощувати енергетичні соргові культури, коренева система яких збагачує вміст органічної речовини у ґрунті, тим самим підвищуючи його родючість, а її виїнятковість, яка проявляється у потужності, розгалуженні і глибокій проникненості навіть на засолених землях дає можливість рослинам отримувати вологу та поживні речовини з шарів ґрунту недоступних для багатьох інших рослин. Цим пояснюється велика витривалість і виняткова посухостійкість сорго. Використовується як технічна культура для отримання матів, мітел, віників, щіток тощо, а зерно – на фураж. З одного гектара такого сорго можна отримати 4–5 тис. віників. З сорго виготовляють трав'яне борошно, віники, гранули, брикети, та етанол. Різноманітне використання стало основою популярності сорго в багатьох країнах світу [2].

Біологічною особливістю сорго порівняно з іншими культурами є і його здатність інтенсивно проростати навіть у напівсухому ґрунті, що надзвичайно важливо у сучасних реаліях сьогодення, за екстремальних кліматичних умов.

Продуктивність рослин сорго залежить від гідротермічних умов вегетаційного періоду та регіону вирощування [1]. При цьому важливе значення для формування його продуктивності мають сортові особливості та елементи агротехніки [5, 6, 10].

### **1.1. Основні біологічні ознаки сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench) та віничного (технічного) (*Sorghum technicum* Roshev)**

Сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench) та віничне або технічне (*Sorghum technicum* sonvar, *occidentocuresicum* Jakushev) має швидкі темпи росту й розвитку, знижену вимогливість до тепла та легку пристосованість до аномальних умов вирощування. Зазначені види відповідно призначені відповідно для виготовлення силосу, виробництва харчового сирупу, біомаси, виготовлення віників та мітел (рис. 1).

Сорго цукрове є батьківським компонентом, який при схрещуванні з іншими видами культури дає високорослі і потужні гібриди. У Державному реєстрі сортів рослин, придатних до поширення в Україні занесено 17 сортів сорго віничного та 53 сорти і гібриди сорго цукрового.



Сорт Карликове



Сорт Красень

**Рис. 1. Волоті сорго віничного, Дослідне поле ІБКіЦБ НААН, 2025 р.**

Сорго віничне відрізняється від попередніх груп та характеризується сухою білою серцевиною, відсутністю стержня, довгою (до 40–60 см) волоттю з тонкими й еластично-гнучкими гілками У більшості сортів волоть прямостояча або з проникненням лише в один бік. Рослини низькорослі (до 160 см) та високі (до 2,8 м). Основна озерненість переважно по кінцях гілок, зерно плівчасте й важко вимолочується. Сорго належить до найбільш посухостійких культур. Сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench) має висоту до 5 метрів, залежно від виду та сорту/гібриду (рис. 2); коренева система потужна, розгалужена, здатна проникати на глибину до 2 метрів і більше, що забезпечує стійкість до посухи. Стебло: пряме, округле, міцне, уміст цукрів до 20–25 %.

Волоть, складається з численних колосків. прямостояча або поникла, розлога або компактна. Довжина волоті може досягати 70 см і більше (рис. 3). Колоски складаються з двох квіток: нижньої – безплідної, верхньої – плідної. Плідна квітка утворює зернівку округлу або яйцеподібну, яка має різне забарвлення (біла, жовта, червона, коричнева, чорна).

Серед польових культурних рослин майже немає рівних йому за здатністю протистояти тривалим і жорстким посухам. Рослина характеризується низьким транспіраційним коефіцієнтом. Сорго без значних пошкоджень може переносити високу температуру повітря та ґрунту. Листя не потерпає від сильного сонячного нагрівання і не витрачає на своє охолодження зайвої вологи посиленням випаровуванням, що характерно для більшості рослин.



Гібрид Ананас



Довіста



Фаворит

**Рис. 2. Агрофітоценози сорго цукрового, Дослідне поле ІБКіЦБ НААН, 2025 р.**



**Рис. 3. Волоті сорго цукрового, Дослідне поле ІБКіЦБ НААН, 2025 р.**

Транспіраційний коефіцієнт, тобто кількість води, яку випаровує рослина в процесі утворення одиниці маси сухої речовини, у сорго невисокий – 300 (кукурудзи – 338, пшениці – 513, гороху – 730). Якщо в ґрунті є хоча б трохи вологи, то сорго продовжує рости, незважаючи на сильну спеку і сухість повітря, мало страждає від суховіїв. Коли ж ґрунт пересихає, то рослини здатні впадати в анабіоз, а після випадання дощу вони знову починають інтенсивно рости і розвиватися. Доцільність вирощування сорго зумовлена його високою продуктивністю та універсальністю застосування.

## **1.2. Агротехнологічні умови вирощування сорго**

При розміщенні сорго в сівозміні необхідно враховувати його повільний ріст та розвиток на початку вегетації і в зв'язку з цим можливість заглушування бур'янами. На крайньому півдні України сорго є непоганою парозаймаючою культурою. Після його збирання залишається ще достатній період для обробітку ґрунту під озиму пшеницю. Культура сорго дає можливість зменшувати негативні наслідки посухи і поповнювати недобір кормів, що спостерігається в посушливі роки, коли знижується врожайність зернових колосових і кукурудзи. Потенційна продуктивність сорго найповніше розкривається при розміщенні його після озимої пшениці та ячменю[4].

### *Вимоги до температури*

Сорго найбільш теплолюбна рослина серед хлібів другої групи. Сіння проростає при мінімальній температурі 12–13 °С. Сходи сорго дуже чутливі до низьких температур. Вони гинуть при температурі мінус 2 °С. Сорго добре росте і розвивається при температурі 30–35 °С, легко переносить спеку до 40 °С. Для його дозрівання потрібна сума ефективних температур 2200–2500 °С. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – 0,8–1,3.

### *Вимоги до вологи*

Сорго – одна з найбільш потужних посухостійких рослин. Ефективно використовує вологу опадів другої половини літа початку осені. Надзвичайно стійке до ґрунтової і повітряної посухи.

### *Вимоги до ґрунтів*

Сорго не вимогливе до ґрунтів, добре росте на важких і легких ґрунтах. Найбільш придатними для нього є добре прогріті, пухкі, аеровані ґрунти. Переносить підвищену засоленість ґрунтів. На початку вегетації, як і всі просовидні хліба, росте повільно (4–5 тижнів) і пригнічується бур'янами.

### *Вимоги до світла*

Сорго – світлолюбна, перехреснозапильна культура короткого дня. Вегетаційний період триває від 90 до 115 днів.

Технологічні заходи повинні бути направлені на одержання густоти

стояння рослин сорго перед збиранням – 160–170 тис. шт./га, зеленої маси – 60–70 т/га, уміст сухої речовини – 35–50 %. Цукру – 10–20 %.

### *Попередники*

У сівозміні сорго вирощують по чорному або зайнятому пару, після кукурудзи, озимої пшениці та зернобобових культур. Кращим попередником сорго є озимина, посіяна на чистих та зайнятих парах, однорічні трави, горох, кукурудза на зелений корм. Сорго в сівозміні є непоганим попередником для ярих зернових. Витримує повторні посіви і може тривалий час вирощуватись як монокультура.

### *Основний обробіток ґрунту*

Його проводять з метою глибокого розпушування, ретельної заробки органічних і мінеральних добрив, поживних решток, створення умов для поліпшення водноповітряного і поживного режимів та якісного проведення наступних польових робіт. Залежно від погодних умов, стану ґрунту та засміченості поля застосовують поліпшену і напівполіпшену систему обробітку ґрунту.

Найбільший рівень урожайності формує при розміщенні його посівів на полях, де здійснено глибокий основний обробіток ґрунту, що сприяє ефективному накопиченню вологи та зумовлюється морфологічною будовою її кореневої системи. Весняний передпосівний обробіток ґрунту в усіх зонах вирощування культури передбачає максимальне збереження вологи, створення пухкого посівного шару на зораних площах. Ранньовесняне закриття вологи і вирівнювання здійснюють при настанні фізичної стиглості ґрунту. Вирівнювання проводиться під кутом 45–50° до напрямку основного обробітку. На незораних з осені площах навесні доцільно проводити обробіток ґрунту важкими дисковими знаряддями або протиерозійними культиваторами на глибину 12–14 см.

### *Поліпшений обробіток*

На полях, де переважно багаторічні коренепаросткові бур'яни (осот, гірчак, березка польова та інші) проводять дворазове луцення стерні, перше – дисковими знаряддями на глибину 8–10 см, друге – після масової появи бур'янів лемішними знаряддями на глибину 12–14 см з боронуванням або коткуванням під глибоку зяблеву оранку.

В разі використання гербіцидів (Раундап або його аналогів: Ураган Форте 500 LS, в.р.к. – 2–4 л/га або сумішшю з Банвел 45 480 LS, в.р.к. – Ураган Форте (2 л/га) + Банвел 45 (0,5 л/га).

### *Напівпаровий обробіток*

На полях, де переважно однорічні бур'яни (мишій сизий, куряче просо, лобода біла, щириця, дика редька та інші) проводять дискування стерні на глибину 6–8 см у два сліди, глибоку оранку на 30–32 см в серпні. В міру потреби ріллю боронують і розпушують культиваторами.

### *Удобрення сорго*

При середній урожайності зеленої маси 70–80 т/га сорго цукрове потребує азоту 85–90 кг, фосфору 75–80 і калію 135–160 кг/га. До цього слід додати, що сорго краще засвоює поживні речовини лише з розчинних форм. Щоб одержати високі врожаї його посіви розміщують після удобрення попередників, крім того, вносять органічні в нормі 20–30 т/га і мінеральні добрива  $N_{85-100}P_{80-130}K_{125-160}$ .

### *Ранньовесняний обробіток ґрунту*

Включає закриття вологи, щільне розпушування та вирівнювання ґрунту, яке проводять у період фізичної стиглості ґрунту, коли вологість його вища на 3–4 % від нижньої межі пластичності і він не пристає та подрібнюється без замочування робочих органів ґрунтообробних знарядь. Дві останні операції, як правило, поєднують в одну – комплексну. Для виконання цих робіт застосовують агрегат типу АРВ 8.1-01.

### *Передпосівний обробіток ґрунту*

Проводять одночасно із сівбою сорго. На ущільнених ґрунтах і за недостатньої кількості вологи застосовують культиватор УСМК-5,4 А (Б). На пухких ґрунтах і достатньому зволоженні верхнього шару ґрунту можна використовувати борону культиватор ВНЦ-Р (РА) або важкі чи передні борони. Якщо ґрунт перед сівбою занадто пухкий і насіння загортається глибоко, застосовують важкі водоналивні котки в агрегаті з боронами або кільчато-шпорові катки. Коткування проводять під невеликим кутом до напрямку сівби. Висока продуктивність та якість передпосівного обробітку ґрунту досягається за використання агрегата АРВ 8.1-0,2, які забезпечують розпушування ґрунту на задану глибину загорання насіння (4–6 см) без переміщення шарів. Головною умовою передпосівного обробітку ґрунту є розпушування поверхневого шару до дрібногрудкуватого стану (фракційний ґрунтових часток розміром не менше 10 мм повинен бути 90 %, 10–25 мм – 7 %, 25–35 мм – менше 3 %), на задану глибину, створення твердого насінневого ложа, знищення паростків і сходів бур'янів наявною у господарстві технікою [4].

## **2. Сівба сорго**

Серед ярих зернових культур (кукурудза, ярий ячмінь, соя) сорго має найдрібніше насіння, а гібриди і сорти значно різняться за масою 1000 насінин. Враховуючи здатність сорго до інтенсивного кущення, слід користуватися не ваговою нормою висіву, а бажаною густиною стояння рослин на 1 га. Норму висіву визначають за шириною міжрядь і густиною стояння рослин на гектарі. Рекомендована посівна норма орієнтована на щільність від 160 до 180 тис. рослин на 1 га. Якісне насіння сучасних гібридів

має високу лабораторну схожість (83–95 %), але польова схожість є нижчою на 12,0–18,8 %, сходи можуть з'являтися неодноразово і зріджені, що слід враховувати при розрахунках норми висіву.

Для досягнення максимальної врожайності в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах необхідно використовувати насіння оброблене фунгіцидом Максим XL 035 FS т.к.с. для захисту сходів від хвороб, Круїзер 350 FS т.к.с. проти шкідників у тому числі попелиці, а також антидотом Концеп III, що дає можливість проводити обробіток посівів ґрунтовими гербіцидами на основі S-метолахлору.

Характерною особливістю насіння сорго цукрового є надто повільне його проростання – період «сівба – повні сходи» триває 30–35 діб.

## **2.2. Строки сівби**

Сівбу сорго починають, коли посівний шар ґрунту (5 см) прогріється до 12–15 °С. Сорго сіють пунктирним широкорядним способом з шириною міжрядь 70 см; цукрове (на зелений корм) – широкорядним (45 см), на сіно – звичайним рядковим. Норма висіву при звичайному рядковому способі 18–22 кг/га, широкорядному (70 см) – 10–15 кг/га, широкорядному з шириною міжрядь 45 см – 15–20 кг/га. Насіння загортають на глибину 3–5 см, на легких підсохлих ґрунтах – на 6–8 см. За сівби в непрогрітий ґрунт насіння довго не проростає і загниває.

## **2.3. Способи сівби**

Сівбу проводять механічними або пневматичними сівалками вітчизняного (ССТ-12В, СУПК-12А, Орion та інші) та іноземного (Мультикорн, Оптіма, Унісем, Глорія та ін.) виробництва з шириною міжрядь 45 см. Під час сівби в рядки вносять добрива в нормі  $N_{15}P_{20}K_{30}$  кг/га д.р.

## **2.4. Глибина загортання насіння**

Головною умовою при встановленні глибини загортання насіння є необхідність заробки його у вологий шар ґрунту. Тому враховують весняні погодні умови, зону вирощування тощо. Виходячи з цього воно має бути в межах 3–6 см [6].

## **2.5. Сорти сорго віничного (технічного)**

*Карликове 45* – сорт сорго віничного, створений шляхом схрещування сортів віничного сорго Донське 35 та Віничне раннє з наступними доборами ранньостиглих низькорослих елітних рослин. Оригінація – ДУ Інститут зернових культур НААН. В реєстрі з 1999 року. Ранньостиглий, визріває на насіння за 90–100 діб, на 10 діб раніше від Донського 35. Сорт низькорослий, висота рослин 140–170 см. Куцистість висока, на стеблі 6–

8 листків. Листя середньої довжини (50–60 см) і ширини (3–5 см). Центральна жилка листка біла. Волоті довгі (35–45 см), жовті з відстанню від останнього міжвузля до першої гілочки волоті 40–45 см. Зерно плівчате. Колосові луски солом'яно-жовтого кольору. Високопосухостійкий, не вилягає. Урожайність: волотей зі стеблами – 7,0–8,0 т/га.

*Красень* – сорт сорго віничного ранньостиглий, посухостійкість 7–9 балів, стійкість до вилягання – 7, стійкість до осипання – 7, стійкість до основних хвороб – 7–9, висота рослин – 280 см. Оригіатор – ДУ Інститут зернових культур НААН. В реєстрі з 2007 року. Діаметр стебла на висоті 10 см від поверхні ґрунту 1,0–1,4 см та біля волоті – 0,8 см. Продуктивна куцистість – 2,1 стебла на одну рослину. Волоть довжиною 42–48 см, солом'яно-коричневого забарвлення. Колоскові луски соломисто-жовтого кольору. Остюки малі. Суцвіття щільне, злегка поникле. Зерно плівчате, коричневого кольору. Маса 1000 зерен – 22–24 г.

## 2.6. Сорти і гібриди сорго цукрового

*Ананас*. Гібрид сорго цукрового, скоростиглий, середньокрохмальний. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України з 2017 р. Вегетаційний період від появи сходів до початку воскової стиглості 104 дні. Вміст сирого протеїну становить 8,8–9 %, вміст сирової клітковини – 29,8–29,6 %. Напрямок використання кормовий. Рекомендований до вирощування в Степу (урожайність 123 т/га), Лісостепу (урожайність 67 т/га).

У гібрида відсутнє антоціанове забарвлення на паростку. За висотою рослина висока (219,2–243,3 см). Листок за шириною та довжиною середній. Забарвлення центральної жилки листка біле. Суцвіття пряме, веретеноподібне, за щільністю – середнє.

Показники господарської придатності: стійкість до посухи: 8,9–9 балів; стійкість до полягання: 8,9–9 балів; стійкість до окремих видів шкідників (хвороб): бактеріоз – 8,7–9 балів, гелмінтоспоріоз – 8,7–9 балів, сажка – 9 балів, стебловий метелик – 8–9 балів. Оригіатор: ДУ Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України.

*Фаворит* – сорт сорго цукрового, у Реєстрі сортів рослин України з 2004 р. Рекомендовано використовувати у зоні Лісостепу. Оригіатор – СГП – НЦНС. Сорт створено методом індивідуального добору з гібридної комбінації. На стеблі рослини формують 11–12 зелених листків. Волоть овальна, чорна, з помірним опушенням, завдовжки 25–35 см, незначно похилена, розміщена на ніжці завдовжки 45–55 см. Листки зелені, завдовжки 70–80 см та завширшки 8–9 см, з незначним опушенням пластинки і жилок. Зерно чорне округле, плівчастість на 90–100 %, добре обмолочується. Колоски ромбічної форми, остистість до 1 см, колоскові луски чорні, глянцеві, розміром 4 × 4 см. Маса 1000 насінин складає 27 г; маса волоті з зерном – 117 г. Вегетаційний період складає 125 діб. Рослини заввишки 1,8–2,5 м.

Сорт посухостійкий, придатний до механізованого збирання. У соку стебла міститься близько 14 % цукрів, у зерні – 5,9–6,1 % білку. Сорт характеризується стабільним, високим урожаєм зеленої маси та насіння. Стійкий до вилягання та ураження сажкою. Високоврожайний, у богарних умовах забезпечує до 120 т/га листостеблової маси.

*Довіста* – сорт сорго цукрового селекції ІЗГ НААН, який забезпечує високий темп початкового росту, середньопізній. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України з 2008 р. Рекомендований до вирощування у степовій та лісостеповій зонах. Напрямок використання – кормовий. Сходи темно-зелені з антоціановим відтінком. Рослини досягають висоти 210–237 см і утворюють в середньому 1,4–1,8 прямостоячих соковитих стебел на 1 рослину. Вміст цукру в соковій стебел у фазі повної стиглості зерна варіює в межах 12,8–15,6 %. Волоті овальної форми, завдовжки 16–21 см, солон'яно-коричневого забарвлення. Зерно жовто-коричневого кольору, крупне (маса 1000 шт. 22,4–23,7 г).

Період вегетації становить 130–140 днів від появи сходів до повної стиглості зерна. Сорт Довіста має середні показники посухостійкості та високі показники стійкості до хвороб.

Урожайність зеленої маси складає 75,0–90,0 т/га, волотей з зерном – 11,0–12,0 т/га, сухої речовини – 15,0–17,0 т/га.

### **3. Догляд за посівами**

#### **3.1. Коткування посівів**

За планової передпосівної підготовки ґрунту або за сухої весни при дуже розпушеному ґрунті проводять після посівне коткування гладкими водоналивними котками (СКГ-2) в агрегаті з рай боронами (30Р-0,7), або кільчато-шпаровими котками. Це дає змогу підвищити на 15–20 % польову схожість і одержати дружні і рівномірні сходи.

#### **3.2. Досходове розпушування ґрунту**

Залежно від тривалості проростання насіння бур'янів, забур'яненості поля, фізичного стану ґрунту на 4–5 день після сівби проводять суцільне розпушування поверхневого шару ґрунту широкозахватними агрегатами, укомплектованими зубовими боронами (БЗСС-1,0, ЗБП-0,67, 30Р-0,7), а також культиваторами УСМК – 5.48, КоЗР – 5,4-0,1, обладнаними ротаційними робочими органами РБ-5,4 з прутковими роторами без шлейфів. У фазі 4–5 листків сорго проводять боронування посівів вперек рядків легкими боронами з навантаженням не більше 0,6 кг на зуб борони, швидкість агрегату – 4,5 км/год.

### 3.3. Розпушування ґрунту в міжряддях

Міжрядні розпушування проводять по мірі появи бур'янів. Перше розпушування проводять, як тільки зазначаються рядки, на глибину 5–6 см, через 7–10 днів – друге на глибину 7–8 см, і в фазі виходу в трубку третє – на глибину 4–5 см. Трикратна обробка міжрядь сприяє зниженню забур'яненості посівів сорго більш як у 2 рази.

Для розпушування ґрунту в міжряддях використовують культиватори УСМК-5,4 В(б) та інші, обладнані плоско різними лапами з шириною захвата 150 мм, що встановлюються по дві на кожне міжряддя і на задану глибину, а також ротаційними батареями, що рухаються в міжряддях і в зоні рядка. Більш якісне розпушування ґрунту з мінімальними захисними зонами рядків (не більше 8 см) досягається при використанні культиваторів КОРЗ-5,4-0,1 та КОРЗ-8,1-0,1.

На дуже ущільнених і забур'яненних полях застосовують культиватор КФ-5,4 з активними побічними органами фрезерного типу, в зоні дії яких знищення бур'янів досягає 100 %.

### 3.4. Підживлення рослин

Кореневе підживлення проводять у фазі піхва третього-п'ятого листка, з розрахунку  $N_{30-40}P_{30-40}K_{30-40}$  кг/га д.р. на глибину 8–12 см.

Позакореневе підживлення проводять у фазі інтенсивного росту рослин сорго. Позакореневе підживлення доцільно проводити в поєднанні із засобами захисту рослин від хвороб. Норма робочого розчину при проведенні позакореневого підживлення наземним способом 250–300 л/га.

### 3.5. Контролювання сегетальної рослинності

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків рекомендує дві системи захисту: комбіновану і по сходову [12].

Комбінована система передбачає обов'язкове внесення в ґрунт гербіцидів, що діють у вологому ґрунті через кореневу систему і наступних обприскувань (два або три рази) сходів сорго.

*Досходова система:* найбільш ефективним у посівах сорго є застосування ґрунтових гербіцидів широкого спектра дії, таких як Примекстра ТЗ Голд 500 SC (к. с., 4,5 л/га), Примекстра Голд 500 SC (к. с., 3,5 л/га), Дуал Голд 960 ЕС (к. е., 1,6 л/га), основною діючою речовиною яких є S-метолахлор. Для безпечного використання цих препаратів рекомендується обробити насіння антидотом Концепт III 960 ЕС, який нейтралізує дію S-метолахлору на проростки сорго.

Гербіцид Гвардіан Тетра 67,9 %, к.с. (Ацетохлор: 450 г/л, Тербутилазін: 214 г/л, Фурилазол: 15 г/л) у нормі витрати 3,5 л/га (обприскування ґрунту до появи сходів або у фазі 2–3 листків культури) контролює однорічні дводольні та злакові бур'яни.

*Посходова система:* По вегетуючих рослинах для контролювання дводольних бур'янів використовують гербіциди групи 2,4-Д амінна сіль (0,7–1,0 л/га), Діален – до фази трьох-п'яти листків у сорго (1,0–1,2 л/га), Прима SE (0,4–0,6 л/га), Ладдок – новий, ефективний за застосування у фазі одного-двох листків у бур'яну (2,5–3,0 л/га), Пік 75 WG (15–20 г/га). На відміну від інших гербіцидів, Пік 75 WG можна застосовувати навіть до стадії сьомого листка. Це дає змогу знищити практично всі види одно- і багаторічних видів дводольних бур'янів.

### **3.6. Захист від шкідників і хвороб**

З метою збереження сходів рослин від ґрунтових та наземних шкідників для сівби використовують насіння, оброблене інсектицидами системної дії або їх композицією. Насіння сорго повинно бути оброблено фунгіцидом Максим XL 035 FS т.к.с. для захисту сходів від хвороб, Круїзер 350 FS т.к.с. проти шкідників у тому числі попелиці, а також антидотом Контеп III, що дає можливість проводити обробіток посівів ґрунтовими гербіцидами на основі S-метолахлору.

Хімічну боротьбу проти совок слід проводити коли гусениці знаходяться у 1–3 віці, так як гусениці старшого віку (4–5) надзвичайно стійкі до інсектицидів. Застосовують такі препарати: 40 % к.е. БІ-58 (0,5–1,0 л/га), 35 % к.е. Золон (3,0–3,5 л/га), 50 % к.е. Сумітiон (0,6–1,2 л/га).

Внесення засобів захисту рослин проводиться штанговими обприскувачами з широким (15–30 м) захватом. Із вітчизняних машин на даний час найбільш зручним є ОП-2000, який переобладнано щільними розпилувачами і відсікаючими індивідуальними клапанами та фільтрами. З іноземних машин найбільш високоякісні обприскувачі фірм «РАУ» (Німеччина), «Харді» (Данія), «Страйкуй» (США) та інші. Оптимальна норма витрати робочої рідини при внесенні препаратів становить 300–400 л/га.

## **4. Збирання**

**4.1. Строки та спосіб збирання** біомаси сорго віничного (технічного) залежать від подальшого її використання: на віники (рис. 4) чи для виробництва біоетанолу чи біогазу (рис. 5).

Якщо біомаса використовується як сировина для виробництва біогазу, то сорго слід збирати у період максимальної врожайності зеленої маси, яка досягається у фазі формування і наливу зернівки. У цей період суха речовина біомаси становить 30–40 %, що є оптимальним для виробництва біогазу.



**Рис. 4. Збирання зерна і переробка на віники**



**Рис. 5. Біомаса сорго віничного для переробки на енергетичні цілі (біоетанол, біогаз), Дослідне поле ІБКІЦБ НААН, 2025 р.**

#### **4.2. Біоенергетичні моделі гібридів та сортів сорго**

Біоенергетичне виробництво стрімко розвивається і змінює вимоги та критерії до гібридів не тільки соргових, але й інших культур. Тобто необхідно враховувати технологічні властивості, які повинні бути їм притаманні. Енергетичну оцінку соргових культур та елементів технології їх вирощування проводять за загальним виходом енергії, яку можна отри-

мати з одного гектара посівів у разі перероблення вирощеної біомаси на різні види біопалива, при цьому враховується комплексний підхід до використання вирощеної біомаси [7].

У біоенергетиці існує три напрямки використання сорго: виробництво рідкого (біоетанолу другого покоління, бутанолу та ін.), твердого палива (брикети, пелети та ін.) та газоподібного. Для об'єктивної біоенергетичної оцінки соргових культур слід враховувати наступні показники:

- врожайність зеленої маси;
- вихід сухої біомаси при отриманні твердого біопалива;
- соковитість та вміст розчинних вуглеводів у соці стебел (сорго цукрове) при отриманні біоетанолу;

У кожного напрямку перероблення вінникового сорго свої вимоги до якості сировини [6]:

*Тверде паливо.* Сухостеблові гібриди з максимальною облистяністю і наявністю зерна та достатнім (7–15 %) у містом розчинних вуглеводів в соковій стебел, хоча у сухостеблових гібридів буде невелика кількість соку. Сухостебловість сприяє меншим енергозатратам при переробці. Доля сухої речовини в зеленій масі сорго віничного (технічного) складає понад 40–55 %, в цукрового сорго – 25–30 %

*Газоподібне паливо.* Сухостеблові гібриди з максимальними облистяністю і наявністю зерна та підвищеним вмістом розчинних вуглеводів у соці стебел. Ці показники сприяють більш інтенсивному процесу газовиділення і тепловіддачі при згоранні. Сухостебловість сприяє меншим енергозатратам при переробці.

Для виробництва біогазу можна використовувати всю біомасу сорго технічного (стебла, листя та волоті), тому збирання сорго здійснюється звичайними силосозбиральними комбайнами КСК-100А, КСК-250, Дон-750, Jaguar 900, Jaguar 870, Mammut 8790, John Deere 7200, John Deere 7300 і інші.

У випадку використання біомаси сорго в якості сировини для виробництва твердого біопалива збирання врожаю слід розпочинати наприкінці вересня у фазі повної стиглості зерна. Зібрану біомасу сорго можна зберігати не більше 2–3 діб.



**Рис. 6. Біомаса для переробки на тверде паливо (пелети, брикети)**

#### **4.3. Визначення енергетичного потенціалу сорго**

Вихід твердого біопалива розраховується за формулою [7]:

$$T = \frac{U \cdot c \cdot (100 + w)}{10000}, \quad (4.1)$$

де  $T$  – вихід твердого біопалива, т/га;  $U$  – врожайність зеленої біомаси стебел сорго, т/га;  $c$  – суха речовина біомаси стебел, %;  $w$  – вологість твердого біопалива, %.

Згідно європейським вимогам тверде біопаливо може мати вологість до 10 %, тому приймаємо  $w = 10$  % [8].

Вихід енергії визначають як добуток маси твердого біопалива отриманого з 1 га посівів сорго як цукрового так і віничного на його питому теплотворну здатність:

$$E_T = T \cdot e_t, \quad (4.2)$$

де  $E_T$  – вихід енергії з твердого біопалива, ГДж/га;  $T$  – вихід твердого біопалива з 1 га сорго, т/га;  $e_t$  – питома теплотворна здатність твердого біопалива, МДж/кг.

#### 4.4. Визначення енергетичного потенціалу за виходом біогазу

Біогаз утворюється в результаті природного процесу мікробного розкладання органічної маси у вологому середовищі в анаеробних умовах (за відсутності кисню). Сировиною для біогазових установок є перш за все енергетичні культури [7, 9].

Для розрахунків виходу біогазу з біомаси сорго цукрового приймаємо методичні підходи, які наведені у аналітичних записках Агентства з відновлюваних ресурсів Німеччини (FNR) [9, 7]. Приймаємо, що з 1 кг сухої речовини сорго можна отримати 0,7 м<sup>3</sup> біогазу з вмістом метану 60 %. Отже, формула для розрахунку виходу біогазу з 1 га посівів сорго цукрового матиме вигляд:

$$F_{\text{сорго}} = \frac{U_{\text{сорго}} \cdot Q_{\text{сорго}} \cdot q}{100}, \quad (4.3)$$

де  $F_{\text{сорго}}$  – розрахунковий вихід біогазу (вміст метану 60 %), тис. м<sup>3</sup>/га;  $U_{\text{сорго}}$  – урожайність зеленої біомаси сорго, т/га;  $Q_{\text{сорго}}$  – вміст сухої речовини, %;  $q$  – питомих вихід біогазу з 1 кг сухої речовини ( $q = 0,7 \text{ м}^3/\text{кг}$ )

Енергетичний потенціал біогазу, отриманого з одного гектара посівів сорго визначаємо: об'єм біогазу помножити на його питому теплоту згорання (4.4):

$$E_T = F \cdot e_F, \quad (4.4)$$

де  $E_T$  – вихід енергії, ГДж/га;  $F$  – вихід біогазу з 1 га сорго, тис. м<sup>3</sup>/га;  $e_F$  – питома теплотворна здатність біогазу, МДж/м<sup>3</sup> [7].

#### 5. Оцінка балансу парникових ефектів та потенціалу секвестрації вуглецю в агроценозах сорго

Оптимізація елементів технології вирощування сорго з метою декарбонізації – це перехід від традиційного інтенсивного землеробства до моделі «вуглецевого фермерства» (Carbon Farming). Головна мета полягає в мінімізуванні викидів від застосування техніки та добрив, водночас максимально збільшуючи обсяги вуглецю, який рослина «закачує» в ґрунт.

Наводимо розрахунок технологічних викидів, що агропідприємство «викидає» в атмосферу під час виробничого процесу вирощування сорго.

Основні складові викидів (kgCO<sub>2</sub>eq/ha) за інтенсивною технологією:

*А. Добрива (Виробництво та логістика)*

За внесення N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (кг діючої речовини на 1 га).

Азот (N): 120 кг × 4,0 кг CO<sub>2</sub>eq/кг ≈ 480 кг CO<sub>2</sub>eq

Фосфор та Калій: 120 кг (P + K) × 0,7 кг CO<sub>2</sub>eq/кг ≈ 84 кг CO<sub>2</sub>eq

### Б. Прямі польові викиди ( $N_2O$ )

Закис азоту – «важкий» парниковий газ ( $GWP \approx 265$ ). Приблизно 1 % внесеного азоту втрачається як  $N_2O$ .

$$120 \text{ кг N} \times 0,01 \times 1,57 \text{ (коеф. конверсії)} \times 265 \approx 500 \text{ кг CO}_2\text{eq}$$

### В. Паливно-мастильні матеріали (ПММ)

Повний цикл (від оранки до збирання 78 т маси) потребує близько 80–100 л дизелю на 1 га.

$$90 \text{ л} \times 3,15 \text{ кг CO}_2\text{eq/л (з урахуванням видобутку)} \approx 283 \text{ кг CO}_2\text{eq}$$

### Г. Насіння та засоби захисту рослин

Середній показник для технічних культур:

$$\sim 50\text{--}70 \text{ кг CO}_2\text{eq/ha (табл. 1)}.$$

Агрофітоценози сорго є лідером серед сільськогосподарських культур за темпами депоновання вуглецю, що робить його ключовим гравцем у стратегіях пом'якшення змін клімату, так як культура продукує фотосинтез  $C_4$ , який поглинає надзвичайно ефективно  $CO_2$  з атмосфери.

Таблиця 1

**Загальні викиди парникових газів (у еквіваленті  $CO_2$ ) за формування агрофітоценозів сорго**

Джерела викидів	Викиди (кг $CO_2\text{eq/ha}$ )	Частка (%)
Мінеральні добрива (виробництво та внесення)	564	40%
Викиди $N_2O$ з ґрунту після внесення добрив у польових умовах	500	35%
Паливо (дизель)	283	20%
Виробництво насіння та пестициди	60	5%
Разом	$\sim 1407$	40%

Поглинання  $CO_2$  біомасою сорго розраховуємо за сухою речовиною рослин та коефіцієнта перерахунку  $C \rightarrow CO_2$  ( $44/12 = 3,667$ ).

Розраховуємо масу депонованого вуглецю:

У середньому рослинна біомаса сорго (целюлоза, лігнін, цукри) складається з вуглецю приблизно на 45 %.

Маса депонованого вуглецю:

$$CO_{2\_dep} = C_p \times 0,45,$$

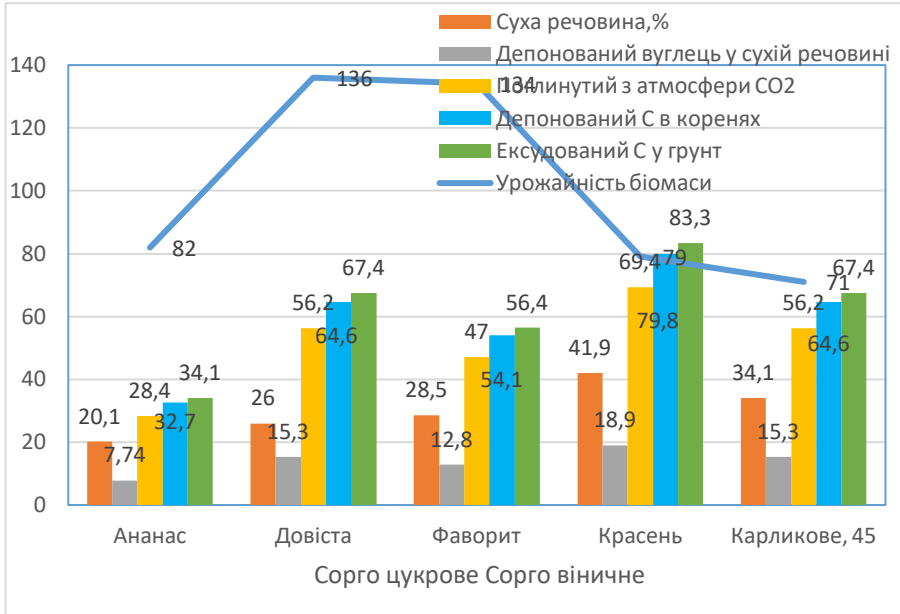
де  $C_p$  – суха речовина біомаси (т/га); 0,45 – середній показник вуглецю в біомасі сорго

Загальна біомаса включає: наземну (збирається), підземну (20 % від наземної).

Валовий вуглецевий баланс визначає загальний кліматичний ефект від вирощування культури:

$$\text{Баланс} = CO_{2\_погл} - E_{\text{загальні викиди}}$$

За розрахунками 69,4 (поглинання сорго CO<sub>2</sub> з атмосфери) відняти 1,4 (загальні викиди CO<sub>2</sub>) = 68,0 т/га CO<sub>2</sub> – чистий екологічний ефект (баланс) поглинання агрофітоценозами сорго. Це робить їх пріоритетними для програм відновлення родючості ґрунтів та боротьби зі зміною клімату.



**Рис. 7. Поглинання CO<sub>2</sub> з атмосфери та потенціал секвестрації вуглецю в агроценозах сорго цукрового та віничного (т/га)**

Досліджувані сорти/гібриди сорго цукрового мають нищий показник умісту сухої речовини (20,1–28,5 т/га) порівняно з сорго віничним (34,1–41,9 т/га), який регламентує накопичення CO<sub>2</sub> у ній. Сорти Довіста та Медовий мають високий рівень поглинутого з атмосфери CO<sub>2</sub>, який становить 56,2 та 47,0 т/га. Ананас демонструє нижчі показники поглинання CO<sub>2</sub> (всього – 28,4 т/га).

Сорти сорго віничного виявилися найбільш показовими з екологічної ефективності, так як забезпечують максимальне поглинання CO<sub>2</sub>: Красень (69,4 т/га), Карликове 45 (56,2 т/га).

Зазначені сорти мають найвищий рівень депонованого вуглецю в кореневій системі (79,8 та 71 т/га) та найбільшу кількість ексудованого вуглецю у ґрунт (83,3 та 67,4 т/га). Ці показники характеризують кореневу систему, як надзвичайно потужну з активним процесом метаболізму у ризосфері.

## 6. Депонування вуглецю та формування гумусу

Коріння сорго насичує ґрунт рідким вуглецем, перетворюючи зону навколо коріння на активне вуглецеве депо, що є основою формування гумусу. Встановлено, що сорти віничного сорго демонструють вищу фізіологічну спроможність до перенаправлення вуглецю в ґрунт (ексудації) порівняно з цукровими сортами. Важливим є те, що у досліджуваних видів сорго рівень ексудованого вуглецю перевищує рівень вуглецю, депонованого безпосередньо у сухій речовині врожаю. Це є підтвердженням про те, що культура сорго спрацьовує як потужний депонуєчий агент для агро-екосистем.

Розрахунок частки (%) вуглецю, що переходить у ґрунт за формулою:

$$C \text{ в ґрунті} = \frac{\text{Депонований } C \text{ в коренях} + \text{Ексудований } C \text{ у ґрунті}}{\text{Урожайність біомаси}} \times 100$$

Кореневі виділення сорго не зникають у ґрунті – вони стають фундаментом для довгострокового зберігання вуглецю: ексудати стимулюють розвиток корисних бактерій та мікоризних грибів. Мікроорганізми переробляють цей вуглець, перетворюючи його на стабільні органічні сполук. Гриби, що живляться ексудатами сорго, виробляють білок гломалін. Він «склеює» часточки ґрунту в агрегати, всередині яких вуглець захищений від швидкого окислення та повернення в атмосферу. Це сприяє гуміфікації.

Однією з найважливіших особливостей сорго є біологічна інгібіція нітрифікації (BNI): Кореневі волоски сорго виділяють специфічну речовину – сорголеон. Вони пригнічують діяльність бактерій, що перетворюють аміак на нітрати. Це сповільнює утворення закису азоту ( $N_2O$ ) – парникового газу, який у 298 разів потужніший за  $CO_2$ . Солорген є природнім гербіцидом, який блокує фотосинтез (фотосистему II) у сегетальної рослинності в агрофітоценозі, проявляючи потужний аллопатичний ефект. Сорголеон пригнічує активність бактерій *Nitrosomonas*, які перетворюють стабільний амоній ( $NH_4^+$ ) у рухливий нітрат ( $NO_3^-$ ). Це запобігає вимиванню азоту та викидам  $N_2O$ . Таким чином, сорго через потужну кореневу систему суттєво зменшує «вуглецевий слід» азотних добрив. Таким чином вирощування сорго забезпечує:

- Покращення структури ґрунту: Завдяки виділенням ґрунт стає більш пористим, що збільшує його вологоємність. В умовах кліматичних посух це дозволяє рослинам довше виживати без опадів.
- Ексудати сорго пригнічують ріст бур'янів (природний гербіцид), що зменшує потребу в хімічній обробці та механічному обробітку ґрунту, який зазвичай призводить до викидів вуглецю при спалюванні палива.

- Стимуляція системної стійкості: Кореневі виділення активують захисні гени самої рослини та її мікробних симбіонтів, допомагаючи легше переносити температурні стреси.
- Коренева ексудація сорго – це не просто «витрата» енергії рослиною, а стратегічна інвестиція у ґрунт, яка зв'язує атмосферний вуглець у стабільну органіку, блокує викиди небезпечного метану та закису азоту та створює здоровий мікробіом, здатний підтримувати врожайність навіть у критичних умовах кліматичних змін. Біомаса соргових культур, як відновлювальний енергоносіє, створює для України великі перспективи, а можливості її використання в енергетиці є дуже різноманітними, а трансформація в різні види біопалив на сьогодні найбільш технологічно відпрацьована та економічно ефективно.

## Список джерел

1. Балян А. В. Внесок аграрної науки в розвиток органічного виробництва. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 11. С. 9–12.
2. Яланський О. В., Самойленко А. Т., Федоренко Е. М., Краснєнков С. В., Черчель В. Ю. Насінництво соргових культур. *Агрономія сьогодні*. 2014. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/407-nasinnystvo-sorhovyykh-kultur.html>
3. Сторожик Л. І., Музика О. В. Фотосинтетичний потенціал посівів сорго цукрового в умовах Центрального Лісостепу України. *Наукові праці ІБКіЦБ*. 2017. Вип. 25. С. 79–86.
4. Новохацький М., Таргоня В., Бондаренко О., Мельник О. До питання розроблення біологізованих сівозмін біологічного агровиробництва. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2018. Вип. 23. С. 168–173. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-2-23\(37\)-18](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-2-23(37)-18)
5. Сторожик Л. І., Музика О. В. Формування структурних показників урожаю сорго цукрового залежно від елементів технології вирощування. *Новітні агротехнології*. 2017. № 5.
6. Черчель В. Ю. та ін. Сорго: технологія, переробка, використання, насінництво та селекція : каталог гібридів та сортів. Дніпро : ДУ Інститут зернових культур НААН України, 2023. 68 с.
7. Ганженко О. М. Агроекологічні основи формування продуктивності цукроносних культур для біопалива. Вінниця, 2023. 320 с.
8. EN ISO 17225-1:2014. Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 1: General requirements.
9. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. Basisdaten Bioenergie Deutschland. 2013.
10. Бомба М. Я. Наукові та прикладні аспекти біологічного землеробства. Львів : Українські технології, 2004. 232 с.
11. Грабак Н. Х. Екологічний напрям у землеробстві та його перспектива. *Екологія. Наукові праці*. 2011. Вип. 140, т. 152. С. 20–25.
12. Федерація органічного руху в Україні. URL: <http://www.organic.com.ua>
13. Сторожик Л. І., Музика О. В. Ефективність вирощування сорго цукрового для переробки на біопаливо. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 100–109.
14. Сторожик Л. І., Завгородня С. В., Харусь С. А. Фітохімічний профіль кореневих ексудатів сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) в ризосфері агрофітоценозу культури. *Urgent tasks of society in modernizing agricultural sciences and food* : матеріали міжнародної наукової конференції (Riga, October 3–4, 2024). Riga : Baltija Publishing, 2024. P. 15–19. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-476-4-4>

*Наукове видання*

**Л. І. Сторожик, С. В. Завгородня,  
О. В. Яланський, В. І. Серeda**

**ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО  
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА  
З УРАХУВАННЯМ ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ  
ТА ДЕПОНУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ КУЛЬТУРИ**

**Науково-методичні рекомендації**

Електронне видання

Погоджено до опублікування 16.04.2026.  
Формат: PDF. Гарнітура Cambria.

**Видавець**

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН  
03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25  
Тел.: (044) 275-50-00; e-mail: [sugarbeet@ukr.net](mailto:sugarbeet@ukr.net)  
<https://bio.gov.ua>

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 5713 від 19.10.2017







