

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-16>

Попова О. П.

*здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії
Полтавський державний аграрний університет
м. Полтава*

Кулик М. І.

*доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри селекції, насінництва і генетики
Полтавський державний аграрний університет
м. Полтава*

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ Й ВРОЖАЙНІСТЬ БІОМАСИ СОРГО ЦУКРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТИМЕНТУ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Анотація. Залучення до вирощування нових енергетичних культур й використання їх на біопаливо має актуальне значення. Особливо гостро на сьогодні постає проблематика зменшення енергетичної залежності нашої країни від непоновлюваних джерел енергії. Соргові цукровмістні культури використовують як альтернативне джерело для виробництва біопалив. Рослини сорго цукрового здатні формувати високу й енергоємну врожайність біомаси. Але поширення вирощування цієї культури стримується недостатнім рівнем досліджень з вивчення сортименту та аспектів агротехнології вирощування сорго цукрового. Проведені українськими й зарубіжними вченими дослідження спрямовані на поліпшення якісних і кількісних показників врожаю сорго цукрового. Визначено, що рівень реалізації продуктивного потенціалу соргових культур залежить й обумовлюється сортовими особливостями культури. Що, поряд із ґрунтово-кліматичними чинниками, на фоні різних елементів агротехнології вирощування культури дозволить збільшити врожайність сорго цукрового. Що в перспективі ляже в основу наших подальших досліджень із рослинами сорго цукрового.

Вступ

Важливість сорго цукрового обумовлюється використанням його як кормової, продовольчої й енергетичної культури. Найбільш

придатні умови для вирощування цукрового сорго наявні у Перу й країнах, що належать до Карибського басейну. Поширене сорго цукрове і в Індонезії, та в окремих африканських країнах. Сорго цукрове, за синонімічною назвою як «цукрова тростина» – це одна з найдавніших культур, що використовують у сільськогосподарському світовому землеробстві.

Відповідно центрів походження сорго цукрового, за найбільшою кількістю диких й культурних форм, відносять північно-східну частину Африки (Ефіопію й Судан). Окультурення сорго цукрового відбулося у IV–III ст. до н. е. На думку академіка М. І. Вавилова: «Культура сорго веде свій початок з Африки і Китаю, які слід вважати самостійними центрами походження культурних рослин». Вторинний центр походження сорго цукрового, за М. І. Вавиловим – це «Індія, в якій ця рослина є одним з найважливіших хлібних злаків» [8].

Сорго цукрове належить до родини тонконогових, рід *Sorghum*. Ця рослина має різноманітність видів, що за тривалістю життя відносять до одно- і багаторічних рослин. Культурні види сорго, що найбільш розповсюджені – це:

- сорго звичайне (*S. vulgare Pers.*);
- гаолян (*S. chinense Sakushev*);
- джугара (*S. Cernuum Host*);
- суданська трава (*S. sudanense Pers.*).

Усі вищеперелічені види сорго відносяться до однорічних. Особливість їхнього культивування визначається продовольчими, технічними й кормовими цілями. Менш розповсюджений дикий вид сорго – гумай, що відноситься до злісних бур'янів [1]. Згідно особливостей будови суцвіття (волоті), сорго розподіляють на підвиди: розлоге, волотисте, стиснуте та кормове. Особливістю колосків, що розташовуються у волоті сорго є їх одноквітковість. Для сорго характерним є перехресний спосіб запилення, відмічаються рослини із самозапиленням.

Сорго цукрове – яра культура. Вегетаційний період становить 120–130 діб. Сорго цукрове сумісно із суданською травою гарні компоненти для змішаних посівів. Що практикують висівати разом із бобовими культурами, кукурудзою, соняшником та іншими рослинами. Соковите стебло сорго містить цукри, завдяки цій особливості культури виготовляють силос та сінаж, що збалансовані та найбільш придатні для годівлі тварин.

Визначено, що біологічні й генетичні особливості сортів і гібридів сорго впливають на рівень врожайності зерна. Що проявляється за

наявності сприятливих факторів й погодних умов близьких до оптимальних для розвитку рослин. Це особливо важливо у особливо критичні періоди росту й розвитку рослин. Тому, для створення відповідних умов для рослин сорго, формування ними врожаю, важливим є знання періодів розвитку та етапів органогенезу культури. У розвитку рослин сорго М. А. Шепель (1994) виділяє два основних періоди: «перший – формування вегетативних органів (коренів, стебел та листя); другий – утворення генеративних органів (суцвіть, квіток та насіння)». Виокремлено 12 етапів органогенезу, що характерно для сорго. Ці етапи (періоди) визначають особливості формування органів рослин сорго [37].

Сорго цукрове формує кореневу систему, за формою яку відносять до мичкуватої. Вона характеризується значним розгалуженням і глибокопроникністю у ґрунт (до 200–250 см). Визначено, що більша частина кореневої системи сорго (до 90 %) знаходиться у товщі ґрунту до 60 см. Інші, глибокопоширені корені виконують функцію всмоктування води за її нестачі у верхніх шарах ґрунту. Коренева система сорго в площині може сягати до 100–130 см.

Рослина сорго цукрового – це високорослий кущ, заввишки до 200–350 см. Надземна вегетативна маса сорго – соковиті стебла, близько 60 % від загальної зеленої маси.

По відношенню до ґрунтів, сорго не вимогливе. Рослини цієї культури здатні переносити надмірну засоленість ґрунту (в т.ч. й хлоридне), до 0,6–0,8 %. Для рослин сорго притаманним є властивість виносити врожаєм з ґрунту хімементи: натрій, хлор, магній, та ін. Що в надлишковій кількості наявні й знаходяться у ґрунтах засолених. Завдяки цій особливості, рослинам сорго притаманна фітомеліоративна дія, що проявляється у розсолненні та покращенні ґрунтів для вирощування інших культур. Сорго може вегетувати ґрунтах з рН 5,5–8,5 за кислотністю ґрунтового розчину [18].

Для культури сорго притаманним є посухостійкість. Відмічена властивість їх поновлювати ріст й забезпечувати високі врожаї опісля довготривалої посухи. При цьому рослини досить плідно використовують літні опади. Ці особливості обумовлюють культивування сорго в посушливих районах. До яких відносять південні території України, Молдова, Ростовська область, Ставропольський і Краснодарський краї, Середня Азія, області Середнього і Нижнього Поволжя, та інші регіони [17; 31; 35].

Стрімкі зміни клімату у бік потепління є сприятливим для поширення сорго цукрового у посушливих регіонах, в т.ч. і в нашій

країні. Насамперед сорго культивували задля отримання зеленої маси для тваринництва. Натепер сорго займає все більші площі для отримання зернового врожаю [3]. Окрім цього, сорго все ширше вивчають як біоенергетичну культуру.

Відмічена й агротехнічне значення сорго, що проявляється у збільшенні біологічної активності ґрунтів. Що підтверджено дослідженнями за вирощування сорго відповідно спецтехнологій сприяє зменшенню використання міңдобрив й пестицидів. Наприклад, сорго у сівозміні вирощують після зернових, як попередник ячменю [4].

За відношенням до тепла, сорго – теплолюбна рослина. Занадто високі температури повітря на початкових етапах органогенезу (від сходів до кушення) пригнічують рослини сорго. В цей період не в повній мірі сформована кореневої системи. У фазі викидання волоті температуру повітря 40–45 °C сорго добре переносить, що обумовлює жаро- й посухостійкість культури. Проте сорго цукрове реагує на пониження температур повітря й заморозків. Що проявляється у фазу цвітіння рослин. За температури повітря в –1 °C призводить до загибелі рослин. Відмирання сходів сорго фіксують за температури – 2–3 °C [22, 30]. Вченими встановлено, що високе водоспоживання рослин сорго спостерігається впродовж 35-ти денного періоду (близько 58,1 % загального об'єму водоспоживання). Що припадає на фази виходу в трубку й цвітіння [11]. «Коефіцієнт водоспоживання» для сорго становить 56–62 м³/т [13].

У зв'язку із застосуванням сорго цукрового, як альтернативного джерела енергії, насьогодні зростає зацікавленість до цієї культури. Це пов'язано з тим, що із біомаси сорго цукрового виробляють пізні біопалива. Сюди відносять виробництво біобутанолу, біологічного газу, паливних гранул й брикетів. Можливо навіть отримати із сорго біосинтезгаз, біонафту та ін. Окрім цього, соргова біомаса є відмінною рослинною сировиною для отримання харчової промисловості: цукрів, харчових сиропів, соргового меду та інших продуктів [7].

З-поміж енергокультур, з біомаси яких виробляють етанол, сорго цукрове є однією з найбільш перспективних і високоврожайних культур. Сорго цукрове, за порівняно нетривалий період часу, формує потужну надземну біомасу – фітомасу, з високою енергопродуктивністю. Більший відсоток енергії міститься в спеціальних речовинах (комплекс цукрів соку стебел), що перетворюються в торговий етанол [5].

Головними вимогами до культур при їх застосуванні у біоенергетиці науковці виокремлюють «собівартість продукції» за одночасного стабільного виробництва рослинної сировини. Для біоенергетики підходять різні соргові культури. Основною вимогою до яких є здатність накопичувати в стеблах значний обсяг розчинних вуглеводів й формування високого врожаю енергоємної біомаси [14].

1. Вивчення сортименту сорго цукрового

Підбір сортів сорго цукрового відповідно конкретних умов – важлива умова забезпечення високих й сталих врожаїв цієї культури. З урахуванням ґрунтово-кліматичних умов України, створено новий сортимент сорго цукрового. Новостворені сорти й гібриди цієї культури мають високі показники врожайності, а рослини – більш пластичні. Для сортименту визначальним є забезпечення стабільної врожайності як в сприятливі роки, так і в несприятливі. Гарантоване отримання високих врожаїв сорго в певних умовах обумовлено сівбою сортів й гібридів культури, що рекомендовані саме для цієї ґрунтово-кліматичної зони [16].

Встановлено, що підбір сортів і гібридів сорго, що мають високі врожайні властивості та адаптовані до несприятливих умов є пріоритетним для отримання високої врожайності. Поряд з цим, визначено, що високі врожаю сорго отримують за своєчасного проведення усіх агротехнологій вирощування. Це зумовлює стійкість рослинного ценозу до абіо- та біотичних чинників зони культивування. Обґрунтовано, що районування зареєстрованих гібридів сприяє максимальній реалізації їхнього генетичного потенціалу за врожайністю. Важливим аспектом технології вирощування культури задля отримання високих врожаїв зерна сорго є застосування для сівби якісного насінневого матеріалу. Визначено, що цей захід підвищує продуктивність сівозмінної площі сорго на 40–60 % [16].

Визначено, що «Найефективнішим та економічно вигідним є широке впровадження нових сортів та гібридів з генетично визначеним рівнем адаптування до умов ґрунтово-кліматичних зон їхнього вирощування. Нові сорти, незалежно від мети використання, повинні бути придатними до інтенсивної технології вирощування, забезпечувати високу економічну ефективність виробництва зерна та інших продуктів, пристосовані до визначе-

ного рівня землеробства, а також стійкими до різноманітних біотичних і абіотичних стресових факторів» [28].

Важливим є створення й підбір сортів сорго для вирощування за його вегетаційним періодом. Що дозволяє впроваджувати їх у виробництво в різних агро-кліматичних зонах України. Відмічено, що «підбір сортів для реальних умов вирощування – важлива умова для отримання високих урожаїв» [29]. Тому, з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов нашої країни селекціонери постійно створюють нові сорти сорго. При цьому враховується пластичність і стабільність новоствореного сортименту, рівень врожайності та якості продукції.

На сьогодні, в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні (надалі – Реєстр сортів рослин), зафіксовано більше 20 сортів і гібридів культури сорго цукрового. Визначено, що з існуючого сортименту сорго, 14 української селекції. Це такі гібриди: Рона 1 (ТОВ «Хімагромаркетинг»), гібриди Афоня, Медовий F 1, Одстер і сорт Фаворит (Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення), гібриди Сс 506, Г 1990 (компанія Сінгента Сідз С.А.С.), сорт Сило 700 Д (Кейджо Інк. та ДП «Рейлін»). При цьому, сорт Сило 700 Д є сортом-стандартом в Україні. Також до Реєстру сортів рослин винесено сорт Цукрове 1 (Державна установа Інститут сільського господарства степової зони), сорти Троїстий, Силосне 42 та гібрид Довіста (Інститут зернових культур НААН України [22]).

Інші, сорти й гібриди сорго цукрового, в т. ч. й зарубіжні внесені в Реєстр сортів рослин – Медстер, Зубр, Приазовське, Г1990, Мохавк, Довіста, Верблюд, Мамонт, Гулівер, Сохатий, Ананас, Аграрний 5F, Приазовське, Су, Памяті Шепеля, та ін. (Інформаційно-довідкова система «Сорт» <http://sort.sops.gov.ua/search/search>).

Якщо порівнювати із минулим десятиліттям, можна стверджувати, що зацікавленість до соргових культур постійно зростає. Особливо це стосується сорго цукрового. Тому, важливим мірилом активізації попиту на сорти й гібриди сорго цукрового є збільшення відсотку їх у Реєстрі сортів рослин. Що передусім пов'язано із зростанням попиту на вирощування сорго цукрового в Україні. У зв'язку з тим, що галузь тваринництва характеризується рівнем посереднім. Що спричинено зменшенням поголів'я великої рогатої худоби, то на сьогодні головними напрямками використання сорго цукрового є харчова та переробка промисловості. Нагальним питанням є також використання цієї культури на біопаливо.

Згідно з дослідженнями науковців, визначено, що сорти й гібриди сорго відрізняються за врожайністю як зеленої біомаси, так і насіння. Так, було проведено вивчення рівня врожайності різноманітних сортів та гібридів сорго цукрового на базі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. При цьому вченими було встановлено, що перевага за врожайністю зеленої маси є у сорту Силосне 42 (106,86 т/га), порівняно сортом Нектарний та гібридами Фаворит й Медовий. Також визначено, що за цієї густоти стеблостою, найбільший уміст цукру у сировині забезпечили гібриди Медовий та Фаворит, відповідно 6,09 і 5,57 т/га. А от за виходом біоетанолу, з-поміж досліджуваного сортименту, виокремлено сорт сорго цукрового Силосне 42 (501,19 дал/га) [22].

Дослідження В. Л. Курило та В. П. Ковальчука проведені на цій же базі показали, що у рослини гібридів сорго цукрового переважали сорту Силосне 42. Визначено, що за результатами фенологічних спостережень гібриду Медовий, Нектарний та Фаворит переважали сорт Силосне 42. Що проявилось і за врожайністю. Автори, дані закономірності пов'язують із сортовими особливостями культури [23].

Науковець І. Я. Пігоревим, з-поміж сортів і гібридів рослин сорго виокремив гібрид Славянское Приусадебное у фазі виходу в трубку. Це також відзначено за врожайністю зеленої маси цього гібриду (30,9 т/га). Що характерно для виробничих умов, за сівби сорго на чорноземі типовому [27]. Автор виокремив сорт Зерноградское 1, який був менш урожайним за біомасою. При цьому було встановлено, що частки впливу на врожайність сорту за фазами розвитку рослин. 43,1–55,3 %, характерно для фази виходу в трубку, а от у фазу викидання волоті цей показник знизився до 37,2–41,3 %. У фазу молочної стиглості зерна сорго частки впливу ще знизились від 34,6 % до 28,3 %. Пояснює автор цю закономірність погодними умовами за низького гідротермічного коефіцієнту періоду вегетації сорго.

Інші досліді, що проведені в Міжнародному інституті дослідження зернових культур (Індія) підтвердили цю закономірність. Автори встановили, що нові гібриди забезпечують великий обсяг біомаси та більш фотоінтенсивні, порівняно з сортами. Що проявляється у нормальних умовах, включаючи обмеженість водних ресурсів. Так, згідно їх результатів визначено, що врожайність цукру з гектара у гібридів сягає 1,7 т, а у сортів 1,5 т. При цьому врожайність зерна гібриди забезпечують на рівні 4,6 т, а сорти – до 8,5 т відповідно [39].

Іноземні джерела також підтверджують думку інших авторів щодо відмінностей в показниках у гібридів і сортів сорго цукрового. Наприклад, досліджуючи гібриди M81E, Cowley та Wray на Луїзіанській сільськогосподарській дослідній станції (США) автори визначили наступне. Врожайність одних стебел був вищим у гібриду M81E (20,8 т/акр), а найнижчим у гібридів Cowley (17,4 т/акр) та Wray (19,1 т/акр). При цьому відсоток листків, порівняно до стебел варіював від 8,4 % у M81E до 11,7 % у Cowley та 11,4 % у Wray [45].

Науковець з Білорусі Р. Ф. Юрковський [38], вивчаючи у порівнянні продуктивність гібридів і сортів виявив інші закономірності. Ним було встановлено, що вміст сухої речовини гібриду Славянское Приусадебное на широкорядних посівах становить 12,4 %, у сорту Славянское Поле – 12,9 %. Урожайність зеленої маси склала 290,1 ц/га та 244,4 ц/га, відповідно.

2. Вивчення впливу елементів агротехнології вирощування сорго на врожайність біомаси та її якісні показники

Визначено, що раціональне використання біологічних особливостей сорту, з урахуванням агротехнології вирощування – це запорука отримання високих і сталих врожаїв сорго цукрового. Агротехнологія ґрунтується на основі раціонального розміщення культури у сівозміні, своєчасних і якісних обробітків ґрунту, системі живлення й дотримання умов сівби сорго. Окрім цих заходів, вірно підібрана ширина міжряддя обумовлює оптимальну густоту стояння рослин. При цьому, визначено, що загушення посівів сорго погіршує живлення рослин. Що пов'язують із надходженням в них основних елементів живлення. У наслідок можуть сформуватися низькі показники структури врожаю та якості. Нераціональне використання площі і невірний менеджмент посівів спричинює поширення бур'янів. Як відмічає В. Л. Гамандій та Г. К. Дремлюк: «По суті виявлення реакції сорго цукрового на різну ширину міжрядь та норми висіву слід розглядати як актуальну оптимізаційну задачу рослинництва» [8].

Тому, для забезпечення високого рівня продуктивності культури сорго виникає потреба в оптимізації умов для рослин сорго цукрового. Що характерним є на усіх етапах органогенезу рослин. Визначальним у формуванні врожайності сорго є утворення зачатків стеблових вузлів, міжвузлів, листків, що обумовлюється сприятливими погодними умовами. Багатьма науковими дослід-

ників встановлено, що усі агрозаходи вирощування сорго можна механізувати. Цьому сприяє широкорядна сівба культури (ширина міжряддя 45 і 60 см) за оптимальних нормах висіву насіння. Механізація агрозаходів за вирощування сорго цукрового забезпечить високий врожай надземної вегетативної маси. Низькі вагові норми висіву рослини сорго, призводить до надмірного кущення рослин сорго. Визначено, що коефіцієнт кущення для рослин зернового сорго становить 2–5, для сорго цукрове – від 1 до 2.

Агрохімічне аналізування ґрунтових зразків з урахуванням запланованого рівня врожайності дозволяє визначити потрібну дозу добрив для сорго цукрового. Вносять добрива як основну удобрення, припосівне й під час позакореневих (листяних аплікацій) підживлень посівів [32]. Для забезпечення необхідних умов для росту й розвитку рослин сорго цукрового їм потрібен азот, фосфор й калій. Також рослини треба забезпечити залізом (Fe), міддю (Cu), молібденом (Mo), марганцем (Mn), цинком (Zn), бором (B), сіркою (S) та ін. Ці хіміелементи, необхідні для участі в певних фізіолого-біохімічних реакціях забезпечення успішної життєдіяльності рослин. Вони сприяють кращому засвоєнню рослинами сорго інших елементів живлення з ґрунту. Тому, необхідну кількість добрив для сорго цукрового розраховують з урахуванням агрохіманалізу ґрунту кожного конкретного поля.

Встановлено, що азотно-фосфорні добрива впливають на проростання насіння сорго. При цьому збільшується польова схожість насіння (на 10–12 %). Визначено, що застосування добрив призводить до збільшення врожайності біомаси та поліпшення її якісних показників. Відмічено зростання вмісту протеїну, жирів в кормовій масі, а також сухої речовини і корм. одиниць й зерна [25; 42].

Застосування природних й синтетичних регуляторів росту, як елемент агрозаходів сприяє зростанню врожайності й покращення якості продукції. Ці препарати в незначних кількостях посилюють фізіологічні процеси в рослинах. При цьому відмічено зростання динаміки росту й розвитку соргових рослин.

Рослини сорго мають низький рівень пошкодження шкідниками. Визначено, що злакові попелиці, дротяники і підгризаючі совки здатні наносити шкодочинність посівам сорго. Для знищення цих шкідників посіви сорго обприскують дозволеними інсектицидами [36].

Агроценози сорго стійкі також до збудників захворювань. Про що повідомляється у публікаціях багатьох дослідників. При цьому

відмічається, що летюча сажка може уражувати сорго, кукурудзу, й інколи суданську траву. Щоб запобігти поширенню хвороби застосовують превентивні заходи. Насіння при цьому очищають і знезаражують. Окрім цього, для вирощування необхідно підбирати стійкі сорти і гібриди сорго цукрового. З агротехнічних заходів перевагу надають: дотриманню сівозміни, заробки післяжнивних решток й внесення збалансованої норми добрив. Також ефективним є проведення сівби високоякісним, очищеним насінням відповідних сортів й гібридів сорго [14].

Встановлено, згідно досліджень українських вчених важливість густоти посівів. Експериментальні дані свідчать, що збільшення густоти стояння рослин сорго цукрового корелює із врожайністю біомаси. Дану закономірність притаманна як для врожаю зеленої, так і сухої маси. Що, після відповідної переробки має вплив на вихід цукрового сиропу та біоетанолу, на основі умісту загальних цукрів [23].

Як відмічає Л. І. Петричук, при загущенні рослин в рядках відбувається зменшення продуктивності сорго. Зафіксовано найбільший приріст врожаю сорго цукрового за зеленою масою (4,0 т/га) при ширині міжряддя 70 см. При цьому густина стеблостою становила 150 тис. шт. нас./га [26]. Цієї ж точки зору дотримується В. Л. Курило із співавтором [20], які стверджують, що протягом усіх фаз розвитку відмічається чітка тенденція зменшення сирової та сухої маси у стеблах і листках. Цю закономірність автори відмічають за збільшення густоти стояння рослин сорго. Основною причиною цього процесу вони вважає загущення посівів.

У загальному встановлено, що густина стеблостою має вплив на ріст і розвиток рослин сорго цукрового. За різної ширини міжрядь та норми висіву змінюється висота рослин, кущіння й діаметр стебла. Відмічена також зростання площі листової поверхні і чистої продуктивності фотосинтезу. Зростає також темпи накопичення зеленої маси та сухої речовини в рослинах. Однак, в той же час, за даними Б. М. Малиновського встановлено, що спосіб сівби й норми висіву сорго залежать не тільки від біологічних особливостей сорту та ґрунтово-кліматичних умов а й мети вирощування [24].

Дослідження Л. І. Сторожик [34] показують вплив погодних умов протягом вегетаційного періоду на ріст й розвиток рослин сорго. Що в кінцевому результаті визначає рівень продуктивності агрофітоценозів сорго цукрового. Визначено, що рослини сорго цукрове

потребують оптимального і стабільного зволоження. При цьому найбільш критичні періоди, це – поява сходів й формування вегетативних органів. Також волога потрібна під час утворення генеративних органів. Оптимальні ГТК у ці періоди мають бути близькими до 1,1–1,3 і 1,0–1,6 відповідно. Що визначає тривалість міжфразних періодів сорго: сходи– кущення (16–19 діб), кущення–викидання волоті (35–42 діб), викидання волоті–цвітіння (7–9 діб). Вцілому вегетаційний період сорго цукрового становить 91–132 доби. Кількість рослин у фазу сходів за таких умов варіювала у межах 6,0–6,4 і 8,2–9,5 шт./м відповідно. Визначено також сильну кореляційну залежність між ГТК і польовою схожістю насіння та густотою сходів сорго цукрового (коефіцієнт кореляції $r = 0,92$ та $0,89$ відповідно).

Вивчення ширини міжряддя на посівах сорго проводили в умовах Білоцерківської ДС Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. За різної ширини міжряддя (15, 30, 45 см) й густота стеблостою рослин (200, 300, 400 тис. шт./га). Для вивчення автори публікації обрали сорт Силосне 42 та гібрид Медовий. Ними встановлено, що сівба 300 тис. схожих насінин на гектар за ширини міжряддя в 30 см сприяє збільшення врожайності сорту Силосне 42–84,2 т/га та гібриду Медовий – до 97,5т/га. Дослідження показали що рослини сорго цукрового мали найкращий ріст й розвиток саме за цієї норми висіву й ширини міжряддя [19].

Інші дослідження, що проведені в умовах Степу України, свідчать про ефективність вирощування сорго з шириною міжрядь 70–45 см та густотою посівів 80–120 тис. шт./га на зернові цілі. А для використання на силосування оптимальним є сівба із забезпеченням 100–160 тис. шт./га. Вивчали й строки сівби сорго. Було встановлено, що в Степу за пізніх строків за ширини міжряддя в 70 см на фоні густотою 300–400 тис. рослин/га можливо забезпечити рівень врожайності зерна сорго на рівні 5,0–7,0 т/га [9]. Спостереження показали, що з загущенням посівів вміст води в рослинах і окремо у волотях підвищується. З густотою стояння рослин сорго пов'язана також і висота рослин. За достатньої та надмірної вологості ґрунту в загущених посівах рослини затіняють одна одну, при цьому врожай зеленої маси збільшується, а вміст сухої речовини знижується. Зроблено висновок, що загущення посівів сорго недоречно за вирощування при недостатньої кількості вологи в ґрунті.

Поряд з цим Я. І. Ісаков отримав дані стосовно того, що густота посівів сорго для ранніх і середньостиглих сортів не повинна перевищувати 140 тис./га. Визначено ним також, що для середньопізніх

сортів сорго цей показник повинен бути у межах – 60–80 тис. рослин/га [15].

За даними D. Brodhead та K. Freeman можна стверджувати, що найбільший врожай зеленої маси сорго сорту Pío (77,1 т/га) отримано за ширини міжрядь 52,5 см. Водночас ними встановлено, що за збільшеної ширини міжряддя до 105 см, врожай сорго буде меншим (лише 63,7 т/га) [41].

Більшість дослідників [22], що проводили вивчення норм висіву та ширини міжрядь сорго цукрового, схиляються до думки, що ці параметри слід уточняти відповідно до сортових особливостей. Так, за вивчення різних сортів та гібридів сорго цукрового показує їх різний рівень ефективності та можливості отримання високого виходу сировини на біоенергетичні цілі.

Що стосується закордонного досвіду, то за вирощування сорго на середньо родючих ґрунтах помірного клімату Середземно-морського регіону (Північна Італія, Іспанія, Греція) встановлена наступна особливість. Вирощування сорго цукрового без зрошення є малопродуктивним, що пов'язано із низькою врожайністю зеленої біомаси 2,4–4,6 т/га, порівняно із врожайністю, яку отримали на зрошенні – 10,3–35,0 т/га [40].

Вчені з університету Північної Кароліни (США) рекомендують сіяти сорго цукрове з кінцевою густиною стояння рослин на гектар і 100–123 тис. шт. [43]. Дещо більшу норму висіву 5–8 кг/га, або густоту 130–150 тис. шт. рослин на гектар, рекомендують їхні колеги з Філіппін. За норми висіву 130 тис. шт. схожих насінин на гектар вони радять використовувати міжряддя шириною 100 см у вологий рік, а за норми 150 тис. шт. схожих насінин на гектар – достатньо міжряддя 75 см для сухого року.

Професор Грег Рос у своїй статті стверджує, що в умовах США рекомендованою нормою висіву сорго є 150–200 тис. шт. рослин на гектар. Вчені з університету Кентуккі (США) також вважають, що для виробництва біоетанолу із сорго, кількість рослин повинна складати 150–250 тис. шт. на гектар. При цьому визначено, що посіви сорго, які мають велику щільність, призводять до формування тонких стебел, які мають менший уміст цукрів [46].

Польова схожість насіння сорго залежить від якісних показників насіння. При цьому виокремлюють також вплив кліматичних та антропогенних факторів. До останніх відносять строк і спосіб сівби, сортові особливості, норми висіву й інші чинники. Плеяда вчених та наукових працівників в Україні займались дослідженням залеж-

ності схожості насіння сорго від його норми висіву. Так, Л. І. Сторожик вважає, що «головними факторами для сорго є спосіб сівби та біологічні особливості гібриду, що обумовлює вклад у врожайність на рівні 39 %, а от норма висіву впливає лише на 18 %. При цьому показник схожості насіння сорго у значній мірі залежить від гідротермічних умов у період «сівба-сходи» [33]. Науковці В. Л. Курило та Л. А. Герасименко також встановили, що погодні умови забезпечують рослину сорго необхідною кількістю вологи і тепла. Саме тому врожайність надземної маси сортів сорго цукрового залежить від умов й року вирощування [21].

Отже, існує дуже великий розбіг у рекомендованих нормах висіву сорго цукрового в умовах природного зволоження: від 80 до 800 тис. шт. на 1 га. Науковці це пов'язують з кінцевою метою: отримання урожаю зеленої маси чи зерна. В середньому цей показник має становити 200 тис. шт./га. Але прослідковується тенденція – густина рослин більш ніж 600 тис. шт./га знижує врожайність зеленої маси. Визначено, що врожайність біомаси сорго цукрового залежить також від способів сівби, ширини міжряддя, кліматичними умовами вирощування, особливо режимом зволоження ґрунту. Тому, питання уточнення елементів агротехнології вирощування сорго цукрового потребує подальшого вивчення й обґрунтуванням, особливо для умов центрального Лісостепу України.

Висновки

Отже, проведений змістовний огляд літератури щодо сортових особливостей та агротехнологічних аспектів вирощування сорго цукрового. Згідно ряду наукових дослідження визначено, що забезпечення високих й сталих врожаїв біомаси сорго цукрового полягає у правильному підборі сорту або гібриду для певних умов вирощування. Потребують уточнення питання щодо цілісної й обґрунтованої агротехнології вирощування сорго цукрового задля отримання рослинної сировини для виробництва біопалив. Агротехнологія вирощування культури для забезпечення високої врожайності сорго цукрового ґрунтується на раціональному використанні біологічних особливостей сорту, обробітків ґрунту, системи удобрення й підживлення, норми висіву насіння, густоти стояння рослин та інших чинників. Актуальними питаннями, що потребують наукового обґрунтування є всебічне вивчення, з послідуочим впровадженням у виробництво нових, удосконалених

елементів агротехнології сорго цукрового з метою отримання рослинної сировини для виробництва біопалив.

Список використаних джерел:

1. Алабушев А. В., Антипенко Л. Н. Сорго: селекція, семено-довдство, технологія, економіка. Ростов-на-Дону : ЗАО «Книга», 2003. 368 с.
2. Атлас морфологічних ознак сорго двокольорового *Sorghum bicolor* L. Київ : Український інститут експертизи сортів рослин, 2017. С. 37.
3. Бойко М. О. Сорго зернове – гарант стабілізації зерновиробництва. *Актуальні питання сучасної аграрної науки* : збірник тез IV міжнародної науково-практичної конференції. Умань, 2016. С. 25–26.
4. Болдырева Л. Л., Бондаренко В. П. Технология возделывания сорго. Специальный выпуск. ЮФ «КАТУ» НАУ. Вип. № 6 (953), 2007. С. 2.
5. Бритвин В. В., Болдырева Л. Л. Сорго как сырье для производства биоэтанола. *Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет»*. Серія : Сільськогосподарські науки. 2013. Вип. 154. С. 69–72. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Npkaus_2013_154_12.pdf
6. Вавилов Н. И. Избранные труды. М.; Л.: Изд. АН СССР. 1960. Т. II. С. 34, 50.
7. Вплив погодних умов на урожайність сорго цукрового залежно від строків сівби та глибини загортання насіння / Кулик М., Крайсвітній П., Рій О. та ін. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків* : зб. наук. праць. К. : ЗАТ «Віпол», 2011. Вип. 12. С. 34–38.
8. Гамандій В. Л., Дремлюк Г. К. Господарствам Півдня час розширювати посіви сорго. *The Ukrainian Farmer*. 2012. Вип. 2. С. 12–13.
9. Ганженко О. М., Григоренко Н. О. Залежність продуктивності і вуглеводного складу від сортових особливостей та мінерального живлення цукрового сорго. *Цукор України*. 2011. № 4 (64). С. 27–32.
10. Ганженко О. М., Григоренко Н. О., Хіврич О. Б., Марчук О. О., Герасименко Л. А. Вплив сортових особливостей та мінерального живлення на урожайність і вуглеводний склад цукрового сорго. *Цукрові буряки*. 2011. Вип. 5. С. 14–15. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cb_2011_5_5/

11. Герасименко Л. А. Вплив густоти стояння рослин на ріст, розвиток та врожайність сорго цукрового. *Агробіологія*. 2011. Вип. № 6. С. 48–50.

12. Гунчак Т. І. Особливості вирощування сорго цукрового в якості сировини для виробництва біопалива в умовах південно-західного Лісостепу України. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Вип. № 21. С. 240–244.

13. Грабовський М. Б. Агротехнологічне обґрунтування вирощування кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Дніпро, 2019. 40 с.

14. 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.

15. Исаков Я. И. Сорго. М: Россельхозиздат, 1992. 133 с.

16. Каталог сортів та гібридів Інституту сільського господарства степової зони НААН України : наук.-метод. реком. / А. В. Черенков, В. Ю. Черчель, М. С. Шевченко та ін. Д., 2013. 104 с.

17. Когут М. М., Пушкарев В. А. Сорго в Ростовской области – перспективны развития. Москва : Колос, 1976. 49 с.

18. Коваленко О. А., Чернова А. В., Моспаненко Т. О. Сорго цукрове, та його перспективи для зони Південного Степу України. Матеріали наукової конференції. *Секція 1. Сільськогосподарські науки*. 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

19. Курило В. Л. Продуктивність сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.) залежно від сортових особливостей та різної густоти стояння рослин. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 3. С. 8–12.

20. Курило В. Л., Ганженко О. М., Зиков П. Ю., Герасименко Л. А., Копак О. М. Методичні рекомендації з проведення передпосівного обробітку ґрунту і сівби насіння цукрового сорго. Інститут біоенерг. культур і цукр. буряків. Київ, 2012. 17 с.

21. Курило В. Л., Герасименко Л. А. Вплив погодних умов на урожайність сорго цукрового залежно від строків сівби та глибини загортання насіння. *Збірник наук. праць. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2011. Вип. 12. С. 74–78.

22. Курило В. Л., Григоренко Н. О., Марчук О. О., Фуніна І. Р. Продуктивність сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.) залежно від сортових особливостей та різної густоти стояння рослин. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. № 3. 2013. С. 8–12.

23. Курило В. Л., Ковальчук В. П., Григоренко Н. О., Марчук О. О. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від рівня удобрення. *Цукрові буряки*. 2012. Вип. № 5. С. 11–13.

24. Малиновский Б. Н., Пойда В. В. Урожай фитомассы, содержание и накопление сахаров соке стеблей сорго в зависимости от сроков посева в острозасушливом 1998 году. *Селекция. Семеноводство, технология и переработка сорго* : тезисы докладов. Зеленоград. 1999. С. 64.

25. Маслак О. Ринок сорго в Україні і світі. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 11. С. 14–18.

26. Петричук Л. І. Агробіологічні основи формування високопродуктивних агрофітоценозів силосних культур в умовах Південного Степу : автореф. дис. ... к. с.-г. н. Херсон, 2015. 18 с.

27. Пигорев И. Я., Горбунов П. А. Продуктивность сахарного сорго на корм в условиях Черноземья Лесостепи. *Фундаментальные исследования*. 2011. № 8 (ч. 3) С. 576–579.

28. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від рівня удобрення / В. Л. Курило и др. *Цукрові буряки: Всеукраїнський науково-виробничий журнал*. Київ : АТЗТ «Атопол». 2012. № 5 (89). С. 11–13.

29. Пронько В. В. Удобрення под сорго. Кукуруза і сорго. 1992. № 2. С. 12–13.

30. Сайт ДП Рейлін. Інтернет-ресурс. URL: http://raelin.com.ua/?page_id=1299#

31. Самойленко А., Самойленко В., Шевченко Т. Культура, равнодушная к засухе. *Зерно*. 2011. № 9. С. 34–38.

32. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти / А. В. Черенков, М. С. Шевченко, Б. В. Дзюбецький та ін. Дніпропетровськ : Роял Принт, 2011. 64 с.

33. Сторожик Л. І. Стимулювання насіння сорго цукрового. *Новітні агротехнології*. 2014. № 1. С. 23–30.

34. Сторожик Л. І., Будовський М. Д. Продуктивність сорго цукрового як джерела виробництва біопалива в сумісних посівах з іншими культурами. *Цукрові буряки*. 2016. № 2. С. 7–11. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cb_2016_2_4

35. Тимирязев К. А. Борьба растений с засухой: Избранные сочинения. Москва : Сельхозгиз. 1948. Т. 3. С. 87–97.

36. Циганков С. П., Володько О. І., Новак А. Г., Агарков М. М. Цукрове сорго – перспективна сировина для виробництва біоетанолу. *Збірник наукових праць ВНАУ*. Вінниця, 2010. Вип. 42. Т. 2. С. 88–91.

37. Шепель Н. А. Сорго. Волгоград : Комитет по печати, 1994. 428 с.
38. Юрковский Р. Ф., Янкевич Р. К. Сорго: первые шаги новой культуры в Беларуси. Гродно. 2013. 2 с. URL: <http://agrosbornik.ru/strategiyai-taktika-zemledeliya/1633-sorgo-pervye-shagi-novoj-kultury-v-belarusi.html>
39. Belum V.S. Reddy, P. Srinivasa Rao, A. Ashok Kumar, P. Sanjana Reddy, P. Parthasarathy Rao, Kiran K. Sharma, Michael Blummel and Ch Ravinder Reddy Sweet sorghum as a biofuel crop: Where are we now? Sweet sorghum for biofuel and strategies for its improvement. Information Bulletin, Patancheru, Andhra Pradesh, India : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 2009. № 77. URL: https://www.researchgate.net/publication/228449147_Sweet_sorghum_a_s_a_biofuel_crop_where_are_we_now
40. Diffusion of a sustainable EU model to produce 1st generation ethanol from sweet sorghum in decentralised lants. *Technical annual*. Italy, 2011. 98 p.
41. Freeman K. C., Broadhead D. M., Zummo N. Culture of Sweet sorghum for syrup production. – USDA Agricultural Handbook, 1973. 441 p.
42. Kurilo V., Marchuk A., Ivanovs S. Impact of agrotechnical methods up on the energetic productivity of sweet sorghum. *Journal of research and applications in agricultural engineering*. Poznan. 2015. No. 60 (2). P. 50–53.
43. Matthew W. Veal, Mari S. Chinn, Matthew B. Whitfield Sweet Sorghum Production to Support Energy and Industrial Products. North Carolina Cooperative Extension, 2014. 8 p. URL: <http://content.ces.ncsu.edu/sweetsorghum-production-to-support-energy-and-industrial-products>.
44. Pre-anthesis ovary development determines genotypic differences in potential kernel weight in sorghum / Z. Yang, E. J. Oosterom, D. R. Jordan and others. *Journal of Experimental Botany*. 2009. V. 60 (4). P. 1399–1408.
45. Ray Ricaud, Allen Arceneaux Sweet sorghum research on biomass and sugar production in 1990. University of Nebraska Linkon, 1990. p. 136–139.
46. Todd Pfeiffe, Michael Montros Sweet Sorghum for Biofuel. University of Kentucky, 2013. URL: <https://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu.ccd/files/sorghumbiofuel.pdf>