

УДК 504.75.05: 631.8

**Попова О. П.**здобувачка ступеня доктор філософії кафедри селекції,  
насіництва і генетики,

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

**E-mail:** oks27071994@gmail.com**ORCID:** 0000-0001-6285-654X**Кулик М. І.**

доктор сільськогосподарських наук,

професор кафедри селекції, насінництва і генетики,

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

**E-mail:** kulykmaxym@ukr.net**ORCID:** 0000-0003-0394-5846

## ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЦУКРИСТІСТЬ БІОМАСИ СОРГО ЦУКРОВОГО

### Анотація

У статті викладено результати дослідження впливу умов року вирощування, ширини міжряддя і густоти посіву на формування біометричних показників рослин та врожайності і цукристості сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench.). Вибрана культура для дослідження – це біоенергетична рослина, здатна забезпечити високий вихід біопалива: як твердого, так і рідкого.

Мета дослідження – встановити вплив ширини міжряддя та густоти посіву на мінливість біометричних показників рослин, врожайності та цукристості біомаси сорго цукрового сорту Фаворит. Під час проведення досліджень застосовували такі методи: польовий, вимірювально-ваговий, лабораторний, математично-статистичний.

Результати досліджень свідчать про те, що збільшення густоти рослин сорго цукрового на міжрядді 30 см (до 300 тис. шт./га) зумовлює зменшення біометричних показників рослин, спостерігається вилягання рослин. Встановлено, що збільшення ширини міжряддя до 75 см не приводить до суттєвого зростання кількісних показників рослин, а іноді навіть знижує їх. Оптимальний фітоценоз за кількісними показниками рослин формується за густоти рослин 200 тис. шт./га за вирощування сорго цукрового з міжряддям 45 і 60 см.

Визначено, що за густоти стояння рослин сорго цукрового 200 тис./га на міжрядді 45 см врожайність біомаси збільшується до 64,0 т/га на противагу 60 см, де отримали 57,6 т/га, на міжрядді 75 см врожайність була істотно нижчою (на рівні 55,4 т/га), а на 30 см сягала всього 55,1 т/га за цієї ж густоти рослин. Як збільшення, так і зменшення густоти рослин не приводять до суттєвого зростання врожайності біомаси.

Встановлено, що цукристість біомаси сорго цукрового була найбільшою на варіантах вирощування рослин 45 см (13,2–13,3%), як звужені, так і ширші міжряддя суттєво знижували цей показник (до 10,5–11,4%)

Таким чином, ценотичні чинники (ширина міжряддя та густина рослинного стеблостоя) мають істотний вплив на рівень врожайності зеленої маси. Найбільше значення отримали за густоти рослин сорго цукрового 200 тис./га на міжрядді 45 см. При цьому густина рослин не завжди має вплив на цукристість, здебільшого на цей показник впливають ширина міжряддя та умови року вирощування.

**Ключові слова:** *Sorghum saccharatum* (L.) Moench., ширина міжрядь, густина рослин, елементи продуктивності, врожайність, цукристість, біомаса.

**Вступ.** Сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench.) використовується у харчових, кормових, технічних і біоенергетичних цілях. У зв'язку із змінами клімату важливим є вивчення особливостей формування врожайності цієї культури за різних елементів технології вирощування.

Ширина міжряддя й густина стояння рослин є важливими складовими частинами в технології вирощування сорго цукрового, що безпосередньо впливають на врожайність біомаси. Це пов'язано з тим, що ценотичні чинники визначають простір для розвитку кореневої системи, доступ до рослин світла, а також ефективність використання вологи та поживних речовин. Це беззаперечно пов'язано зі зменшенням конкуренції між рослинами за світло та поживні мінеральні речовини. Все це має вплив на ріст і розвиток рослин та формування продуктивності сорго цукрового.

Ширина міжряддя впливає на мінливість біометричних показників рослин, фотосинтетичну активність та здатність рослин використовувати доступні ресурси, такі як волога та поживні речовини, а також обсяг отриманої біомаси [2, с. 319].

Біометричні показники рослин сорго, такі як висота стебла, кількість листків, маса рослин і довжина волоті, є важливими показниками врожайності та якості біомаси. Вивчення впливу різної ширини міжряддя та норми висіву на ці показники дає змогу вдосконалити агротехнічні заходи і забезпечити оптимальні умови для росту та розвитку рослин. Українські вчені активно досліджують ці фактори, пропонуючи рекомендації щодо оптимізації технологій вирощування сорго. Так, вивчаючи різні варіанти ширини міжряддя (45 см, 70 см), Л. І. Петричук встановив, що ширина міжряддя 70 см дає змогу отримати вищі рослини й довжину волоті. Проте за збільшення ширини міжряддя спостерігається зменшення кількості рослин на одиницю площі, що впливає на загальну врожайність біомаси [12, с. 18].

Водночас О. І. Мулярчук разом із колегами також встановив, що збільшення ширини міжрядь із 45 до 70 см за незмінної норми висіву приводить до зміни густоти рослин, що покращує умови для проростання та появи сходів. Найвищі показники фотосинтетичної активності спостерігались у посівах з міжряддями 45 та 70 см за сівби 290 тисяч схожих насінин на гектар. У таких умовах площа листкової поверхні досягала 24–25 тис. м<sup>2</sup> на 1 га [11 с. 99–103].

У дослідженнях М. О. Бойко доведено, що зміна розмірів і форми площі живлення рослин сорго дає змогу впливати на інтенсивність кущення, що позначається на рівномірності й термінах дозрівання зерна, а також на досягненні фази повної стиглості. У південних областях України для сорго найбільш поширеним є широкорядний спосіб сівби з міжряддям 70 см. Однак під час вирощування низькорослих сортів або гібридів міжряддя зменшують до 45 см, що забезпечує приріст врожаю на 0,4–0,5 т/га. Оптимальна густота посіву визначається ґрунтово-кліматичними умовами та морфо-біологічними особливостями культури [1, с. 33–39].

Так, М. Б. Грабовський та інші вчені вивчали вплив різних норм висіву (100 тис., 150 тис., 200 тис. насінин на гектар) на розвиток рослин сорго цукрового. Вони виявили, що за норми висіву 140 тис. насінин на гектар за ширини міжряддя 45 см спостерігається найкраща комбінація висоти рослин, маси листкової частини та довжини волоті, що забезпечує максимальну врожайність біомаси. У їхніх дослідженнях визначено, що збільшення ширини міжряддя із 45 см до 70 см знижувало врожайність на 2,3–3,2% [3, с. 27–35].

Водночас В. Л. Курило та інші вважають, що оптимальна густота стояння рослин сорго цукрового становить 200–250 тисяч рослин на гектар. Вони підкреслюють, що надмірна загущеність посівів може спричинити значні втрати врожаю через схильність рослин до вилягання. Зниження норми висіву до 100 тис. насінин на гектар зменшує кількість рослин на одиницю площі, що також негативно впливає на загальну врожайність культури [8, с. 8–12].

Таким чином, українські дослідження показують, що оптимальна ширина міжряддя для вирощування сорго коливається між 45 та 70 см, залежно від регіону та типу ґрунтів. Щодо норми висіву, то найкращі результати досягаються за сівби 150–250 тис. схожих насінин на гектар. Більша або менша норма висіву призводить до погіршення біометричних показників рослин через надмірну або недостатню густоту стояння рослин.

Дослідження іноземних вчених показують, що зміна параметрів ширини міжряддя й норми висіву насіння має значний вплив на ріст і розвиток рослин сорго. Надмірне збільшення ширини міжряддя може знизити конкуренцію рослин сорго за світло, воду та поживні речовини, що сприяє кращому розвитку окремих рослин, але водночас зменшує загальну кількість рослин на одиницю площі. Це впливає на такі показники, як висота рослин та маса біомаси. Так, П. С. Рао і М. Шивашанкар встановили, що ширина міжряддя 60 см забезпечує оптимальну густоту рослин і сприяє найкращому розвитку сорго цукрового в умовах помірного клімату. Зменшення ширини міжряддя до 30 см призводить до більшої густоти рослин, але до зниження біометричних показників через підвищену конкуренцію за ресурси [25, с. 223–230].

Інші іноземні вчені, зокрема А. Кебеде разом із співавторами, вказують на те, що для посушливих регіонів Африки та Азії, де важливий економний розподіл водних ресурсів, оптимальна ширина міжряддя для сорго становить 75 см. Це дає змогу рослинам краще використовувати вологу і запобігати перегріву ґрунту, що позитивно впливає на розвиток кореневої системи та висоту стеблостою сорго [23, с. 104–112].

Норма висіву визначає густоту стояння рослин і безпосередньо впливає на їхню конкуренцію за ресурси. Підвищена густота часто зменшує доступ до світла, що може призвести до зниження біометричних показників, зокрема маси рослин та діаметра стебла. Це підтвердилося у дослідженнях іноземних вчених С. Буах та Л. Мвінкара, які довели, що за норми висіву 150 тис. насінин на гектар спостерігається найвища продуктивність рослин у вигляді збільшеної висоти та маси листкової частини. Проте за збільшення норми висіву до 200 тис. насінин/га зростає конкуренція між рослинами, що негативно позначається на їхніх біометричних показниках [20, с. 105–111].

Х. Карая та інші автори виявили, що для сухих умов Східної Африки оптимальна норма висіву сорго становить 100 тис. насінин на гектар. Така густота забезпечує кращий розвиток стебла та кореневої системи, оскільки рослини отримують більше ресурсів для свого росту й розвитку на одиницю площі [22, с. 88–95].

Дослідження вчених як з України, так і з-за кордону підтверджують, що оптимізація ширини міжряддя може значно підвищити продуктивність сорго. При цьому сорго цукрове досліджується як перспективна культура для біоенергетики. Сьогодні все інтенсивніше українські вчені вивчають сорго цукрове, зокрема його здатність до продукування енергоємної біомаси в умовах України. В низці досліджень зазначається, що найбільш ефективні параметри ширини міжряддя для сорго цукрового перебувають у межах 45–70 см. При цьому забезпечується

оптимальна площа живлення рослин, що сприяє рівномірному розподілу ресурсів та максимальній продуктивності. Так, О. А. Коваленко та А. В. Чернова зазначають, що зростання ширини міжряддя до 70 см може збільшити врожайність за рахунок зменшення конкуренції між рослинами сорго, що сприяє кращому розвитку кореневої системи та збільшенню фотосинтетичної активності [7, с. 129–136].

Зокрема, дослідження інших вчених показали, що зміна ширини міжряддя може значно вплинути на формування врожайності біомаси. Так, у дослідженнях А. О. Рожкова та інших з Харківського національного аграрного університету показано, що за ширини міжряддя в 45–60 см сорго ефективно використовує доступні ресурси, зокрема вологу і світло. Занадто широкі міжряддя призводять до нераціонального використання площі, тоді як надто вузькі можуть викликати затінення рослин [13, с. 73–84].

С. М. Шакалій та Л. А. Тарасова визначили, що в умовах Полтавської області оптимальна ширина міжряддя для сорго зернового становить 50–55 см. Зменшення ширини до 40 см призвело до значного загущення рослин, що знизило ефективність фотосинтезу та врожайність культури [17, с. 71–73].

Зарубіжні вчені також активно досліджують вплив міжряддя на продуктивність сорго цукрового, особливо у США, де культура має велике значення для біоенергетики. Проведені дослідження К. К. Тан та ін. (США) вказують на те, що оптимальна ширина міжряддя для вирощування сорго становить 50 см. Це забезпечує баланс між простором для кореневої системи та можливістю ефективного збору біомаси. Загущеність посівів є важливим фактором у вирощуванні цукрового сорго. Дослідження, проведені в Монголії та Китаї, показали, що за помірного збільшення густоти посівів (від 60 до 105 тисяч рослин на гектар) спостерігалося зменшення діаметра стебла, але водночас збільшення висоти рослин, площі листової поверхні та врожайності біомаси [28 с. 312–322]. Водночас А. Чилувал та Х. П. Сінх, разом із співавторами вивчаючи вплив ширини міжряддя на фотосинтетичну активність сорго в умовах посушливого клімату, дійшли висновку, що ширина міжряддя 55–60 см дає змогу зменшити втрати вологи та підвищити врожайність біомаси [21, с. 1371–1384].

Також К. Л. Бонін сумісно із співавторами зазначають, що у південних регіонах Європи ширина міжряддя 45–60 см оптимізує водний режим і збільшує продуктивність біомаси сорго, зменшуючи водний стрес для рослин [19 с. 150–159].

Згідно з дослідженнями Г. Л. Саваргвонкар та співавторів [26, с. 245–251], зміна відстані між рядками з 60 до 45 см не має впливу на врожайність різних сортів цукрового сорго.

Аналіз результатів досліджень низки авторів показує, що оптимальна ширина міжряддя для вирощування сорго цукрового коливається в межах 45–60 см. Як в Україні, так і за кордоном ці показники дають змогу забезпечити максимальне використання ресурсів: світла, вологи та площі. Проте у регіонах з менш сприятливими кліматичними умовами, наприклад у посушливих, ширина міжряддя може бути дещо більшою (до 60 см), що допомагає мінімізувати втрати вологи [9, с. 264; 15, с. 208].

Українські науковці також активно вивчають вплив норми висіву на врожайність сорго цукрового, адаптуючи його вирощування до місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Так, за результатами досліджень А. В. Чернової, О. А. Коваленко та інших доведено, що норма висіву насіння цукрового сорго визначається залежно від сортових характеристик. Дослідження різних сортів і гібридів цього виду сорго вказують на варіативність їхньої продуктивності та можливостей для отримання високого врожаю. Такий підхід дає змогу вибрати найбільш ефективний сорт з урахуванням агрокліматичних умов та цільового призначення культури. Тобто норма висіву залежить від характеристик конкретного сорту, а правильний підбір забезпечує максимальну віддачу у вигляді сировини [16, с. 136–142]. Більшість дослідників [14, с. 7–11; 27, с. 9], що проводили вивчення норм висіву та ширини міжряддя сорго цукрового, також схиляються до думки про те, що ці параметри слід уточнити відповідно до сортових особливостей культури.

Вивчення впливу норми висіву на врожайність сорго цукрового в різних кліматичних зонах також активно проводяться в інших країнах, зокрема у США, Бразилії та Європі. Зарубіжні науковці стверджують, що норма висіву повинна коригуватися залежно від умов зрошення, типу ґрунтів та очікуваних кліматичних умов. Саме тому В. Веіл Мефью разом із колегами зазначає, що оптимальна норма висіву сорго цукрового в Північній Кароліні складає 100–123 тисячі рослин на гектар. Цей показник залежить від конкретного сорту та ширини міжряддя, що дає змогу досягати максимальної врожайності в цьому регіоні [24, с. 8]. К. Б. Адамс із співавторами у своїх дослідженнях, проведених у північній Флориді, довів, що оптимальна норма висіву для сорго становить 123,5 тисяч насінин на гектар. За таких умов спостерігався найкращий ріст, розвиток і продуктивність рослин. Ця густина також сприяла формуванню оптимального діаметра стебла, що полегшувало процес збору врожаю [18, с. 1831–1836].

На основі досліджень іноземних вчених можна дійти висновку, що оптимальні параметри вирощування сорго залежать від кліматичних умов. У помірному кліматі ефективними вважаються ширина міжряддя 60 см та норма висіву 150 тис. насінин на гектар. Для посушливих умов оптимальними є ширина міжряддя 75 см та знижена норма висіву до 100 тис. насінин. Ці параметри дозволяють рослинам уникати надмірної конкуренції, забезпечуючи максимальний розвиток біометричних показників і високу врожайність. Водночас українські дослідження вказують на схожі тенденції у впливі норми висіву на врожайність сорго цукрового. Оптимальна норма висіву в Україні коливається в межах 150–200 тисяч насінин на гектар, залежно від умов вирощування сорго.

Надмірна густина посіву може призвести до зменшення врожайності через надмірну конкуренцію між рослинами, тоді як занадто низька густина – до неповного використання доступних ресурсів. У публікаціях науковців акцентується увага на вивченні сортової реакції сорго цукрового за різних технологій вирощування. Це показує їхній різний рівень ефективності та можливості отримання високого виходу сировини на біоенергетичні цілі. Неоднозначність результатів досліджень різних науковців спонукає до більш глибокого вивчення питання щодо впливу елементів технології вирощування (ширина міжряддя і густоти посіву) на врожайність біомаси сорго цукрового в умовах України.

**Мета роботи** полягає у встановленні впливу умов року, ширини міжряддя та густоти посіву на мінливість біометричних показників рослин, врожайність та цукристість біомаси сорго цукрового.

Польові дослідження здійснено із сортом сорго цукрового Фаворит в умовах виробничих посівів ФГ «Абрамівське» Полтавської області протягом 2022–2024 років. Експеримент проведено у зоні нестійкого зволоження Лівобережної частини центрального Лісостепу України із сортом сорго цукрового Фаворит.

Грунтові відміни дослідного поля представлені чорноземом типовим слабкосолонцюватим малогумусним середньосуглинковим. Загальний вміст гумусу – від 4,0% (за Тюрнімом). Вміст лужногідролізованого азоту становить 95–105 мг/кг ґрунту (за Корнфільдом), рухомих форм фосфору – 25–40, калію – 90–125 мг/кг ґрунту (за Мачигінім).

Для проведення експерименту користувалися рекомендаціями дослідної справи в агрономії. Польові досліді закладали методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти ділянок розміщували послідовно [4, с. 316; 5, с. 341]. Дослід – трьохфакторний. Чинник А (умови досліджень): 2022–2024 рр., чинник Б (ширина міжряддя): ШМ30 – ширина міжряддя 30 см, ШМ45 – ширина міжряддя 45 см, ШМ60 – ширина міжряддя 60 см, ШМ75 – ширина міжряддя 75 см. Чинник В (густина рослин), варіанти: 1 – 100 тис./га, 2 – 200 тис./га, 3 – 300 тис./га.

Технологічні заходи з вирощування сорго цукрового здійснені згідно наукових рекомендацій, окрім чинників, що вивчали. Сівбу сорго цукрового проводили у I декаді травня за температури ґрунту +13...+15°C. Норма висіву насіння становила 6–9 кг/га [8, с. 8–12]. Обліки та спостереження за рослинами сорго цукрового проводили відповідно до методики державної науково-технічної експертизи сортів рослин [10, с. 160]. Облік врожайності біомаси сорго цукрового визначали поділяючно в межах кожного з чотирьох повторень. Вміст цукру в соку стебел вимірювали рефрактометром.

Математичний обрахунок цифрових даних здійснювали відповідно до статистичного аналізу агрономічних дослідних даних у пакеті Statistica 6.0 з використанням персонального комп'ютера [6, с. 55].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Біометричні показники рослин сорго цукрового за варіантами досліді в розрізі років дослідження були доволі мінливими, а в середньому за три роки мали такі значення (табл. 1).

Встановлено, що максимальні показники окремих елементів структури врожаю сорго цукрового спостерігалися за ширини міжрядь 45 та 60 см та густоти стояння рослин 200 тис. шт./га. За густоти стояння 300 тис. шт./га кількість листків у рослин знижується, але збільшується їхня довжина. Облистяність сортів сорго цукрового за ширини міжрядь 45 см та густоти стояння рослин 100–300 тис. шт./га була на рівні 9,0–9,4 шт./рослину. При цьому висота рослин варіювалась у межах від 215,3 до 220,2 см з діаметром стебла 1,4–1,8 см. За ширини міжряддя 60 і 75 см ці показники зростали, а за 30 см – суттєво знижувалися.

**Таблиця 1. Біометричні показники рослин сорго цукрового, середнє за 2022–2024 роки**

Чинники		Кількісні показники рослин					
ширина міжряддя (чинник Б)	густина, тис. шт. росл./га* (чинник В)	кількість міжвузлів, шт.	кількість листків, шт.	довжина листка, см	ширина листка, см	довжина стебла, см	діаметр стебла, см
ШМ30	вар. 1	7,3	8,2	50,1	4,2	220,3	1,5
	вар. 2	7,0	8,1	46,3	4,0	205,8	1,4
	вар. 3	6,1	8,0	48,5	4,2	201,4	1,2
ШМ45	вар. 1	8,2	9,4	50,2	6,0	215,3	1,8
	вар. 2	8,0	9,3	50,8	6,3	219,8	1,7
	вар. 3	7,5	9,0	46,4	6,2	220,2	1,4
ШМ60	вар. 1	8,2	9,3	48,4	5,2	221,4	1,8
	вар. 2	8,0	9,2	47,1	5,6	225,4	1,4
	вар. 3	7,1	8,9	44,3	6,0	226,1	1,3
ШМ75	вар. 1	8,1	9,2	51,1	6,0	235,4	1,5
	вар. 2	8,0	9,0	49,6	6,2	241,2	1,5
	вар. 3	7,6	8,8	48,8	6,4	243,3	1,6
Середнє		7,6	8,9	48,5	5,5	223,0	1,5
НІР <sub>05</sub> (чинник Б)		0,47	0,32	2,13	0,34	5,32	0,20
НІР <sub>05</sub> (чинник В)		0,45	0,47	1,82	0,76	10,71	0,16
НІР <sub>05</sub> (чинник Б і В)		0,48	0,57	2,84	0,54	5,08	0,28

\*1 – густина рослин 100 тис./га, 2 – густина рослин 200 тис./га, 3 – густина рослин 300 тис./га

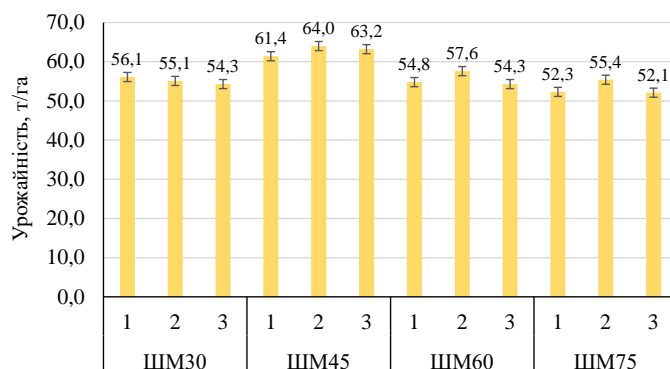
Урожайність біомаси сорго цукрового за роки дослідження змінювалася в широких межах: від 34,2 до 84,2 т/га. Цукристість зеленої маси сорго цукрового за варіантами досліду й роками – від 9,0 до 13,9% (табл. 2).

**Таблиця 2. Урожайність та цукристість зеленої маси сорго цукрового, 2022–2024 роки**

Варіанти		Урожайність зеленої маси, т/га				Цукристість, %			
ширина міжряддя (чинник Б)	густота, тис. шт. рослин/га* (чинник В)	2022 рік	2023 рік	2024 рік	середнє	2022 рік	2023 рік	2024 рік	середнє
ШМ30	вар. 1	70,2	56,1	42,3	56,1	11,7	11,8	10,1	11,2
	вар. 2	72,3	55,1	41,4	55,1	12,2	12,0	10,3	11,5
	вар. 3	71,2	54,3	40,8	54,3	11,9	11,7	9,9	11,2
ШМ45	вар. 1	83,2	61,4	46,1	61,4	13,5	12,7	13,3	13,2
	вар. 2	84,2	64,0	48,4	64,0	13,9	13,1	12,5	13,2
	вар. 3	81,0	63,2	46,9	63,2	13,7	12,8	13,5	13,3
ШМ60	вар. 1	77,2	54,8	39,5	54,8	11,9	10,2	11,2	11,1
	вар. 2	76,4	57,6	43,5	57,6	12,4	10,5	11,4	11,4
	вар. 3	73,5	54,3	41,9	54,3	12,1	10,1	11,0	11,1
ШМ75	вар. 1	64,5	52,3	35,4	52,3	12,0	9,0	10,5	10,5
	вар. 2	68,3	55,4	36,7	55,4	12,2	9,8	11,1	11,0
	вар. 3	63,1	52,1	34,2	52,1	11,9	9,5	10,2	10,5
Середнє		73,8	56,7	41,4	56,7	12,5	11,1	11,3	11,6
НІР <sub>05</sub> (чинник А)					2,05				0,45
НІР <sub>05</sub> (чинник Б)		1,35	1,07	0,97	-	0,17	0,19	0,28	-
НІР <sub>05</sub> (чинник В)		4,76	2,76	3,10	-	0,54	0,99	0,86	-
НІР <sub>05</sub> (чинник Б і В)		0,16	0,16	0,15	-	0,11	0,11	0,12	-

\*1 – густота рослин 100 тис./га, 2 – густота рослин 200 тис./га, 3 – густота рослин 300 тис./га

У середньому за роки дослідження урожайність і цукристість зеленої маси сорго цукрового були мінімальними показниками (рис. 1–2).



НІР<sub>05</sub> 2,05 т/га

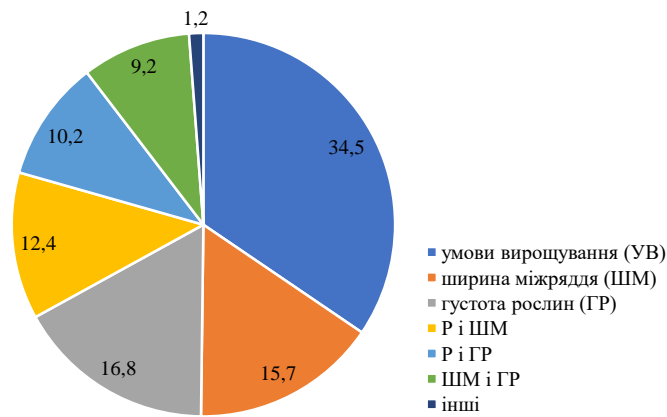
**Рис. 1. Урожайність зеленої маси сорго цукрового, середнє за 2022–2024 роки**

Примітка: 1 – густота рослин 100 тис./га, 2 – густота рослин 200 тис./га, 3 – густота рослин 300 тис./га

Визначено, що під час вирощування сорго цукрового на міжрядді 45 см за густоти стояння рослин 200 тис./га суттєво збільшується врожайність біомаси – до 64,3 т/га, на противагу 60 см, де отримали 57,6 т/га. Водночас на міжрядді 75 см врожайність була істотно нижчою (на рівні 55,4 т/га), а на міжрядді 30 см – отримали найменше значення цього показника (55,1 т/га) за цієї ж густоти рослин. Густота стояння рослин 100 тис. і 300 тис./га однозначно зменшує врожайність зеленої біомаси сорго цукрового.

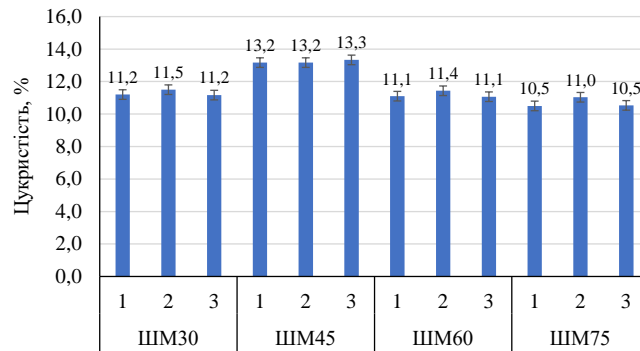
Загалом визначено частки впливу досліджуваних чинників на врожайність біомаси сорго цукрового (рис. 2).

Найбільш вагомими чинниками, що мають істотний вплив на врожайність біомаси сорго цукрового, є умови року вирощування (34,5%), ширина міжряддя (15,7%) та густота рослин (16,8%), менш впливовим – їхня взаємодія (9,2–12,4%).



**Рис. 2. Частки впливу досліджуваних чинників на врожайність біомаси сорго цукрового, 2022–2024 роки**

Встановлено, що показник цукристості біомаси сорго цукрового у середньому за роки дослідження варіювався у доволі широких межах: від 10,5 до 13,3% (рис. 3).



НІР<sub>05</sub> 0,45%

**Рис. 3. Цукристість біомаси сорго цукрового, середнє за 2022–2024 роки**

Примітка: 1 – густота рослин 100 тис./га, 2 – густота рослин 200 тис./га, 3 – густота рослин 300 тис./га

Встановлено, що на цукристість біомаси сорго цукрового більше впливає ширина міжряддя, ніж густота стояння рослин. Так, найкращі значення за цим показником отримали за вирощування рослин з шириною міжряддя 45 см: як звуження міжряддя, так і їхнє збільшення приводить до зниження вмісту цукрів у біомасі.

**Висновки.** Встановлено, що збільшення густоти рослин сорго цукрового на міжрядді 30 см (до 300 тис. шт./га) зумовлює зменшення біометричних показників рослин, спостерігається часткове вилягання рослин. Встановлено, що збільшення ширини міжряддя до 75 см не приводить до суттєвого зростання кількісних показників рослин. Максимальні показники облистяності (9,2–9,4 шт./рослину) спостерігалися у сортів за ширини міжряддя 45 та 60 см та густоти стояння рослин 100 і 200 тис. шт./га. За густоти стояння 300 тис. шт./га на цих міжряддях кількість листків у рослин знижується. Значної різниці за діаметром стебел залежно від густоти рослин за ширини міжряддя 75 см не виявлено. Оптимальний фітоценоз за кількісними показниками рослин формується за густоти рослин 200 тис. шт./га за вирощування з міжряддям 45 і 60 см.

За густоти стояння рослин сорго цукрового 200 тис./га на міжрядді 45 см суттєво збільшується врожайність біомаси – до 64,0 т/га, на противагу 60 см, де отримали 57,6 т/га, на міжрядді 75 см врожайність була істотно нижчою (на рівні 55,4 т/га), а на 30 см сягала всього 55,1 т/га за цієї ж густоти рослин.

Встановлено, що цукристість біомаси сорго цукрового була найбільшою на варіантах вирощування рослин 45 см (13,2–13,3%): як звужені, так і ширші міжряддя суттєво знижували цей показник (до 10,5–11,4%).

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у визначенні врожайності та оцінюванні якості біомаси сорго цукрового залежно від системи удобрення за вирощування культури.

#### Список використаних джерел

1. Бойко М.О. Обґрунтування агротехнічних прийомів вирощування сорго зернового в умовах Півдня України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агронімія»*. 2016. Вип. 235. С. 33–39.
2. Ганженко О.М. Агроекологічні основи формування продуктивності цукроносних культур для біопалив: монографія. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2023. 319 с.

3. Грабовський М.Б., Федорук Ю.В., Правдива Л.А., Грабовська Т.О. Вплив площі живлення рослин сорго цукрового та кукурудзи на їх ріст, розвиток та урожайність зеленої маси в сумісних посівах. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. № 5 (75). С. 27–35. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2018\\_5\\_26](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_5_26).
4. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник: у 2 кн. Кн. 1: Теоретичні аспекти дослідної справи / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін.; за ред. А.О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 316 с.
5. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник: у 2 кн. Кн. 2: Теоретичні аспекти дослідної справи / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 341 с.
6. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.І. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica – 6: методичні вказівки. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.
7. Коваленко О.А., Чернова А.В. Вплив норми висіву насіння на формування густоти стояння рослин сортів сорго цукрового в умовах півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 3. С. 129–136.
8. Курило В.Л., Григоренко Н.О., Марчук О.О., Фуніна І.Р. Продуктивність сорго цукрового (*Sorghumsaccharum* (L.) Pers.) залежно від сортових особливостей та різної густоти стояння рослин. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 3. С. 8–12.
9. Макаров Л.Х. Соргові культури: монографія. Херсон: Айлант, 2006. 264 с.
10. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С.О. Ткачик. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2015. 160 с.
11. Мулярчук О.І., Міщенко Ю.Г., Масик І.М., Давиденко Г.А. Біопаливо з цукрового сорго. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія*. 2014. № 3. С. 99–103.
12. Петричук Л.І. Агробіологічні основи формування високопродуктивних агрофітоценозів силосних культур в умовах Південного Степу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Херсон, 2015. 18 с.
13. Рожков А.О., Давиденко С.Ю. Польова схожість насіння і виживаність рослин сорго зернового залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння. *Вісник ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво»*. 2020. № 1–2. С. 73–84.
14. 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.
15. Федорчук М.І., Коковіхін С.В., Каленська С.М. та ін. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування екологічнобезпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України: монографія. Херсон, 2017. 208 с.
16. Чернова А.В., Коваленко О.А., Корхова М.М. Урожайність зеленої маси сорго цукрового залежно від сортових особливостей, норм висіву, біопрепарату та мікродобрив за різних років дослідження. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 136–142.
17. Шакалій С.М., Чмир В.О. Вплив норм добрив на продуктивність сорго зернового. *Сучасні тенденції в сільському господарстві: матеріали Всеукр. дистан. наук.-практ. конф., Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція, 7 жовтня 2020 року*. Полтава, 2020. С. 71–73.
18. Adams C.B., Erickson J.E., Campbell D.N., Singh M.P., Rebolledo J.P. Effects of row spacing and population density on yield of sweet sorghum: Applications for harvesting as billets. *Agronomy Journal*. 2015. Vol. 107, № 5. P. 1831–1836.
19. Bonin C.L., Heaton E.A., Cogdill T.J., Moore K.J. Management of Sweet Sorghum for Biomass Production. *Sugar Tech*. 2015. № 18 (2). P. 150–159. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-015-0377-y>.
20. Buah S.S., Mwinkaara L. Effects of plant density on growth and yield of sorghum in Northern Ghana. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2019. № 21 (2). P. 105–111.
21. Chilawal A., Singh H.P., Sainju U., Khanal B., et al. Spacing Effect on Energy Cane Growth, Physiology, and Biomass Yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2018. № 58 (3). P. 1371–1384.
22. Karaya H., Muui C., Njoroge S. Optimal planting density for sorghum in semi-arid regions of Kenya. *Journal of Dryland Agriculture*. 2021. № 5 (1). P. 88–95.
23. Kebede A., Berhe M., Zewde T. Effect of row spacing on sorghum productivity in arid regions. *African Journal of Agronomy*. 2020. № 11 (5). P. 104–112.
24. 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.
25. Rao P.S., Shivashankar M. Influence of row spacing and plant density on sugarcane sorghum growth. *Agricultural Journal of Crop Science*. 2019. № 56 (3). P. 223–230.
26. Sawargaonkar G.L., Patil M.D., Wani S.P., Pavani E., Reddy B., Marimuthu S. Nitrogen response and water use efficiency of sweet sorghum cultivars. *Field Crops Research*. 2013. № 149. P. 245–251. URL: <https://oar.icrisat.org/6853>.
27. Storozhyk L.I., Muzyka O.V. Формування структурних показників урожаю сорго цукрового залежно від елементів технології вирощування. *Новітні агротехнології*. 2018. № 5. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.21498/na.5.2017.143946>.
28. Tang C.C., Sun C.D., Du F., Chen F., Ameen A., Fu T.C., Xie G.H. Effect of Plant Density on Sweet and Biomass Sorghum Production on Semiarid. *Marginal Land. Sugar Tech*. 2018. № 20 (3). P. 312–322.

**Popova O. P.**

Postdoctoral Student at the Department of Breeding, Seed Production and Genetics,  
Poltava State Agrarian University  
Poltava, Ukraine

**E-mail:** oks27071994@gmail.com

**ORCID:** 0000-0001-6285-654X

**Kulyk M. I.**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Breeding, Seed Production and Genetics,  
Poltava State Agrarian University  
Poltava, Ukraine

**E-mail:** kulykmaksym@ukr.net

**ORCID:** 0000-0003-0394-5846

## INFLUENCE OF THE CULTIVATION TECHNOLOGY ELEMENTS ON THE YIELD AND SUGAR CONTENT OF SUGAR SORGHUM BIOMASS

### Abstract

The article presents the research results on the influence of cultivation year conditions, row spacing width and sowing density on the formation of plant biometric parameters and the yield and sugar content of sugar sorghum (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench.) The crop selected for the study is a bioenergy plant that can provide high yields of solid and liquid biofuels.

The research aimed to determine the influence of row spacing width and sowing density on the variability of plant biometric parameters, yield and sugar content of sorghum biomass of sugar variety Favoryt. The following methods were used during the research: field, measurement-weight, laboratory, mathematical and statistical.

The research results prove that the increase in the density of sugar sorghum plants at a row spacing of 30 cm (up to 300 thousand plants/ha) causes a decrease in the biometric parameters of plants, and lodging of plants is observed. It was found that increasing the row spacing width up to 75 cm does not lead to a significant increase in the quantitative indicators of plants, and in some cases even reduces them. The optimal phytocoenosis for plant quantitative indicators is formed at a plant density of 200 thousand plants/ha when growing sugar sorghum with row spacing of 45 and 60 cm.

The research showed that at a plant density of 200 thousand/ha with a row spacing of 45 cm, the biomass yield increases significantly up to 64.0 t/ha, in contrast to 60 cm, where 57.6 t/ha was obtained; at 75 cm row spacing, the yield was significantly lower (at the level of 55.4 t/ha), and at 30 cm it reached only 55.1 t/ha at the same plant density. Increasing and decreasing plant density does not lead to a significant increase in biomass yield.

The sugar content of sugar sorghum biomass was found to be the highest in the variants of growing plants of 45 cm (13.2–13.3%), both narrowed and wider row spacing significantly reduced this indicator (up to 10.5–11.4%)

Thus, coenotic factors (row spacing width and plant stem density) significantly influence the level of green mass yield. The highest value was obtained at the density of 200 thousand/ha of sugar sorghum plants at a row spacing of 45 cm. However, plant density does not always influence sugar content and this indicator is more influenced by the row spacing width and the cultivation year conditions.

**Key words:** *Sorghum saccharatum* (L.) Moench., row spacing width, plant density, productivity elements, yield, sugar content, biomass.

### References

1. Boiko, M.O. (2016). Obgruntuvannia ahrotekhnichnykh pryiomiv vyroshchuvannia sorho zernovoho v umovakh Pivdnia Ukrainy [Justification of agrotechnical methods of growing grain sorghum in the conditions of Southern Ukraine]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy – Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*, 235, 33–39 [in Ukrainian].
2. Hanzhenko, O.M. (2023). Ahroekolohichni osnovy formuvannia produktyvnosti tsukronosnykh kultur dlia biopalyva [Agroecological bases of formation of productivity of sugar-bearing crops for biofuel]. *Monohrafiia. Nats. akad. ahrar. nauk Ukrainy, In-t bioenerh. kultur i tsukr. buriakiv. – Monograph. National Acad. agrarian of Sciences of Ukraine, Institute of Bioenergy. cultures and sugars*. Vinnytsia: Nilan-LTD, 319 p. [in Ukrainian].
3. Hrabovskyyi, M.B., Fedoruk, Yu.V., Pravdyva, L.A., & Hrabovska, T.O. (2018). Vplyv ploshchi zhyvlennia roslyn sorho tsukrovoho ta kukurudzy na yikh rist, rozvytok ta urozhainist zelenoi masy v sumisnykh posivakh [The influence of the feeding area of sugar sorghum and corn plants on their growth, development and yield of green mass in combined crops]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy – Scientific reports of NUBiP of Ukraine*, 5 (75), 27–35. Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2018\\_5\\_26](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_5_26) [in Ukrainian].
4. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., & Kalenska, S.M. & et al. (2016 a). Doslidna sprava v ahronomii: navch. posibnyk: u 2 kn. – Kn. 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy; za red. A.O. Rozhkova [Experimental work in agronomy: a textbook: in 2 books – Book 1. Theoretical aspects of the experimental case; edited by A.O. Rozhkov]. Maidan. Kharkiv. 316 p. [in Ukrainian].
5. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M. & et al. (2016 a). Doslidna sprava v ahronomii: navch. posibnyk: u 2 kn. – Kn. 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy; za red. A.O. Rozhkova [Experimental work in agronomy: a textbook: in 2 books – Book 2. Theoretical aspects of the experimental case; edited by A.O. Rozhkov]. Maidan. Kharkiv. 341 p. [in Ukrainian].
6. Ermantraut, E.R., Prysiazhniuk, O.I., & Shevchenko, I.L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica – 6 [Statistical analysis of agronomic experimental data in the package Statistica – 6]*. Kyiv: Polihraf Konsal'tynh. 55 p. [in Ukrainian].



7. Kovalenko, O.A., & Chernova, A.V. (2017). Vplyv normy vysivu nasinnia na formuvannia hustoty stoiannia roslyn sortiv sorho tsukrovoho v umovakh pivdnia Ukrainy [The influence of the rate of sowing seeds on the formation of the density of standing plants of varieties of sugar sorghum in the conditions of southern Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia – Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 3, 129–136 [in Ukrainian].
8. Kurylo, V.L., Hryhorenko, N.O., Marchuk, O.O., & Funina, I.R. (2013). Produktivnist sorhotsukrovoho (Sorghumsaccharum (L.) Pers.) zalezno vid sortovykh osoblyvosti ta riznoi hustoty stoiannia roslyn [Productivity of sugar sorghum (Sorghumsaccharum (L.) Pers.) depending on varietal characteristics and different plant density]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn – Varietal research and protection of rights to plant varieties*, 3, 8–12 [in Ukrainian].
9. Makarov, L.Kh. (2006). *Sorhovi kultury [Sorghum crops]*. Kherson: Ailant, 264 p. [in Ukrainian].
10. Tkachyk, S.O. (2015). Metodyka derzhavnoi naukovo-tekhnichnoi ekspertyzy sortiv roslyn. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva [Methodology of state scientific and technical examination of plant varieties. Methods of determining plant production quality indicators]. Za red. S. O. Tkachyk. 4-te vyd. Vinnytsia: Nilan-LTD, 160 p. [in Ukrainian].
11. Muliarchuk, O.I., Mishchenko, Yu. H., Masyk, I.M., & Davydenko, H.A. (2014). Biopalyvo z tsukrovoho sorho [Biofuel from sugar sorghum]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia i biolohiia – Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Agronomy and biology*, 3, 99–103 [in Ukrainian].
12. Petrychuk, L.I. (2015). *Ahrobiolohichni osnovy formuvannia vysoko– produktyvnykh ahrofitosenoziv sylosnykh kultur v umovakh Pivdennoho Stepu [Agrobiological bases of the formation of highly productive agrophytocenoses of silage crops in the conditions of the Southern Steppe]*. Kherson [in Ukrainian].
13. Rozhkov, A.O., & Davydenko, S.I. (2020). Polova skhozhist nasinnia i vyzhyvanist roslyn sorho zernovoho zalezno vid shyryny mizhriad ta normy vysivu nasinnia [Field germination of seeds and survival of grain sorghum plants depending on the width of the rows and the rate of seed sowing]. *Visnyk KhNAU: Ser. “Roslynnytstvo, selektsiia i nasynnytstvo, plodo-ovochivnytstvo” – KHNAU Bulletin: Ser. “Plant production, selection and seed production, fruit and vegetable production”*, 1–2. P. 73–84 [in Ukrainian].
14. Storozhyk, L.I., & Budovskiy, M.D. (2016). Produktivnist sorho tsukrovoho yak dzherela vyrobnytstva biopalyva v sumisnykh posivakh z inshymy kulturamy [Productivity of sugar sorghum as a source of biofuel production in intercropping with other crops]. *Tsukrovi buriaky: Vseukrainskyi naukovo-vyrobnychiy zhurnal – Sugar beets: All-Ukrainian scientific and production journal*. Kyiv 2, 7–11 [in Ukrainian].
15. Fedorchuk, M.I., Kokovikhin, S.V., & Kalenska, S.M., et al. (2017). Naukovo-teoretychni zasady ta praktychni aspekty formuvannia ekolohobezpechnykh tekhnolohii vyroshchuvannia ta pererobky sorho v stepovii zoni Ukrainy [Scientific and theoretical foundations and practical aspects of the formation of environmentally safe technologies for growing and processing sorghum in the steppe zone of Ukraine]. *Monohrafiia – Monograph*. Kherson, 208 p. [in Ukrainian].
16. Chernova, A.V., Kovalenko, O.A., & Korkhova, M.M. (2020). Urozhainist zelenoi masy sorho tsukrovoho zalezno vid sortovykh osoblyvosti, norm vysivu, biopreparatu ta mikroдобryv za riznykh rokiv doslidzhennia [Yield of green mass of sugar sorghum depending on varietal characteristics, sowing rates, biological preparation and microfertilizers in different years of the study]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 4, 136–142 [in Ukrainian].
17. Shakalii, S.M., & Chmyr, V.O. (2020). *Vplyv norm dobryv na produktyvnist sorho zernovoho [The effect of fertilizer rates on the productivity of grain sorghum]*. *Suchasni tendentsii v silskomu hospodarstvi – Modern trends in agriculture: materials of the All-Ukrainian remote scientific and practical conference*, Poltava, October 7. pp. 71–73 [in Ukrainian].
18. Adams, C.B., Erickson, J.E., Campbell, D.N., Singh, M.P., Rebolledo, J.P. (2015). Effects of row spacing and population density on yield of sweet sorghum: Applications for harvesting as billets. *Agronomy Journal*. Vol. 107. No. 5. P. 1831–1836 [in English].
19. Bonin, C.L., Heaton, E.A., Cogdill, T.J., Moore, K.J. (2016). Management of Sweet Sorghum for Biomass Production. *Sugar Tech*, 18 (2), 150–159. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-015-0377-y> [in English].
20. Buah, S.S., & Mwinkaara, L. (2019). Effects of plant density on growth and yield of sorghum in Northern Ghana. *International Journal of Agriculture and Biology*, 21 (2), 105–111 [in English].
21. Chiluwal, A., Singh, H.P., Sainju, U., & Khanal, B., et al. (2018). Spacing Effect on Energy Cane Growth, Physiology, and Biomass Yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 58 (3). P. 1371–1384 [in English].
22. Karaya, H., Muui, C., & Njoroge, S. (2021). Optimal planting density for sorghum in semi-arid regions of Kenya. *Journal of Dryland Agriculture*, 5 (1), 88–95 [in English].
23. Kebede, A., Berhe, M., & Zewde, T. (2020). Effect of row spacing on sorghum productivity in arid regions. *African Journal of Agronomy*, 11 (5), 104–112 [in English].
24. Matthew, W.Veal., Mari S. Chinn, Matthew, B. Whitfield (2014). Sweet Sorghum Production to Support Energy and Industrial Products. North Carolina Cooperative Extension, p. 8 [in English].
25. Rao, P.S., & Shivashankar, M. (2019). Influence of row spacing and plant density on sugarcane sorghum growth. *Agricultural Journal of Crop Science*, 56 (3), 223–230 [in English].
26. Sawargaonkar, G.L., Patil, M.D., Wani, S.P., Pavani, E., Reddy, B., & Marimuthu, S. (2013). Nitrogen response and water use efficiency of sweet sorghum cultivars. *Field Crops Research*, 149, 245–251. URL: <https://oar.icrisat.org/6853> [in English].
27. Storozhyk, L.I., & Muzyka, O.V. (2018). The formation of structural parameters of the sugar sorghum crop depending on the elements of the growing technology. *The latest agricultural technologies*, (5), 1–9. DOI: <https://doi.org/10.21498/na.5.2017.143946> [in English].
28. Tang, C.C., Sun, C.D., Du, F., Chen, F., Ameen, A., Fu, T.C., & Xie, G. H. (2018). Effect of Plant Density on Sweet and Biomass Sorghum Production on Semiarid Marginal Land. *Sugar Tech*. Vol. 20 (3). P. 312–322 [in English].