

ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОЇ ОБРОБКИ ПОСІВІВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ БІОМАСИ СОРГО ЦУКРОВОГО

ПОПОВА О.П. – аспірантка
orcid.org/0000-0001-6285-654X

Полтавський державний аграрний університет

КУЛИК М.І. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-0394-5846

Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Вирощування сорго цукрового з високими та стійкими врожайми базується на обґрунтованому використанні сортів. Що володіють певними господарсько-цінними ознаками. При цьому враховують потребу рослин у мінеральному живленні, формування їх оптимальної густоти та догляду за посівами. Раціональне поєднання цих факторів дозволяє досягти максимальної врожайності та забезпечує стійкість рослин сорго цукрового до різних стресових умов. Що, в свою чергу дозволить культурі розкрити свій продуктивний потенціал та сформувати високу врожайність. Такий підхід є ключовим у досягненні успіху в сільському господарстві та забезпеченні продовольчої й енергетичної безпеки [1].

Більшість ґрунтів, на яких вирощують сорго, надають лише часткове живлення для рослин, тому необхідно додатково вносити добрива. З урахуванням агрохімічного аналізу ґрунту та рівня очікуваної врожайності визначають необхідну кількість добрив та їх строки внесення. При цьому розраховують дози як для основного удобрення, так і для додаткового підживлення рослин: кореневого або позакореневого [2, 3].

Сорго невимогливе до ґрунту і здатне добре рости на чорноземах і каштанових ґрунтах різного механічного складу. Краще воно почуває себе на родючих середньосуглинкових карбонатних чорноземах. Оптимальною для нього вважають кислотність на рівні рН 5,5–7,5 [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження впливу позакореневої обробки на сорго цукрове спрямовані на вивчення впливу на наступні складові.

Урожайність та врожай. Один із основних показників ефективності підживлення, що полягає у вивченні його впливу на кількість та якість врожаю сорго цукрового. Дослідження спрямовані на встановлення зв'язку між конкретними методами обробки, які застосовуються поза кореневою зоною, та збільшенням урожайності [5].

Стійкість до стресів. Деякі методи обробки посівів по вегетації можуть підвищувати стійкість рослин сорго цукрового до стресових умов, таких як посуха, холод або хвороби. Дослідження спрямовані на визначення впливу обробки на здатність цієї культури переносити негативні зовнішні фактори [6].

Фізіологічні показники рослин. Вивчення впливу позакореневого підживлення включає оцінку фізіологічних параметрів рослин, таких як ріст й розвиток, процес фотосинтезу, акумуляція поживних речовин та інші [7].

Якість продукції. Окрім кількості врожаю, важливо визначити вплив підживлення на якість продукції. Це може включати вивчення вмісту вологи у фітомасі, вмісту хімічних речовин та інших компонентів у рослинах сорго цукрового [8].

Дослідження впливу позакореневої обробки рослин на врожайність сорго цукрового є ключовим напрямом в агрономічних дослідженнях. Ці питання охоплюють використання різноманітних методів, засобів й способів застосування добрив за вирощування даної культури [9].

Обприскування рослин проводять із застосуванням різноманітних розчинів або препаратів. Їх вносять на листко-стеблову масу сорго цукрового за допомогою спеціальних обприскувачів. Вони можуть включати в себе різні мінеральні й органічні добрива, пестициди для боротьби зі шкідниками та хворобами, стимулятори росту, антистресові засоби тощо. Застосування мікроелементів передбачає їх внесення у вигляді розчинів або комплексних препаратів під час вегетації рослин. Мікроелементи, такі як залізо, марганець, мідь, цинк та інші, відіграють важливу роль у функціонуванні фізіологічних процесів та розвитку рослин [10].

Відомо, що врожайність рослин залежить від розміру їхньої листкової поверхні та ефективності фотосинтезу. Оптимальна площа листків сприяє кращому фотосинтезу, що впливає на підвищення врожайності. Багато факторів можуть впливати на розмір листкової поверхні, одним з них є рівень мінерального живлення рослин. Регулювання цього рівня може поліпшити фотосинтетичну активність сорго [11].

Сорго поглинає значно більше деяких мікроелементів з ґрунту, ніж інші культури. Особливо це стосується молібдену, міді та йоду. Водночас, менше порівняно з іншими культурами, сорго засвоює кобальт, цинк і бор. Серед мікроелементів першочергове значення для рослин сорго має молібден, а також кобальт, вміст якого в чорноземних ґрунтах Півдня України становить не більше 5–10 мг/кг ґрунту. Бор і цинк мають менший вплив на врожайність сорго [12].

Для нормального розвитку рослин важливі не лише основні макроелементи, але й мікроелементи та мезоелементи. Вони також відіграють критичну роль у всіх фізіологічних процесах росту та розвитку. Серед них можна виокремити залізо, мідь, молібден, марганець, цинк, бор, сірку та інші, які є необхідними для ефективної дії багатьох ферментів в рослинному організмі та сприяють кращому засвоєнню елементів живлення з ґрунту.

Мікроелементи виступають активними каталізаторами, які прискорюють біохімічні реакції і впливають на їх перебіг. Тому, не можливо замінити мікроелементи іншими речовинами, і їхнє недостатнє забезпечення може має негативний вплив на ріст та розвиток рослин [13].

Найбільш дефіцитним елементом живлення для культури є азот, який завдяки природній родючості задовольняє потребу лише на 38,7 %, фосфор – на 53,2 % та калій – на 93,7 %. Найбільше використання азоту рослинами сорго відмічається у міжфазні періоди інтенсивного росту і формування генеративних органів. Що припадає за 10–15 добу до початку викидання волоті, та 10–15 добу після цвітіння. Поглинання фосфору коренями починається з перших днів вегетації рослин. До фази викидання волоті рослина засвоює до 50 % загальної кількості фосфору. Калій споживається рослинами рівномірно протягом усього вегетаційного періоду [14].

Для досягнення запланованої урожайності сорго розраховують кількість добрив на основі аналізу хімічного складу ґрунту для кожного конкретного поля. При цьому враховують й рівень врожаю культури та винісним основних елементів живлення. У середньому для зони Лісостепу України використовується доза добрив, що містить $(NPK)_{60}$ [15].

Використання добрив не лише сприяє збільшенню врожайності, але й покращує якість продукції. Це проявляється у збільшенні вмісту протеїну, жирів в зерні, а також підвищенні вмісту сухої речовини та кормових одиниць у фітомасі [16].

Потреба сорго в поживних речовинах зростає у фазі стеблуння – початку викидання волоті, коли рослина швидко нарощує вегетативну масу і має добре розвинену кореневу систему [17].

Один з дієвих способів підвищення врожайності та поліпшення якості сільськогосподарських культур – використання природних або штучних регуляторів росту. Ці речовини, навіть у невеликих концентраціях, можуть значно збільшувати активність фізіологічних процесів у рослин, поліпшуючи їхній ріст й розвиток [18, 19].

Сорго відзначається стійкістю до шкідливих організмів [20]. Основні шкідники, які можуть значно пошкодити сорго, включають: злакових попелиць, дротяників та підгризаючих совок. Для боротьби з цими шкідниками, посіви культури сорго обробляють відповідними інсектицидами [21].

З-поміж профілактичних заходів проти сажкових хвороб сорго рекомендується перш за все використовувати насіння, яке не містить спор сажки. Окрім цього, вирощування сортів і гібридів стійких до цієї хвороби зменшить ураження рослин. Серед агротехнічних заходів велике значення мають наступні. Це, передусім: правильне дотримання сівозміни, глибоке заорювання решток попередніх культур, збалансоване внесення добрив, використання високоякісного насіння, та ін. [22].

Позакореневе підживлення рослин сорго найбільш ефективним буде на добре удобрених ґрунтах. Що відмічають за використання інтенсивної технології вирощування культури. В цьому випадку нестача макро- та мікроелементів може стати обмежуючим фактором для збільшення врожайності сорго цукрового [23].

Визначено, що молоді рослини та пагони сорго здатні швидше та ефективніше засвоювати поживні речовини. Більш зріла рослина, яка не уражена хворобами – теж здатна засвоювати елементи живлення швидше і в більшій кількості. Все це сприяє створенню умов близьких до оптимальних для росту й розвитку рослин, формування ними високого врожаю [24].

Таким чином, в науковій літературі не в повній мірі вивчено вплив підживлення рослин сорго цукрового на формування врожайності біомаси. Для заповнення даної прогалини, ми здійснили відповідні дослідження з удосконалення елементів агротехніки, що сприятимуть підвищенню продуктивності цієї культури.

Мета дослідження – встановити вплив позакореневої обробки посівів на врожайність біомаси сорго цукрового.

Матеріали та методика досліджень. Експеримент проводили протягом 2021–2023 років на базі фермерського господарства «Абрамівське», що територіально знаходиться у центральній частині Лісостепу України. Дослідні ділянки закладено на чорноземах типових, з вмістом гумусу на рівні 3,21 %, лужно-гідролізованого азоту 140,0 мг/кг ґрунту, фосфору 313,0 мг/кг ґрунту, калію 224,0 мг/кг ґрунту, рН сольове 6,9.

Погодні умови за роки проведення досліджень були досить мінливі. В умовах даного відмічали незначні відхилення від середньорічних показників. Що спостерігали в окремі періоди росту й розвитку рослин сорго цукрового під час вегетаційного періоду (рис. 1).

Середньомісячна кількість опадів протягом років дослідження була мінлива: зафіксовано збільшення показників у літні місяці 2021 та 2022 рр. У квітні 2022 і 2023 років спостерігалася надмірна кількість опадів за одночасного їх низького показника у липні 2021 року та травні 2022 року. Протягом травня-червня 2023 року відмічали незначні опади в цей період. За температурним чинником відхилення від середньобогаторічних показників фіксували у серпні місяці за усі роки спостереження. Закладання і проведення польових дослідів здійснювали відповідно до методики дослідної справи в агрономії [25] та наукових рекомендацій вчених [26].

Матеріалом для дослідження був зареєстрований сорт сорго цукрового: 'Фаворит'. Він розміщувався на різних варіантах застосування позакореневого підживлення рослин. Варіанти, що розміщували в межах кожного із чотирьох повторень поєднували: варіант 1 – контроль (без обробки), варіант 2 – обробка рослин у фазу сходів, варіант 3 – обробка рослин у фазу кушіння, варіант 4 – обробка рослин у фазу сходів й кушіння. Препарат, що застосовували для позакореневого підживлення рослин – 'Кристалон особливий'.

У дослідах час сівби сорго цукрового припадав на третю декаду квітня. Насіння висівали на глибину 4–6 см з міжряддям 45 см. Густина стояння рослин сягала близько 222 тис. шт./га. Площа посівної ділянки становила 50,6 м², облікової ділянки – 50,0 м². Застосовували рендомізоване розміщення варіантів в кожному з чотирьох повторностей. За вирощування сорго цукрового в польовому досліді застосовували усі агротехнологічні заходи, що рекомендовані для даної

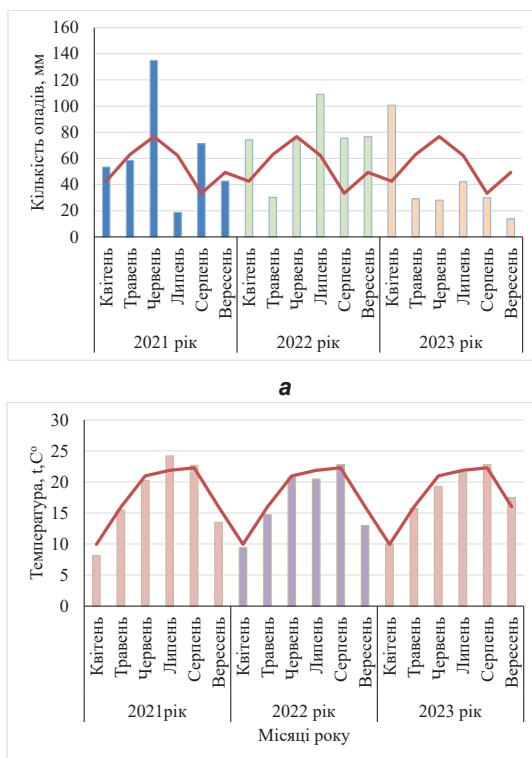


Рис. 1. Погодні умови протягом вегетації сорго цукрового: середньомісячна кількість опадів, мм (а) та середньомісячна температура повітря, °C (б), 2021–2023 рр.

грунтово-кліматичної зони: осінні і весняні обробки ґрунту, сівба насіння розрахунковою нормою висіву, механічне знищення сходів бур'янів, підживлення (згідно схеми експерименту).

У ході виконання дослідження використовували також «Методика визначання площі листової поверхні цукрового сорго» відповідно рекомендацій», розроблену О. М. Ганженком [27].

Визначення врожайності зеленої маси та обсяг врожаю за сухим залишком рослинної біомаси сорго цукрового визначали відповідно рекомендації [28].

Статистичний обрахунок результатів досліджень здійснювали із використанням методу дисперсійного аналізу відповідно комп'ютерного програмного забезпечення Statistica 6.0.

Результати досліджень засвідчують мінливість біометричних показників рослин сорго цукрового за досліджуваними варіантами досліду й в розрізі років дослідження (табл. 1).

За роки дослідження визначено середнє варіювання ознак: кількість міжвузлів на одну рослину – від 7,0 до 9,1 шт., та кількості листків – від 8,1 до 9,4 шт./рослину.

Таблиця 1

Біометричні показники рослин сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Рік (чинник А)	Варіант* (чинник Б)	Кількість міжвузлів, шт./рослину	Кількість листків, шт./рослину	Довжина прапорцевого листка, см	Ширина прапорцевого листка, см
2021	варіант 1	7,2	8,3	44,5	5,2
	варіант 2	8,4	9,2	48,8	5,6
	варіант 3	8,5	9,1	49,2	6,7
	варіант 4	9,1	9,4	53,1	6,9
Середнє		8,3	9,0	48,9	6,1
2022	варіант 1	7,3	8,4	44,2	5,1
	варіант 2	8,5	9,0	47,6	5,6
	варіант 3	8,6	9,0	48,9	6,5
	варіант 4	8,9	9,2	52,2	6,7
Середнє		8,3	8,9	48,2	6,0
2023	варіант 1	7,0	8,1	43,4	5,0
	варіант 2	8,2	8,9	46,3	5,3
	варіант 3	8,6	8,8	48,9	6,0
	варіант 4	8,8	9,1	50,4	6,4

Продовження таблиці 1

Середнє	8,2	8,7	47,3	5,7
НІР ₀₅ (чинник А)	0,48	0,29	2,09	0,48
НІР ₀₅ (чинник Б)	0,10	0,13	0,72	0,16
НІР ₀₅ (чинник АБ)	0,12	0,16	0,27	0,14

*Примітка: варіант 1 – контроль (без обробки), варіант 2 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів, варіант 3 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу куціння, варіант 4 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів й куціння.

За варіантами дослідів відмічали збільшення й довжини та ширини прапорцевого листка, відповідно – від 43,4 до 53,1 см та – від 5,0 до 6,9 см. Найбільші значення за даними біометричними показниками рослин зафіксовано на варіантах дворазової позакореневої обробки посівів препаратом 'Кристалон особливий'.

За встановлення кореляції визначено прямолінійні взаємозалежності між біометричними показниками рослин сорго цукрового (рис. 2–7).

За встановлення мінливості площі листової поверхні рослин сорго цукрового встановлено наступне (рис. 8).

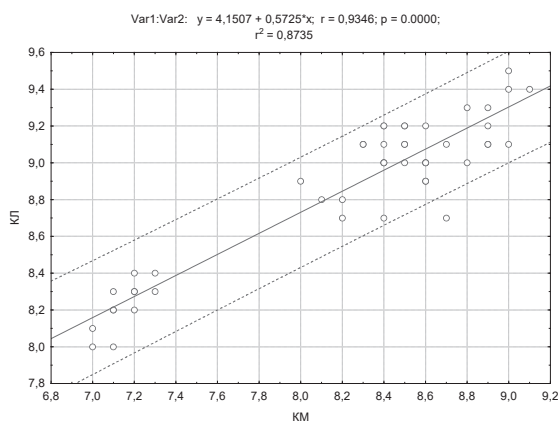


Рис. 2. Кореляція між середньою кількістю міжезлів та листків на рослині сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: зв'язки суттєві при 5-ти % рівні значущості

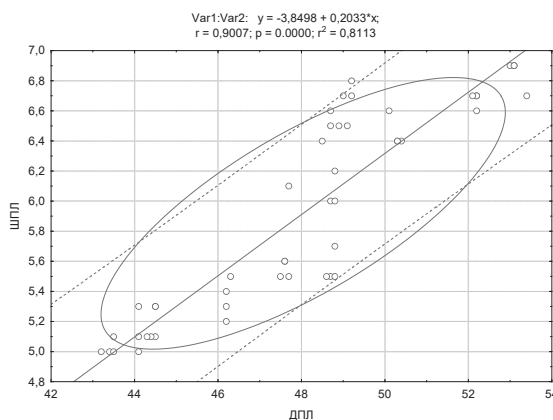


Рис. 3. Кореляція між середньою довжиною й шириною прапорцевого листка на рослинах сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: зв'язки суттєві при 5-ти % рівні значущості

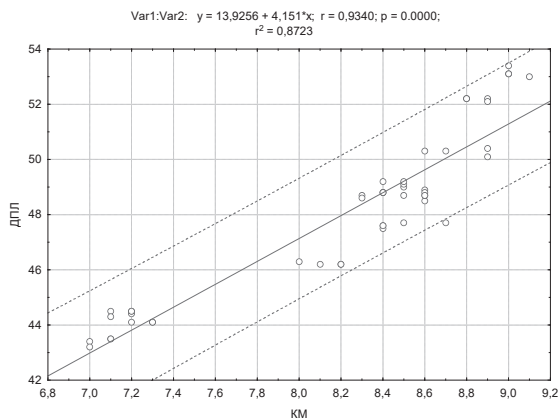


Рис. 4. Кореляція між середньою кількістю міжвузлів і середньою довжиною прапорцевого листка на рослинах сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: зв'язки суттєві при 5-ти % рівні значущості

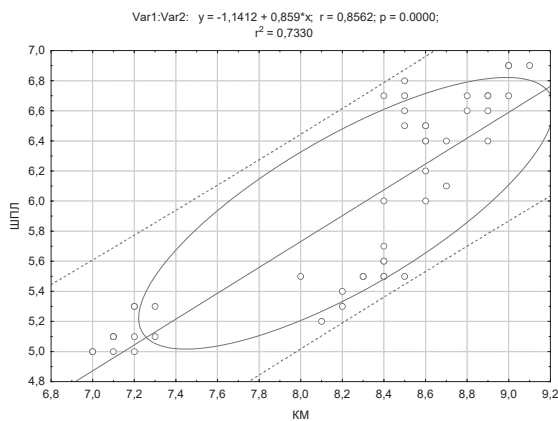


Рис. 5. Кореляція між середньою кількістю міжвузлів і середньою шириною прапорцевого листка на рослинах сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: зв'язки суттєві при 5-ти % рівні значущості

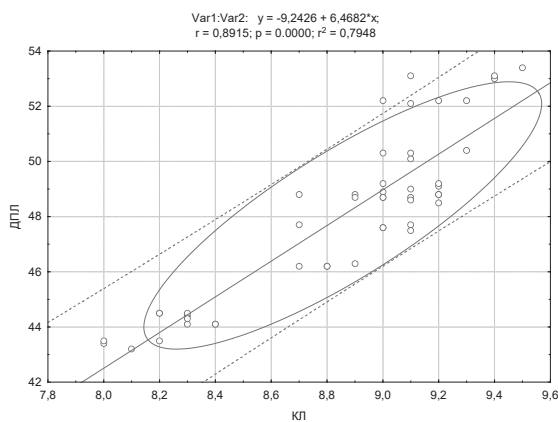


Рис. 6. Кореляція між середньою кількістю листків і середньою довжиною прапорцевого листка на рослинах сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: зв'язки суттєві при 5-ти % рівні значущості

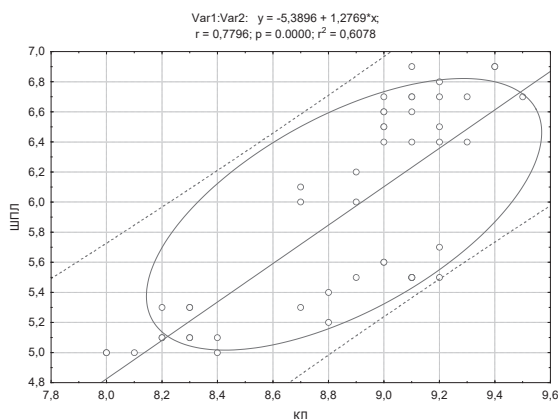


Рис. 7. Кореляція між середньою кількістю листків і середньою шириною прапорцевого листка на рослинах сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: зв'язки суттєві при 5-ти % рівні значущості

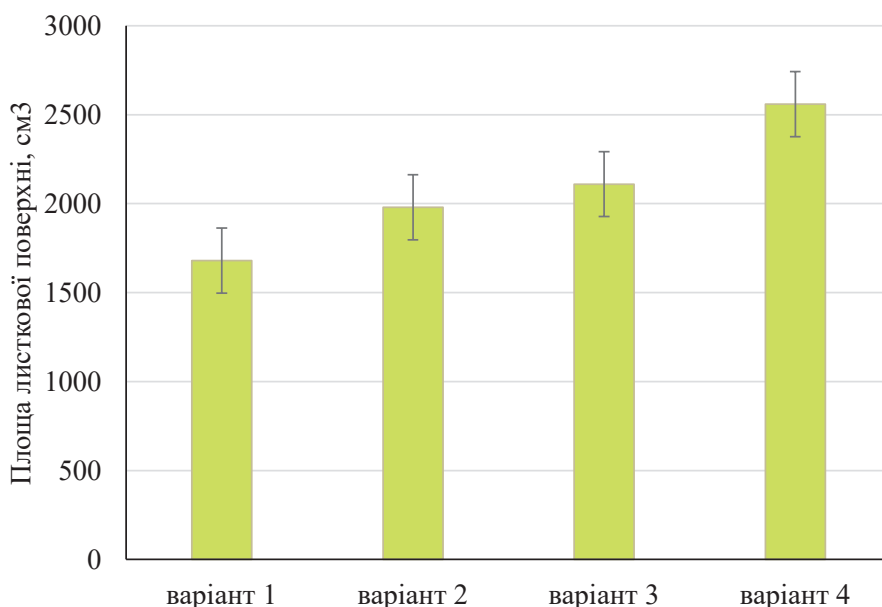


Рис. 8. Площа листкової поверхні рослин сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

*Примітка: варіант 1 – контроль (без обробки), варіант 2 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів, варіант 3 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу кущіння, варіант 4 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів й кущіння.

Достовірно вища площа листкової поверхні рослин сорго цукрового спостерігалася на варіантах дворазової позакореневої обробки посівів препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів й кущіння.

Під час аналізу врожайності зеленої маси та врожаю за сухим залишком (біомасою) сорго цукрового визначили, що дані показники змінювались як за роками дослідження, так і за варіантами, що вивчалися (табл. 2).

В умовах 2021 року врожайність (зеленої та сухої біомаси) рослин сорго цукрового змінювалася в межах – від 85,4 до 99,3 т/га (зеленої маси), та від

28,4 до 33,8 т/га (сухої біомаси). Для умов 2022 року ці показники відповідно становили – від 84,2 до 98,7 т/га (зеленої маси), та від 28,1 до 35,0 т/га (сухої біомаси). В умовах 2023 року продуктивність сорго цукрового була дещо нижча, ніж в інші роки, цей показник варіював за варіантами досліду від 76,4 до 94,8 т/га (зеленої маси), та від 20,2 до 31,4 т/га (сухої біомаси). Протягом років проведення експерименту найбільша врожайність як зеленої, так і сухої маси виявилась на четвертому варіанті, де застосовували позакореневе підживлення посівів сорго цукрового хелатним препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів й кущіння рослин (рис. 9–10).

Таблиця 2

Урожайність зеленої маси та сухої біомаси сорго цукрового, 2021–2023 рр.

Рік (чинник А)	Варіант* (чинник Б)	Урожайність зеленої маси, т/га	+ / – до контролю	Урожайність сухої біомаси, т/га	+ / – до контролю
2021	варіант 1	85,4	–	28,4	–
	варіант 2	93,5	8,1	31,3	2,9
	варіант 3	95,1	9,7	32,1	3,7
	варіант 4	99,3	13,9	33,8	5,4
Середнє		93,3	10,6	31,4	4,0
2022	варіант 1	84,2	–	28,1	–
	варіант 2	93,1	8,9	31,5	3,4
	варіант 3	95,8	11,6	32,6	4,5
	варіант 4	98,7	14,5	35,0	6,9
Середнє		92,9	29,8	31,8	4,9
2023	варіант 1	76,4	–	20,2	–
	варіант 2	83,2	6,8	23,0	2,8
	варіант 3	89,6	13,2	26,7	6,5
	варіант 4	94,8	18,4	31,4	11,2
Середнє		86,0	28,7	25,3	10,2
НІР ₀₅ (чинник А)		4,30	–	3,67	–
НІР ₀₅ (чинник Б)		3,04	–	4,03	–
НІР ₀₅ (чинник АБ)		0,21	–	5,81	–

*Примітка: варіант 1 – контроль (без обробки), варіант 2 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів, варіант 3 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу куціння, варіант 4 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів й куціння.

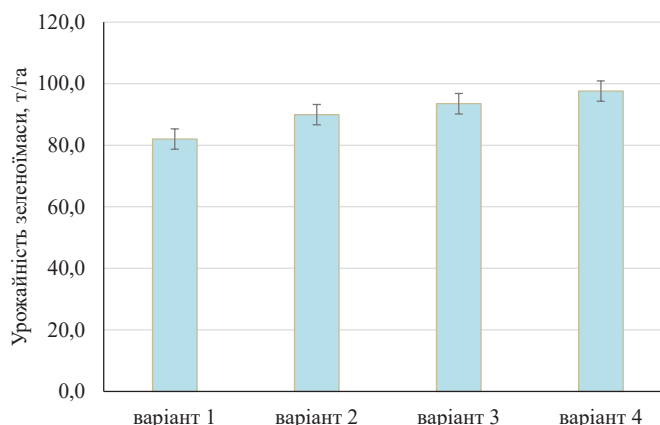


Рис. 9. Урожайність надземної вегетативної маси сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: варіант 1 – контроль (без обробки), варіант 2 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів, варіант 3 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу куціння, варіант 4 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів й куціння.

У середньому за роки проведення експерименту в розрізі варіантів дослідження врожайність надземної вегетативної маси сорго цукрового варіювала в межах – від 82,0 до 97,6 т/га. При цьому, найбільше значення даного показника зафіксовано на варіантах проведення дворазової позакореневої обробки рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів й куціння рослин.

З урахуванням вологості рослинної сировини, урожайність сухої біомаси сорго цукрового у серед-

ньому за три роки змінювалася у межах від 25,5 т/га (контрольні варіанти) до максимального значення на рівні 33,8 т/га (варіант 4 – обробка посівів препаратом 'Кристалон особливий' у фази сходів й куціння рослин).

За встановленні взаємозв'язків на основі кореляційно-регресійного аналізу визначені кореляції між біометричними показниками рослин та врожайністю зеленої маси та сухої біомаси сорго цукрового (рис. 11–14).

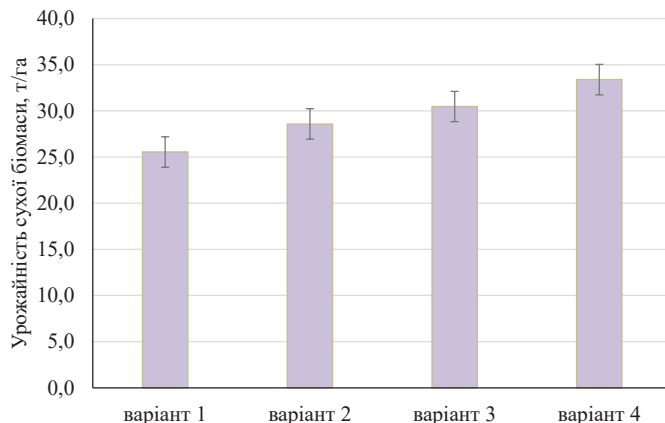
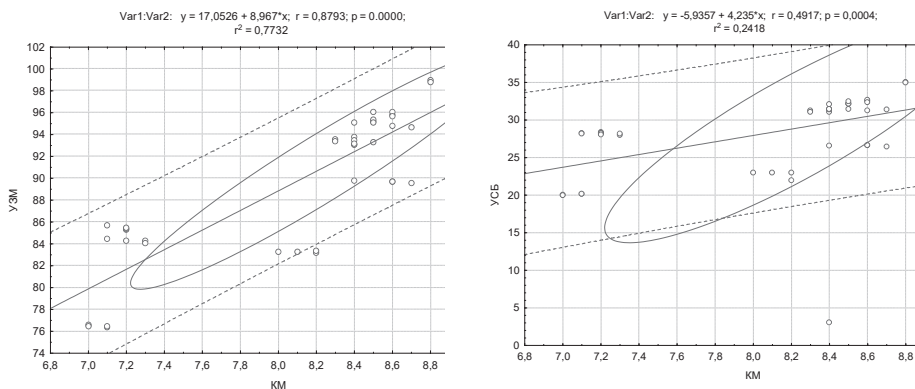


Рис. 10. Урожайність сухої біомаси сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: варіант 1 – контроль (без обробки), варіант 2 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів, варіант 3 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу куцїння, варіант 4 – обробка рослин препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів й куцїння.

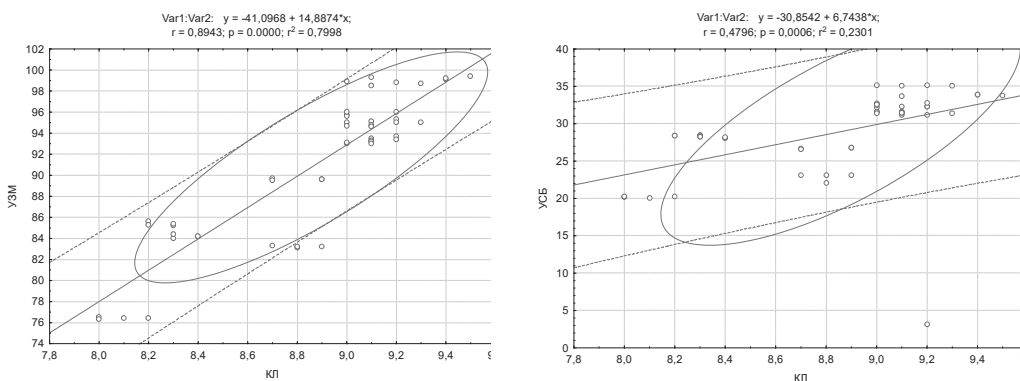


а

б

Рис. 11. Кореляція між середньою кількістю міжезлів на рослині та врожайністю зеленої маси (а) та сухої біомаси (б) сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: зв'язки суттєві при 5-ти % рівні значущості



а

б

Рис. 12. Кореляція між середньою кількістю листків на рослині та врожайністю зеленої маси (а) та сухої біомаси (б) сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: зв'язки суттєві при 5-ти % рівні значущості

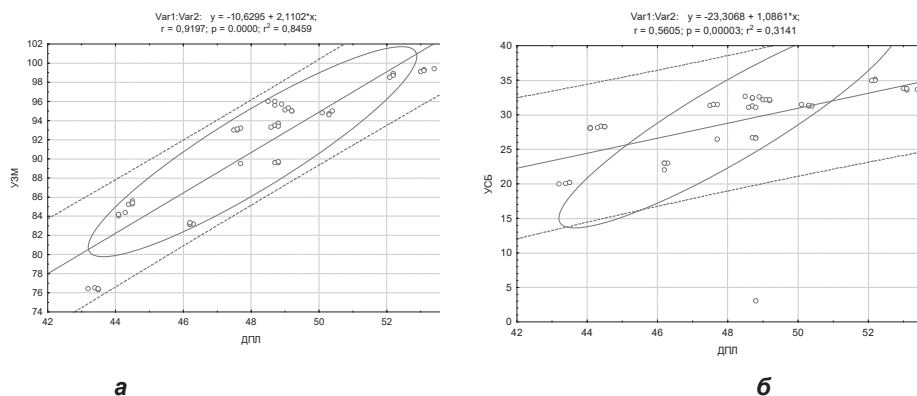


Рис. 13. Кореляція між середньою довжиною прапорцевого листка та врожайністю зеленої маси (а) та сухої біомаси (б) сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: зв'язки суттєві при 5-ти % рівні значущості

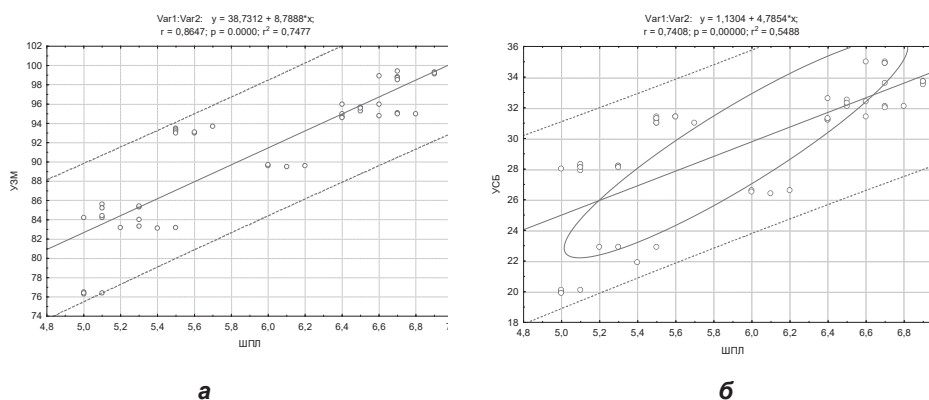


Рис. 14. Кореляція між середньою шириною прапорцевого листка та врожайністю зеленої маси (а) та сухої біомаси (б) сорго цукрового, середнє за 2021–2023 рр.

Примітка: зв'язки суттєві при 5-ти % рівні значущості

Таким чином, на формування врожайності зеленої маси сорго цукрового суттєвий мають вплив лінійні розміри прапорцевого листка (за його довжиною й шириною), а також середня кількість міжвузлів та листків на одній рослині ($r > 0,71$). Середньою мірою за цими біометричними показниками обумовлюється врожайність сорго за сухою біомасою ($r 0.48 \dots 0.62$).

Висновки. Визначено, що біометричні показники рослин взаємозалежні між собою за коефіцієнтом кореляції більше 0,71, й суттєво залежать від застосування підживлення посівів сорго цукрового. Встановлено, що найбільша врожайність зеленої маси (97,6 т/га) і сухої біомаси (33,8 т/га) формується на варіантах позакореневої обробки посівів препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів й куціння рослин сорго цукрового.

Перспективи подальших досліджень передбачатимуть визначення показників якості біомаси сорго цукрового, як сировини для виробництва біопалив, залежно від застосування удосконалених елементів технології вирощування культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гунчак Т. І. Особливості вирощування сорго цукрового в якості сировини для виробництва

біопалива в умовах південно-західного Лісостепу Україною. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. №21. С. 240–244.

- Любич В. В., Сторожик Л. І., Войтовська В. І. та ін. Агробіологічні параметри різних сортів і гібридів сорго цукрового. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 3. doi: 10.21498/2518-1017.17.3.2021.242966
- Вишневецька О. В., Маркіна О. В. Випробування різних сортів сорго цукрового в зоні Полісся для потреб біоенергетики. *Вісник аграрної науки*. 2020. Т. 98, № 4. С. 54–61. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2020_04_08.pdf
- Грабовський М. Б. Формування продуктивності сорго цукрового як біоенергетичної культури залежно від рівня мінерального живлення. *Таврійський наук. вісник*. Херсон, 2018. Вип. 99. С. 30–39.
- Грабовський М.Б., Грабовська Т.О., Козак Л.А. та ін. Формування продуктивності сорго цукрового під впливом строків сівби. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Т. 7(4). С. 500–505.
- Каленська С. М., Гринюк І. П. Вплив доз мінеральних добрив та сортових особливостей на вихід цукру та біоетанолу із сорго цукрового в умовах

- Правобережного Лісостепу України. *Зб. наук. пр. ІБКЦБ*. 2012. Вип. 15. С. 202–206.
7. Сторожик Л. І., Музика О. В. Фотосинтетичний потенціал посівів сорго цукрового в умовах Центрального Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2017. Вип. 25. С. 79–85.
 8. Курило В. Л., Рахметов Д. Б., Кулик М. І. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 1 (88), 2018. С. 11–17.
 9. Горбаченко Н. І. Ефективність мікробних препаратів при вирощуванні сорго цукрового в умовах Полісся. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2013. Вип. 18. С. 40–49.
 10. Мулярчук О. І., Кобернюк О. Т. Вплив мінерального живлення на вихід біоетанолу сорго цукрового. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. Кам'янець-Подільський, 2017. № 26. Ч. 1. С. 94–101.
 11. Курило В. Л., Григоренко Н. О., Марчук О. О. Залежність фотосинтетичної здатності рослин сорго цукрового (*Sorghum saccharatum pers.*) від його сортових особливостей та норм мінерального живлення. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. Вип. 2. С. 38–41.
 12. Коваленко О. А., Чернова А. В. Вплив норм висіву насіння, біопрепаратів і мікродобрив на формування висоти рослин сортів і гібридів сорго цукрового в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник: науковий журнал*. Херсон: Гельветика, 2018. Вип. 101. С. 54–62.
 13. Герасименко Л. А. Перспективи вирощування сорго в Україні. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату*: Збірник наук. праць всеукр. наук.-практ. конф. (15-16 червня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль. 2017. С. 69.
 14. Іваніна В. В., Сипко А. О., Стрілець О. П. та ін. Вплив доз добрив на біоенергетичну продуктивність сорго цукрового. *Біоенергетика*. 2021. No 2. С.21–23. doi: 10.47414/be.2. 2021.244108
 15. Герасименко Л. А. Ріст та розвиток рослин сорго цукрового (*Sorghum saccharatum L.*) різних строків сівби та глибини загортання насіння в умовах центрального Лісостепу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 1. С. 76–78.
 16. 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. № 60 (2). P. 50–53.
 17. Реєстр сортів рослин України [Електронний ресурс]. Київ: Український інститут експертизи сортів рослин. URL: <http://service.ukragroexpert.com.ua/>
 18. Грабовський М. Б. Вплив рівня мінерального живлення на формування біометричних показників сорго цукрового. Сучасні агробіотехнології та землеустрої в Україні : *тези доп. держ. наук.-практ. конф.* (м. Біла Церква, 23 листоп. 2017 р.). Біла Церква, 2015. С. 8–9.
 19. 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. № 5 С. 11–13.
 20. Ганженко О. М., Григоренко Н. О. Залежність продуктивності і вуглеводного складу від сортових особливостей та мінерального живлення цукрового сорго. *Цукор України*. 2011. № 4. С. 27–32.
 21. Черенков А. В., Шевченко М. С., Дзюбецький Б. В. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти: рекомендації. Дніпропетровськ: Роял Принт. 2011. 63 с.
 22. Черенков А. В. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти. Дніпропетровськ, 2011. С. 25.
 23. Сторчоус І. Особливості застосування ґрунтових гербіцидів. *Агробізнес сьогодні*. 2017. № 17(360). С. 12–16.
 24. Ганженко О. М. Агроекологічні основи формування продуктивності цукроносних культур для біопалива: *монографія*. Київ: Компринт, 2022. 358 с.
 25. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії: *навч. посіб.*: у 2 кн. – Кн. 2. *Статистична обробка результатів досліджень*; за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 352 с.
 26. Ганженко Олександр, Курило Василь, Герасименко Людмила, та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення цукрового сорго як сировини для виробництва біопалива. К.: ЦП «Компринт», 2017. 24 с.
 27. Ганженко О. М. Методика визначання площі листової поверхні цукрового сорго. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 22. С. 17–22. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb_2014_22_4
 28. Кулик М. І., Галицька М. А. Алгоритм обрахунку доступного потенціалу агробіомаси та фітомаси енергетичних культур для виробництва біопалива : *науково-методичні рекомендації*. Полтава, 2018. 32 с.

REFERENCES:

1. Hunchak, T. I. (2014). Osoblyvosti vyroshchuvannya sorho tsukrovoho v yakosti syrovyny dla vyrobnytstva biopalyva v umovakh pivdenno-zakhidnoho Lisostepu Ukrainoiu. [Peculiarities of growing sugar sorghum as a raw material for the production of biofuel in the conditions of the southwestern forest-steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv – Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*. 21. 240–244 [in Ukrainian].
2. Liubych, V. V., Storozhyk, L. I., Voÿtovska, V. I. ta in. (2021). Ahrobiolohichni parametry riznykh sortiv i hibrdiv sorho tsukrovoho.[Agrobiological indicators of different varieties and hybrids of sugar sorghum]. *Plant Varieties Studying and Protection*. 17, 3. doi: 10.21498/2518- 1017.17.3.2021.242966 [in Ukrainian].
3. Vyshnevskaya, O.V., Markina, O. V. (2020). Vyprobuvannya riznykh sortiv sorho tsukrovoho v zoni Polissia dlia potreb bioenerhetyky. [Testing of different varieties of sugar sorghum in the Polissia zone for the needs of bioenergy]. *Visnyk ahramoi nauky – Herald of Agrarian Science*. 98, 4[in Ukrainian].
4. Hrabovskiy, M. B. (2018). Formuvannya produktyvnosti sorho tsukrovoho yak bioenerhetychnoi kultury

- zalezhno vid rivnia mineralnogo zhyvlennia. [Formation of the productivity of sugar sorghum as a bioenergy crop depending on the level of mineral nutrition]. *Tavriyskiy nauk. visnyk. – Tavriyskiy Nauk. herald*. Kherson, 99. 30–39. [in Ukrainian].
5. Hrabovskiy, M.B., Hrabovska, T.O., Kozak, L.A. ta in. (2017). Formuvannia produktyvnosti sorho tsukrovoho pid vplyvom strokiv sivby. [Formation of sugar sorghum yield under the influence of sowing dates]. *Ukrainian Journal of Ecology*. 7(4). 500–505. [in Ukrainian].
 6. Kalenska, S. M., Hryniuk, I. P. (2012). Vplyv doz mineralnykh dobryv ta sortovykh osoblyvostei na vykhid tsukru ta bioetanolu iz sorho tsukrovoho v umovakh Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy. [The influence of mineral fertilizer doses and varietal characteristics on the yield of sugar and bioethanol from sugar sorghum in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Zb. nauk. pr. IBKITSB – coll. Sciences, IBKITSB*. 15. 202–206. [in Ukrainian].
 7. Storozhyk, L. I., Muzyka, O. V. (2017). Fotosyntetychnyi potentsial posiviv sorho tsukrovoho v umovakh Tsentralnogo Lisostepu Ukrainy. [Photosynthetic potential of sugar sorghum crops in the conditions of the Central Forest Steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovoykh buriakiv – Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*. 25. 79–85 [in Ukrainian].
 8. Kurylo, V. L., Rakhmetov, D. B., Kulyk, M. I. (2018). Biologichni osoblyvosti ta potentsial urozhainosti enerhetychnykh kultur rodyny tonkonohovykh v umovakh Ukrainy. [Biological features and potential of yield of energy crops of the family of tonciformes in the conditions of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. Poltava. 1 (88). 11–17. [in Ukrainian]
 9. Horbachenko, N. I. (2013). Efektyvnist mikrobynykh preparativ pry vyroshchuvanni sorho tsukrovoho v umovakh Polissia. [The effectiveness of microbial preparations in the cultivation of sugar sorghum in the conditions of Polissia]. *Silskohospodarska mikrobiologiya – Agricultural microbiology*. 18. 40–49. [in Ukrainian]
 10. Muliarchuk, O. I., Koberniuk, O. T. (2017). Vplyv mineralnogo zhyvlennia na vykhid bioetanolu sorho tsukrovoho. [The effect of mineral nutrition on the yield of bioethanol from sugar sorghum]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilskyi Visnyk: agriculture, technology, economy*. Kamianets-Podilsk. 26. 1. 94–101 [in Ukrainian]
 11. Kurylo, V. L., Hryhorenko, N. O., Marchuk, O. O. (2012). Zalezhnist fotosyntetychnoi zdatnosti roslyn sorho tsukrovoho (*Sorghum saccharatum* pers.) vid yoho sortovykh osoblyvostei ta norm mineralnogo zhyvlennia. [Dependence of the photosynthetic capacity of sugar sorghum plants (*Sorghum saccharatum* pers.) on its varietal characteristics and mineral nutrition norms]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn – Varietal research and protection of rights to plant varieties*. Vinnitsa. 2. 38–41. [in Ukrainian]
 12. Kovalenko, O. A., Chernova, A. V. (2018). Vplyv norm vysyvu nasinnia, biopreparativ i mikroductoryv na formuvannia vysoty roslyn sortiv i hibrydiv sorho tsukrovoho v umovakh pivdnia Ukrainy. [The influence of seed sowing rates, biological preparations and microfertilizers on the formation of plant height of varieties and hybrids of sugar sorghum in the conditions of southern Ukraine]. *Tavriyskiy naukovy visnyk: naukovy zhurnal – Taurian Scientific Bulletin: scientific journal*. Kherson: Helvetyka. 101. 54–62. [in Ukrainian]
 13. Herasymenko, L. A. (2017). Perspektyvy vyroshchuvannia sorho v Ukraini. Aktualni pytannia suchasnykh tekhnologii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur v umovakh zmin klimatu. [Prospects for growing sorghum in Ukraine. Current issues of modern technologies for growing agricultural crops in conditions of climate change]. *Zbirnyk nauk. prats vseukr. nauk.-prakt.konf – Collection of sciences. scientific and practical works throughout Ukraine*. Ternopil. 69. [in Ukrainian]
 14. Ivanina, V. V., Sypko, A. O., Strilets, O. P. ta in. (2021). Vplyv doz dobryv na bioenerhetychnu produktyvnist sorho tsukrovoho. [Effect of fertilizer doses on the bioenergetic productivity of sugar sorghum] *Bioenerhetyka. – Bioenergetics*. 2.21–23. doi: 10.47414/be.2.2021.244108 [in Ukrainian]
 15. Herasymenko, L. A. (2013). Rist ta rozvytok roslyn sorho tsukrovoho (*Sorghum saccharatum* L.) riznykh strokiv sivby ta hlybyny zahortannia nasinnia v umovakh tsentralnogo Lisostepu Ukrainy. [Growth and development of sugar sorghum (*Sorghum saccharatum* L.) plants at different sowing times and seed wrapping depths in the conditions of the central forest-steppe of Ukraine]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn – Varietal research and protection of rights to plant varieties*. 1. 76–78. [in Ukrainian]
 16. Kurilo, V., Marchuk, A., Ivanovs, S. (2015). Impact of agrotechnical methods up on the energetic productivity of sweet sorghum. *Journal of research and applications in agricultural engineering – Poznan*. 60 (2). 50–53 [in Poland]
 17. Reiestr sortiv roslyn Ukrainy [Elektronnyi resurs]. Kyiv: Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn URL: <http://service.ukragroexpert.com.ua/>
 18. Hrabovskiy, M. B. (2015). Vplyv rivnia mineralnogo zhyvlennia na formuvannia biometrychnykh pokaznykiv sorho tsukrovoho. Suchasni ahrobiotekhnologii ta zemleustrii v Ukraini : tezy. [The influence of the level of mineral nutrition on the formation of biometric indicators of sugar sorghum. Modern agrobiotechnologies and land management in Ukraine: theses] *dop. derzh. nauk.-prakt. konf – add. state science and practice conf*. Billa Tserkva. 8–9.[in Ukrainian]
 19. Kurylo, V. L., Kovalchuk, V. P., Hryhorenko, N. O., Marchuk, O. O. (2012). Produktyvnist sortiv ta hibrydiv sorho tsukrovoho zalezhno vid rivnia udobrennia. [Productivity of sugar sorghum varieties and hybrids depending on the level of fertilization]. *Tsukrovi buriaky – Sugar beets*. 5. 11–13. [in Ukrainian]
 20. Hanzhenko, O. M., Hryhorenko, N. O. (2011). Zalezhnist produktyvnosti i vuhlevodnogo skladu vid sortovykh osoblyvostei ta mineralnogo zhyvlennia tsukrovoho. [Dependence of productivity and carbohydrate composition on varietal characteristics and mineral nutrition of sugar sorghum]. *Tsukrovi buriaky – Sugar beets*. 4. 27–32. [in Ukrainian]
 21. Cherenkov, A. V., Shevchenko, M. S., Dziubetskiy, B. V. (2011). Sorhovi kultury: tekhnologiya, vykorystannia, hibrydy ta sorty: rekomendatsii.

- [Sorghum crops: technology, uses, hybrids and varieties: *recommendations*] Dnipropetrovsk: Royal Print. 63 [in Ukrainian]
22. Cherenkov, A. V. (2011). Sorhovi kultury: tekhnolohiia, vykorystannia, hibrydy ta sorty. [Sorghum crops: technology, use, hybrids and varieties] Dnipropetrovsk, Royal Print. 25. [in Ukrainian]
 23. Storchous, I. (2017). Osoblyvosti zastosuvannia gruntovykh herbitsydiv. [Peculiarities of using soil herbicides]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*. 17(360). 12–16. [in Ukrainian]
 24. Hanzhenko, O. M. (2022). Ahroekolohichni osnovy formuvannia produktyvnosti tsukronosnykh kultur dlia biopalyva: *monohrafiia*. [Agroecological basis of formation of productivity of sugar crops for biofuel: *monograph*] Kyiv: Komprynt. 358 [in Ukrainian]
 25. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M. ta in. (2016). Doslidna sprava v ahronomii: *navch. posib*. [Scientific case in agronomy: a textbook]. *Statystychna obrobka rezultativ doslidzhen – Statistical processing of research results*. Kharkiv: Maidan. 352 [in Ukrainian]
 26. Hanzhenko Oleksandr, Kurylo Vasyl, Herasymenko Liudmyla, ta in. (2017). Metodychni rekomendatsii z tekhnolohii vyroshchuvannia i pererobliannia tsukrovoho sorho yak syrovyny dlia vyrobnytstva biopalyva. [Methodological recommendations on the technology of cultivation and processing of sugar sorghum as a raw material for the production of biofuel] K.: TsP «Komprynt». 24 [in Ukrainian]
 27. Hanzhenko, O. M. (2014). Metodyka vyznachannia ploshchi lystkovoї povorkhni tsukrovoho sorho. [The method of determining the leaf surface area of sugar sorghum]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv – Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*. 22. 17–22. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb_2014_22_4 [in Ukrainian]
 28. Kulyk, M. I., Halytska, M. A. (2018). Alhorytm obra-khunku dostupnogo potentsialu ahrobiomasy ta fitomasy enerhetychnykh kultur dlia vyrobnytstva biopalyva. [Algorithm for calculating the available potential of agrobiomass and phytomass of energy crops for biofuel production]. *Naukovo-metodychni rekomendatsii – Scientific and methodological recommendations*. Poltava. 32 [in Ukrainian]

Попова О.П., Кулик М.І. Вплив позакореневої обробки посівів на врожайність біомаси сорго цукрового

Наукове обґрунтування удосконалення елементів агротехнології вирощування сорго цукрового задля отримання біомаси насьогодні набуває актуального значення. Адаже рослинна фітомаса цієї культури є відмінною сировиною для виробництва біопалив: як рідких, так і твердих. Тому, **мета роботи** – встановити вплив позакореневої обробки посівів на врожайність біомаси сорго цукрового в умовах виробничих посівів. Під час проведення досліджень застосували методику дослідної справи в агрономії. При цьому брали до уваги як загальнонаукові, так і спеціальні **методи досліджень** по даній культурі. Польовий експеримент передбачав вивчення зареєстрованого сорту сорго цукрового: 'Фаворит' на різних варіантах застосування позакореневої підживлення рослин. Варіанти, що розміщували в межах кожного із чотирьох повторень поєднували:

варіант 1 – контроль (без обробки), варіант 2 – обробка рослин у фазу сходів, варіант 3 – обробка рослин у фазу кушніння, варіант 4 – обробка рослин у фазу сходів й кушніння. Препарат, що застосовували для позакореневої підживлення рослин – 'Кристалон особливий'. Виміри біометричних показників рослин та облік врожайності біомаси сорго цукрового проводили згідно затверджених науково-методичних рекомендацій.

Результатами трьохрічних досліджень засвідчують, що застосування підживлення рослин, порівняно з контрольними варіантами дозволяє суттєво збільшити біометричні показники рослин: кількості міжвузлів і листків на рослині, довжини й ширини верхнього листка. Визначено суттєвий вплив на формування врожайності зеленої маси сорго цукрового лінійних розмірів листка (за довжиною й шириною), а також кількості міжвузлів та листків на рослині ($r > 0,71$). Середньою мірою за цими показниками обумовлюється врожайність за сухою біомасою ($r 0.48...0.62$).

Висновки. Встановлено, що найбільша врожайність зеленої маси (97,6 т/га) і сухої біомаси (33,8 т/га) формується на варіантах позакореневої обробки посівів препаратом 'Кристалон особливий' у фазу сходів й кушніння рослин сорго цукрового.

Ключові слова: сорго цукрове, біометричні показники рослин, кореляція, врожайність, біомаса.

Popova O.P., Kulyk M.I. The effect of foliar treatment of crops on the yield of sugar sorghum biomass

The scientific substantiation of improving the elements of sugar sorghum cultivation for biomass production is of great importance today. In fact, the plant phytomass of this crop is an excellent raw material for the production of biofuels: both liquid and solid. **The purpose** of the work is to determine the influence of foliar treatments on the biomass yield of sugar sorghum on the production crops. **Methods.** The research was based on the *methodology of experimental agronomy*. Both general scientific and special research methods were taken into account. The field experiment involved the study of the registered sugar sorghum variety 'Favorit' on different variants of foliar feeding. The variants that were placed within each of the four replications combined: variant 1 – control (no treatment), variant 2 – treatment of plants in the germination phase, variant 3 – treatment of plants in the tillering phase, variant 4 – treatment of plants in the germination and tillering phase. "Kristalon Special" was the preparation used for foliar feeding of plants. Measurements of biometric parameters of plants and accounting of biomass yield of sugar sorghum were carried out according to the approved scientific and methodological recommendations.

The results of three-year research, it was found that the use of plant feeding, compared with the control variants can significantly increase the biometric parameters of plants: the number of internodes and leaves on the plant, length and width of the upper leaf.

Findings. Linear leaf dimensions (length and width), as well as the number of internodes and leaves on the plant ($r > 0.71$) had a significant influence on the formation of green mass yield of sugar sorghum. On average, these parameters determine the yield of dry biomass ($r 0.48...0.62$). It was found that the highest yield of green mass (97.6 t/ha) and dry biomass (33.8 t/ha) was formed on the variants of foliar treatment of crops with the preparation "Kristalon Special" in the phase of germination and tillering of sugar sorghum plants.

Key words: sugar sorghum, plant biometrics, correlation, yield, biomass.