

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-1-6

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.2:633.6:631.8(477.8)

**ОПТИМІЗАЦІЯ УДОБРЕННЯ
ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ
ТА ЯКОСТІ РОСЛИН СОРГО ЦУКРОВОГО І КУКУРУДЗИ
В ЗАХІДНОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ****У. М. Карбівська, А. А. Сітник**

Прикарпатський національний
університет імені Василя Стефаника
вул. Шевченка 57,
м. Івано-Франківськ, 76018

Про авторів:

Уляна КАРБІВСЬКА,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-0540-8887

Андрій СІТНИК,
здобувач РВО «Доктор філософії»
ORCID: 0009-0007-5647-4239

Для листування:

Уляна КАРБІВСЬКА
e-mail: uliana.karbivska@pnu.edu.ua

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

1 вересня 2025 р.

Погоджено до друку:

3 вересня 2025 р.

Опубліковано:

30 вересня 2025 р.

Проаналізовано застосування мінеральних добрив, регулятора росту БЛЕК ДЖЕК КС та мікродобрива Інтермаг Титан на врожайність та елементний склад рослин сорго цукрового та кукурудзи. На контролі урожайність зеленої маси сорго цукрового за період досліджень становила 56,2 т/га. Використання регулятора росту БЛЕК ДЖЕК КС дозволило досягти врожайності 60,2 т/га, що на 6,6 % вище за контроль та 3,0 % з варіантом внесення мінерального добрива. Обробка посівів мікродобривом Інтермаг Титан підвищила урожайність до 61,5 т/га, що перевищило контрольний варіант на 5,3 т/га. Максимальний рівень урожайності – 63,2 т/га – було зафіксовано за умов комбінованого застосування добрива $N_{30}P_{30}K_{30}$ та мікродобрива Інтермаг Титан, що забезпечило приріст на 11,1 % порівняно з контролем. Високий результат також отримано у варіанті за спільного використання $N_{30}P_{30}K_{30}$ і БЛЕК ДЖЕК КС – 62,3 т/га. Встановлено, що найнижчу врожайність кукурудзи протягом двох років зафіксовано на контролі – 5,81 т/га. Застосування $N_{90}P_{90}K_{90}$ дозволило суттєво підвищити врожайність до 6,74 т/га, що на 0,93 т/га або 19,3 % перевищує показник контролю. Найвищий вміст фосфору в листках кукурудзи забезпечили обробки препаратами БЛЕК ДЖЕК КС та Інтермаг Титан, що значно перевищувало контроль. Максимальне накопичення калію відзначено у варіанті з внесенням мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$, тоді як на інших варіантах його рівень суттєво не відрізнявся. Це свідчить про високу ефективність комплексного застосування добрив у регулюванні елементного складу рослин кукурудзи. Встановлено, що внесення мінеральних добрив і біостимуляторів по-різному впливало на елементний склад сорго: вміст фосфору знижувався порівняно з контролем, тоді як накопичення калію у листках і коренях зростало, особливо за використання БЛЕК ДЖЕК КС та мінеральних добрив. Це свідчить про диференційований вплив удобрення на засвоєння макроелементів сорго.

Ключові слова: енергетичні культури, сорго цукрове, кукурудза, врожайність, продуктивність, удобрення, макроелементи, елементний склад, Західний регіон України.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Карбівська У. М., Сітник А. А., 2025

Optimization of fertilization as a factor in increasing the yield and quality of sugar sorghum and maize in the Western region of Ukraine

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,
57 Shevchenko Street,
Ivano-Frankivsk, 76018

About authors:

Uliana KARBIVSKA
ORCID: 0000-0002-0540-8887

Andrii SITNYK
ORCID: 0009-0007-5647-4239

For corresponding:

Uliana KARBIVSKA
e-mail: uliana.karbivska@pnu.edu.ua

Funding information:

Ministry of Education and Science
of Ukraine

Received:
September 1, 2025
Accepted:
September 3, 2025
Published:
September 30, 2025

The application of mineral fertilizers, the growth regulator BLACK JACK KS, and the micronutrient fertilizer Intermag Titan was analyzed for their effects on the yield and nutrient composition of sugar sorghum and maize plants. In the control, the green biomass yield of sugar sorghum over the study period was 56.2 t/ha. The use of the growth regulator BLACK JACK KS increased the yield to 60.2 t/ha, which is 6.6 % higher than the control and 3.0 % higher than the variant with mineral fertilizer application. Treatment with the micronutrient Intermag Titan increased the yield to 61.5 t/ha, exceeding the control by 5.3 t/ha. The maximum yield of 63.2 t/ha was recorded under the combined application of $N_{30}P_{30}K_{30}$ fertilizer and Intermag Titan, providing an 11.1% increase compared to the control. A similarly high result was obtained with the combined use of $N_{30}P_{30}K_{30}$ and BLACK JACK KS, also yielding 63.2 t/ha. It was found that the lowest maize yield over two years was observed in the control, at 5.81 t/ha. The application of $N_{90}P_{90}K_{90}$ significantly increased the yield to 6.74 t/ha, exceeding the control by 0.93 t/ha or 19.3 %. The highest phosphorus content in maize leaves was recorded in the treatments with BLACK JACK KS and Intermag Titan, which significantly exceeded the control. Maximum potassium accumulation was observed in the variant with $N_{90}P_{90}K_{90}$ fertilizer, while other treatments did not show significant differences. This indicates the high efficiency of integrated fertilizer use in regulating the nutrient composition of maize plants. It was established that the application of mineral fertilizers and biostimulants had differential effects on the nutrient composition of sorghum: phosphorus content decreased compared to the control, whereas potassium accumulation in leaves and roots increased, especially with the use of BLACK JACK KS and mineral fertilizers. This demonstrates the differentiated influence of fertilization on the macroelement uptake in sorghum.

Keywords: energy crops, sugar sorghum, maize, yield, productivity, fertilization, macronutrients, elemental composition, Western region of Ukraine.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. З огляду на енергетичну залежність України та зниження врожайності провідних сільськогосподарських культур, що пов'язане з поступовими кліматичними змінами, зокрема глобальним потеплінням, особливої важливості набуває впровадження нових культур, здатних забезпечувати стабільне виробництво в умовах мінливого агроклімату [6, 8]. Серед перспективних культур перевага надається видам із високим потенціалом урожайності, посухостійкістю та невибагливістю до умов вирощування. У цьому аспекті особливий інтерес викликають енергетичні культури,

зокрема міскантус, світчграс, сорго, кукурудза та інші. Для сільськогосподарських культур, що застосовуються в біоенергетиці, ключовими вимогами є низька собівартість продукції та здатність формувати стабільну сировинну базу [11, 12, 23].

Із зазначених культур однією з найбільш перспективних для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах України є сорго цукрове, яке поєднує високу стійкість до стресових факторів зі значним урожайним потенціалом. Його запровадження у виробництво може стати важливим чинником у формуванні

стабільної біоенергетичної системи країни [4, 13, 20]. Цукрове сорго належить до поширених кормових та енергетичних культур у світовому землеробстві, що зумовлено його високим умістом цукрів (14–20 %) та стійкістю до посухи й підвищених температур. Для отримання стабільних урожаїв зеленої маси необхідним є використання високопродуктивних сортів і гібридів у поєднанні з дотриманням агротехнічних вимог, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов [18].

Кукурудза посідає провідне місце серед сільськогосподарських культур України, формуючи значну частку валового збору зерна. Основний обсяг урожаю використовується у тваринництві як високопоживний корм, тоді як менша його частина спрямовується на продовольчі та технічні потреби, зокрема на виробництво біопалива. У зв'язку з цим забезпечення галузей тваринництва, харчової й паливної промисловості якісною зерновою сировиною є актуальним завданням сучасної аграрної науки та виробничої практики [5, 7].

Сорго має широке господарське використання, зокрема у виробництві борошна, круп, спирту та крохмалю. Завдяки значному вмісту вуглеводів у соку стебел ця культура є цінною сировиною для отримання біоетанолу та харчового сиропу. Водночас після віджимання соку висушена стеблова маса може бути перероблена на тверде паливо [2, 3].

Надходження елементів живлення до рослин є важливим, а подекуди й визначальним фактором, що не лише сприяє підвищенню врожайності, а й покращує якість зерна кукурудзи. За таких умов посилюються обмінні процеси, інтенсивніше накопичуються поживні речовини – білки, жири, вуглеводи та інші сполуки. У середньому система удобрення забезпечує 40–60 % приросту врожаю будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема й кукурудзи [9, 14, 15, 19, 22]. Внесення добрив сприяє не лише підвищенню врожайності, але й

поліпшенню якісних показників продукції. Це проявляється збільшенням вмісту білка та жирів у зерні, а також підвищенням кількості сухої речовини та кормових одиниць у рослинній масі сорго [24].

Найбільш дефіцитним елементом живлення для сорго є азот, забезпеченість яким природною родючістю ґрунту становить лише 38,7 %. Потреба рослин у фосфорі задовольняється на 53,2 %, а в калії – на 93,7 %. Найінтенсивніше сорго засвоює азот у періоди активного росту та формування генеративних органів: за 10–15 днів до початку викидання волоті та 10–15 днів після цвітіння. Фосфор активно засвоюється вже на ранніх стадіях вегетації, і до початку викидання волоті рослина поглинає до 50 % його загальної кількості. Калій рівномірно надходить у рослину протягом усього вегетаційного періоду [1, 16].

Отримання високих і якісних урожаїв сільськогосподарських культур, у тому числі кукурудзи й сорго, зумовлюється раціональним та збалансованим забезпеченням рослин поживними речовинами [26, 27]. У цьому аспекті азот відіграє ключову роль, насамперед у забезпеченні зростання врожайності культури та підвищенні продуктивності кормової бази [22, 25]. Часто азот є єдиним елементом живлення, що надходить із добривами, тоді як забезпечення культур іншими макроелементами – P, K, Ca, Mg, S – у багатьох випадках відбувається переважно за рахунок природної родючості ґрунту [28]. Серед катіонних мінералів особливе значення для вегетативного розвитку рослин має калій, який безпосередньо визначає рівень урожайності та якість отриманої продукції [21].

Мета наших досліджень полягала у визначенні особливостей формування врожайності та елементного складу рослин сорго та кукурудзи залежно від системи удобрення.

Матеріали і методи. Дослідження проводили у 2023–2024 рр. на дослідному полігоні кафедри лісового й аграрного менеджменту Прикарпатського

національного університету імені Василя Стефаника. Польовий дослід закладали рендомізованим методом у триразовому повторенні. Ґрунт дослідної ділянки – дерново-підзолистий поверхнево оглеєний, важкоглинистого гранулометричного складу. Агрохімічні характеристики наступні: рН – 4,8; вміст гумусу – 2,75 %; вміст легкогідролізованого азоту – 78,2 мг/кг, рухомого фосфору – 43,4 мг/кг, обмінного калію – 98,3 мг/кг.

У досліді вивчали шість варіантів удобрення сорго цукрового та кукурудзи: контроль (вода), $N_{30}P_{30}K_{30}$ (сорго) та $N_{90}P_{90}K_{90}$ (кукурудза), БЛЕК ДЖЕК КС, Інтермаг Титан, $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{90}P_{90}K_{90}$ + БЛЕК ДЖЕК КС, $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Інтермаг Титан. Площа посівної ділянки становила 50 м², облікової – 30 м², повторність – чотириразова. Сівбу проводили у травні (глибина 4–6 см, міжряддя 45 см). Вирощували сорго цукрове сорту Фаворит та гібрид кукурудзи Мантікора. Агротехніка – загальноприйнята для культур, за винятком досліджуваних факторів. Мінеральні добрива вносили у вигляді нітроамофоски.

БЛЕК ДЖЕК КС є високоефективним природним органічним біостимулятором. Ульмінові кислоти та гумінові речовини, що входять до складу препарату, виконують роль активаторів росту рослин, стимулюючи обмінні, гормональні та ферментативні процеси. Завдяки повному спектру гумусових компонентів препарат проявляє високу біологічну активність і ефективність при листовому внесенні, що відрізняє його від звичайних гуматів.

Інтермаг Титан являє собою розчин з концентрацією титану 4,5 г/л. Титан у добриві присутній у вигляді добре розчинної хімічної сполуки з органічною кислотою. Перед обробкою рослин розчин титанових добрив розбавляли у співвідношенні 1:250. Внесення добрив здійснювали тричі упродовж вегетаційного періоду.

Сухе озолення проводили для рослин у фазі повної стиглості при температурі 530 °С упродовж 30 хв. Одержували золу

коріння, листя, стебла та зерна. Вміст макроелементів в зерні та вегетативній масі рослин встановлювали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115М1 з атомізацією в повітряно-ацетиленовому полум'ї.

Аналіз метеорологічних умов вегетаційного періоду рослин здійснювався на основі даних Івано-Франківської обласної метеостанції. Протягом 2023–2024 рр. відзначалися значні відхилення кількості опадів від середньобагаторічних норм, що істотно вплинуло на агрокліматичні умови. У 2023 р. кліматичні умови були більш сприятливими для росту та розвитку сорго та кукурудзи: середньомісячна температура повітря у вегетаційний період (травень–серпень) коливалася від +14 °С у травні до +21,1 °С у серпні, що забезпечувало стабільні умови для ростових процесів. Вологозабезпечення також було оптимальним – за вегетаційний період випало 218,3 мм опадів, з яких 84,0 мм припадали на період сівби, це сприяло дружнім сходом та швидкому розвитку рослин у фазі кушення. Загалом вегетаційний період характеризувався сприятливими умовами, тепла погода та температурні показники відповідали середньобагаторічній нормі.

У 2024 р. відмічено дефіцит опадів, що призвело до зменшення запасів ґрунтової вологи та погіршення умов росту і розвитку цукрового сорго та кукурудзи. На момент сівби випало лише 31 мм опадів, а в подальші дні опади взагалі не спостерігалися. Це негативно позначилося на дружності сходів, густоті стояння рослин і, відповідно, на врожайності культури.

Результати та обговорення. Вирощування сорго цукрового потребує проведення комплексу агротехнічних заходів, кожен із яких суттєво впливає на стимулювання ростових процесів, розвиток рослин та забезпечення їх високої продуктивності. Різні компоненти технології вирощування визначають урожайність, створюючи сприятливі умови

для росту, що позитивно відображається на фізіологічному стані рослин та їх біометричних показниках. Висота рослин є одним із ключових показників, який тісно корелює з рівнем удобрення і слугує важливим критерієм оцінки адаптації сорго до конкретних умов вирощування. Залежно від призначення культури – для сінажу, силосу або зеленого корму – оптимальним є проведення збирання на різних фазах розвитку рослин.

За результатами досліджень, у фазі воскової стиглості висота рослин коливалася в межах 198,5–220,4 см, при цьому максимальні значення були зафіксовані у шостому варіанті досліді. Найбільш сприятливі погодні умови спостерігалися у 2023 р., що сприяло

максимальній висоті рослин сорго. У 2024 р., за умов несприятливого клімату в період сівби, висота рослин того ж варіанту знизилася на 4,6 см і становила 215,8 см. Найменшу висоту – 198,5 см – сформували рослини сорго цукрового на контрольному варіанті.

За результатами досліджень, на контрольному варіанті (обробка водою) урожайність зеленої маси сорго цукрового становила 56,2 т/га. Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило приріст урожайності на 2,2 т/га порівняно з контролем. Застосування регулятора росту БЛЕК ДЖЕК КС дозволило досягти урожайності 60,2 т/га, що перевищує контрольний варіант на 6,6 % та варіант з мінеральним добривом на 3,0 % (рис. 1).

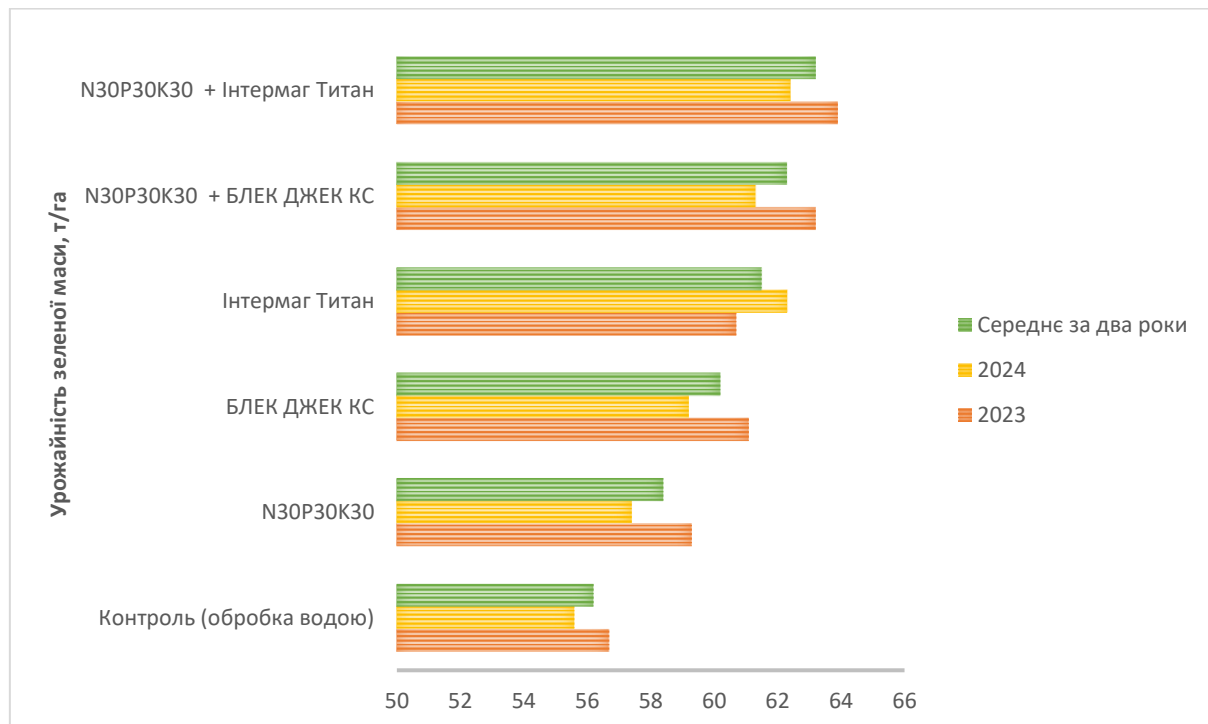


Рис. 1. Урожайність зеленої маси сорго цукрового у фазі молочно-воскової стиглості залежно від удобрення

Обробка посівів мікродобривом Інтермаг Титан підвищила урожайність до 61,5 т/га, що перевищувало показники контрольного варіанту на 5,3 т/га. Максимальна урожайність – 63,2 т/га – була досягнута за умов комбінованого застосування добрива $N_{30}P_{30}K_{30}$ та мікродобрива Інтермаг Титан, що

забезпечило приріст на 11,1 % порівняно з контролем. Високі результати також спостерігалися у варіанті спільного внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ і регулятора росту БЛЕК ДЖЕК КС – 62,3 т/га. Дослідження показали, що застосування регулятора росту БЛЕК ДЖЕК КС сприяло збільшенню врожайності на 9,8 %, тоді як

поєднання титановмісного мікродобрива з мінеральним живленням забезпечило приріст урожайності на 11,1 %.

Рівень рентабельності аграрного виробництва визначається не лише показниками урожайності сільськогосподарських культур, а і якісними характеристиками отриманої продукції. Формування якості зерна є результатом складної взаємодії природно-кліматичних умов, властивостей ґрунтів та

застосованих агротехнологій. Внесення добрив виступає ефективним засобом регулювання біосинтетичних процесів у рослинах, що дозволяє цілеспрямовано формувати якісний склад зерна відповідно до потреб споживача.

За результатами дослідження, найнижчу врожайність кукурудзи протягом двох років спостерігали на контрольному варіанті (без добрив, обробка водою) – 5,81 т/га (рис. 2).

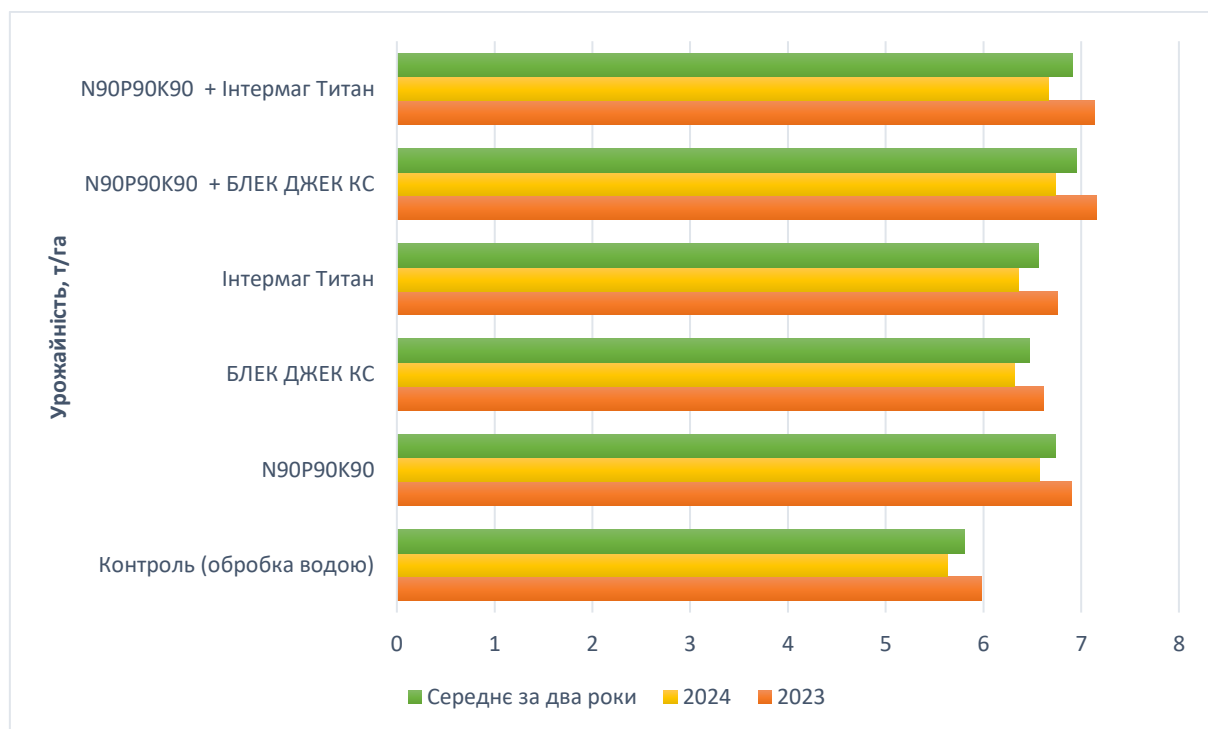


Рис. 2. Урожайність кукурудзи гібриду Мантікора

Внесення мінерального добрива N₉₀P₉₀K₉₀ дозволило суттєво підвищити врожайність до 6,74 т/га, що на 0,93 т/га, або 19,3 % перевищує показник контролю. Цей варіант виявився найбільш ефективним серед усіх досліджуваних. Застосування мікродобрива Інтермаг Титан забезпечило урожайність на рівні 6,56 т/га, що перевищувало контрольний варіант на 0,75 т/га, або на 14,7 %. При використанні регулятора росту БЛЕК ДЖЕК КС урожайність становила 6,47 т/га, що на 0,66 т/га, або 13,6 %, перевищувало показник контролю.

Таким чином, внесення добрив – як мінеральних, так і мікроелементних –

позитивно вплинуло на продуктивність кукурудзи гібрида Мантікора в умовах Прикарпаття Західного регіону України. Найбільший приріст урожайності спостерігався за внесення повного комплексу мінеральних добрив, проте мікродобрива також продемонстрували високий рівень ефективності, що підтверджує їх перспективність у системах живлення кукурудзи.

Фосфор належить до ключових елементів мінерального живлення рослин, зокрема сорго та кукурудзи. Він виступає основою енергетичного обміну клітин, оскільки бере участь у формуванні енергетичних резервів. Біохімічні процеси

життєдіяльності рослин відбуваються за безпосередньої участі фосфору, який входить до складу нуклеїнових кислот, нуклеотидів, ферментних систем, а також є складником продуктів фотосинтезу й дихання [10].

За результатами досліджень встановлено, що найвищий вміст фосфору

та калію в корінні рослин кукурудзи спостерігався на варіанті за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Інтермаг Титан і становив 120 та 2100 мг/100 г, найнижчим показником характеризувався контроль відповідно на 37 і 929 мг/100 менше до попереднього варіанту (табл. 1).

1. Вміст елементів у рослинах кукурудзи, мг/100 г

Елемент	Варіанти дослідів					
	Контроль	$N_{90}P_{90}K_{90}$	БЛЕК ДЖЕК КС	Інтермаг Титан	$N_{90}P_{90}K_{90}$ + БЛЕК ДЖЕК КС	$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Інтермаг Титан
Вміст фосфору						
Листя	52	108	151	184	160	190
Стебла	63	115	164	100	173	162
Коріння	83	89	97	114	108	120
Зерно	13	9	11	10	12	11
Вміст калію						
Листя	1130	1205	977	937	1300	1250
Стебла	1315	1362	1331	853	1420	1388
Коріння	1171	633	1802	2051	1900	2100
Зерно	575	725	685	654	755	740

Варіанти з внесенням мінеральних добрив та гуматів характеризувалися середніми показниками, тоді як найнижчий вміст калію (633 мг/100 г) відмічено у варіанті з нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$. Це свідчить про те, що титанові добрива підвищують інтенсивність засвоєння фосфору та калію рослинами кукурудзи з ґрунту, тоді як гумати виступають додатковим джерелом калію. Встановлено, що вміст фосфору в зерні кукурудзи залишався відносно стабільним у межах усіх варіантів дослідів. Своєю чергою, калію у зерні на варіанті з внесенням препарату Інтермаг Титан виявлено 654 мг/100 г, тоді як його максимальний рівень (755 мг/100 г) зафіксовано на варіанті $N_{90}P_{90}K_{90}$ + БЛЕК ДЖЕК КС.

Дослідження показали, що максимальний вміст макроелементів у листках кукурудзи відзначався у варіантах мінеральних добрив із застосування Інтермаг Титан, де концентрація фосфору становила відповідно 184 та 190 мг/100 г.

Найвищий рівень калію (1300 мг/100 г) зафіксовано при внесенні $N_{90}P_{90}K_{90}$ + БЛЕК ДЖЕК КС, що на 170 мг/100 г більше від контрольного варіанта. У варіантах 3 і 4 вміст калію був майже ідентичним і становив 937–977 мг/100 г.

Вміст поживних елементів у рослинах сорго істотно залежав від варіанта удобрення. У листках сорго вміст фосфору був найбільшим на контролі (109 мг/100 г) та знижувався за застосування як мінеральних добрив, так і мікродобрив (табл. 2).

Мінімальні його значення зафіксовані у варіанті з обробкою рослин препаратом «Інтермаг Титан» (19 мг/100 г). Аналогічна тенденція простежувалася і в коренях: найбільший уміст фосфору на контролі (43 мг/100 г), найнижчий – у варіантах з Інтермаг Титан (18–19 мг/100 г). На відміну від фосфору, концентрація калію у листках сорго зростала за внесення мінеральних добрив та біостимуляторів.

2. Вміст елементів у рослин сорго, мг/100 г

Елемент	Варіанти досліджу					
	Контроль	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	БЛЕК ДЖЕК КС	Інтермаг Титан	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + БЛЕК ДЖЕК КС	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + Інтермаг Титан
Вміст фосфору						
Листя	109	76	68	19	55	22
Коріння	43	30	25	18	20	19
Вміст калію						
Листя	2438	2601	2734	2299	2650	2350
Коріння	1002	1820	971	904	1200	950

Найвищі показники відзначено у варіанті з препаратом БЛЕК ДЖЕК КС (2734 мг/100 г) та за поєднання мінерального живлення (2650 мг/100 г), що перевищувало контроль (2438 мг/100 г). У коренях сорго максимальний уміст калію спостерігався за застосування мінеральних добрив (1820 мг/100 г), тоді як найменші значення були зафіксовані у варіантах із застосуванням БЛЕК ДЖЕК КС та Інтермаг Титан (971–904 мг/100 г).

Висновки. В умовах Прикарпаття Західного регіону на дерново-підзолистому ґрунті застосування мінеральних добрив, регулятора росту та титанового мікродобрива на всіх дослідних варіантах позитивно впливало на ріст і продуктивність цукрового сорго сорту «Фаворит». Максимальна врожайність була досягнута при комбінованому внесенні N₃₀P₃₀K₃₀ з мікродобривом Інтермаг Титан – 63,2 т/га, а також у варіанті поєднання N₃₀P₃₀K₃₀ з регулятором росту БЛЕК ДЖЕК КС – 62,3 т/га. Найвищий

вміст фосфору в листках кукурудзи забезпечили обробки препаратами БЛЕК ДЖЕК КС та Інтермаг Титан, що значно перевищувало контрольний варіант. Максимальне накопичення калію відзначено у варіанті з внесенням мінеральних добрив N₉₀P₉₀K₉₀, тоді як на інших варіантах його рівень суттєво не відрізнявся від контролю. Це свідчить про високу ефективність комплексного застосування добрив у регулюванні елементного складу рослин кукурудзи.

Удобрення та біостимулятори по-різному впливають на елементний склад сорго і кукурудзи. Для сорго характерне зниження вмісту фосфору та зростання концентрації калію у рослинах, тоді як у кукурудзи відзначено стабільний рівень фосфору і максимальне нагромадження калію за внесення N₉₀P₉₀K₉₀. Використання БЛЕК ДЖЕК КС та Інтермаг Титан підвищувало інтенсивність засвоєння макроелементів обома культурами.

Список використаної літератури

1. Вплив доз добрив на біоенергетичну продуктивність сорго цукрового / В. В. Іваніна та ін. *Біоенергетика*. 2021. № 2. С. 21–23. <https://doi.org/10.47414/be.2.2021.244108>.
2. Ганженко О. М. Цукрове сорго. *The Ukrainian Farmer*. 2012. № 10. С. 42–44.
3. Гументик М. Я., Бондар В. С. Цукроносні культури як сировина для виробництва етанолу. *Цукрові буряки*. 2006. № 6. С. 20–21.
4. Дремлюк Г. К., Гамадій В. Л., Гамадій І. В. Основні елементи технології вирощування сорго. *Посібник українського хлібороба*. 2013. № 3. С. 274–277.

References

1. Effect of fertilizer doses on bioenergetic productivity of sweet sorghum / V. V. Ivanina et al. *Bioenergetika*. 2021. No. 2. P. 21–23. <https://doi.org/10.47414/be.2.2021.244108>.
2. Hanzhenko O. M. Sugar sorghum. *The Ukrainian Farmer*. 2012. No. 10. P. 42–44.
3. Humentyk M. Ya., Bondar V. S. Sugar-containing crops as raw material for ethanol production. *Tsukrovi buriaky*. 2006. No. 6. P. 20–21.
4. Dremliuk H. K., Hamadii V. L., Hamadii I. V. Main elements of sorghum cultivation technology. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba*. 2013. No. 3. P. 274–277.

5. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно та організація забезпечення тваринництва концентрованими кормами у Західному регіоні / П. Колісниченко та ін. *Актуальні проблеми розвитку регіональної економіки*. 2025. 2 (21), 11–22. <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/aprde/article/view/9294/9148>.
6. Каленська С. М., Гриннюк І. П. Особливості росту і розвитку рослин сорго залежно від видових, сортових особливостей та удобрення культури в умовах Правобережного Лісостепу України. *Зб. наук. праць Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17. Т. 1. С. 359–363.
7. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Формування якості зерна кукурудзи різних напрямів використання залежно від технології вирощування в Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 74–84. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-07>.
8. Ковальчук В. П., Григоренко Н. О., Костенко О. І. Цукрове сорго – цукровмісна сировина та потенційне джерело енергії. *Цукрові буряки*. 2009. № 6. С. 6–7.
9. Локоть О. Ю., Тимошенко О. П., Селінний М. М. Застосування мікродобрих та страхових гербіцидів у технологіях вирощування кукурудзи. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2019. № 2. С. 25–35. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhna_u_roslyn_2019_2_5.
10. Макроелементний склад рослин CAREX HIRTA L. за дії нафтового забруднення ґрунту / Г. Коровецька та ін. *Вісник Львівського університету*. 2009. Вип. 50. 182–188.
11. Мулярчук О. І. Технологія вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківській області*. 2016. № 20. С. 54–60.
12. Мулярчук О. І., Кобернюк О. Т. Вплив мінерального живлення на вихід біоетанолу сорго цукрового. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. № 26 (1). С. 94–101.
13. Олексій Л. М., Буряк І. М. Елементи технології вирощування сорго цукрового для виробництва біоетанолу в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (1). С. 146–161. DOI: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-11.
14. Паламарчук В. Д. Економічна оцінка гібридів кукурудзи залежно від позакоренових підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. 1 (12). С. 18–27. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-1-2.
15. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та еколого безпечного розвитку сільських територій : монографія. Вінниця : ТОВ Друк, 2022. 372 с.
16. Попова О. П., Кулик М. І. Вплив позакоренової обробки посівів на врожайність
5. Economic efficiency of maize cultivation for grain and supply organization of livestock with concentrated feed in the Western region / P. Kolisnichenko et al. *Aktualni problemy rozvytku rehionalnoi ekonomiky*. 2025. Vol. 2. No. 21. P. 11–22. <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/aprde/article/view/9294/9148>.
6. Kalenska S. M., Hrynniuk I. P. Features of sorghum growth and development depending on species, varietal traits and fertilization in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Zb. nauk. prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*. 2013. Issue 17. Vol. 1. P. 359–363.
7. Kaminskyi V. F., Asanishvili N. M. Formation of grain quality of maize of different usage types depending on cultivation technology in the Forest-Steppe. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2020. No. 89. P. 74–84. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-07>.
8. Kovalchuk V. P., Hryhorenko N. O., Kostenko O. I. Sweet sorghum – sugar-containing raw material and potential energy source. *Tsukrovi buriaky*. 2009. No. 6. P. 6–7.
9. Lokot O. Yu., Tymoshenko O. P., Selinnyi M. M. Application of micronutrients and insurance herbicides in maize cultivation technologies. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2019. No. 2. P. 25–35. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhna_u_roslyn_2019_2_5.
10. Macroelement composition of CAREX HIRTA L. plants under soil oil pollution / H. Korovetska et al. *Visnyk Lvivskoho universytetu*. 2009. Issue 50. P. 182–188.
11. Muliarchuk O. I. Technology of sweet sorghum cultivation for biofuel production. *Visnyk tsentru naukovoho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti*. 2016. No. 20. P. 54–60.
12. Muliarchuk O. I., Koberniuk O. T. Effect of mineral nutrition on bioethanol yield from sweet sorghum. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*. 2017. No. 26 (1). P. 94–101.
13. Oleksii L. M., Buriak I. M. Elements of sweet sorghum cultivation technology for bioethanol production in the Western Forest-Steppe. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2020. Vol. 68. No. 1. P. 146–161. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(68\)-1-11](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(68)-1-11).
14. Palamarchuk V. D. Economic evaluation of maize hybrids depending on foliar fertilization. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2019. Vol. 1. No. 12. P. 18–27. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2019-1-2>.
15. Palamarchuk V. D., Kolisnyk O. M. Modern technology of maize cultivation for energy-efficient and environmentally safe development of rural areas: monograph. Vinnytsia : TOV Druk, 2022. 372 p.
16. Popova O. P., Kulyk M. I. Effect of foliar treatment on biomass yield of sweet sorghum. *Ahrarni innovatsii*. 2024. No. 24. P. 123–134. <http://agrarian->

біомаси сорго цукрового. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 123–134. <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/602>.

17. Степаненко М. В. Економічна оцінка вирощування кукурудзи на біоетанол залежно від системи удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 134. 158–164. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.20>.

18. 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*. № 4. 2020. С. 136–142. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.20>.

19. Якість зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норм внесення мінеральних добрив / В. В. Глива та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. 71 (1). 66–79. <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/71-1/4.pdf>.

20. Ahmed M., Fayyaz-ul-Hassan, Asif M. Amelioration of drought in sorghum by Silicon. *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* 2014. Vol. 45. №. 4. P. 470–486.

21. Daoud, B. Pawelzik, E. and Naumann, M. Different potassium fertilization levels influence water-use efficiency, yield, and fruit quality attributes of cocktail tomato-A comparative study of deficient-to-excessive supply. *Sci. Hortic.* 2020. 272: 109562. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109562.

22. Gallais A., Cogue M. and Bertin P. Response to selection of a maize population for adaptation to high or low nitrogen fertilization. *Maydica*, 2008. 53, 21–28.

23. Karbivska U. M., Hryhoriv Ya. Ya., Sitnyk A. A. Impact of fertilization on the productivity of sugar sorghum in the conditions of the Carpathian. The 4th International scientific and practical conference “*Topical aspects of modern scientific research*” (December 21–23, 2023). CPN Publishing Group, Tokyo, Japan. 2023. P. 15–19.

24. 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. Vol. 60. No. 2. P. 50–53.

25. Nitrogen fertilisation of irrigated maize under Mediterranean conditions / P. Berenguer et al. *European Journal of Agronomy*, 2009. Vol. 30. P. 163–171.

26. Prokeš K. The nutrition of maize in a potato-growing region. Dissertation thesis. *Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno*. 2008.

27. Sulfur, Boron, and Zinc Fertilization Effects on Grain and Straw Quality of Maize and Sorghum Grown in Semi-Arid Tropical Region of India / K. L. Sahrawat et al. *Journal of Plant Nutrition*. 2008. Vol. 31. P. 1578–1584.

28. The effect of nitrogen fertilisation of grain maize at a very high supply of P, K, Ca and Mg in soil / T. Lošák et al. *Agrochemistry*, 2010. Vol. 50. P. 13–16.

innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/602.

17. Stepanenko M. V. Economic assessment of maize cultivation for bioethanol depending on fertilizer systems. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*. 2023. No. 134. P. 158–164. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.20>.

18. Chernova A. V., Kovalenko O. A., Korkhova M. M. Green mass yield of sweet sorghum depending on varietal traits, seeding rates, biopreparations and micronutrients in different research years. *Ahrarni innovatsii*. 2020. No. 4. P. 136–142. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.20>.

19. Grain quality of maize hybrids of different maturity groups depending on mineral fertilizer rates / V. V. Hlyva et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*. 2022. Vol. 71. No. 1. P. 66–79. <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/71-1/4.pdf>.

20. Ahmed M., Fayyaz-ul-Hassan, Asif M. Amelioration of drought in sorghum by Silicon. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2014. Vol. 45. No. 4. P. 470–486.

21. Daoud B., Pawelzik E., Naumann M. Different potassium fertilization levels influence water-use efficiency, yield, and fruit quality attributes of cocktail tomato – A comparative study of deficient-to-excessive supply. *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 272. 109562. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109562>.

22. Gallais A., Cogue M., Bertin P. Response to selection of a maize population for adaptation to high or low nitrogen fertilization. *Maydica*. 2008. Vol. 53. P. 21–28.

23. Karbivska U. M., Hryhoriv Ya. Ya., Sitnyk A. A. Impact of fertilization on the productivity of sugar sorghum in the conditions of the Carpathians. The 4th International Scientific and Practical Conference “*Topical aspects of modern scientific research*”. (December 21–23, 2023). CPN Publishing Group, Tokyo, Japan. 2023. P. 15–19.

24. Kurilo V., Marchuk A., Ivanovs S. Impact of agrotechnical methods upon the energetic productivity of sweet sorghum. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2015. Vol. 60. No. 2. P. 50–53.

25. Nitrogen fertilisation of irrigated maize under Mediterranean conditions / P. Berenguer et al. *European Journal of Agronomy*. 2009. Vol. 30. P. 163–171.

26. Prokeš K. The nutrition of maize in a potato-growing region. Dissertation thesis. *Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno*, 2008.

27. Sulfur, Boron, and Zinc fertilization effects on grain and straw quality of maize and sorghum grown in semi-arid tropical region of India / K. L. Sahrawat et al. *Journal of Plant Nutrition*. 2008. 31. P. 1578–1584.

28. The effect of nitrogen fertilisation of grain maize at a very high supply of P, K, Ca and Mg in soil / T. Lošák et al. *Agrochemistry*. 2010. Vol. 50. P. 13–16.