



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 633.631.81:620.91
© 2026

ВПЛИВ ДОБРИВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ, ВИХІД БІОЕТАНОЛУ ТА ЕНЕРГЕТИЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО (ДВОКОЛЬОРОВОГО)

*В.В. Іваніна¹, О.П. Стрілець²,
Р.В. Іваніна³, Г.М. Мазур⁴, О.В. Шикирява⁵*

¹доктор сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник

²кандидат сільськогосподарських наук

³PhD (доктор філософії), науковий співробітник

^{4,5}старші наукові співробітниці

^{1–3}Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків

Національної академії аграрних наук України

вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна

^{4,5}Уладово-Люлинецька дослідно-селекційна станція

Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків

Національної академії аграрних наук України

вул. Семполовського, 15, с. Уладівське

Калінінського р-ну Вінницької обл., 22422, Україна

e-mail: ¹v_ivanina@ukr.net, ²striletsks@ukr.net,

³rivanina1991@gmail.com, ^{4,5}uldss1888@ukr.net

ORCID: ¹0000-0002-9471-114X, ²0000-0003-4563-7008,

³0000-0002-4112-4646, ⁴0009-0006-8691-9668, ⁵0009-0004-6766-0836

Надійшла 13.02.2026. Рецензована 27.02.2026. Прийнята до друку 14.05.2026

Мета. Визначити вплив доз азотних добрив і позакореневих підживлень кремнієм на врожайність, вихід біоетанолу та енергетичну продуктивність сорго звичайного (двокольорового). **Методи.** Польовий (встановлення впливу доз азотних добрив на врожайність сорго звичайного (двокольорового)), аналітичний (визначення вмісту крохмалю в зерні), розрахунковий (визначення енергетичної продуктивності), математико-статистичний (опрацювання результатів досліджень із використанням програми Statistica 2013). **Результати.** Дослідження проводили в тимчасовому польовому досліді у 2021 – 2025 рр. на Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур

і цукрових буряків НААН. Ґрунт поля — чорнозем опідзолений. Наведено результати польових досліджень щодо ефективності застосування азотних добрив і кремнію для підвищення врожайності, виходу біоетанолу та енергетичної продуктивності сорго звичайного (двокольорового). Встановлено, що в умовах достатнього зволоження сорго звичайне (двокольорове) позитивно реагувало на внесення високих доз азотних добрив і позакореневе підживлення кремнієм, формувало високу врожайність, унаслідок чого збільшилися вихід біоетанолу та енергетична продуктивність зерна. Висновки. За вирощування сорго звичайного (двокольорового) в умовах достатнього зволоження найвищої біологічної продуктивності на чорноземі опідзоленому досягли за внесення соломи, 5 т/га + $N_{120}P_{60}K_{60} + Si$, 1,0 л/га, урожайність зерна становила 8,8 т/га, уміст крохмалю в зерні — 67,1%, що перевищило контроль без унесення добрив на 3,0 т/га та 4,3% відповідно. Застосування під сорго звичайне (двокольорове) соломи, 5 т/га + $N_{120}P_{60}K_{60} + Si$, 1,0 л/га забезпечило найвищий вихід біоетанолу — 2,57 т/га та найбільшу енергетичну продуктивність — 64 ГДж/га, що, відповідно, було більше, ніж на контролі на 0,99 т/га та 25 ГДж/га. За внесення азотних добрив збільшилися вихід біоетанолу із сорго звичайного (двокольорового) на 0,38–0,67 т/га та енергетична продуктивність зерна — на 10–17 ГДж/га, а за підживлення кремнієм — на 0,08–0,20 т/га та 2–5 ГДж/га відповідно.

Ключові слова: азот, дози, енергія, зерно, кремній, крохмаль.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202605-01>

В аграрному виробництві України питання продовольства та енергозабезпечення тісно пов'язані. У часи економічних негараздів і погодних аномалій особливої уваги набуває вирощування культур, здатних давати стабільні врожаї та продукувати відновлювальні джерела енергії [1], зокрема сорго звичайного (двокольорового). Ця рослина адаптована до вирощування в умовах посухи, дає високі врожаї зерна з високим умістом крохмалю, що є надійним джерелом для виробництва біоетанолу [2, 3].

Для формування високого врожаю сорго звичайного (двокольорового) потрібний значний ресурс елементів живлення в доступній для рослин формі, який у ґрунті можна створити внесенням мінеральних добрив, особливо азотних [4–6]. Застосування азоту в посівах сорго інтенсифікує процеси фотосинтезу, істотно підвищує врожайність

зерна, сприяє накопиченню вуглеводнів [7, 8]. Ефективність азотних добрив значно зростає, коли поживне середовище в ґрунті збалансоване за макрота мікроелементами [9]. Використання мікроелементів є одним із факторів поліпшення режиму живлення рослин і підвищення ефективності мінеральних добрив [10].

Мета досліджень — визначити вплив доз азотних добрив і позакореневих підживлень кремнієм на врожайність, вихід біоетанолу й енергетичну продуктивність сорго звичайного (двокольорового).

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в тимчасовому польовому досліді (2021–2025 рр.) на Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції (УЛДСС) Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (ІБКЦБ) НААН. Площа облікової

ділянки — 50 м², посівної — 75 м². Варіанти розміщені систематично, послідовно, повторність — 4-разова.

Ґрунтова відміна — чорнозем опідзолений, в орному шарі ґрунту 0–30 см уміст гумусу за Тюрніним становив 4,02%, лужногідролізного азоту — 125 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору й калію за Чириковим — 142 та 86 мг/кг ґрунту відповідно, рН_{сop} — 5,4.

Досліджували гібрид сорго звичайного (двокольорового) Дніпровський 39. Схема досліду містила 8 варіантів: 1 — без унесення добрив (контроль); 2 — солома, 5 т/га + P₆₀K₆₀ під оранку (фон); 3–5 — фон + N₆₀, N₉₀ та N₁₂₀ у передпосівну культивуацію; 6–8 — фон + N₆₀, N₉₀ та N₁₂₀ у передпосівну культивуацію + Si, 1,0 л/га позакоренево двічі у фазах 3–5 та 8–10 листків.

У досліді в ґрунт вносили мінеральні добрива: суперфосфат простий гранульований (19,4%), калій хлористий (60%) та амонійну селітру (34,5%). Як позакореневе підживлення застосовували кремнієве мікродобриво BAl-Si з умістом кремнію 5–7%, доза одноразового внесення — 1,0 л/га. Технологія вирощування сорго звичайного (двокольорового) загальноприйнята для зони Лісостепу; додатково вносили добрива, передбачені схемою досліджень.

Уміст крохмалю в зерні визначали на поляриметрі, біологічну врожайність зерна сорго звичайного (двокольорового) — методом пробних ділянок зі зважуванням і перерахунком на площу 1 га. Вихід біоетанолу й енергоємність зерна розраховували за методичними вказівками ІБКіЦБ НААН. Експериментальні дані опрацьовували методом дисперсійного та кореляційного аналізів за допомогою комп'ютерних програм Statistica 2013 та Excel 2013.

Погодні умови 2021–2025 рр. були сприятливими для вирощування сорго звичайного (двокольорового). У всі роки досліджень температура повітря впродовж вегетації перевищувала

середньобагаторічний показник, натомисть опадів випадало менше за багаторічне значення, за винятком 2025 р., коли їх випало на 30 мм більше за середньобагаторічну норму. Умови вегетаційного періоду 2021–2025 рр. були сприятливими, ГТК у 2021 та 2022 рр. становив, відповідно, 1,40 та 1,41, у 2023 р. — 1,24, у 2024 р. — 1,11, у 2025 р. — 1,51.

Результати досліджень. В умовах достатнього зволоження на чорноземі опідзоленому сорго звичайне (двокольорове) позитивно реагувало на внесення зростаючих доз азотних добрив і кремнію. У середньому за 2021–2025 рр. на контролі без добрив врожайність зерна сорго звичайного (двокольорового) становила 5,8 т/га, за внесення соломи, 5 т/га + P₆₀K₆₀ — 6,4 т/га. За органо-мінерального удобрення врожайність зерна порівняно зі значенням на контролі зросла на 0,6 т/га. Упродовж років дослідження найменша врожайність зерна сорго на контролі у 2023 р. становила 6,8 т/га, найменша у 2021 р. — 5,2 т/га; найбільша врожайність була у 2023 р. за внесення соломи, 5 т/га + P₆₀K₆₀ — 7,5 т/га, найменша у 2021 р. — 5,2 т/га. В умовах надмірно теплого й забезпеченого опадами 2023 р. за використання органо-мінеральної системи удобрення приріст урожаю зерна сорго звичайного (двокольорового) порівняно з показником на контролі становив 0,7 т/га (таблиця).

Із застосуванням у передпосівну культивуацію азотних добрив на фоні внесення під оранку соломи, фосфорних і калійних добрив врожайність сорго звичайного (двокольорового) істотно підвищилася. У середньому за 2021–2025 рр. за внесення навесні азотних добрив дозою 60 кг/га врожайність зерна становила 7,6 т/га, 90 кг/га — 8,0 т/га, 120 кг/га — 8,4 т/га, що порівняно з показником за внесення органічно-мінеральних добрив (солома, 5 т/га + P₆₀K₆₀ під оранку) більше,

Урожайність зерна сорго звичайного (двокольорового) залежно від удобрення (УЛДСС, 2021 – 2025 рр.), т/га

Варіант	Рік					Середня, 2021–2025 рр.
	2021	2022	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	5,2	5,7	6,8	5,9	5,6	5,8
Солома, 5 т/га + P ₆₀ K ₆₀ під оранку (фон)	5,4	6,0	7,5	6,3	6,1	6,4
Фон + N ₆₀ у передпосівну культивуацію	6,8	7,4	8,4	7,5	7,3	7,6
Фон + N ₉₀	7,2	7,7	8,8	7,9	7,6	8,0
Фон + N ₁₂₀	7,6	8,0	9,2	8,3	8,0	8,4
Фон + N ₆₀ + Si, 1,0 л/га	7,0	7,6	8,5	7,7	7,6	7,8
Фон + N ₉₀ + Si, 1,0 л/га	8,1	8,2	9,4	8,6	8,5	8,7
Фон + N ₁₂₀ + Si, 1,0 л/га	8,0	8,5	9,6	8,7	8,7	8,8
НІР _{0,5}	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5
P, %	2,7	2,6	2,3	2,2	2,5	2,4

Примітка. Кремній (Si) вносили позакоренево двічі у фазах 3–5 та 8–10 листків половинною дозою — 0,5 л/га.

відповідно, на 1,2 т/га, 1,6 та 2,0 т/га. Упродовж років дослідження за внесення азоту дозою 120 кг/га найвищою вона була у 2023 р. — 9,2 т/га. В умовах 2023 р. з додаванням азоту дозою N₁₂₀ на фоні соломи, 5 т/га + P₆₀K₆₀ урожайність зерна сорго звичайного (двокольорового) підвищилася на 1,7 т/га.

Проведення 2 позакореневих підживлень кремнієм у фазах 3–5 та 8–10 листків на фоні внесення соломи та мінеральних добрив сприяло подальшому зростанню врожайності сорго звичайного (двокольорового). У середньому за 2021–2025 рр. найвищу врожайність сорго отримали за внесення азоту дозою N₉₀ + Si, 1,0 л/га, та N₁₂₀ + Si, 1,0 л/га, на фоні внесення соломи, 5 т/га + P₆₀K₆₀ — відповідно, 8,7 та 8,8 т/га, що перевищило показник на контролі на 2,9 та 3,0 т/га. Із проведенням 2 позакореневих підживлень кремнієм урожайність сорго звичайного (двокольорового) підвищилася на 0,2–0,7 т/га порівняно з показником за внесення органічних і мінеральних добрив. Найвищу врожайність сорго отримали у 2023 р. за внесення

соломи, 5 т/га + P₆₀K₆₀ + N₁₂₀ — 9,6 т/га, що було більше на 2,8 т/га, ніж на контролі без добрив, і на 2,1 т/га більше, ніж за органо-мінерального фону удобрення.

Із застосуванням азотних і кремнієвих добрив у посівах сорго звичайного (двокольорового) істотно збільшився вміст крохмалю в зерні. У середньому за 2021–2025 рр. на контролі він становив 62,8%, за внесення соломи, 5 т/га + P₆₀K₆₀ — 63,7%. Застосування соломи, фосфорних і калійних добрив незначно впливало на накопичення крохмалю в зерні сорго звичайного (двокольорового) (рис. 1).

Унесення азотних добрив і проведення позакореневих підживлень кремнієм сприяло істотному підвищенню вмісту крохмалю в зерні сорго звичайного (двокольорового). За використання в передпосівну культивуацію азоту дозою 60 кг/га вміст крохмалю в зерні становив 65,2%, 90 кг/га — 66,4%, 120 кг/га — 66,9%, що було, відповідно, на 1,5, 2,7 і 3,2% більше, ніж за внесення органічних і мінеральних добрив.

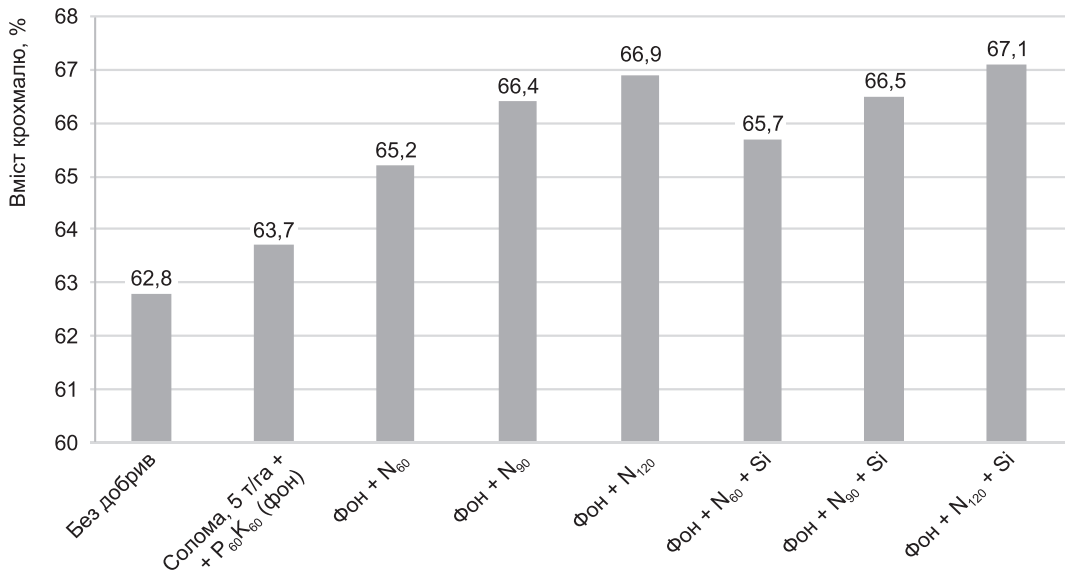


Рис. 1. Уміст крохмалю в зерні сорго звичайного (двокольорового) залежно від удобрення (УЛДСС, 2021–2025 рр.), %: солому, фосфорні та калійні добрива вносили під оранку, азотні — у передпосівну культивування, кремній — фоліарно двічі у фазах 3–5 та 8–10 листків (для рис. 1, 2)

За додаткового проведення позако-рених підживлень кремнієм дозою 1,0 л/га і внесення азоту дозою 60 кг/га уміст крохмалю в зерні підвищився до 65,7%, дозою 90 кг/га — до 66,5%, дозою 120 кг/га — до 67,1%. Завдяки внесенню азотних добрив уміст крохмалю в зерні сорго звичайного (двокольорового) підвищився на 1,5–3,2%, а в поєднанні з азотними добривами та кремнієм — на 2,0–3,4%.

Найвищий уміст крохмалю в зерні сорго звичайного (двокольорового) отримали за внесення соломи, 5 т/га + P₆₀K₆₀ + N₁₂₀ + Si, 1,0 л/га — 67,1%, що на 4,3% перевищувало показник на контролі. Отже, в умовах достатнього зволоження найвищої продуктивності сорго звичайного (двокольорового) на чорноземі опідзоленому досягли за внесення соломи, 5 т/га + N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Si, 1,0 л/га: урожайність зерна становила 8,8 т/га, уміст крохмалю в зерні — 67,1, що на 2,4 т/га та 3,4%, відповідно, було вище, ніж за внесення органічних і мінеральних добрив.

Із зерна сорго звичайного (двокольорового) без унесення добрив (контроль) можна отримати 1,58 т/га біоетанолу, що забезпечує 39 ГДж/га енергії. За використання соломи, 5 т/га + P₆₀K₆₀ його вихід порівняно зі значенням на контролі збільшився на 0,19 т/га, вихід енергії — на 5 ГДж/га за абсолютних величин — 1,77 т/га та 44 ГДж/га (рис. 2).

Застосування в передпосівну культивування азотних добрив на фоні внесення соломи, 5 т/га + P₆₀K₆₀ сприяло значному подальшому зростанню виходу біоетанолу та енергії. У середньому за 2021–2025 рр. за внесення навесні азотних добрив дозою 60 кг/га вихід біоетанолу порівняно зі значенням фону за внесення органічних і мінеральних добрив підвищився на 0,38 т/га, дозою 90 кг/га — на 0,54 т/га, дозою 120 кг/га — на 0,67 т/га за абсолютних показників — відповідно, 2,15 т/га, 2,31 та 2,44 т/га. Зі збільшенням виходу біоетанолу підвищувався й вихід енергії із зерна, абсолютний показник

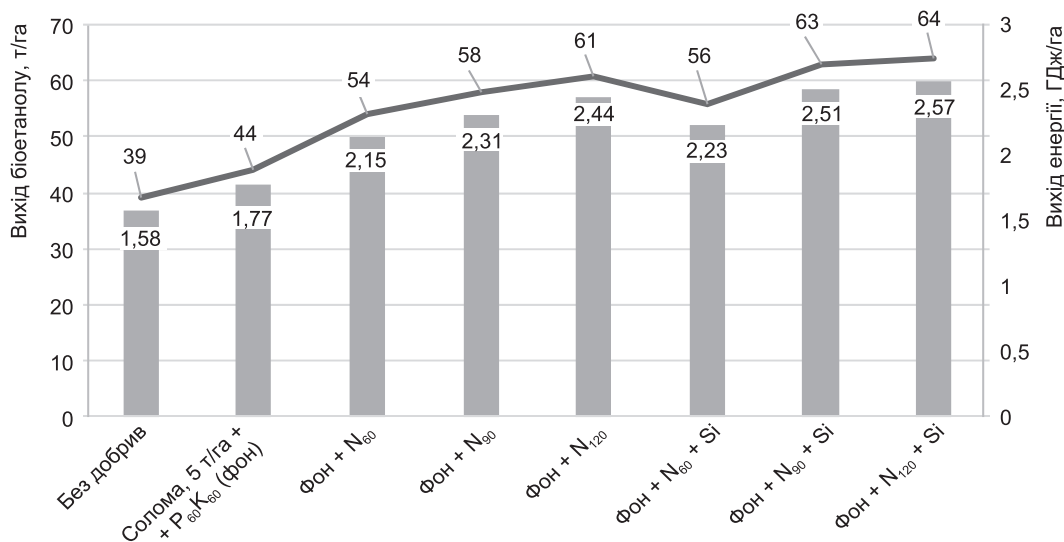


Рис. 2. Вихід біоетанолу та енергії із зерна сорго звичайного (двокольорового) залежно від удобрення (УЛДСС, 2021 – 2025 рр.) — вихід біоетанолу, т/га; — вихід енергії, ГДж/га

якої становив за внесення азоту дозою 60 кг/га — 54 ГДж/га, 90 кг/га — 58 ГДж/га, 120 кг/га — 61 ГДж/га. З унесенням азотних добрив вихід енергії із зерна сорго звичайного (двокольорового) порівняно з показником за внесення соломи, 5 т/га + P₆₀K₆₀ збільшився, відповідно, на 10 ГДж/га, 14 та 17 ГДж/га.

Незначному підвищенню енергетичної продуктивності сорго звичайного (двокольорового) сприяло проведення позакореневих підживлень кремнієм у фазах 3–5 та 8–10 листків. За внесення кремнію дозою 1,0 л/га та азоту дозою 60 кг/га на фоні солома, 5 т/га + P₆₀K₆₀ вихід біоетанолу підвищився порівняно з його значенням в аналогічних варіантах без додавання кремнію

на 0,08 т/га, за дози азоту 90 кг/га — на 0,20 т/га, за дози азоту 120 кг/га — на 0,13 т/га, що сприяло збільшенню виходу енергії, відповідно, на 2 ГДж/га, 5 та 3 ГДж/га.

Найвищий вихід біоетанолу та енергії отримали за внесення соломи, 5 т/га + N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Si, 1,0 л/га — відповідно, 2,57 т/га та 64 ГДж/га, що перевищило показник на контролі на 0,99 т/га і 25ГДж/га відповідно. Отже, в умовах достатнього зволоження застосування внесення під сорго звичайне (двокольорове) N₁₂₀ + Si, 1,0 л/га, на фоні солома, 5 т/га + P₆₀K₆₀ сприяло отриманню найвищих показників урожайності, виходу біоетанолу та енергетичної продуктивності.

Висновки

За вирощування сорго звичайного (двокольорового) в умовах достатнього зволоження найвищої біологічної продуктивності на чорноземі опідзоленому досягли за внесення соломи, 5 т/га + N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Si, 1,0 л/га: урожайність

зерна становила 8,8 т/га, уміст крохмалю в зерні — 67,1%, що перевищувало контроль без добрив на 3,0 т/га і 4,3% відповідно.

Використання під сорго звичайне (двокольорове) соломи, 5 т/га + N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Si,

1,0 т/га забезпечило найвищий вихід біоетанолу (2,57 т/га) та енергії (64 ГДж/га), що перевищило показники на контролі без добрив, відповідно, на 0,99 т/га та 25 ГДж/га. Завдяки

внесенню азотних добрив вихід біоетанолу збільшився на 0,38–0,67 т/га, енергії із зерна — на 10–17 ГДж/га, підживленню кремнієм — на 0,08–0,20 т/га та 2–5 ГДж/га відповідно.

Ivanina V.¹, Strilets O.², Ivanina R.³, Mazur G.⁴, Shykyriava O.⁵

^{1–3}Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS, 25 Klinichna Str., Kyiv, 03110, Ukraine; ⁴, ⁵Uladove-Liulynets Research and Breeding Station, 15 Sempolovskoho Str., vil. Uladivske, Kalynivka district, Vinnytsia oblast, 22422, Ukraine; e-mail: ¹v_ivanina@ukr.net, ²striletsks@ukr.net, ³rivanina1991@gmail.com, ⁴uldss1888@ukr.net; ORCID: ¹0000-0002-9471-114X, ²0000-0003-4563-7008, ³0000-0002-4112-4646, ⁴0009-0006-8691-9668, ⁵0009-0004-6766-0836

Effect of fertilizers on yield, bioethanol yield, and energy productivity of sorghum (bicolor)

Goal. To determine the impact of doses of nitrogen fertilizers and foliar feeding with silicon on yield, bioethanol yield, and energy productivity of sorghum (bicolor). **Methods.** Field (determination of the impact of nitrogen fertilizer doses on the yield of sorghum (bicolor)), analytical (determination of starch content in grain), calculation (determination of energy productivity), mathematical and statistical (study of research results using the Statistica 2013 program). Results. The study was conducted in a temporary field study in 2021–2025 at the Uladove-Liulinets experimental selection station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS. The soil of the field was podzolised chernozem.

The results of field studies on the effectiveness of the use of nitrogen fertilizers and silicon to increase yield, bioethanol yield, and energy productivity of sorghum (bicolor) are presented. It was determined that in conditions of sufficient moistening, sorghum (bicolor) reacted positively to the introduction of high doses of nitrogen fertilizers and foliar feeding with silicon, and formed high yields, as a result of which bioethanol yield and grain energy productivity increased. **Conclusions.** For the cultivation of sorghum (bicolor) in conditions of sufficient moistening, the highest biological productivity on the leached chernozem was achieved by the introduction of straw (5 t/ha) + N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Si (1.0 l/ha), the grain yield was 8.8 t/ha, the starch content in the grain was 67.1%, which exceeded the control without fertilizers by 3.0 t/ha and 4.3%, respectively. The use of straw (5 t/ha) + N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Si (1.0 l/ha) provided the highest bioethanol yield — 2.57 t/ha, and the highest energy productivity — 64 GJ/ha, which, respectively, was more than the control by 0.99 t/ha and 25 GJ/ha. During the application of nitrogen fertilizers, the yield of bioethanol increased by 0.38–0.67 t/ha, and the energy productivity of grain by 10–17 GJ/ha, and for feeding with silicon, by 0.08–0.20 t/ha and 2–5 GJ/ha, respectively.

Key words: doses, energy, grain, nitrogen, silicon, starch.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202605-01>

Бібліографія

1. Кривохижа Є.М., Матвіїшин А.І., Бринь В.Т. Вплив зміни клімату на врожайність основних сільськогосподарських культур в Україні. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 3. № 44. С. 33–37. doi: 10.37406/2706-9052-2024-3.5

2. Гамаюнова В., Хоненко Л., Коваленко О. Виробництво біоетанолу з посівів сорго. *Українська аграрна наука Причор-*

номор'я. 2020. № 26 (1). С. 9–18. doi: 10.56407/2313-092X/2022-26(1)-1

3. Stamenkovic O.S., Siliveru K., Veljkovic V.B. et al. Production of biofuels from sorghum. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020. 124(7):109769. doi: 10.1016/j.rser.2020.109769

4. Господаренко Г.М., Климович П.В. Реакція зернового сорго на удобрення на чорноземі опідзоленому. *Збірник наукових*

праць Луганського Національного аграрного університету. 2006. № 69 (92). С. 20–25.

5. Schlegel A., Bond H.D. Long-term nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of irrigated grain sorghum. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*. 2020. 2(6). P. 1–9. doi: 10.4148/2378-5977.1244

6. Pravdyva L.A., Doronin V.A., Dryha V.V. et al. Yield capacity and energy value of sorghum grain depending on the application of mineral fertilisers. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2022. 109(2). P. 115–122. doi: 10.13080/z-a.2022.109.015

7. Gebremariam G., Assefa D. Nitrogen Fertilization Effect on Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Yield, Yield Components and Witchweed (*Striga hermonthica* (Del.) Benth) Infestation in Northern Ethiopia. *International Journal of Agricultural*

Research. 2015. 10(1). P. 14–23. doi: 10.3923/ijar.2015.14.23

8. Masebo N., Menamo M. The Effect of Application of Different Rate of N-P Fertilizers Rate on Yield and Yield Components of Sorghum (*Sorghum bicolor*): Case of Derashe Woreda, SNNPR, Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*. 2016. 6(5). P. 2224–3186.

9. Munagilwar V.A., Khurade N.G., More V.R., Dhotare V.A. Response of sorghum genotypes to different fertility levels on growth and yield attributes of sorghum. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020. 11. P. 3853–3858.

10. Madukwe D.K., Amapu I.Y., Aliku O. Yield Response of Sorghum to Micronutrient Fortified Fertilizer in the Savanna Agroecological Zone of Nigeria. *FARA Research Report*. 2023. 7(27). P. 351–358. doi: 10.59101/fr072327