

УДК 633.174:631.5:631.816:631.582
DOI: 10.37128/2707-5826-2026-3-3

**ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ
ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
НА ФОРМУВАННЯ БАЛАНСУ
ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В
ПОСІВАХ СОРГО ЗЕРНОВОГО**

Н.М. КЛИМОВИЧ, викладач кафедри
рослинництва

Н.М. ПОЛТОРЕЦЬКА, кандидат
сільськогосподарських наук, доцент
кафедри рослинництва

С.П. ПОЛТОРЕЦЬКИЙ, доктор
сільськогосподарських наук, професор,
декан факультету агрономії

Уманський національний університет

Наведено результати польових досліджень з вивчення впливу доз внесення азотних добрив та густоти рослин на винесення та баланс елементів живлення в посівах сорго зернового. Схема досліджень включала густоти рослин на період повних сходів 100, 140 і 180 тис. шт/га та варіанти з внесенням добрив: без добрив (контроль), $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$. Об'єктом дослідження був гібрид сорго зернового Сентініел від компанії Advanta. Упродовж 2023–2025 років дослідження проводились на базі Уманського національного університету. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий, який мав підвищену та високому забезпеченість елементами живлення. Методи дослідження: короткотривалий польовий дослід зі встановлення впливу добрив і густоти рослин на врожайність сорго зернового, розрахунковий – з визначення виносу та балансу елементів живлення у ґрунті за різних елементів технології вирощування. Результатами досліджень, встановлено, що внесення $P_{60}K_{60}$ під оранку + N_{120} у передпосівну культивуацію за густоти рослин 140 тис. шт/га забезпечило істотно найвищу врожайність зерна і стеблиння сорго зернового – відповідно 8,67 і 28,24 т/га зі зростанням до контролю без добрив – на 1,76 і 4,94 т/га ($HIR_{05} (AB) = 0,48$ і 1,40 т/га). З товарним урожаєм сорго зернове виносило переважно азот, зі стеблинням – переважно калій. Найбільше винесення елементів живлення господарським урожаєм сорго зернового спостерігали за дози добрив $N_{120}P_{60}K_{60}$ і густоти рослин 140 тис. шт/га: азоту – 224 кг/га, фосфору – 46, калію – 196 кг/га зі зростанням до контролю без добрив – відповідно на 50 кг/га, 10 і 48 кг/га або 29%, 28 і 32%. У складі господарського винесення співвідношення $N : P : K = 4,9 : 1 : 4,3$. При цьому, частка винесення азоту зерном відносно господарського винесення становила 67%, фосфору – 72, калію – 19%, стеблинням – відповідно 33%, 28 і 81%. Найкращі технологічні умови вирощування сорго зернового, що забезпечили врожайність зерна понад 8,5 т/га на тлі незначного дефіциту азоту у ґрунті, додатного балансу фосфору і калію створювались за залишання стеблиння на полі, густоти рослин 140 тис. шт/га і внесення $P_{60}K_{60}$ під оранку + N_{120} у передпосівну культивуацію: дефіцит азоту у ґрунті становив мінус 31 кг/га, баланс фосфору і калію були додатні в кількості 27 і 23 кг/га, відповідно. Зазначені елементи технології формували сталі засади вирощування сорго зернового в умовах нестійкого зволоження на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: сорго зернове, азот, фосфор, калій, використання, баланс.

Табл. 2, Літ. 12.

Постановка проблеми. Сучасне аграрне виробництво потребує технологій вирощування сільськогосподарських культур, що здатні забезпечити високу врожайність і сформувати основи сталого виробництва.



THE INFLUENCE OF ELEMENTS OF GROWING TECHNOLOGY ON THE FORMATION OF THE BALANCE OF NUTRIENTS IN GRAIN SORGHUM CROPS © 2026 by Klymovych N.M., Poltoretska N.M., Poltoretskyi S.P. is licensed under CC BY 4.0

Досягнення поставлених цілей набуває особливої ваги в епоху глобального потепління, коли погодні умови посилюють невизначеність щодо формування врожайності, а елементи технології надають стабільності процесам росту і розвитку та сприяють реалізації генетичного потенціалу вирощуваних культур.

Зі зростанням посушливості клімату роль сорго зернового у виробництві зерна в Україні істотно зростає завдяки його високій резистентності до умов посухи. Застосування добрив та формування густоти рослин є одними із ключових факторів, що визначають режим мінерального живлення та впливають на продуктивність сорго зернового. Проте, реалізація генетичного потенціалу сорго зернового залежить від пристосованості технології до конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування, а сталість урожаїв – від врівноваженості балансу між внесенням та винесенням рослинами елементів живлення. В умовах Правобережного Лісостепу України питання впливу добрив і густоти рослин на продуктивність і формування балансу елементів живлення в посівах сорго зернового вивчені недостатньо, що і зумовило проведення цих досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У структурі аграрного виробництва України сорго зернове займає дедалі ширшу нішу. Зі збільшенням посівних площ, що нині становлять понад 40 тис. га, зростає роль технологій, вагомості набувають питання продуктивності та сталих засад вирощування цієї культури [1]. Дослідження проведені в умовах лівобережного Лісостепу України показали, що внесення під сорго зернове $N_{150}P_{90}K_{90}$ за залишання стеблин на полі забезпечило врожайність зерна понад 8 т/га та формувало сталі засади вирощування, які супроводжувались накопиченням у ґрунті фосфору та калію [2, 3].

Дослідження проведені за кордоном свідчать, що в отриманні високих і стабільних урожаїв сорго зернового провідна роль належить азотному живленню [4]. Застосування під сорго зернове азотних добрив у дозі 120 кг/га забезпечило врожайність зерна понад 5,5–6,0 т/га і формувало його додатній баланс у ґрунті [5, 6].

Сорго зернове позитивно реагувало на внесення фосфорних і калійних добрив [7]. За дози фосфору 80 кг/га і калію 120 кг/га сорго зернове формувало найкращу структуру врожаю: висоту рослин понад 170 см, діаметр стебла – 12–13 см за врожайності зерна на рівні 5,7–5,8 т/га і додатного балансу елементів живлення у ґрунті [8].

У дослідженнях проведених у Бангладеш внесення під сорго зернове $N_{150}P_{75}K_{62}$ забезпечило врожайність понад 4,5 т/га і формувало додатній баланс елементів живлення у ґрунті [9]. Зростання врожайності і винесення елементів живлення із ґрунту досягали за оптимізація густоти рослин у Ефіопії [10]. В дослідженнях проведених в Індії встановлено [11], що залишання стеблин на полі істотно зменшує винос із ґрунту елементів живлення рослинами сорго зернового і дозволяє досягти сталості вирощування за значно менших доз внесення мінеральних добрив.

Отже, вибір підходів щодо використання стеблин, оптимізації системи удобрення та густоти рослин є провідними факторами, що визначають урожайність та сталі засади вирощування сорго зернового.

Мета дослідження – вивчити вплив доз внесення азотних добрив і щільності агроценозу на винос та баланс елементів живлення в посівах сорго зернового.

Умови та методика проведення досліджень. Дослідження проводили у 2023–2025 рр. у тимчасовому польовому досліді Уманського національного університету. Площа посівної ділянки – 50 м², облікова – 25 м², повторюваність – чотириразова, розміщення варіантів – системне послідовне. У досліді висівали гібрид сорго зернового Сентініел, компанії Advanta у третій декаді квітня.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений, який мав такі агрохімічні характеристики орного 0–30 см шару: рН сольове – 5,8, вміст гумусу за Тюриним – 3,6%, рухомого фосфору і калію за Чиріковим – відповідно 104 і 133 мг/кг ґрунту. Забезпечення ґрунту елементами живлення відповідало підвищеному та високому рівню.

Схема польового досліді передбачала: фактор А – густина рослин на період повних сходів: 100, 140 і 180 тис. шт/га; фактор Б – удобрення: без добрив (контроль), N₆₀P₆₀K₆₀, N₉₀P₆₀K₆₀ і N₁₂₀P₆₀K₆₀.

У досліді висівали гібрид сорго зернового Сентініел від компанії Advanta. Рік реєстрації гібрида – 2020, потенціал врожайності до 10 т/га. Гібрид середньостиглий з періодом вегетації – 115–120 діб, стійкий до вилягання, має високу посухостійкість та високий вміст крохмалю до 76%. Низькорослий – висотою 90–125 см. Зерно – червоне, безтанінове, має високу поживність. Маса 1000 насінин – 28 г. Гібрид стійкий до ураження летючою сажкою (9 балів), гелмінтоспориозом та пошкодження попелицею.

Під сорго зернове фосфорні і калійні добрива вносили з осені під оранку, азотні – весною у передпосівну культивуацію. Під оранку застосовували суперфосфат простий гранульований з вмістом фосфору 19,5% (P₂O₅) та калій хлористий з вмістом калію 62% (K₂O), у передпосівну культивуацію – амонійну селітру з вмістом азоту 34,5%.

Винос та баланс елементів живлення в посівах сорго зернового визначали розрахунковим методом. Баланс розраховували за двома сценаріями: за вилучення побічної продукції з поля та за умови, що побічна продукція залишалась на полі. При обробці результатів досліджень використовували метод дисперсійного аналізу [12].

Роки досліджень істотно відрізнялись погодними умовами в період вегетації. За показником гідротермічного коефіцієнта (ГТК) погодні умови 2023 і 2025 років мали достатнє забезпечення вологою з ГТК за вегетацію – 1,36 і 1,08, відповідно.

Натомість 2024 рік мав ГТК за вегетацію 0,65, що характеризує погодні умови як середньо посушливі. У 2023 році надмірно посушливі були червень, серпень і вересень з ГТК за місяць на рівні 0,18–0,26; у 2024 році – липень, серпень, вересень з ГТК – 0,19–0,25, у 2025 році – червень, серпень з ГТК – 0,20–0,40.

Результати досліджень. Узагальнення результатів досліджень показали, що за вирощування сорго зернового на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому в умовах Правобережного Лісостепу без внесення добрив урожайність зерна за густоти рослин 100–180 тис. шт/га варіювала в межах 6,29–6,91 т/га, стеблиння – 18,68–20,30 т/га. При цьому, з товарним урожаєм сорго зернове виносило азоту – 108–118 кг/га, фосфору – 24–26 і калію – 26–28 кг/га; стеблинням – відповідно 53–57, 10–11 і 111–121 кг/га. Збільшення густоти рослин сорго зернового зі 100 до 140–180 тис. шт/га істотно підвищило врожайність зерна – на 0,57–0,62 т/га ($НІР_{05(АБ)} = 0,48$ т/га), стеблиння – на 1,51–1,62 т/га ($НІР_{05(АБ)} = 1,40$ т/га) та супроводжувалось зростанням винесення елементів живлення біологічним урожаєм на 6–9%. У складі господарського винесення переважали азот і калій за співвідношення $N:P:K = 4,7-4,9 : 1 : 4,0-4,2$ (табл. 1).

Таблиця 1

Винесення елементів живлення складовими врожаю сорго зернового залежно від елементів технології вирощування, 2023–2025 рр.

№ вар.	Густота рослин (фактор А)	Добрива (фактор Б)	Урожайність зерна, т/га	Винесення зерном, кг/га			Урожайність стебел, т/га	Винесення стеблами, кг/га		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	100 тис. шт/га	Без добрив (контроль)	6,29	108	24	26	18,68	53	10	111
2		P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	7,06	121	26	30	20,98	60	11	128
3		P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	7,43	127	28	32	21,94	65	12	136
4		P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	7,68	133	29	34	22,61	66	13	140
5	140 тис. шт/га	Без добрив (контроль)	6,91	118	26	27	20,30	56	10	121
6		P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	8,02	138	29	33	23,77	68	13	146
7		P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	8,62	149	32	37	25,10	73	14	157
8		P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	8,67	151	33	37	25,24	73	13	159
9	180 тис. шт/га	Без добрив (контроль)	6,8	11	26	28	20,19	57	11	121
10		P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	7,91	136	30	34	23,01	66	13	142
11		P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	8,45	146	32	37	24,50	70	14	150
12		P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	8,58	149	33	37	24,93	73	15	154
НІР ₀₅ (фактор А)			0,18	–			0,45	–		
НІР ₀₅ (фактор Б)			0,31				0,92			
НІР ₀₅ (фактор АБ)			0,48				1,40			

Примітка: фосфорні і калійні добрива вносили під оранку, азотні – у передпосівну культивуацію; фактор В – густота рослин на період повних сходів.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Істотному зростанню господарського винесення елементів живлення сорго зерновим сприяло внесення мінеральних добрив. За внесення $P_{60}K_{60}$ під оранку + N_{60} у передпосівну культивуацію на тлі густот рослин 100–180 тис. шт/га врожайність зерна порівняно з контролем без добрив зросла на 0,77–1,11 т/га, стеблиння – на 2,30–3,47 т/га. При цьому за густоти рослин 100 тис. шт/га винесення господарським врожаєм азоту становило 181 кг/га, фосфору – 37, калію – 158 кг/га; густоти 140 тис. шт/га – відповідно 206, 42 і 179, а густоти 180 тис. шт/га – 202 кг/га, 43 і 176 кг/га. Внесення добрив збільшило господарське винесення азоту порівняно з контролем без добрив – на 12–16%, фосфору – 9–19, а калію – 15–21%. У складі зерна рослини сорго зернового виносили переважно азот, стеблиння – переважно калій. На тлі густот рослин 100–180 тис. шт/га винесення азоту зерном було вищим порівняно з його винесенням стеблинням – на 61–70 кг/га, фосфору – на 15–17, тоді як калію – меншим на 98–112 кг/га.

Збільшення дози азотних добрив у передпосівну культивуацію до 90 і 120 кг/га на тлі $P_{60}K_{60}$ під оранку забезпечило подальше зростання врожайності і винесення елементів живлення із ґрунту. На тлі густот рослин 100–180 тис. шт/га зазначені дози азотних добрив істотно підвищили врожайність зерна порівняно з контролем без добрив – на 1,14–1,76 т/га, стеблиння – на 3,25–4,94 т/га. При цьому, винесення азоту господарським урожаєм, порівняно з контролем без добрив, зросло – на 31–50 кг/га або 15–29%, фосфору – на 6–10 або 18–30%, а калію – на 32–48 кг/га або 23–33%.

Найбільше винесення елементів живлення господарським урожаєм спостерігали за густоти рослин 140 тис. шт/га та внесення 120 кг/га азоту в передпосівну культивуацію на тлі $P_{60}K_{60}$ під оранку: винесення азоту – 224 кг/га, фосфору – 46, а калію – 196 кг/га зі зростанням до контролю без добрив – відповідно на 50 кг/га, 10 і 48 кг/га або 29%, 28 і 32%. У складі господарського винесення формувалось співвідношення $N : P : K = 4,9 : 1 : 4,3$. При цьому, частка винесення азоту зерном відносно господарського винесення становила 67%, фосфору – 72, а калію – 19%, стеблинням – відповідно 33%, 28 і 81%.

Досліджувані складові технології вирощування впливали на баланс елементів живлення в посівах сорго зернового. Розрахунок балансу показав, що у контролі без добрив формувався високий дефіцит елементів живлення в ґрунті, який істотно залежав від вилучення чи залишання стеблиння на полі і незначно залежав від густоти рослин. Відчуження стеблиння із поля формувало найбільші показники дефіциту: за густоти рослин 100 тис. шт/га дефіцит азоту у ґрунті становив 164 кг/га, фосфору – 34, калію – 137 кг/га; за густот 140–180 тис. шт/га зростав – на 12–13, 2–3 і 11–12 кг/га, відповідно. У разі, якщо стеблиння залишали на полі, показники балансу елементів живлення у ґрунті значно покращились. За густот рослин 100–180 тис. шт/га дефіцит азоту у ґрунті становив 108–118 кг/га, фосфору – 24–26, калію – 26–28 кг/га. Залишання стеблиння на полі порівняно з його відчуженням зменшило винос із ґрунту азоту – у 1,5 рази, фосфору – у 1,4 рази, калію – у 5,3 рази.

За відчуження стеблин із поля ґрунт збіднювався на азот і калій, за залишання його на полі – тільки на азот. Винесення фосфору за обох сценаріїв було низьким – в межах 24–37 кг/га (табл. 2).

Таблиця 2

Баланс елементів живлення в посівах сорго зернового залежно від елементів технології вирощування (2023–2025 рр.), $\pm$ кг/га

№ вар.	Густота рослин (фактор А)	Добрива (фактор Б)	Вилучення стеблин із поля			Залишення стеблин на полі		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	100 тис. шт/га	Без добрив (контроль)	-1□1	-34	-137	-108	-24	-26
2		P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	-□21	23	-98	-61	34	30
3		P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	-102	20	-108	-37	32	28
4		P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	-79	18	-114	-13	31	26
5	140 тис. шт/га	Без добрив (контроль)	-174	-36	-148	-118	-26	-27
6		P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	-146	18	-119	-78	□1	
7		P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	-132	14	-134	-59	28	23
8		P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	-104	14	-136	-31	27	23
9	180 тис. шт/га	Без добрив (контроль)	-173	-37	-149	-116	-26	-28
10		P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	-142	17	-116	-76	30	26
11		P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	-126	14	-127	-56	28	23
12		P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	□10	12	-131	-29	27	23

Примітка: фосфорні і калійні добрива вносили під оранку, азотні – у передпосівну культивування; фактор В – густота рослин на період повних сходів.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Застосування добрив і залишання стеблин на полі формували сталі засади вирощування сорго зернового за балансом фосфору і калію на тлі невисокого дефіциту азоту у ґрунті. За залишання стеблин на полі внесення P₆₀K₆₀ під оранку + N₆₀ у передпосівну культивування на тлі густот рослин 100–180 тис. шт/га формувало від’ємний баланс азоту у ґрунті в кількості 61–78 кг/га та додатній баланс фосфору і калію – відповідно 30–34 і 26–30 кг/га. Збільшення дози азоту до 90 кг/га на тлі P₆₀K₆₀ під оранку зменшило дефіцит азоту у ґрунті на 19–24 кг/га за додатного балансу фосфору і калію в кількості 28–32 і 23–28 кг/га, відповідно. Найкращі показники балансу елементів живлення у ґрунті формувалися за залишання стеблин на полі та внесення 120 кг/га азоту у передпосівну культивування на тлі P₆₀K₆₀ під оранку. За густоти рослин 100 тис. шт/га дефіцит азоту у ґрунті формувався в кількості мінус 13 кг/га, густоти 140 тис. шт/га – мінус 31 кг/га, густоти 180 тис. шт/га – мінус 29 кг/га. Баланс фосфору в ґрунті за зазначених вище факторів формувався додатнім в кількості 27–32 кг/га, баланс калію – додатнім в кількості 23–26 кг/га. У разі, якщо стеблин відчужували з поля, дози мінеральних добрив не покривали винесення з ґрунту азоту та калію і лише баланс фосфору формувався додатнім. За внесення N_{60–120} у передпосівну культивування + P₆₀K₆₀ під оранку на тлі густот рослин 100–180 тис. шт/га дефіцит азоту у ґрунті формувався від’ємним на рівні мінус 79–146 кг/га, калію – мінус 98–136 кг/га,

за додатного балансу фосфору – 12–23 кг/га. Отже, технологічні умови вирощування сорго зернового, що забезпечили високу врожайність на тлі незначного дефіциту азоту у ґрунті, додатного балансу фосфору і калію створювались за залишання стеблин на полі, густоти рослин 140 тис. шт/га і внесення $P_{60}K_{60}$ під оранку + N_{120} у передпосівну культивуацію: дефіцит азоту у ґрунті становив -31 кг/га, баланс фосфору і калію були додатні в кількості 27 і 23 кг/га, відповідно.

Висновки і перспективи досліджень. Результатами польових досліджень 2023–2025 років встановлено, що внесення $P_{60}K_{60}$ під оранку + N_{120} у передпосівну культивуацію за густоти рослин 140 тис. шт/га забезпечило істотно найвищу врожайність зерна і стеблин сорго зернового – відповідно 8,67 і 28,24 т/га зі зростанням до контролю без добрив – на 1,76 і 4,94 т/га ($HP_{05(AB)} = 0,48$ і 1,40 т/га). З товарним урожаєм сорго зернове виносило переважно азот, зі стеблинним – переважно калій. Найбільше винесення елементів живлення господарським урожаєм сорго зернового спостерігали за дози добрив $N_{120}P_{60}K_{60}$ і густоти рослин 140 тис. шт/га: азоту – 224 кг/га, фосфору – 46, калію – 196 кг/га зі зростанням до контролю без добрив – відповідно на 50 кг/га, 10 і 48 кг/га або 29%, 28 і 32%. У складі господарського винесення співвідношення $N:P:K = 4,9:1:4,3$. При цьому, частка винесення азоту зерном відносно господарського винесення становила 67%, фосфору – 72, калію – 19%, стеблинним – відповідно 33%, 28 і 81%. У середньому за роки досліджень, найоптимальніші технологічні умови вирощування сорго зернового, що забезпечили врожайність зерна понад 8,5 т/га на тлі незначного дефіциту азоту у ґрунті, додатного балансу фосфору і калію створювались за залишання стеблин на полі, густоти рослин 140 тис. шт/га і внесення $P_{60}K_{60}$ під оранку + N_{120} у передпосівну культивуацію: дефіцит азоту у ґрунті становив мінус 31 кг/га, баланс фосфору і калію були додатні в кількості 27 і 23 кг/га, відповідно. У зв'язку з розширенням посівних площ сорго зернового в Україні перспективою подальших досліджень є адаптація елементів технології до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, підвищення врожайності та формування сталих засад його вирощування.

Список використаної літератури

1. Бакланова Т.В., Гамаюнова В.В., Сидякіна О.В. Сучасні тенденції вирощування сорго в Україні та світі. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2023. Вип. 134. С. 9–17. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.2>.
2. Правдива Л.А. Винос та баланс елементів живлення в посівах сорго звичайного двокольорового залежно від внесення мінеральних добрив. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2023. Вип. 133. С. 98–105. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.14>.
3. Іваніна В.В., Пашинська К.Л., Смірних В.М. Винос і баланс елементів живлення в агроценозі сорго зернового залежно від удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 12(825). С. 28–32. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-03>.

4. Toth A., Toth Z. Nitrogen Utilization by Grain Sorghum as Affected by Rate of Nitrogen Fertilization and Plant Density: A Preliminary Study. *Advances in Agriculture*. 2025. 5388431. <https://doi.org/10.1155/aia/5388431>.
5. Todorov Z., Velinov I., Kostadinova S. Effect of nitrogen rates on the nutrient balance of grain sorghum. *Research Journal of Agricultural Science*. 2019. 51(1). 226–232.
6. Bartzialis D., Giannoulis K.D., Gintsioudis I., Danalatos N.G. Assessing the Efficiency of Different Nitrogen Fertilization Levels on Sorghum Yield and Quality Characteristics. *Agriculture*. 2023. 13(6). 1253. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061253>.
7. Amasiab E.O., Eltaib M.Z., Abdalla A.H. Effect of Potassium Sulfate Fertilizer on the Mineral Profile of Sorghum Forage and Their Uses as Ruminant Feed. *International Journal of Plant and Soil Science*. 2023. 35(5). 164–173. [doi:10.9734/IJPSS/2023/v35i52834](https://doi.org/10.9734/IJPSS/2023/v35i52834).
8. Al-bourky R.H.A., Al-Mugher H.A.H., Al-Mosawi S.T.A. Effect of different levels of phosphate and potassium fertilizer on the growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2025. 31(5). 910–916.
9. Nasreen S.S., Begum A.A., Kakon S.S., Chowdhury J.A., Ali M.Z., Akther S., Khan M.A.H., Mian M.A.K. Effect of nutrient management on growth, yield and nutrient uptake in sorghum. *Bangladesh Agronomy Journal*. 2025. 28(2). 89–94. [doi:10.3329/baj.v28i2.85874](https://doi.org/10.3329/baj.v28i2.85874).
10. Tilahun B., Worku P.W. Response of plant densities and nitrogen rates on sorghum (*sorghum Bicolor*. L.Moench) growth and nutrient use efficiency in the central rift valley of Ethiopia. *International Journal of Agriculture and Bioscience*. 2022.11(1). 1–10. <https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2022.001>.
11. Kumar S.A., Thomas U.C., Al-Salman Y., Cano F.J., Stephen R., Pillai P.S., Ghannoum O. Evaluation of Yield-Related Morphological, Physiological, Agronomic, and Nutrient Uptake Traits of Grain Sorghum Varieties in the Kerala Region (India). *Agronomy*. 2025. 15(10). 2320. <https://doi.org/10.3390/agronomy15102320>.
12. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, П. В. Костогриз; В. П. Опришко. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Baklanova T.V., Gamayunova V.V., Sidiyakina O.V. (2023). Modern trends in sorghum cultivation in Ukraine and the world. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky – Taurian Scientific Bulletin. Series: Agricultural sciences*. 134. 9–17. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.2> [in Ukrainian].
2. Pravdyva L.A. (2023). Removal and balance of nutrients in crops of common bicolor sorghum depending on the application of mineral fertilizers. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky – Taurian Scientific Bulletin*.

Series: *Agricultural sciences*. 133. 98–105. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.14> [in Ukrainian].

3. Ivanina V.V., Pashynska K.L., Smirnykh V.M. (2021). Vynos i balans elementiv zhyvlennia v ahrotsenozii sorho zernovoho zalezho vid udobrennia. [Removal and balance of nutrients in the agrocenosis of grain sorghum depending on fertilization]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agrarian Science*. 12(825). 28–32. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-03> [in Ukrainian].

4. Toth A., Toth Z. (2025). Nitrogen Utilization by Grain Sorghum as Affected by Rate of Nitrogen Fertilization and Plant Density: A Preliminary Study. *Advances in Agriculture*. Article 5388431. <https://doi.org/10.1155/aia/5388431>. [in English].

5. Todorov Z., Velinov I., Kostadinova S. (2019). Effect of nitrogen rates on the nutrient balance of grain sorghum. *Research Journal of Agricultural Science*. 51(1). 226–232. [in English].

6. Bartzialis D., Giannoulis K.D., Gintsioudis I., Danalatos N.G. (2023). Assessing the Efficiency of Different Nitrogen Fertilization Levels on Sorghum Yield and Quality Characteristics. *Agriculture*. 13(6). Article 1253. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061253>. [in English].

7. Amasiab E.O., Eltaib M.Z., Abdalla A.H. (2023). Effect of Potassium Sulfate Fertilizer on the Mineral Profile of Sorghum Forage and Their Uses as Ruminant Feed. *International Journal of Plant and Soil Science*. 35(5). 164–173. doi:10.9734/IJPSS/2023/v35i52834. [in English].

8. Al-bourky R.H.A., Al-Mugher H.A.H., Al-Mosawi S.T.A. (2025). Effect of different levels of phosphate and potassium fertilizer on the growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 31(5). 910–916. [in English].

9. Nasreen S.S., Begum A.A., Kakon S.S., Chowdhury J.A., Ali M.Z., Akther S., Khan M.A.H., Mian M.A.K. (2025). Effect of nutrient management on growth, yield and nutrient uptake in sorghum. *Bangladesh Agronomy Journal*. 28(2). 89–94. doi:10.3329/baj.v28i2.85874. [in English].

10. Tilahun B., Worku P.W. (2022). Response of plant densities and nitrogen rates on sorghum (*sorghum Bicolor*. L.Moench) growth and nutrient use efficiency in the central rift valley of Ethiopia. *International Journal of Agriculture and Bioscience*. 2022.11(1). 1–10. <https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2022.001>. [in English].

11. Kumar S.A., Thomas U.C., Al-Salman Y., Cano F.J., Stephen R., Pillai P.S., Ghannoum O. (2025). Evaluation of Yield-Related Morphological, Physiological, Agronomic, and Nutrient Uptake Traits of Grain Sorghum Varieties in the Kerala Region (India). *Agronomy*, 15(10). Article 2320. <https://doi.org/10.3390/agronomy15102320>. [in English].

12. Fundamentals of scientific research in agronomy. V. O. Eschenko, P. G. Kopitko, P. V. Kostogriz; V. P. Oprishko. Za red. V. O. Eschenka. Vinnitsya: PP «TD «Edelveys I K»», 2014. 332 [in Ukrainian].

ANNOTATION

THE INFLUENCE OF ELEMENTS OF GROWING TECHNOLOGY ON THE FORMATION OF THE BALANCE OF NUTRIENTS IN GRAIN SORGHUM CROPS

This article presents the results of field studies to study the influence of nitrogen fertilizer application rates and plant density on the removal and balance of nutrients in grain sorghum crops. The research scheme included plant density at the time of full emergence of 100, 140, 180 thousand pcs./ha and options with fertilizer application: no fertilizer (control), $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$. The object of the study was the hybrid of grain sorghum Sentinel from the company Advanta. During 2023–2025, the research was conducted on the basis of Uman National University. The soil of the experimental site is podzolized heavy loamy chernozem, which had an increased and high supply of nutrients. Research methods: short-term field experiment to establish the influence of fertilizers and plant density on the yield of grain sorghum, calculation – to determine the removal and balance of nutrients in the soil under different elements of cultivation technology. The results of the research showed that the application of $P_{60}K_{60}$ under plowing + N_{120} in pre-sowing cultivation at a plant density of 140 thousand pcs./ha provided the highest grain and stalk yields of grain sorghum – 8.67 and 28.24 t/ha, respectively, with an increase compared to the control without fertilizers – by 1.76 and 4.94 t/ha. With the grain yield, grain sorghum brought out mainly nitrogen, with staking – mainly potassium. The greatest removal of nutrients by the grain yield of grain sorghum was observed at the dose of fertilizers $N_{120}P_{60}K_{60}$ and a plant density of 140 thousand pcs./ha: nitrogen – 224 kg/ha, phosphorus – 46, potassium – 196 kg/ha with an increase compared to the control without fertilizers – respectively by 50, 10 and 48 kg/ha or 29%, 28% and 32%. In the composition of the biological removal ratio $N:P:K = 4.9:1:4.3$. At the same time, the share of nitrogen removal by grain relative to biological removal was 67%, phosphorus – 72%, potassium – 19%, stalks – 33%, 28% and 81%, respectively. The best technological conditions for growing grain sorghum, which ensured a grain yield of over 8.5 t/ha against the background of a slight nitrogen deficiency in the soil, a positive balance of phosphorus and potassium, were created by leaving the stalks on the field, a plant density of 140 thousand pcs./ha and applying $P_{60}K_{60}$ under plowing + N_{120} in pre-sowing cultivation: the nitrogen deficiency in the soil was -31 kg/ha, the balance of phosphorus and potassium was positive in the amount of 27 and 23 kg/ha, respectively. These elements of the technology formed sustainable foundations for growing grain sorghum in conditions of unstable moisture on podzolized heavy loamy chernozem.

Key words: grain sorghum, nitrogen, phosphorus, potassium, use, balance.

Table 2, Ref. 12.

Відомості про авторів

Климович Наталія Миколаївна, старший викладач кафедри рослинництва Уманського національного університету (20300, м. Умань, вул. Інститутська, 1, e-mail: nk8628948@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6373-8534>).

Полторецька Наталія Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва Уманського національного університету (20300, м. Умань, вул. Інститутська, 1, e-mail: poltorec.n@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9879-1872>).

Полторецький Сергій Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, декан факультету агрономії Уманського національного університету (20300, м. Умань, вул. Інститутська, 1, e-mail: poltorec@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3334-0880>).

Nataliia Klymovych, Senior Lecturer, Department of Crop Production Uman National University (str. Instytutska, 1, с. Uman, Cherkassy Region, Ukraine, 20300 e-mail: nk8628948@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6373-8534>).

Nataliia Poltoretska, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Crop Production Uman National University (str. Instytutska, 1, с. Uman, Cherkassy Region, Ukraine, 20300, e-mail: poltorec.n@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9879-1872>).

Serhii Poltoretskyi, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Agronomy Uman National University (str. Instytutska, 1, с. Uman, Cherkassy Region, Ukraine, 20300 e-mail: poltorec@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3334-0880>).

Надходження статті 13.07.26.

Прийнято 03.08.26.

Опубліковано 03.09.26.