

УДК 631.816:631.582

© 2021

## **ВИНОС І БАЛАНС ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В АГРОЦЕНОЗІ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ**

*В.В. Іваніна<sup>1</sup>, К.Л. Пашинська<sup>2</sup>, В.М. Смірних<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>доктор сільськогосподарських наук

<sup>3</sup>кандидат сільськогосподарських наук

<sup>1,2</sup>Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна

<sup>3</sup>Веселоподільська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

вул. Селекціонерів, 9, с. Вереміївка Семенівського р-ну Полтавської обл., 38251, Україна

e-mail: <sup>1</sup>v\_ivanina@meta.ua, <sup>2</sup>k.pashynska@gmail.com, <sup>3</sup>VPdss@meta.ua

ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-9471-114X, <sup>2</sup>0000-0002-5519-3087, <sup>3</sup>0000-0003-3294-5095

Надійшла 21.09.2021

**Мета.** Вивчити особливості використання та балансу елементів живлення рослинами сорго зернового за застосування різних систем удобрення. **Методи.** Польовий короткотривалий — для вивчення впливу доз і строків внесення мінеральних добрив на поживний режим, динаміку росту і розвитку сорго зернового; лабораторний — для встановлення кількісних і якісних характеристик ґрунту; математичний — для розрахунку врожайності та виносу елементів ґрунту. **Результати.** Наведено дані досліджень щодо використання азоту, фосфору та калію рослинами, їх обігу та балансу в агроценозі сорго зернового за різних доз і способів застосування азотних добрив. Установлено, що рослини сорго зернового за вирощування в умовах нестійкого зволоження на чорноземі типовому слабкосолонцюватому середньосуглинковому позитивно реагували на внесення високих доз азоту ( $N_{120-150}$ ) у передпосівну культивуацію. При цьому азот і фосфор добрив концентрувалися переважно у зерні рослин, калій — у стеблах. Винос елементів живлення із ґрунту та їх баланс залежали від доз внесення мінеральних добрив і способу використання біологічного врожаю. **Висновки.** Рослини сорго зернового з товарною продукцією із ґрунту виносили переважно азот, побічною — калій. Екологічно стабільною системою удобрення сорго зернового з врожайністю зерна понад 8 т/га визначено внесення у передпосівну культивуацію  $N_{150}$  на фоні  $P_{90}K_{90}$  під оранку без відчуження із поля побічної продукції: інтенсивність балансу азоту — 108%, фосфору — 300, калію — 250% з накопиченням у ґрунті елементів живлення — відповідно 11, 60 та 54 кг/га. За вилучення із поля лише товарного врожаю урівноваженого балансу елементів живлення в чорноземі типовому слабкосолонцюватому можна досягти за зменшених доз мінеральних добрив:  $P_{30}K_{40}$  під оранку +  $N_{140}$  у передпосівну культивуацію. Зазначена система удобрення є економічно ефективною та екологічно стабільною за вирощування сорго зернового.

**Ключові слова:** рослини, азот, фосфор, калій, використання, техногенне навантаження.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-03>

Стрімкі кліматичні зміни останніми роками загострюють проблему з пошуку стійких до посухи і водночас продуктивних сільськогосподарських культур. Сорго зернове є однією з перспективних зернових культур, здатних давати високі врожаї за дефіциту водозабезпечення [1–3]. В Україні ареал вирощування сорго зернового поступово розширюється, культура займає нові екологічні ніші, досягнувши зони Лісостепу з поширеними в ній чорноземними ґрунтами [1, 4].

Систему удобрення сорго зернового в цій ґрунтово-кліматичній зоні вичено недостатньо [5], не встановлено техногенне навантаження культури на агроценоз, не сформована парадигма екологічно збалансованого застосування добрив [4, 6]. Регулювання азотного живлення є одним із ключових чинників впливу на продуктивність сорго зернового [7–9]. Дослідження, проведені в Ефіопії, свідчать, що рослини сорго зернового позитивно відгукувалися на внесення азотних добрив у дозі до 100 кг/га, забезпечивши врожайність зерна понад 5 т/га [10]. Ефективність удобрення азотом підвищувалася за проведення позакореневих підживлень сечовиною [11]. Оптимізація доз і способів внесення азотних добрив сприяли інтенсивному росту та розвитку рослин сорго зернового та забезпечили максимальну його продуктивність [7].

**Мета досліджень** — вивчити особливості використання та балансу елементів живлення рослинами сорго зернового за застосування різних доз і способів внесення азотних добрив.

**Матеріали і методика досліджень.** Дослідження проведено в умовах польового досліді (2017–2020 рр.) Веселоподільської дослідно-селекційної станції, зона недостатнього зволоження Лісостепу України.

Площа посівної ділянки — 75 м<sup>2</sup>, облікової — 50 м<sup>2</sup>. Розміщення варіантів у досліді — систематичне послідовне, повторність 4-разова. У досліді висівали гібрид сорго зернового — Дніпровський 39.

Ґрунт дослідного поля Веселоподільської дослідно-селекційної станції — чорнозем типовий слабкосолонцюватий середньосуглинковий. Агрохімічна та фізико-хімічна характеристика його орного (0–30 см) шару така: рН сольове — 7,4–7,6; сума увібраних

основ — 40 мг-екв на 100 г ґрунту; вміст гумусу за Тюрнім — 4,8–5,1%; рухомий фосфор і калій за Мачигінім — відповідно 42–45 і 152–167 мг/кг ґрунту; лужногідролізований азот за Корнфілдом — 110–115 мг/кг ґрунту.

Застосовували мінеральні добрива: аміачну селітру, суперфосфат простий гранульований, калій хлористий. Для визначення виносу та балансу елементів живлення в агроценозі сорго зернового використовували розрахунковий метод. Розрахунок балансу проводили за вилучення з поля побічної продукції та за умов, коли побічну продукцію залишали на полі.

Уміст елементів живлення в рослинних зразках визначали після мокрого озолення за Гінзбург та ін.: азот — за К'ельдалем згідно з ДСТУ 7169-2010, фосфор — згідно з ГОСТ 26657-97, калій — на полуменевому фотометрі.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Дослідження свідчать, що за вирощування сорго зернового упродовж 2017–2020 рр. на чорноземі типовому слабкосолонцюватому середньосуглинковому без застосування добрив урожайність зерна становила 5,64, стебел — 13,4 т/га. З товарною продукцією рослини виносили азоту — 96 кг/га, фосфору — 21, калію — 22; нетоварною — відповідно 31, 5 та 67 кг/га. З товарним врожаєм рослини виносили із ґрунту переважно азот, побічною продукцією — переважно калій за сумарних обсягів виносу елементів живлення біологічним врожаєм на контролі без добрив: азоту — 127, фосфору — 26, калію — 89 кг/га (табл. 1).

Застосування повного мінерального добрива під оранку в дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> збільшило врожайність зерна порівняно з контролем без добрив на 1,47 т/га, стебел — на 5,1 т/га, при цьому істотно зріс винос рослинами із ґрунту азоту і калію за незначного зростання виносу фосфору. З біологічним врожаєм рослини сорго зернового виносили із ґрунту: азоту — 168 кг/га, фосфору — 37, калію — 126 кг/га зі зростанням до контролю без добрив — відповідно на 41, 11 та 37 кг/га.

За внесення азотних добрив навесні у передпосівну культивуацію в дозі N<sub>90</sub> на фоні P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> під оранку врожайність зерна становила 7,50 т/га, стебел — 19,4 т/га зі зростанням до осіннього внесення азоту —

**1. Винос елементів живлення рослинами сорго зернового на період збирання врожаю (середнє за 2017–2020 рр.), кг/га**

№ варіанта	Варіант	Врожайність зерна, т/га	Винос зерном			Врожайність стебел, т/га	Винос стеблами		
			N	P	K		N	P	K
1	Без добрив (контроль)	5,64	96	21	22	13,4	31	5	67
2	P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> — фон	6,24	106	24	28	15,2	36	7	77
3	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	7,11	123	28	31	18,5	45	9	95
4	Фон + N <sub>90</sub>	7,50	133	29	35	19,4	49	9	103
5	Фон + N <sub>120</sub>	7,68	137	30	34	20,0	51	10	112
6	Фон + N <sub>150</sub>	7,84	139	30	36	20,2	52	10	112
7	Фон + N <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> підживлення	8,07	145	30	37	21,1	53	10	114
	НІР <sub>05</sub>	0,47	–	–	–	1,3	–	–	–
	P, %	3,2	–	–	–	3,5	–	–	–

відповідно на 3,9 та 0,9 т/га. Застосування азотних добрив навесні істотно збільшило врожайність зерна та підвищило винос із ґрунту переважно азоту.

За дози азотних добрив у передпосівну культувацію N<sub>120</sub> і N<sub>150</sub> урожайність зерна сорго зернового порівняно з дозою N<sub>90</sub> підвищилася — відповідно на 0,18 та 0,34 т/га за незначного в межах 0,6–0,8 т/га зростання врожайності стебел. Сорго зернове позитивно реагувало на внесення високих доз азотних добрив у передпосівну культувацію, досягнувши максимальної врожайності зерна — 7,84 т/га за дози азоту навесні N<sub>150</sub>.

Ефективним у посівах сорго зернового було позакореневе підживлення сечовиною (N<sub>30</sub>) на фоні дози азоту N<sub>90</sub>, внесеного у передпосівну культувацію: врожайність зерна — 8,07 т/га з виносом елементів живлення біологічним урожаєм: азоту — 198, фосфору — 40, калію — 151 кг/га.

Розрахунок балансу елементів живлення свідчить, що за вирощування сорго зернового з відчуженням із поля побічної продукції рослини виносили значну кількість азоту і калію, без відчуження — переважно азоту, при цьому винос із ґрунту фосфору був незначним і не перевищував 30 кг/га. Так, на контролі без добрив за відчуження із поля побічної продукції у ґрунті формувався дефіцит азоту на рівні 127 кг/га, фосфору — 26, калію — 89, без відчуження — відповідно 96, 21 та 22 кг/га (табл. 2).

Унесення під оранку N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> поліщило баланс елементів живлення в чорноземі типовому слабкосолонцюватому середньосуглинковому. За відчуження із поля побічної продукції у ґрунті формувався дефіцит азоту — –78 кг/га, калію — –36 кг/га за позитивного балансу фосфору — 53 кг/га, без відчуження — тільки дефіцит азоту (–33 кг/га) за позитивного балансу фосфору і калію — відповідно 62 та 59 кг/га. Відчуження із поля побічної продукції спричинило низьку інтенсивність балансу азоту і калію у ґрунті — відповідно 54 та 71% і потребувало додаткового внесення азотних і калійних добрив.

Застосування азотних добрив навесні не вплинуло істотно на баланс елементів живлення у ґрунті порівняно з осіннім їх внесенням. За дози азоту у передпосівну культувацію N<sub>90</sub> на фоні P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> під оранку інтенсивність балансу азоту у ґрунті за відчуження із поля побічної продукції становила 49%, фосфору — 237, калію — 65%, без відчуження — відповідно 68, 310 та 257%. Внесення азоту навесні підвищило врожайність зерна сорго зернового, не спричиняючи значного техногенного навантаження на ґрунт.

Підвищення дози азоту навесні до N<sub>120</sub> позитивно позначилося на балансі азоту у ґрунті і не впливало істотно на баланс фосфору і калію. За відчуження із поля побічної продукції інтенсивність балансу азоту становила 64%, фосфору — 225,

2. Баланс елементів живлення в агроценозі сорго зернового (середнє за 2017–2020 рр.)

№ варіанта	Варіант	Баланс, ± кг/га			Інтенсивність балансу, %		
		N	P	K	N	P	K
1	Без добрив (контроль)	-96	-21	-22	-	-	-
		-127	-26	-89	-	-	-
2	P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> — фон	-106	66	62	-	375	321
		-142	59	-15	-	290	86
3	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	-33	62	59	73	321	290
		-78	53	-36	54	243	71
4	Фон + N <sub>90</sub>	-43	61	55	68	310	257
		-92	52	-48	49	237	65
5	Фон + N <sub>120</sub>	-17	60	56	88	300	265
		-68	50	-56	64	225	62
6	Фон + N <sub>150</sub>	11	60	54	108	300	250
		-41	50	-58	79	225	61
7	Фон + N <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> підживлення	-25	60	53	62	300	243
		-78	50	-61	46	225	60

Примітка: чисельник — за умови, що стебла залишаються на полі; знаменник — за відчуження стебел із поля; у варіанті 7 враховували тільки азот, що вносили у ґрунт (90 кг/га).

калію — 62%, без відчуження — відповідно 88, 300 та 265%.

Розширеного відтворення поживного режиму чорнозему типового слабкосолонцюватого середньосуглинкового досягали за відчуження із поля товарного врожаю та внесення у передпосівну культивуацію N<sub>150</sub> на фоні P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> під оранку: інтенсивність балансу азоту становила 108%, фосфору — 300, калію — 250%, що супроводжувалося накопиченням у ґрунті азоту — 11 кг/га, фосфору — 60, калію — 54 кг/га. Ця система удобрення вирізнялася надмірно високим внесенням фосфорних і калійних

добрив. За відчуження із поля товарного врожаю і побічної продукції у ґрунті формувалася дефіцит азоту на рівні — 41 кг/га, калію — 58 кг/га за інтенсивності балансу — відповідно 79 і 61%.

Позакореневе підживлення сорго зернового сечовиною (N<sub>30</sub>) на фоні N<sub>90</sub> у передпосівну культивуацію підвищило врожайність зерна, однак формувало дефіцитний баланс азоту і калію у ґрунті. За відчуження із поля побічної продукції у ґрунті формувалася дефіцит азоту — 78 кг/га, калію — 61 кг/га, без відчуження — переважно дефіцит азоту на рівні -25 кг/га.

### Висновки

Рослини сорго зернового з товарною продукцією із ґрунту виносили переважно азот, побічною — переважно калій. На контролі без добрив винос зерном (5,64 т/га) азоту становив 96 кг/га, фосфору — 21, калію — 22, стеблами (13,4 т/га) — відповідно 31, 5 та 67 кг/га. Екологічно стабільною з урожайністю зерна сорго зернового понад 8 т/га визначено систему удобрення, яка передбачала залишати побічну продукцію на полі та вносити у передпосівну культивуацію N<sub>150</sub> на фоні P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> під оранку:

інтенсивність балансу азоту — 108%, фосфору — 300, калію — 250% з накопиченням у ґрунті елементів живлення — відповідно 11, 60 та 54 кг/га. За збереження на полі побічної продукції раціональним є внесення під сорго зернове зменшених доз мінеральних добрив: P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> під оранку + N<sub>140</sub> у передпосівну культивуацію. Така система удобрення формуватиме урівноважений баланс елементів живлення у ґрунті та істотно зменшить витрати на удобрення.

Ivanina V.<sup>1</sup>, Pashynska K.<sup>2</sup>, Smirnykh V.<sup>3</sup>

<sup>1, 2</sup>Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS, 25 Clinical Str., Kyiv, 03141, Ukraine, <sup>3</sup>Veselopodilsk research and selection station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS, 9 Selektioneriv Str., Veremiivka vil., Semenivskyi district, Poltava oblast, 38251, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>v\_ivanina@meta.ua, <sup>2</sup>k.pashynska@gmail.com, <sup>3</sup>VPdss@meta.ua; ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-9471-114X, <sup>2</sup>0000-0002-5519-3087, <sup>3</sup>0000-0003-3294-5095

### Removal and balance of nutritional elements in the agrocenosis of sorghum for grain depending on fertilizer system

**Goal.** To study the peculiarities of the use and balance of nutrients of sorghum for grain plants using different fertilizer systems. **Methods.** Field short-term — to study the effect of doses and timing of mineral fertilizers on the nutritional regime, growth dynamics, and development of sorghum for grain; laboratory — to establish quantitative and qualitative characteristics of the soil; mathematical — to calculate the yield and removal of soil elements. **Results.** The data of researches on the use of nitrogen, phosphorus, and potassium by plants, their circulation, and balance in the agrocenosis of sorghum for grain at different doses and methods of use of nitrogen fertilizers are given. It was found that plants of sorghum for grain when grown

in conditions of unstable moisture on typical weakly saline medium loam chernozem reacted positively to the introduction of high doses of nitrogen (N<sub>120–150</sub>) in pre-sowing cultivation. Nitrogen and phosphorus fertilizers were concentrated mainly in plant grains, potassium — in stems. The removal of nutrients from the soil and their balance depended on the doses of mineral fertilizers and the method of using the biological crop. **Conclusions.** The plants of sorghum for grain removed from the soil with marketable products mainly contain nitrogen, and with the side products — potassium. An ecologically stable fertilizer system was determined for sorghum for grain with grain yield over 8 t/ha. It was an application in pre-sowing cultivation of N<sub>150</sub> on the background of P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> for plowing without removal from the field of by-products: nitrogen balance intensity — 108%, phosphorus — 300, potassium — 250% with accumulation in soil nutrients — 11, 60, and 54 kg/ha respectively. By removing from the field only the commodity harvest, a balanced balance of nutrients in typical weakly saline chernozem can be achieved with reduced doses of mineral fertilizers: P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> for plowing + N<sub>140</sub> in pre-sowing cultivation. Such a fertilizer system is cost-effective and environmentally stable for the cultivation of sorghum for grain.

**Key words:** plants, nitrogen, phosphorus, potassium, use, man-made load.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-03>

## Бібліографія

1. Каражбей Г.М. Стан і перспективи сорго зернового в Україні. *Селекція і насінництво*. 2012. № 101. С. 37–42. doi: 10.30835/2413-7510.2012.59749
2. Базалій В.В., Бойко М.О., Алмашова В.С., Онищенко С.О. Рослинницькі аспекти та агро-екологічні засади вирощування сорго зернового на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 91. С. 3–6.
3. Pale S., Mason S.C., Taonda S.J.B. Water and fertilizer influence on yield of grain sorghum varieties produced in Burkina Faso. *South African J. of Plant and Soil*. 2009. № 26 (2). P. 91–97. doi: 10.1080/02571862.2009.10639939
4. Господаренко Г.М., Климович П.В. Реакція сорго зернового на удобрення на чорноземі опідзоленому: зб. наук. праць Луганського НАУ. 2006. № 69. С. 20–25.
5. Wortmann C.S., Ferguson R.B., Hergert G.W. et al. Nutrient management suggestion for grain sorghum. 2013. 4 p.
6. Кух М.В., Среда В.И. Влияние удобрения на урожайность сортов сорго зернового. *Зерновое хозяйство России*. 2014. № 3. С. 21–27.
7. Melaku N.D., Bayu W., Ziadat F. Effect of nitrogen fertilizer rate and timing on sorghum productivity in Ethiopian highland Vertisols. *Arch. Agron. Soil Sci.* 2018. № 64 (4). P. 480–491. doi: 10.1080/03650340.2017.1362558
8. Abunyewa A.A., Ferguson R.B., Wortmann C.S., Mason S.C. Grain sorghum nitrogen use as affected by planting practice and nitrogen rate. *J. of soil science and plant nutrition*. 2017. № 17(1). P. 155–166. doi: 10.4067/S0718-95162017005000012
9. 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 J. of Agricultural Research*. 2015. № 10. P. 14–23. doi: 10.3923/ijar.2015.14.23
10. 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. *J. of Natural Sciences Research*. 2016. № 6 (5). P. 2224–23186.
11. Sebnie W., Mengesha M., Girmay G. et al. Evaluation of micro-dosing fertilizer application on sorghum (*Sorghum bicolor* L.) production at Wag-Lasta Areas of Amhara Region, Ethiopia. *Scientific Reports*. 2020. № 10. P. 68–89. doi: 10.1038/s41598-020-63851-6