

## **ФОРМУВАННЯ БАЛАНСУ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ПОСІВАХ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ І СТРУКТУРИ СІВОЗМІН**

*В.В. Іваніна<sup>1</sup>, О.О. Табачук<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>доктор сільськогосподарських наук  
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН  
вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна  
e-mail: <sup>1</sup>[iv\\_ivanina@ukr.net](mailto:iv_ivanina@ukr.net), <sup>2</sup>[oxana\\_halaburda@ukr.net](mailto:oxana_halaburda@ukr.net)  
ORCID: <sup>1</sup>[0000-0002-9471-114X](https://orcid.org/0000-0002-9471-114X), <sup>2</sup>[0009-0000-1446-0233](https://orcid.org/0009-0000-1446-0233)*

Надійшла 12.06.2023

**Мета.** Дослідити вплив органо-мінеральних систем удобрення та структури сівозмін на використання і баланс елементів живлення в агроценозі буряків цукрових. **Методи.** Довготривалий польовий та аналітичний. **Результати.** Наведено дані досліджень щодо виносу елементів живлення буряками цукровими та їх балансу в ґрунті із застосуванням органо-мінеральних систем удобрення в короткоротаційних зерно-бурякових сівозмінах. Установлено, що з використанням альтернативних органо-мінеральних систем удобрення в умовах достатнього зволоження на чорноземі вилугуваному лише за наявності гички на полі формуються сталі засади вирощування буряків цукрових. З відчуженням гички з поля лише традиційна система удобрення на основі гною забезпечила позитивний баланс елементів живлення в ґрунті. **Висновки.** Застосування під буряки цукрові мінеральних добрив дозою  $N_{90}P_{90}K_{90}$  забезпечило врожайність коренеплодів у сівозмінах 60,4–63,0 т/га з господарським виносом азоту 174–185 кг/га, фосфору – 44–48, калію – 199–214 кг/га. За мінеральної системи удобрення спостерігався дефіцит елементів живлення в ґрунті, у виносі елементів живлення переважали азот і калій за співвідношення  $N:P:K = 3,0-4,0:1:4,4-4,5$ . За альтернативних органо-мінеральних систем удобрення з унесенням соломи чи в поєднанні соломи і зеленої маси гірчиці білої на фоні  $N_{90}P_{90}K_{90}$  та наявності гички на полі формувалася баланс із незначним дефіцитом азоту і калію в ґрунті. Інтенсивність балансу азоту становила 88–95%, фосфору – 275–319, калію – 90–102%. З відчуженням гички з поля за використання зазначених систем удобрення баланс азоту і калію був екологічно нестабільним, інтенсивність балансу азоту становила 55–56%, фосфору – 182–198, калію – 56–57%. Фактор сівозмін значною мірою не впливав на формування показників балансу елементів живлення в ґрунті. Позитивного балансу елементів живлення досягли за традиційної органо-мінеральної системи удобрення на основі гною.

**Ключові слова:** добрива, побічна продукція, поживні елементи, сидерат, сівозміна.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-02>

В умовах зростаючого потепління отримання сталих урожаїв сільськогосподарських культур значною мірою залежить від стабілізації чи розширеного відтворення родючості ґрунтів [1, 2]. Урівноважений баланс елементів живлення в ґрунті є основою процесів ґрунтоутворення, збереження родючості ґрунтів та забезпечення сталих засад вирощування сільськогосподарських культур [3, 4].

В умовах гострого дефіциту гною застосування альтернативних систем удобрення з використанням побічної продукції чи сидератів сприяє стабільності балансу органічної речовини та елементів живлення у ґрунті [5, 6]. Зазначені системи удобрення передбачають вилучення з поля лише товарного врожаю, що дає змогу на 30–45% зменшити винос елементів живлення з ґрунту [7]. Наявність побічної продукції на полі залучає елементи живлення до процесів рециркуляції і створює режим більш комфортного мінерального живлення для наступних культур у сівозміні [8–10].

Питання балансу елементів живлення в ґрунті є основою для оптимізації доз внесення мінеральних добрив, формування сталих засад виробництва і потребує постійного моніторингу [11].

**Мета досліджень** — вивчити вплив органо-мінеральних систем удобрення та структури сівозмін на використання і баланс елементів живлення в агроценозі буряків цукрових.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проводили в посівах буряків цукрових упродовж 2019–2022 рр. у довготривалому стаціонарному польовому досліді Уладово-Люлинецької дослідно-селекційної станції (УЛДСС) Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (ІБКіЦБ) НААН. Площа посівної ділянки — 200 м<sup>2</sup>, облікової — 100 м<sup>2</sup>. Розміщення варіантів у досліді — систематичне, послідовне, повторність — 3-разова.

Ґрунт дослідного поля — чорнозем вилуваний легкосуглинковий, має такі агрохімічну і фізико-хімічну характеристики шару ґрунту 0–30 см: рН сольове — 6,0–6,3, Нг за Каппеном — 1,12–1,28 мг·екв./100 г ґрунту, сума увібраних основ за Каппеном-Гільковіцем — 24,2–27,5 мг·екв./100 г ґрунту,

уміст гумусу за Тюрнім — 3,9–4,1%, лужно-гідролізованого азоту — 119–128 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору та калію за Чиріковим — відповідно 161–174 і 67–86 мг/кг ґрунту.

У досліді висівали гібрид буряків цукрових Борута фірми Hilleleshög (Німеччина). Мінеральні добрива вносили з осені під оранку: амонійну селітру (34,5% N), суперфосфат простий гранульований (19,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) та калій хлористий (60% K<sub>2</sub>O). Агротехніка вирощування буряків цукрових відповідала загальноприйнятій українській інтенсивній технології для зони Лісостепу.

Збирання і облік урожаю здійснювали методом пробних ділянок із наступним зважуванням і перерахунком на площу 1 га. Уміст елементів живлення в рослинних зразках визначали після мокрого озолення за Гінзбург: азот — за К'ельдалем згідно з ДСТУ 7169-2010, фосфор — ДСТУ ISO 6491:2004, калій — на полуменовому фотометрі.

Для визначення виносу та балансу елементів живлення в агроценозі буряків цукрових використовували розрахунковий метод. Розрахунок балансу проводили за вилучення гички з поля та наявності її на полі.

**Результати досліджень.** Дослідження показали, що за внесення мінеральних добрив дозою N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> врожайність коренеплодів у сівозмінах у середньому за 2019–2022 рр. становила 60,4–63,0 т/га, гички — 19,7–24,1. При цьому з коренеплодами буряки цукрові вносили азоту — 112–120 кг/га, фосфору — 30–32, калію — 122–131; гичкою — 59–65, 14–16 та 74–83 кг/га. Господарський винос азоту становив 174–185 кг/га, фосфору — 44–48, калію — 199–214 кг/га. З урожаєм коренеплодів буряків цукрових винос елементів живлення з ґрунту був у 1,7–2,2 раза більшим, ніж з урожаєм листової маси. Найвищий господарський винос елементів живлення спостерігали в сівозміні ячмінь — горох — пшениця озима — буряки цукрові: азоту — 185 кг/га, фосфору — 48, калію — 214 кг/га. У сівозмінах із 2 полями сої та передпопередниками горох — вико-овес винос азоту був меншим на 9–11 кг/га, фосфору — 3–4, калію — на 12–15 кг/га. У господарському виносі елементів живлення переважали калій та азот

за співвідношення N:P:K = 3,0–4,0:1:4,4–4,5 (табл. 1).

З додаванням соломи пшениці озимої до мінеральної системи удобрення врожайність коренеплодів підвищилася на 3,9–4,9 т/га, гички — 1,4–2,6, винос азоту з господарським урожаєм збільшився на 6–15 кг/га, фосфору — 4, калію — на 12–21 кг/га. Незначне збільшення виносу калію спостерігалося в сівозміні з 2 полями сої, азоту — за передпопередників горох — вико-овес.

Підвищенню біологічного врожаю буряків цукрових в умовах достатнього зволоження на чорноземі вилугуваному сприяло застосування  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + солома + сидерат. Урожайність коренеплодів порівняно з унесенням  $N_{90}P_{90}K_{90}$  зросла на 7,7–8,1 т/га, гички — 1,9–3,7 т/га. За цієї системи удобрення порівняно з фоном мінеральних добрив збільшився винос азоту буряками цукровими в сівозмінах на 23–28 кг/га,

фосфору — 5–8, калію — на 36–40 кг/га.

Вплив традиційної системи удобрення на основі гною на біологічну продуктивність буряків цукрових і винос елементів живлення з ґрунту наближався за ефективністю до альтернативного удобрення з унесенням мінеральних добрив, соломи та зеленої маси гірчиці білої. За внесення  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + 30 т/га гною врожайність коренеплодів порівняно з фоном мінеральних добрив підвищилася на 6,6–9,3 т/га, гички — 2,2–4,0 т/га. При цьому винос азоту буряками цукровими в сівозмінах зріс на 25–33 кг/га, фосфору — 5–8, калію — на 30–45 кг/га.

Розрахунок балансу елементів живлення показав, що за наявності гички буряків цукрових на полі з унесенням  $N_{90}P_{90}K_{90}$  формувався негативний баланс азоту — –27 кг/га і калію — –38 кг/га, баланс фосфору був позитивним — 60 кг/га. За відчуження гички з поля дефіцит балансу азоту в ґрунті

**1. Винос елементів живлення буряками цукровими залежно від удобрення і структури сівозмін (УЛДСС, 2019–2022 рр.), кг/га**

Варіант	Сівозмінa (фактор А)	Внесення добрив під буряки цукрові (фактор В)	Урожайність коренеплодів, т/га	Винос коренеплодами			Урожайність гички, т/га	Винос гичкою		
				N	P	K		N	P	K
1	Соя — соя —	$N_{90}P_{90}K_{90}$ — фон	61,5	117	30	128	19,7	59	14	74
2	пшениця озима — буряки цукрові	Фон + солома	65,8	124	32	138	22,3	67	16	85
3		Фон + солома + сидерат	69,2	134	35	148	23,4	71	17	90
4		Фон + 30 т/га гною	69,4	134	34	147	23,6	71	16	89
5	Ячмінь —	$N_{90}P_{90}K_{90}$ — фон	63,0	120	32	131	21,9	65	16	83
6	горох — пшениця озима — буряки цукрові	Фон + солома	64,9	122	31	138	23,2	69	16	88
7		Фон + солома + сидерат	70,9	136	36	151	23,8	72	17	91
8		Фон + 30 т/га гною	69,6	137	36	151	24,1	73	17	93
9	Горох — вико-овес — пшениця озима — буряки цукрові	$N_{90}P_{90}K_{90}$ — фон	60,4	112	30	122	20,6	62	15	77
10		Фон + солома	64,3	120	33	134	22,0	66	16	84
11		Фон + солома + сидерат	68,5	129	33	147	23,9	73	17	92
12		Фон + 30 т/га гною	69,7	133	35	149	24,6	74	18	95
	НІР <sub>05</sub> (фактор А)		1,3				0,6			
	НІР <sub>05</sub> (фактор В)		2,8				0,9			
	НІР <sub>05</sub> (фактор А+В)		3,9				1,5			

Примітка: сидерат — гірчиця біла, урожайність зеленої маси — 17,8 т/га (для табл. 1, 2).

збільшився в 3,2 раза, калію — 2,9 раза, при цьому зберігався позитивний баланс фосфору (табл. 2).

Із застосуванням альтернативної ор-гано-мінеральної системи удобрення за внесення соломи пшениці озимої та за наявності гички буряків цукрових на полі формувалися сталі основи вирощування цієї культури в умовах достатнього зво-ложення на чорноземі вилугуваному. За внесення  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + солома пшениці ози-мої і наявності гички на полі баланс азоту в сівозміні з 2 полями сої становив 10 кг/га, фосфору — 67, калію — -2; з передпо-передниками ячмінь — горох — -8%; 68 та -2, передпопередниками горох — ви-ко-овес — -6; 66 та 2 кг/га. За цієї системи удобрення спостерігався незначний дефі-цит азоту в ґрунті в кількості -6...-10 кг/га та калію — -2 за інтенсивності балансу

азоту в сівозмінах 92–95%, фосфору — 300–319, калію — 99–102%. З відчуженням гички з поля формувався значний дефіцит азоту і калію в ґрунті в кількості -72...-77 та -82...-90 кг/га за інтенсивності балансу азоту в сівозмінах 60–61%, фосфору — 202–211, калію — 69–62%. Фактор сівозмін значною мірою не впливав на формування балансу елементів живлення в ґрунті.

Сталі основи вирощування буряків цу-крових із незначним дефіцитом азоту і ка-лію в ґрунті створювалися при застосуванні альтернативної ор-гано-мінеральної системи удобрення, збагаченої на органічний компо-нент. За внесення  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + солома + сид-ерат і наявності гички на полі баланс азоту в ґрунті в сівозміні з 2 полями сої стано-вив -20 кг/га, фосфору — 64, калію — -12, з передпопередниками ячмінь — горох — -22; 63 та — -15, передпопередниками

**2. Баланс елементів живлення в агроценозі буряків цукрових залежно від удобрення і структури сівозмін (УЛДСС, 2019–2022 рр.)**

Варіант	Сівозіна (фактор А)	Внесення добрив під буряки цукрові (фактор Б)	Баланс, кг/га		
			N	P	K
1	Соя — соя — пшениця озима — буряки цукрові	$N_{90}P_{90}K_{90}$ — фон	-27	60	-38
			-86	46	-112
2		Фон + солома	-10	67	-2
			-77	51	-87
3		Фон + солома + сидерат	-20	64	-12
			-91	47	-102
4		Фон + 30 т/га гною	106	131	123
			35	115	34
5	Ячмінь — горох — пшениця озима — буряки цукрові	$N_{90}P_{90}K_{90}$ — фон	-30	58	-41
			-95	42	-124
6		Фон + солома	-8	68	-2
			-77	52	-90
7		Фон + солома + сидерат	-22	63	-15
			-94	46	-106
8		Фон + 30 т/га гною	103	129	119
			30	112	26
9	Горох — вико-овес — пшениця озима — буряки цукрові	$N_{90}P_{90}K_{90}$ — фон	-22	60	-32
			-84	45	-109
10		Фон + солома	-6	66	2
			-72	50	-82
11		Фон + солома + сидерат	-15	66	-11
			-88	49	-103
12		Фон + 30 т/га гною	107	130	121
			33	112	26

Примітка. Чисельник — за наявності гички на полі; знаменник — за відчуження гички з поля.

горох — вико-овес — 15; 66 та — 11 кг/га. При цьому інтенсивність балансу азоту в ґрунті була 83–88%, фосфору — 275–300, калію — 90–93%. У разі відчуження гички з поля інтенсивність балансу азоту в сівозмінах знизилася до 55–56%, фосфору — до 182–198, калію — до 56–57%. Вплив структури короткоротаційних сівозмін на формування балансу елементів живлення в ґрунті був неістотним.

Високий позитивний баланс елементів живлення в ґрунті в усіх сівозмінах формувався за традиційної органо-мінеральної системи удобрення на основі гною. З унесенням  $N_{90}P_{90}K_{90} + 30$  т/га гною та наявності гички на полі інтенсивність балансу азоту в ґрунті становила 175–180%, фосфору — 458–485, калію — 179–184%;

за відчуження гички з поля — 114–117; 311–330 та 111–114%. Великі обсяги надходження поживних елементів у складі гною були основою розширеного відтворення родючості чорнозему вилугуваного, що збільшувало фонд рухомих форм елементів живлення в ґрунті.

Отже, в умовах достатнього зволоження із застосуванням під буряки цукрові альтернативних органо-мінеральних систем удобрення за наявності гички на полі формуються сталі засади вирощування цієї культури. За гострого дефіциту гною зазначені системи удобрення є ефективними для використання в короткоротаційних зерно-бурякових сівозмінах. Фактор сівозмін не мав значного впливу на формування показників балансу елементів живлення у ґрунті.

## Висновки

Із застосуванням під буряки цукрові  $N_{90}P_{90}K_{90}$  в умовах достатнього зволоження на чорноземі вилугуваному врожайність коренеплодів у сівозмінах становила 60,4–63,0 т/га з господарським виносом азоту 174–185 кг/га, фосфору — 44–48, калію — 199–214 кг/га. За мінеральної системи удобрення формувалася негативний баланс елементів живлення в ґрунті. У виносі елементів живлення переважали калій та азот за співвідношення N:P:K = 3,0–4,0:1:4,4–4,5.

За альтернативних органо-мінеральних систем удобрення з унесенням соломи чи в поєднанні соломи і зеленої маси гірчиці білої на фоні  $N_{90}P_{90}K_{90}$  і наявності гички на полі був незначний дефіцит азоту і калію в ґрунті. Інтенсивність балансу азоту становила 88–95%, фосфору — 275–319, калію — 90–102%. У разі відчуження гички з поля за використання зазначених систем

удобрення створювалася різкий дефіцит азоту і калію в ґрунті. Інтенсивність балансу азоту становила 55–56%, фосфору — 182–198, калію — 56–57%. Фактор сівозмін не мав значного впливу на формування показників балансу елементів живлення в ґрунті.

Позитивного балансу елементів живлення в ґрунті досягали за традиційної органо-мінеральної системи удобрення на основі гною. Великі обсяги надходження поживних елементів у складі гною були основою розширеного відтворення родючості чорнозему вилугуваного і збільшили фонд рухомих сполук елементів живлення в ґрунті. З унесенням  $N_{90}P_{90}K_{90} + 30$  т/га гною і наявністю гички в полі інтенсивність балансу азоту становила 175–180%, фосфору — 458–485, калію — 179–184%, за відчуження гички з поля — відповідно 114–117%, 311–330 та 111–114%.

Ivanina V.<sup>1</sup>, Tabachuk O.<sup>2</sup>

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS; 25 Klinichna Str., Kyiv, 03141, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>v\_ivanina@ukr.net, <sup>2</sup>oxana\_halaburda@ukr.net; ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-9471-114X, <sup>2</sup>0009-0000-1446-0233

**Formation of the balance of nutrients in sugar beet crops depending on fertilization and crop rotation structure**

**Goal.** To study the influence of organomineral fertilizer systems and the structure of crop rotations on the use and balance of nutrients in the agrocenosis of sugar beets. **Methods.** Long-term field and analytical. **Results.** The research data on the removal of nutrients by sugar beets and their balance in the soil with the use of organomineral fertilizer systems in short-term beet crop rotations are given. It was established that with the use of alternative

organomineral fertilizer systems in conditions of sufficient moisture on the leached chernozem only in the presence of humus in the field, stable bases for growing sugar beets were formed. With the exclusion of haulm from the field, only the traditional manure-based fertilizer system ensured a positive balance of nutrients in the soil. **Conclusions.** The use of mineral fertilizers in a dose of  $N_{90}P_{90}K_{90}$  for sugar beets ensured the yield of root crops in rotations of 60.4–63.0 t/ha with economic removal of nitrogen 174–185 kg/ha, phosphorus — 44–48, potassium — 199–214 kg/ha. Under the mineral fertilizer system, nutrients were deficient in the soil, nitrogen and potassium prevailed in the removal of nutrients in the ratio N:P:K = 3.0–4.0:1:4.4–4.5. Under alternative organomineral fertilizer systems with the introduction of straw or in a combination of straw and green mass of white mustard against the

background of  $N_{90}P_{90}K_{90}$  and the presence of haulm in the field, a balance was formed with a slight deficiency of nitrogen and potassium in the soil. The intensity of nitrogen balance was 88–95%, phosphorus — 275–319, and potassium — 90–102%. With the removal of haulm from the field using the specified fertilizer systems, the balance of nitrogen and potassium was ecologically unstable, the intensity of the nitrogen balance was 55–56%, phosphorus — 182–198, and potassium — 56–57%. The crop rotation factor did not significantly affect the formation of indicators of the balance of nutrients in the soil. A positive balance of nutrients was achieved with the traditional organomineral fertilizer system based on manure.

**Key words:** fertilizers, by-products, nutrients, siderate, crop rotation.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-02>

## Бібліографія

1. Liu Y., Ma J., He W. et al. Temporal and spatial variation of potassium balance in agricultural land at national and regional levels in China. *PLoS One*. 2017. № 12(9). P. 1–17. doi: 10.1371/journal.pone.0184156
2. Lukowiak R., Grzebisz W., Sassenrath G.F. New insights into phosphorus management in agriculture — A crop rotation approach. *Science of The Total Environment*. 2016. V. 542. № 15. P. 1062–1077. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.009
3. Заришняк А.С., Балюк С.А., Лісовий М.В., Комариста А.В. Баланс гумусу і поживних речовин у ґрунтах України. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 1. С. 28–32.
4. Sassenrath G.F., Schneider J.M., Gaj R. et al. Nitrogen balance as an indicator of environmental impact: toward sustainable agricultural production. *Agricultural Food System*. 2013. № 28. P. 276–289. doi: 10.1017/S1742170512000166
5. Сайко В.Ф. Наукові основи землеробства в контексті змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 11. С. 5–10.
6. Martyniuk S., Pikuła D., Kozieł M. Soil properties and productivity in two long-term crop rotations differing with respect to organic matter management on an Albic Luvisol. *Scientific Report*. 2019. № 9. 1878. doi: 10.1038/s41598-018-37087-4
7. Цвей Я.П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін: монографія. Київ: Компрінт, 2014. 416 с.
8. Blesh J., Drinkwater L.E. The impact of nitrogen source and crop rotation on nitrogen mass balances in the Mississippi River Basin. *Ecological society of America*. 2013. V. 23, № 5. P. 1017–1035. doi: 10.1890/12-0132.1
9. Venkatesh M.S., Hazra K.K., Ghosh P.K. et al. Long-term effect of crop rotation and nutrient management on soil–plant nutrient cycling and nutrient budgeting in Indo–Gangetic plains of India. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2017. V. 63, № 14. P. 2007–2022. doi: 10.1080/03650340.2017.1320392
10. Lemke R.L., VandenBygaart A.J., Campbell C.A. et al. Crop residue removal and fertilizer N: effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll. *Agriculture Ecosystem Environment*. 2010. № 135. P. 42–51. doi: 10.1016/j.agee.2009.08.010
11. Носко Б.С., Дуда Г.Г. Про наслідки агро-екологічного моніторингу на базі багаторічних дослідів з добривами. *Тези доповідей IV з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків України*. Харків, 1994. С. 6–7.