

УДК 631.83.84.85.618

© 2018

## РЕЦИРКУЛЯЦІЯ ТА БАЛАНС ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЗА АЛЬТЕРНАТИВНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ\*

*І.А. Павук*

*Вінницький національний аграрний університет  
вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна  
e-mail: [matematiks@gmail.com](mailto:matematiks@gmail.com)*

Надійшла 2.01.2018

*\* Науковий керівник —  
доктор сільськогосподарських наук В.В. Іваніна*

**Мета.** Вивчити особливості рециркуляції елементів живлення в агроценозі буряків цукрових і сформувані урівноважений їх баланс за альтернативних органо-мінеральних систем удобрення. **Методи.** Короткотривалий польовий і лабораторно-аналітичні з математичною обробкою отриманих результатів. **Результати.** Показано колообіг і баланс азоту, фосфору та калію за застосування під буряки цукрові традиційних та альтернативних систем удобрення. **Висновки.** Внесення під буряки цукрові 5 т/га соломи + сидерат +  $N_{90}P_{60}K_{90}$  +  $N_{50}$  + максимум, 4 кг/га визначено високоефективною і екологічно збалансованою системою удобрення. Таке застосування добрив формувало урівноважений баланс елементів живлення в агроценозі буряків цукрових за азотом і фосфором — відповідно – 5 кг/га та +10 кг/га; з дефіцитом калію на рівні 69 кг/га. Заробляння на добриво гички буряків цукрових повертало у ґрунт азоту — 49%, фосфору — 40, калію — 50% від господарського їх виносу, що дало змогу під наступну культуру сівозміни у формі легкодоступних органічних сполук вносити азоту — 139 кг/га, фосфору — 35, калію — 161 кг/га.

**Ключові слова:** елементи живлення, баланс, рециркуляція, буряки цукрові.

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур потребують зменшення економічних витрат і біогенного навантаження в агроєкосистемах [1–3]. Застосування на добриво побічної продукції вирощуваних культур збагачує ґрунт органічною речовиною, зменшує обсяги виносу поживних речовин із ґрунту та завдяки процесам рециркуляції поліпшує мінеральне живлення рослин [4, 5]. Альтернативні органо-мінеральні системи удобрення з внесенням на добриво соломи пшениці озимої та зеленої маси гірчиці білої дають змогу значно зменшити витрати на застосування мінеральних добрив, забезпечуючи водночас сталість технологій вирощування сільськогосподарських культур [6–9]. За умов

гострого дефіциту виробництва і застосування гною альтернативна система удобрення буряків цукрових заслуговує особливої уваги, оскільки дає змогу досягти високих показників продуктивності на засадах екологічно збалансованого і економічно ефективного застосування добрив [10, 11].

**Мета досліджень** — вивчити особливості рециркуляції поживних речовин в агроєкосистемах, їх баланс та оптимізацію мінерального живлення буряків цукрових за застосування альтернативних органо-мінеральних систем удобрення.

**Матеріали і методика досліджень.** Дослідження проводили в умовах тимчасового польового досліді (2015–2017 рр.) Уладово-Люлинецької дослідно-селекційної

**1. Винос елементів живлення рослинами буряків цукрових на період збирання врожаю (середнє за 2015–2017 рр.), кг/га**

№ варіанта	Варіант	Урожайність коренеплодів, т/га	Винос коренеплодами			Урожайність гички, т/га	Винос гичкою			
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1	Без добрив (контроль)	44,2	86	29	93	28,1	88	20	102	
2	Без добрив (контроль)	47,1	93	31	99	<b>29,3</b>	<b>90</b>	<b>20</b>	<b>106</b>	
3	5 т/га соломи пшениці  5 т/га соломи + сидерат	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	59,1	119	40	128	35,7	115	26	137
4		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	59,6	125	41	136	35,8	115	27	138
5		N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + *N <sub>50</sub>	61,7	132	43	140	37,6	124	27	143
6		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + *N <sub>50</sub>	62,2	137	44	144	38,0	127	28	147
7		N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + *N <sub>50</sub> + + максимум, 4 кг/га	63,2	137	45	145	40,1	136	30	158
8		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + *N <sub>50</sub> + + максимум, 4 кг/га	63,2	137	44	147	40,7	136	31	159
9		Без добрив (контроль)	47,3	92	32	102	<b>28,7</b>	<b>88</b>	<b>21</b>	<b>104</b>
10		N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	60,2	122	43	136	37,1	120	28	140
11		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	61,5	129	44	144	37,7	123	28	143
12		N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + *N <sub>50</sub>	62,6	133	45	147	37,8	129	30	148
13		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + *N <sub>50</sub>	63,3	143	47	150	39,4	136	31	157
14		N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + *N <sub>50</sub> + + максимум, 4 кг/га	65,1	145	50	159	40,7	139	33	161
15		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + *N <sub>50</sub> + + максимум, 4 кг/га	65,5	146	50	158	40,3	136	32	158
HiP <sub>0,05</sub>		фон органічних добрив	1,1	–	–	–	0,6	–	–	–
		система удобрення	2,4	–	–	–	1,4	–	–	–
	загальна	3,3	–	–	–	1,8	–	–	–	

\* Компенсаційна доза азоту (до табл. 1 і 2).

станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, зона достатнього зволоження Лісостепу України.

Площа посівної ділянки — 75 м<sup>2</sup>, облікової — 50 м<sup>2</sup>. Розміщення варіантів у дослідах — систематичне послідовне, повторність 4-разова. Гібрид буряків цукрових — Булава, агротехніка вирощування є загальноприйнятною для зони Лісостепу.

Ґрунт дослідного поля — чорнозем вилугуваний легкосуглинковий, має таку фізико-хімічну і агрохімічну характеристику орного 0–30 см шару: рН сольове — 5,9–6,5; Нг — 1,18–1,30 мг-екв./100 г ґрунту; сума увібраних основ — 24,4–27,6 мг-екв./100 г ґрунту; гумус за Тюрнімом — 4,0–4,2%;

лужногідролізований азот за Корнфілдом — 130–140 мг/кг ґрунту; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і K<sub>2</sub>O за Чиріковим — 140–160 і 75–80 мг/кг ґрунту.

Застосовували мінеральні добрива: аміачну селітру, суперфосфат простий гранульований, калій хлористий. Органічні добрива вносили у формі альтернативних джерел органіки — зеленої маси поживної сидеральної культури гірчиці білої (середньою врожайністю — 26 т/га) та соломи пшениці озимої — 5 т/га.

Під час розрахунків балансу поживних речовин в агроценозі буряків цукрових надходження у ґрунт елементів живлення з соломою попередника пшениці озимої чи сидератом не враховували.

2. Баланс і рециркуляція елементів живлення в агроценозі буряків цукрових (середнє за 2015–2017 рр.)

№ варіанта	Варіант	Баланс, ± кг/га			Рециркуляція, %			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1	Без добрив (контроль)	-86	-29	-93	51	41	52	
2	Без добрив (контроль)	-93	-31	-99	49	39	52	
3	5 т/га соломи + сидерат	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	-29	+20	-38	49	39	52
4		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	-5	+49	-16	48	40	50
5		N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + *N <sub>50</sub>	+8	+17	-50	48	39	51
6		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + *N <sub>50</sub>	+33	+46	-24	48	39	51
7		N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + *N <sub>50</sub> + максимум, 4 кг/га	+3	+15	-55	50	40	52
8		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + *N <sub>50</sub> + максимум, 4 кг/га	+33	+46	-28	50	41	52
9		Без добрив (контроль)	-92	-32	-102	49	40	51
10		N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	-32	+17	-46	50	39	51
11		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	-9	+46	-24	49	39	50
12		N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + *N <sub>50</sub>	+7	+15	-57	49	40	50
13		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + *N <sub>50</sub>	+27	+43	-30	49	40	51
14		N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + *N <sub>50</sub> + максимум, 4 кг/га	-5	+10	-69	49	40	50
15		N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + *N <sub>50</sub> + максимум, 4 кг/га	+24	+40	-38	48	39	50

Примітка. Баланс — за залишення гички на полі; рециркуляція — від господарського виносу.

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

**Результати досліджень та їх обговорення.** Дослідження, проведені в тимчасовому польовому досліді Уладово-Люлинецької дослідно-селекційної станції, свідчать, що застосування альтернативних органо-мінеральних систем удобрення забезпечило врожайність буряків цукрових на рівні 59–65 т/га, що перевищувало контроль без добрив на 14,9–21,3 т/га. За цієї врожайності рослини буряків цукрових з коренеплодами виносили азоту — 119–146 кг/га, фосфору — 40–50, калію — 128–158; гичкою — відповідно 115–139, 20–33 та 137–161 кг/га (табл. 1).

За застосування під буряки цукрові різних комбінацій мінеральних добрив на фоні 5 т/га соломи + сидерат врожайність коренеплодів порівняно з унесенням мінеральних добрив на фоні лише соломи була незначно вищою — на 1,1–2,3 т/га, що

супроводжувалося збільшенням господарського виносу азоту — на 8–12 кг/га, фосфору — на 5–8, калію — на 11–17 кг/га.

Найвищий винос поживних речовин виявлено за застосування 5 т/га соломи + сидерат + N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>50</sub> + максимум, 4 кг/га: господарський винос азоту — 284 кг/га, фосфору — 83, калію — 320 кг/га. Порівняно з вирощуванням буряків цукрових на фоні органічних добрив (5 т/га соломи + сидерат) господарський винос азоту збільшився — на 104 кг/га, фосфору — на 30, калію — на 110 кг/га.

Внесення одинарної дози мінеральних добрив (5 т/га соломи + сидерат + N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>) порівняно з багаторазовим їх внесенням на фоні органічних добрив знижувало врожайність буряків цукрових на 4,9 т/га і супроводжувалося зменшенням господарського виносу азоту — на 42 кг/га, фосфору — на 12, калію — на 44 кг/га.

За багаторазового застосування мінеральних добрив на фоні заробляння соломи (солома + N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>50</sub> + максимум, 4 кг/га) господарський винос азоту становив 273 кг/га, фосфору — 75, калію — 303 кг/га,

що порівняно з варіантом, де вносили лише соломі, було вищим відповідно на 90, 24 та 98 кг/га, порівняно з внесенням 5 т/га соломи +  $N_{90}P_{60}K_{90}$  — відповідно на 39, 9 та 38 кг/га.

Отже, застосування під буряки цукрові альтернативних органо-мінеральних систем удобрення порівняно з вирощуванням їх на фоні лише органічних добрив істотно підвищувало врожайність і збільшувало винос елементів живлення господарським врожаєм у 1,3–1,5 рази.

Альтернативні системи удобрення з застосуванням на добриво побічної продукції залучали значну кількість елементів живлення до процесів рециркуляції, повертаючи у ґрунт азоту від господарського виносу — 48–51%, фосфору — 39–41, калію — 50–52%. Ця кількість поживних речовин після швидкої мінералізації гички була джерелом мінерального живлення наступної культури, яку переважно вирощували по післядії добрив. За заорювання гички наступна культура у сівозміні отримувала у формі легкодоступних сполук азоту — 88–139 кг/га, фосфору — 20–33, калію — 102–161 кг/га. Альтернативна органо-мінеральна система удобрення створювала надійні основи підвищення врожайності культур, які вирощуються у післядії добрив, забезпечуючи їх достатньо високою кількістю поживних речовин у легкодоступних формах (табл. 2).

Застосування на добриво побічної продукції

істотно зменшувало біогенне навантаження у агроecosистемах. Розрахунки балансу поживних речовин за заорювання на добриво гички буряків цукрових свідчать, що отримання врожайності коренеплодів 60–65 т/га супроводжувалося виносом із ґрунту азоту — 122–146 кг/га, фосфору — 43–50, калію — 136–159 кг/га, що від господарського їх виносу становило 50–60%.

За вирощування буряків цукрових на фоні 5 т/га соломи без внесення мінеральних добрив і в разі повернення у ґрунт гички після закінчення збирання врожаю рослини буряків цукрових із ґрунту виносили азоту — 93 кг/га, фосфору — 31, калію — 99; на фоні 5 т/га соломи + зелена маса гірчиці білої — відповідно 92, 32 та 102 кг/га.

Урівноважений баланс елементів живлення в агроценозі буряків цукрових за азотом і фосфором формувався за внесення 5 т/га соломи +  $N_{90}P_{60}K_{90}$  +  $N_{50}$  + максимум, 4 кг/га — відповідно +3 та + 15 кг/га, з дефіцитом калію на рівні 55 кг/га.

За застосування 5 т/га соломи + сидерат +  $N_{90}P_{60}K_{90}$  +  $N_{50}$  + максимум, 4 кг/га баланс азоту був незначно від'ємним — -5 кг/га, фосфору — +10, калію — -69 кг/га.

Отже, забезпечення сталих засад вирощування буряків цукрових і отримання врожайності коренеплодів на рівні 60–65 т/га за альтернативних систем удобрення потребує внесення азотних добрив на рівні 140 кг/га, фосфорних — 50, калійних — 160 кг/га.

## Висновки

*В умовах достатнього зволоження найефективнішою альтернативною органо-мінеральною системою удобрення визначено 5 т/га соломи + сидерат +  $N_{90}P_{60}K_{90}$  +  $N_{50}$  + максимум, 4 кг/га. Внесення зазначеної кількості органічних і мінеральних добрив дало змогу отримати врожайність коренеплодів буряків цукрових 65,1 т/га і за заорювання на добриво гички рослини із ґрунту виносили азоту — 145 кг/га, фосфору — 50, калію — 159 кг/га, що від господарського їх виносу становило 50–60%.*

*Застосування під буряки цукрові 5 т/га соломи + сидерат +  $N_{90}P_{60}K_{90}$  +  $N_{50}$  + максимум,*

*4 кг/га формувало урівноважений баланс елементів живлення в агроценозі буряків цукрових за азотом і фосфором — відповідно -5 кг/га та +10 кг/га; з дефіцитом калію на рівні 69 кг/га.*

*Альтернативні органо-мінеральні системи удобрення завдяки процесам рециркуляції повертали у ґрунт з побічної продукцією від господарського їх виносу азоту — 48–50%, фосфору — 39–41, калію — 50–52%. Це дає змогу під наступну культуру сівозміні у формі легкодоступних органічних сполук вносити азоту — 115–139 кг/га, фосфору — 20–33, калію — 137–161 кг/га.*

**Павук І.А.**

Винницький національний аграрний університет, ул. Сонячна, 3, г. Вінниця, 21008, Україна; e-mail: matematiks@gmail.com

**Рециркуляція і баланс елементів живлення при альтернативних системах удобрення свеклы сахарної**

**Цель.** Изучить особенности рециркуляции элементов питания в агроценозе свеклы сахарной и сформировать уравновешенный их баланс при альтернативных органико-минеральных системах удобрення. **Методы.** Кратковременный полевой и лабораторно-аналитические с математической обработкой полученных результатов. **Результаты.** Показано круговорот и баланс азота, фосфора и калия при применении под свеклу сахарную традиционных и альтернативных систем удобрення. **Выводы.** Внесение под свеклу сахарную 5 т/га соломы+сидерат+ $N_{90}P_{60}K_{90}+N_{50}$ +максимум, 4 кг/га определено высокоэффективной и экологически сбалансированной системой удобрення. Такое применение удобрення формировало уравновешенный баланс элементов питания в агроценозе свеклы сахарной по азоту и фосфору — соответственно –5 кг/га и +10 кг/га; с дефицитом калия на уровне 69 кг/га. Задельвание на удобрення ботвы свеклы сахарной возвращало в почву азота — 49%, фосфора — 40, калия — 50% от хозяйственного их выноса, что позволяло под следующую культуру севооборота в форме легкодоступных органических соединений вносить азота — 139 кг/га, фосфора — 35, калия — 161 кг/га.

**Ключевые слова:** элементы питания, баланс, рециркуляция, свекла сахарная.

**Pavuk I.**

Vinnitsya National agrarian university, Soniachna Str., 3, Vinnitsya, 21008, Ukraine; e-mail: matematiks@gmail.com

**Recycling and balance of nutrients at alternative fertilizer systems of sugar beet**

**The purpose.** To study features of recycling of nutrients in agroecosis of sugar beet and to generate their equilibrated balance at alternative organic-mineral fertilizer systems. **Methods.** Short-term field and laboratory-analytical with mathematical processing of the gained results. **Results.** They show circulation and balance of nitrogen, phosphorus and potassium at cultivation of sugar beet with the use of traditional and alternative fertilizer systems. **Conclusions.** Use at cultivation of sugar beet of 5 t/hectare of straw+green manure crop+ $N_{90}P_{60}K_{90}+N_{50}$ +Maximus, 4 kg/hectare is specified by highly efficient and ecologically balanced fertilizer system. Such application of fertilizers formed the equilibrated balance of nutrients in agroecosis of sugar beet: nitrogen and phosphorus — 5 kg/hectare+10 kg/hectare accordingly, and deficiency of potassium (at level of 69 kg/hectare). Use as fertilizer of haulm of sugar beet refunded in soil 49% of nitrogen, 40% of phosphorus, and 50% of potassium (from their economic removal). That made it possible to enter 139 kg/hectare of nitrogen, 35 kg/hectare of phosphorus, and 161 kg/hectare of potassium under the next crop in rotation in the form of easily accessible organic compounds.

**Key words:** nutrients, balance, recycling, sugar beet.

**Бібліографія**

1. Іваніна В.В. Біологізація удобрення культур у сівознах. Київ: Компринт, 2016. 328 с.
2. Beegle D.B., Carton O.T., Bailey J.S. Nutrient management planning: justification, theory, practice. *J. Environment Quality*. 2000. № 29. P. 72–79.
3. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві: монографія. Рівне: Волинські обереги, 2007. 320 с.
4. Цвей Я.П., Іваніна В.В., Цebro Ю.М. та ін. Баланс елементів живлення у зерно-буряковій сівозміні залежно від системи удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 1. С. 33–37.
5. Заршиняк А.С., Іваніна В.В., Колібабчук Т.В. Стабілізація біогенного балансу та продуктивність зерно-бурякової сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 4. С. 26–30.
6. Анисимова Т.Ю. Эффективность соломы и баланс питательных элементов в звене севооборота с люпином. *Агрoхимия*. 2002. № 5. С. 63–65.
7. Цвей Я.П., Касянчук Ф.П. Використання поживної гірчиці при вирощуванні цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2004. № 3. С. 14–15.
8. Іванов В.П., Прасол В.І., Міщенко Ю.Г., Коваленко М.П. Побічна продукція та проміжні культури як фактор стабілізації родючості ґрунту. *Зб. наук. пр. ІЗ НААН*. Київ, 2003. Спец. вип. С. 48–51.
9. Цвей Я.П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін. Київ: Компринт, 2014. 413 с.
10. Magdoff F., Lanyon L., Liebhardt B. Nutrient cycling, transformations and flows: Implications for a more sustainable agriculture. *Advances in Agronomy*. 1997. № 60. P. 2–73.
11. Draycott A.P., Christenson D.R. Nutrients for sugar beet production. *Soil-Plant Relationships*. CABI: Wallingford, 2003. P. 7–181.