

УДК 631.816:631.582

## Винос та баланс елементів живлення в агроценозі буряків цукрових за біологізації та осучаснення систем удобрення

 В. В. Іваніна\*,  О. О. Табачук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна,  
\*e-mail: v\_ivanina@ukr.net

**Мета.** Дослідити вплив азотних добрив та мікродобрив на баланс елементів живлення в агроценозі буряків цукрових за альтернативної на основі соломи органо-мінеральної системи удобрення. **Методи.** Короткотривалий польовий та аналітичний. **Результати.** Представлено дані досліджень щодо вмісту, виносу та балансу елементів живлення в агроценозі буряків цукрових за застосування альтернативних органо-мінеральних систем удобрення. Установлено, що в умовах достатнього зволоження на чорноземі вилугуваному альтернативне органо-мінеральне удобрення буряків цукрових формувало позитивний баланс елементів живлення у ґрунті лише за умови, коли гичку залишали на полі. За відчуження гички з поля у ґрунті формувався різкий дефіцит азоту і калію та зберігався позитивний баланс фосфору. **Висновки.** На момент збирання врожаю вміст азоту в коренеплодах становив 0,82–0,87 %, фосфору – 0,20–0,22 %, калію – 0,90–0,95 %; у гичці – 2,13–2,19; 0,49–0,51 та 2,62–2,66 % відповідно. Накопичення елементів живлення у листовій масі у 2,1–2,8 рази перевищило їх вміст у коренеплодах і не залежало від системи удобрення. Внесення 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку + N<sub>120</sub> у передпосівну культивуацію та проведення позакореневих підживлень мікродобривами на фоні весняних термінів внесення азотних добрив формували максимальний винос елементів живлення із ґрунту: господарський винос азоту – 213–214 кг/га, фосфору – 51, калію – 244–246 кг/га зі збільшенням проти контролю без добрив на 79–84, 18–19 та 93–98 кг/га. З урожаєм коренеплодів буряки цукрові виносили елементів живлення у 1,7–2,2 рази більше, ніж з урожаєм листової маси. За альтернативних органо-мінеральних систем удобрення позитивний баланс елементів живлення у ґрунті формувався лише за умови, коли гичку залишати на полі. За внесення 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку + N<sub>90</sub> під передпосівну культивуацію досягався врівноважений баланс азоту в ґрунті та високий позитивний баланс фосфору й калію за інтенсивності балансу азоту – 95 %, фосфору – 319, калію – 132 %. Проведення додатково позакореневих підживлень мікродобривами зберігало інтенсивність балансу азоту на рівні 91–92 %, фосфору – 319–330, калію – 126–129 %. Розширене відтворення поживного режиму чорнозему вилугуваного досягалося за внесення у передпосівну культивуацію дози азоту 120 кг/га на фоні 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку та у разі залишання гички на полі й супроводжувалось накопиченням у ґрунті азоту в кількості 18 кг/га, фосфору – 68, калію – 38 кг/га за інтенсивності балансу 114 %, 319 та 128 % відповідно.

**Ключові слова:** буряки цукрові; поживні елементи; солома; азот; баланс.

### Вступ

Біологізація систем удобрення стає основою сучасного сільськогосподарського виробництва, оскільки виробництво і внесення гною в останні роки різко скоротилось [1–3]. Основою біологізації є широке використання на добриво побічної продукції сільськогосподарських культур, зеленої маси сидератів, застосування мікробіологічних препаратів, які покращують процеси гуміфікації рослинних решток, збільшують вміст органічної речовини у ґрунті, формують сприятливі для росту й розвитку рослин фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, сприяють накопиченню та збереженню продуктивної вологи, створюють умови для ефективного і рівномірного використання рослинами поживних речовин із ґрунту впродовж вегетації [4].

Для підвищення ефективності альтернативних органо-мінеральних систем удобрення дедалі більшої ваги набувають позакореневі підживлення рослин мікроелементами та регуляторами росту [5]. Застосування мікродобрив у посівах буряків цукрових за вирощування на чорноземі вилугуваному підвищило врожайність коренеплодів – на 6 т/га, цукристість – на 0,4 %, за вирощування на сірих лісових ґрунтах – на 11 т/га та 0,9 % відповідно [6]. У цій гамі агрохімічних заходів важливо сформулювати умови оптимального мінерального живлення рослин та забезпечити відтворення природної родючості ґрунтів. В умовах глобального потепління застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення дає змогу зберегти вологу, покращити водний баланс ґрунту, що пом'якшує вплив потепління та посушливості клімату на ріст і розвиток рослин та їхню продуктивність [7].

Формування сталих засад вирощування сільськогосподарських культур потребує постійного моніторингу обігу елементів живлення в системі ґрунт – рослина, основою якого є баланс елементів живлення [8–10]. За застосування альтернативних органо-мінеральних систем удобрення буряків цукрових питання балансу елементів живлення є недостатньо вивченими, а тому є на часі і є актуальними [11].

**Мета досліджень** – дослідити вплив азотних добрив та мікродобрив на баланс елементів живлення в агроценозі буряків цукрових за альтернативної на основі соломи органо-мінеральної системи удобрення.

### **Матеріали та методика досліджень**

Дослідження проводили в посівах буряків цукрових упродовж 2020–2022 рр. у тимчасовому польовому досліді Уладово-Люлинецької дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем вилугуваний легкосуглинковий, має таку агрохімічну і фізико-хімічну характеристику 0–30 см шару: рН сольове – 5,9–6,4, Нг за Каппеном – 1,09–1,26 мг-екв/100 г ґрунту, сума увібраних основ за Каппеном – Гільковіцем – 23,8–27,2 мг-екв/100 г ґрунту, вміст гумусу за Тюрнімом – 3,9–4,1 %, рухомого фосфору та калію за Чиріковим – відповідно 161–174 і 67–86 мг/кг ґрунту відповідно.

Площа посівної ділянки – 100 м<sup>2</sup>, облікової – 50 м<sup>2</sup>. Розміщення варіантів у досліді – систематичне послідовне, повторність чотириразова.

У досліді сіяли гібрид буряків цукрових 'Борута', фірми Hillesehög (Німеччина). Фосфорні та калійні добрива вносили з осені під оранку, азотні з осені під оранку та весною у передпосівну культивування: 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 й облік урожаю здійснювали методом пробних ділянок з наступним зважуванням і перерахунком на площу 1 га. Вміст 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 ДСТУ ISO 6491:2004, калій – на полуменевому фотометрі.

Для визначення виносу та балансу елементів живлення в агроценозі буряків цукрових використовували розрахунковий метод. Розрахунок балансу проводили за вилучення гички з поля та за умов, коли гичку залишали на полі.

### **Результати досліджень**

Результати досліджень показали, що на контролі без добрив вміст азоту в коренеплодах на момент збирання врожаю становив 0,83 %, фосфору – 0,21, калію – 0,90 %, гичці – 2,15; 0,49 та 2,62 %, відповідно. За внесення 5 т/га соломи вміст елементів живлення у складниках врожаю буряків цукрових був на рівні контролю без добрив (табл. 1).

Неістотно підвищився вміст елементів живлення в рослинах буряків цукрових за застосування органо-мінеральних систем удобрення. За внесення 5 т/га соломи + N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку вміст азоту в коренеплодах становив 0,83 %, фосфору – 0,22 %, калію – 0,95 %, гичці – 2,17 %, 0,51 % та 2,65 %. Застосування азотних добрив весною в дозі 60–120 кг/га на фоні P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> та проведення додатково позакореневих підживлень мікродобривами не впливало істотно на вміст елементів живлення в рослинах буряків цукрових.

Таблиця 1

## Вплив весняних строків внесення азоту та мікродобрив на вміст елементів живлення в рослинах буряків цукрових, % на суху речовину (середнє за 2020–2022 рр.)

№ вар.	Варіант	Вміст елементів живлення					
		коренеплід			гичка		
		N	P	K	N	P	K
1	Без добрив (контроль)	0,83	0,21	0,90	2,15	0,49	2,62
2	5 т/га соломи – Фон	0,82	0,20	0,92	2,13	0,48	2,62
3	Фон + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> під оранку	0,83	0,22	0,95	2,17	0,51	2,65
4	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> під оранку + N <sub>60</sub> у передпосівну культивуацію	0,85	0,21	0,94	2,18	0,50	2,64
5	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>90</sub> – « –	0,85	0,22	0,94	2,17	0,51	2,66
6	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>120</sub> – « –	0,87	0,21	0,95	2,19	0,50	2,64
7	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>90</sub> + B позакоренево	0,86	0,21	0,95	2,17	0,51	2,66
8	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>90</sub> + B, Mn, Mo, Zn, Fe позакоренево	0,86	0,21	0,95	2,18	0,50	2,65
	НІР <sub>0,05</sub>	0,05	0,01	0,07	0,12	0,03	0,14
	P, %	1,9	1,8	2,3	2,3	2,1	2,4

**Примітка.** Мікродобрива вносять позакоренево у фазі змикання листків у рядках та міжряддях.

Винос елементів живлення буряками цукровими найменшим визначено на контролі без добрив: з врожаєм коренеплодів рослини виносили азоту – 78 кг/га, фосфору – 20, калію – 85 кг/га; гички – 52, 12 та 63 кг/га, відповідно. Господарський винос азоту на контролі без добрив становив 130 кг/га, фосфору – 32, калію – 148 кг/га. За внесення 5 т/га соломи господарський винос азоту порівняно з контролем без добрив підвищився на 4 кг/га, калію – на 9 кг/га, винос фосфору зберігався без змін (табл. 2).

Таблиця 2

## Вплив весняних строків внесення азоту та мікродобрив на винос елементів живлення буряками цукровими, кг/га (середнє за 2020–2022 рр.)

№ вар	Варіант	Винесення елементів живлення					
		коренеплодами			гичкою		
		N	P	K	N	P	K
1	Без добрив (контроль)	78	20	85	52	12	63
2	5 т/га соломи – Фон	81	20	91	53	12	66
3	Фон + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> під оранку	110	29	125	74	17	90
4	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> під оранку + N <sub>60</sub> у передпосівну культивуацію	113	28	125	78	18	95
5	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>90</sub> – « –	120	31	133	83	19	101
6	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>120</sub> – « –	126	31	138	88	20	106
7	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>90</sub> + B позакоренево	124	30	137	85	20	104
8	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>90</sub> + B, Mn, Mo, Zn, Fe позакоренево	126	31	140	87	20	106

**Примітка.** Мікродобрива вносили позакоренево у фазі змикання листків у рядках та міжряддях.

Винос елементів живлення із ґрунту значно зростав за застосування органо-мінеральної системи удобрення. За внесення 5 т/га соломи + N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку господарський винос азоту становив 184 кг/га, фосфору – 46, калію – 215 кг/га, що порівняно з контролем без добрив було вищим – на 54, 14 та 67 кг/га.

Значне зростання виносу елементів живлення із ґрунту спостерігали за весняних термінів застосування азотних добрив. За внесення 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку + N<sub>60</sub> у передпосівну культивуацію господарський винос азоту становив 191 кг/га, фосфору – 46, калію – 220, за дози азоту у передпосівну культивуацію 90 кг/га – 203, 50 та 234, дози азоту 120 кг/га – 214, 51 та 244 кг/га відповідно. Внесення азотних добрив весною в дозі 60–120 кг/га підвищило порівняно з контролем без добрив винос азоту – на 61–84 кг/га, фосфору – на 14–19, калію – на 72–96 кг/га.

Збільшенню вносу елементів живлення із ґрунту сприяло проведення позакоренових підживлень мікродобривами на фоні весняного внесення азотних добрив. За внесення 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку + N<sub>90</sub> у передпосівну культивуацію + бор позакореново у фазі змикання листків у рядках та міжряддях господарський винос азоту становив 209 кг/га, фосфору – 50, калію – 241, за композиційного мікродобрива – 213, 51 та 246 кг/га відповідно.

Отже, максимального вносу елементів живлення із ґрунту досягали за внесення 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку + N<sub>120</sub> у передпосівну культивуацію та за проведення позакоренових підживлень мікродобривами на фоні весняних термінів внесення азотних добрив. Порівняно з контролем без добрив винос азоту збільшився на 79–84 кг/га, фосфору – на 18–19, калію – на 93–98 кг/га.

Розрахунок балансу елементів живлення у ґрунті показав, що в разі залишання на полі гички буряків цукрових на контролі без добрив формувалася негативний баланс азоту в кількості 78 кг/га, фосфору – 20, калію – 85, за вилучення гички із поля – дефіцит азоту у ґрунті зростав до 130 кг/га, фосфору – до 32, калію – до 148 кг/га (табл. 3).

Внесення 5 т/га соломи незначно зменшило дефіцит елементів живлення у ґрунті. За залишання гички на полі баланс азоту формувалася негативним в кількості –57 кг/га, фосфору – –11, калію – –45 кг/га, за вилучення гички із поля дефіцит азоту зріс до 110 кг/га, фосфору – до 23, калію – до 111 кг/га.

Таблиця 3

**Вплив весняних строків внесення азоту та мікродобрив  
на баланс елементів живлення у ґрунті (середнє за 2020–2022 рр.)**

№ вар.	Варіант	Баланс, кг/га			Інтенсивність балансу, %		
		N	P	K	N	P	K
1	Без добрив (контроль)	<u>-78</u> -130	<u>-20</u> -32	<u>-85</u> -148	-	-	-
2	5 т/га соломи – Фон	<u>-57</u> -110	<u>-11</u> -23	<u>-45</u> -111	<u>30</u> 18	<u>45</u> 28	<u>51</u> 29
3	Фон + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> під оранку	<u>4</u> -70	<u>70</u> 53	<u>51</u> -39	<u>104</u> 62	<u>341</u> 215	<u>141</u> 82
4	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> під оранку + N <sub>60</sub> у передпосівну культивуацію	<u>-29</u> -107	<u>71</u> 53	<u>51</u> -44	<u>74</u> 44	<u>354</u> 215	<u>141</u> 80
5	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>90</sub> – « –	<u>-6</u> -89	<u>68</u> 49	<u>43</u> -58	<u>95</u> 56	<u>319</u> 198	<u>132</u> 75
6	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>120</sub> – « –	<u>18</u> -70	<u>68</u> 48	<u>38</u> -68	<u>114</u> 67	<u>319</u> 194	<u>128</u> 72
7	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>90</sub> + В позакореново	<u>-10</u> -95	<u>69</u> 49	<u>39</u> -65	<u>92</u> 55	<u>330</u> 198	<u>129</u> 73
8	Фон + P <sub>90</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>90</sub> + В, Mn, Mo, Zn, Fe позакореново	<u>-12</u> -99	<u>68</u> 48	<u>36</u> -70	<u>91</u> 54	<u>319</u> 194	<u>126</u> 72

**Примітка.** Над ризикою – за залишання гички на полі; під ризикою – за видалення гички з поля; надійшло у ґрунт із соломою – N<sub>24</sub>P<sub>9</sub>K<sub>46</sub>.

У разі залишання на полі гички позитивний баланс елементів живлення у ґрунті формувалася за застосування органо-мінеральних систем удобрення. За внесення 5 т/га соломи + N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку та залишання гички на полі спостерігали накопичення у ґрунті азоту в кількості 4 кг/га, фосфору – 70, калію – 51 кг/га. Зазначена система удобрення буряків цукрових супроводжувалася розширеним відтворенням фондів рухомого фосфору та калію у ґрунті і зберігала врівноважений баланс азоту. Інтенсивність балансу азоту у ґрунті становила 104 %, фосфору – 341, калію – 141 %. За відчуження гички із поля балансу азоту і калію у ґрунті формувалася різко негативним, фосфору – зберігався позитивним. Інтенсивність балансу азоту у ґрунті за відчуження гички з поля становила 62 %, фосфору – 215, калію – 82 %.

Позитивного балансу фосфору і калію у ґрунті за незначного дефіциту азоту досягали за весняних термінів застосування азотних добрив на фоні органо-мінеральної системи удобрення. За внесення 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку + N<sub>60</sub> у передпосівну культивуацію та у разі залишання гички на полі баланс азоту формувалася негативним в кількості –29 кг/га, фосфору і калію – позитивним у кількості 71 та 51 кг/га, відповідно. У разі відчуження гички з поля формувалася різкий дефіцит азоту і калію у ґрунті в кількості 107 та 44 кг/га і зберігався значний позитивний баланс фосфору в кількості 53 кг/га.

Збільшення дози азоту в передпосівну культивуацію до 90 кг/га на фоні 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку у разі залишання гички на полі формувало врівноважений баланс азоту і сприяло значному накопиченню в ґрунті фосфору і калію. Інтенсивність балансу азоту у ґрунті за зазначеної системи удобрення становила 95 %, фосфору – 319, калію – 132 %. За відчуження гички із поля зберігався негативний баланс азоту і калію у ґрунті та позитивний баланс фосфору. Інтенсивність балансу азоту у ґрунті у разі відчуження гички з поля становила 56 %, фосфору – 198, калію – 75 %.

Застосування у передпосівну культивуацію дози азоту 120 кг/га на фоні 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку та у разі залишання гички на полі формувало розширене відтворення поживного режиму чорнозему вилугуваного і супроводжувалось накопиченням у ґрунті азоту в кількості 18 кг/га, фосфору – 68, калію – 38 кг/га. За відчуження гички з поля система удобрення була екологічно нестабільною і супроводжувалась дефіцитом азоту в кількості 70 кг/га, калію – 68 кг/га та зберігала позитивний баланс фосфору в кількості 48 кг/га.

Проведення позакореневих підживлень мікродобривами на фоні внесення 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку + N<sub>90</sub> у передпосівну культивуацію у разі залишання гички на полі формувало врівноважений баланс азоту в ґрунті й супроводжувалось значним накопиченням фосфору і калію. За залишання гички на полі інтенсивність балансу азоту у ґрунті становила 91–92 %, фосфору – 319–330, калію – 126–129 %. За відчуження гички із поля інтенсивність балансу азоту у ґрунті зменшилась до 54–55 %, фосфору – до 194–198, калію – до 72–73 %.

## Висновки

1. Накопичення елементів живлення у складових врожаю буряків цукрових незначно залежало від системи удобрення. На момент збирання врожаю в коренеплодах вміст азоту становив 0,82–0,87 %, фосфору – 0,20–0,22, калію – 0,90–0,95 %, у гичці – 2,13–2,19; 0,49–0,51 та 2,62–2,66 % відповідно. У листовій масі елементів живлення містилось у 2,1–2,8 рази більше, ніж у коренеплодах.

2. З урожаєм коренеплодів буряки цукрові виносили елементів живлення із ґрунту у 1,7–2,2 рази більше, ніж з урожаєм листової маси. Максимальний винос елементів живлення спостерігали за внесення 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку + N<sub>120</sub> у передпосівну культивуацію та за проведення позакореневих підживлень мікродобривами на фоні весняних термінів внесення азотних добрив: господарський винос азоту – 213–214 кг/га, фосфору – 51, калію – 244–246 кг/га зі збільшенням проти контролю без добрив на 79–84, 18–19 та 93–98 кг/га відповідно.

3. Застосування альтернативних органо-мінеральних систем удобрення формувало позитивний баланс елементів живлення у ґрунті лише за умови, коли гичку буряків цукрових залишали на полі. За дози азоту весною 90 кг/га на фоні 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку досягався урівноважений баланс азоту в ґрунті та високий позитивний баланс фосфору і калію за інтенсивності балансу азоту – 95 %, фосфору – 319, калію – 132 %. Проведення позакореневих підживлень мікродобривами на зазначеному фоні органічних та мінеральних добрив забезпечило інтенсивність балансу азоту – 91–92 %, фосфору – 319–330, калію – 126–129 %.

4. Розширене відтворення поживного режиму чорнозему вилугуваного досягалося за внесення у передпосівну культивуацію дози азоту 120 кг/га на фоні 5 т/га соломи + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> під оранку та у разі залишання гички на полі й супроводжувалось накопиченням у ґрунті азоту в кількості 18 кг/га, фосфору – 68, калію – 38 кг/га за інтенсивності балансу 114 %, 319 та 128 % відповідно.

## Використана література

1. Заришняк А. С., Балюк С. А., Лісовий М. В., Комариста А. В. Баланс гумусу і поживних речовин в ґрунтах України. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 1. С. 28–32.
2. Lemke R. L., Van den Bygaart 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. Vol. 135, Iss. 1–2. P. 42–51. doi: 10.1016/j.agee.2009.08.010
3. Сайко В. Ф. Використання на удобрення побічної продукції рослинництва в Україні. *Землеробство*. 2009. Вип. 81. С. 3–9.
4. Балаєв А. Д., Тонха О. Л. Відновлення родючості чорноземів Лісостепу в сучасному землеробстві. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2014. Вип. 195(1). С. 14–19.
5. Mekdad A. A. Sugar beet productivity as affected by nitrogen fertilizer and foliar spraying with boron. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2015. Vol. 4, No. 4. P. 181–196.
6. Жердецький І. М. Позакореневе внесення макро- і мікродобрив та поглинання основних елементів

живлення кореневою системою рослин цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2010. № 2. С. 18–20.

7. Заришняк А. С., Жердецький І. М. Позакореневе внесення мікроелементів у формі комплексонатів металів на культурі цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2007. № 3. С. 18–20.

8. 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. Vol. 28, Iss. 3. P. 276–289. doi: 10.1017/S1742170512000166

9. Ahmad I., Ahmad B., Ali S., Kamran M. et al. Nutrients management strategies to improve yield and quality of sugar beet in semi-arid regions. *Journal of Plant Nutrition*. 2017. Vol. 40, Iss. 15. P. 2109–2115. doi: 10.1080/01904167.2016.1267207

10. Господаренко Г. М., Мартинюк А. Т., Любич В. В. Формування продуктивності буряку цукрового за різного удобрення на чорноземі опідзоленому. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2023. Вип. 101. Ч. 1. С. 46–55. doi: 10.32782/2415-8240-2022-101-1-46-55.

11. Цвей Я. П., Петрова О. Т., Климчик С. М. Баланс елементів живлення в сівозмінах Лісостепу. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2008. Вип. 129. С. 239–244.

## References

1. Zaryshniak, A. S., Baliuk, S. A., Lisovyi, M. V., & Komarista, A. V. (2012). Balance of humus and nutrients in the soils of Ukraine. *Herald of Agrarian Science*, 1, 28–32. [In Ukrainian]

2. Lemke, R. L., VandenBygaart, A. J., Campbell, C. A., Lafond, G. P., & Grant, B. (2010). (2010). 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*, 135(1–2), 42–51. doi: 10.1016/j.agee.2009.08.010

3. Saiko, V. F. (2009). Fertilizing by-products of crop production in Ukraine. *Agriculture*, 81, 3–9. [In Ukrainian]

4. Balaiev, A. D., & Tonkha, O. L. (2014). Restoration of the fertility of forest-steppe chernozems in modern agriculture. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 195(1), 14–19. [In Ukrainian]

5. Mekdad, A. A. (2015). Sugar beet productivity as affected by nitrogen fertilizer and foliar spraying with boron. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(4), 181–196.

6. Zherdetskyi, I. M. (2010). Foliar application of macro- and micro-fertilizers and absorption of basic nutrients by the root system of sugar beet plants. *Sugar Beet*, 2, 18–20. [In Ukrainian]

7. Zaryshniak, A. S., & Zherdetskyi, I. M. (2007). Foliar application of trace elements in the form of metal complexonates on sugar beet culture. *Sugar beets*, 3, 18–20. [In Ukrainian]

8. Sassenrath, G. F., Schneider, J. M., Gaj, R., Grzebisz, W., & Halloran, J. M. (2013). Nitrogen balance as an indicator of environmental impact: toward sustainable agricultural production. *Agricultural Food System*, 28(3), 276–289. doi: 10.1017/S1742170512000166

9. Ahmad, I., Ahmad, B., Ali, S., Kamran, M., Qing Fang, H., & Bilegjangal, B. (2017). Nutrients management strategies to improve yield and quality of sugar beet in semi-arid regions. *Journal of Plant Nutrition*, 40(15), 2109–2115. doi: 10.1080/01904167.2016.1267207

10. Martyniuk, A. T., Hospodarenko, G. M., & Liubych, V. V. (2022). Formation of productivity of sugar beet under different fertilizers on podzolized chernozem. *Collected Works of Uman National University of Horticulture*, 101(1), 46–55. doi: 10.32782/2415-8240-2022-101-1-46-55 [In Ukrainian]

11. Tsvei, Ya. P., Petrova, O. T., & Klimchuk, S. M. (2008). Nutrient balance in crop rotations of the Forest Steppe. *Scientific Bulletin of the National Agrarian University*, 129, 239–244. [In Ukrainian]

UDC 631.816:631.582

**Ivanina, V. V.\***, & **Tabachuk, O. O.** (2023). Removal and balance of nutrients in the agrocenosis of sugar beet under biologization and modernization of the fertilization system. *Advanced Agritechnologies*, 11(1). <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.284671> [In Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, \*e-mail: -v\_ivanina@ukr.net*

**Purpose.** To study the effect of nitrogen fertilizers and micronutrients on the balance of nutrients in the agrocenosis of sugar beet under an alternative straw-based organic-mineral fertilization system. **Methods.** Short-term field and analytical. **Results.** Research data on the content, removal and balance of nutrients in the agrocenosis of sugar beet under the use of alternative organic-mineral fertilization systems are presented. It was established that in conditions of sufficient soil water content of leached chernozem, alternative organic-mineral fertilization of sugar beet ensured a positive balance of nutrients in the soil only when the leaves were left on the field. With the removal of leaves from the field, a sharp deficit of nitrogen and potassium in the soil occurred; meanwhile, a positive balance of phosphorus was maintained. **Conclusions.** At harvest, the content of nitrogen in roots was 0.82–0.87%, phosphorus

0.20–0.22%, and potassium 0.90–0.95%; in leaves 2.13–2.19%, 0.49–0.51% and 2.62–2.66%, respectively. The accumulation of nutrients in leaf biomass exceeded their content in roots by 2.1–2.8 times and did not depend on the fertilization system. Application of 5 t/ha of straw + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> at ploughing, N<sub>120</sub> at seedbed preparation and foliar application of micronutrients along with the main nitrogen fertilization in spring resulted in the maximum removal of nutrients from the soil: nitrogen 213–214 kg/ha, phosphorus 51 kg/ha, and potassium 244–246 kg/ha, which exceeded the control (zero fertilization) by 79–84 kg/ha, 18–19 kg/ha and 93–98 kg/ha, respectively. Nutrient removal with roots was 1.7–2.2 times higher than with leaf biomass. In the studied organic-mineral fertilization systems, a positive soil nutrient balance was provided only when leaf biomass was left on the field. Application of 5 t/ha of straw + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> at ploughing + N<sub>90</sub> at seedbed preparation ensured a positive balance of nitrogen in the soil and a high positive balance of phosphorus and potassium, with the intensity of nitrogen balance of 95%, phosphorus 319%, and potassium 132%. Additional foliar application of micronutrients maintained the intensity of nitrogen balance at 91–92%, phosphorus 319–330%, and potassium 126–129%. Restoration of the nutrient regime of leached chernozem was achieved by applying 120 kg/ha of nitrogen at seedbed preparation on the background of 5 t/ha of straw + P<sub>90</sub>K<sub>130</sub> at ploughing and only in the case of leaving leaf biomass on the ground. Under such conditions, the accumulation of nitrogen in the soil was 18 kg/ha, phosphorus 68 kg/ha, and potassium 38 kg/ha at the balance intensity of 114%, 319% and 128%, respectively.

**Keywords:** *sugar beet; nutrients; straw; nitrogen; balance.*

*Надійшла / Received 27.04.2023*  
*Погоджено до друку / Accepted 15.05.2023*