

Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.82.86:631.95
© 2012

*А.С. Заришняк,
академік НААН*

*В.В. Іваніна,
кандидат сільсько-
господарських наук*

*Інститут
біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН*

*Т.В. Колібабчук,
кандидат сільсько-
господарських наук*

*Верхняцька дослідно-
селекційна станція ІБКЦБ*

СТАБІЛІЗАЦІЯ БІОГЕННОГО БАЛАНСУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗЕРНО-БУРЯКОВОЇ СІВОЗМІНИ

В умовах нестійкого зволоження зони Лісостепу на чорноземі опідзоленому вивчено баланс біогенних елементів у зерно-буряковій сівозміні. Проаналізовано вплив культур на винос елементів живлення та розподіл їх за складовими структурами врожаю. Визначено оптимальні системи удобрення, які забезпечують високу продуктивність сільськогосподарських культур та біогенну стабільність ґрунтової системи.

Стратегічною метою сучасного землеробства є оптимізація системи удобрення, яка здатна забезпечити раціональне використання елементів живлення, сприяти стабілізації та відновленню природної родючості ґрунту. Для вирішення цих завдань потрібно мінімізувати біогенне навантаження на ґрунтову систему, запобігти непродуктивним втратам та раціонально використовувати внутрішні резерви сівозмін.

Одним зі способів оптимізації мінерального живлення рослин та стабілізації біогенного балансу ґрунтів є біологізація систем сучасного землеробства [2]. Згідно з численними дослідженнями використання альтернативних джерел органічних добрив, одним з яких є побічна продукція рослин, дає змогу стабілізувати вуглецевий баланс ґрунту, задіяти додатковий ресурс біогенних елементів до процесу мінерального живлення рослин [2, 3] та сприяти стабілізації запасів гумусу.

Нині, коли на 1 га ріллі вносять 80–90 кг NPK (чверть фізіологічних потреб рослин), ведення екологічно ощадливого землеробства з мінімальним вилученням біогенних елементів за межі агроєкосистем має стати основою сучасного виробництва [4].

У стаціонарних польових дослідженнях, проведених в умовах нестійкого зволоження зони Лісостепу, вивчали вплив традиційних та аль-

тернативних систем органічно-мінерального удобрення на баланс біогенних елементів у ґрунті та продуктивність зерно-бурякової сівозміни. Дослід було закладено в 1985 р.

Матеріали і методика досліджень. У статті наведено дані 2-ї ротації (1995–2010 рр.) зерно-бурякової сівозміни Верхняцької дослідно-селекційної станції (ВДСС), які характеризують баланс біогенних елементів у сівозміні, детермінують їхній розподіл культурами сівозміни та складовими структурами врожаю, визначають ступінь рециркуляції біогенних елементів під час заорювання побічної продукції в ґрунт та диференціації системи удобрення.

ґрунт дослідного поля — чорнозем опідзолений важкосуглинковий, характеризується такими фізико-хімічними та агрохімічними показниками: уміст гумусу за Тюрінім — 3–3,6%; гідролітична кислотність за Каппеном — 22–38 мг-екв/кг ґрунту; сума увібраних основ за Каппеном-Гільковіцем — 280–300 мг-екв/кг ґрунту; лужногідролізованого азоту за Корнфільдом — 100–120 мг/кг ґрунту; уміст рухомого фосфору та обмінного калію за Чиріковим — відповідно 90–140 та 70–100 мг/кг ґрунту.

Чергування культур у плодозмінній сівозміні (30% просапних, 60% зернових, 20% кормових): ячмінь+конюшина — конюшина — пшениця озима — буряки цукрові — горох — пшениця озима — кукурудза на зерно — вико-овес —

1. Вплив системи удобрення на врожайність культур і продуктивність сівозміни (ВДСС, 1996–2010 рр.)

Варіант	Унесено на 1 га сівозмінної площі	Продукція	Урожайність, т/га						Кукурудза на зерно 2002–2007 рр.	Вико-вівс 2003–2008 рр.	Продуктивність сівозміни, т к.од. на 1 га площі
			Ячмінь ярий 1996–2001 рр.	*Конюшина 1997–2002 рр.	*Пшениця озима 1998–2009 рр.	Буряки цукрові 1999–2010 рр.	Горох 2000–2005 рр.	Горох 2000–2005 рр.			
1	Без добрив (контроль)	Основна Побічна	2,75 4,79	21,08 –	4,75 4,94	33,82 11,71	2,76 1,93	5,74 6,23	24,61 –	5,47 1,25	
2	N ₅₀ P ₄₃ K ₅₀	Основна Побічна	3,90 4,90	22,05 –	5,85 6,66	42,60 19,14	2,95 2,16	6,54 6,87	28,63 –	6,58 1,64	
3	Побічна продукція + N ₅₀ P ₄₃ K ₅₀	Основна Побічна	4,66 4,82	23,25 –	5,78 7,15	43,81 20,11	3,09 2,32	6,57 7,14	29,54 –	6,77 1,72	
5	12 т/га гною+N ₅₀ P ₄₃ K ₅₀	Основна Побічна	4,57 5,03	23,82 –	5,79 7,55	44,42 21,30	3,14 2,40	6,59 7,49	30,02 –	6,82 1,81	
12	12 т/га гною+побічна продукція	Основна Побічна	4,37 4,83	23,67 –	5,62 6,66	41,93 14,80	3,22 2,35	6,40 7,12	32,03 –	6,65 1,53	
	НІР ₀₅		0,18	1,86	0,22	2,05	0,36	0,23	2,01		

* Середня врожайність у ланках сівозміни, т/га.

пшениця озима — буряки цукрові. У ґрунт за-
робляли побічну продукцію всіх культур, окрім
ярого ячменю, конюшини та вико-вівса.

Площа облікової ділянки — 100 м²; повтор-
ність — 3-разова. Агротехніка вирощування
культур — загальноприйнята для цієї зони.

Хімічний склад зразків рослинного матеріа-
лу визначали згідно із загальноприйнятими ме-
тодиками, винос основних елементів живлен-
ня — розрахунковим методом.

Накопичення біологічного азоту в ґрунті обчис-
лювали згідно з прийнятими нормативами [1].

Результати досліджень. Використання
альтернативної органо-мінеральної системи
удобрення впродовж ротації зерно-бурякової
сівозміни було ефективним заходом підвищен-
ня її продуктивності. В умовах нестійкого зво-
ложення на чорноземі опідзоленому з харак-
терним для нього підвищеним умістом фосфо-
ру та калію заорювання побічної продукції раз-
ом з унесенням на 1 га сівозмінної площі
N₅₀P₄₃K₅₀ забезпечило продуктивність сівозміни
на рівні 8,49 т/га к.од., що було на 1,77 т/га к.од.
більше, ніж у варіанті без унесення добрив
(табл. 1).

Альтернативна система органо-мінераль-
ного удобрення була ефективнішою порівняно
з мінеральною (зростання продуктивності на
0,27 т/га к.од.), проте дещо поступалася за
рівнем продуктивності традиційній органо-міне-
ральній системі (різниця — 0,14 т/га к.од.).

Заорювання побічної продукції рослин без
застосування мінеральних добрив з одночас-
ним унесенням 12 т/га гною виявилось недо-
статньо ефективним заходом в умовах нестій-
кого зволоження зони Лісостепу. Причиною цьо-
го могло стати недостатнє вологозабезпечен-
ня, зниження інтенсивності мінералізаційних
процесів у ґрунті та погіршення умов мінераль-
ного живлення рослин. Продуктивність сівозмі-
ни в цьому варіанті була на рівні мінеральної
системи удобрення (8,18 т/га к.од.), але знач-
но поступалася продуктивності у варіантах з
органомінеральною системою: традиційній —
на 0,45 т/га к.од., альтернативній — 0,31 т/га к.од.

До культур, які найкраще реагували на по-
єднане внесення органічних та мінеральних
добрив, належать ячмінь ярий, горох і кормові
культури — конюшина та вико-вівсяна суміш-
ка. Урожайність зерна ячменю у варіантах з ор-
ганомінеральною системою удобрення в се-
редньому за ротацію зерно-бурякової сівозмі-
ни становила 4,57–4,66, гороху — 3,09–3,14,
конюшини — 23,25–23,82, вико-вівса — 29,54–
30,02 т/га, що було відповідно на 1,82–1,91 т/га,
0,33–0,38, 2,17–2,74 та 4,91–5,41 т/га більше,
ніж у варіанті без добрив.

Зростання продуктивності сівозміни за ор-
ганомінеральних систем удобрення характери-

2. Винос елементів живлення культурами зерно-бурякової сівозміни залежно від системи удобрення (ВДСС, 1996–2010 рр.), кг/га

Варіант	Унесено на 1 га сівозміної площі	Елемент живлення	Культури сівозміни										Винос сівозміною, кг/га сівозміної площі				
			Ячмінь ярий		Конюшина		*Пшениця озима		*Буряки цукрові		Горох		Кукурудза на зерно		Вико-овес	1	2
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
1	Без добрив (контроль)	N	50,6	31,6	124,4	98,3	25,2	70,0	40,7	92,2	19,3	87,8	43,0	110,8	90,1	25,1	
		P	20,9	11,0	28,4	35,2	7,9	25,7	10,1	23,2	4,4	33,9	13,1	33,2	29,7	7,2	
		K	14,8	66,6	107,7	23,3	48,9	75,0	51,7	37,3	26,3	24,1	88,5	114,7	51,9	43,2	
2	N ₅₀ P ₄₃ K ₅₀	N	71,8	32,3	131,3	121,1	34,0	88,2	66,5	98,5	21,6	100,1	47,4	128,0	106,9	33,6	
		P	29,6	11,3	30,0	43,3	10,7	32,4	16,4	24,8	5,0	38,6	14,4	38,4	35,6	9,6	
		K	20,7	68,1	113,8	28,7	65,9	94,6	84,4	39,8	29,4	27,5	97,6	132,5	61,0	56,2	
3	Побічна продукція + N ₅₀ P ₄₃ K ₅₀	N	85,7	31,8	136,7	119,7	36,5	90,7	70,0	103,2	23,2	100,5	49,3	133,8	110,0	35,4	
		P	35,4	11,1	31,2	42,8	11,4	33,3	17,3	26,0	5,3	38,8	15,0	40,1	36,7	10,0	
		K	24,7	67,0	118,4	28,3	70,8	97,2	88,8	41,7	31,6	27,6	101,4	138,5	63,0	59,0	
5	12 т/га гною + N ₅₀ P ₄₃ K ₅₀	N	84,1	33,2	139,4	119,9	38,5	91,9	74,1	104,9	24,0	100,8	51,7	140,0	111,3	37,3	
		P	34,7	11,6	31,9	42,9	12,1	33,7	18,3	26,4	5,5	38,9	15,7	42,0	37,0	10,6	
		K	24,2	69,9	120,8	28,4	74,8	98,6	94,2	42,4	32,6	27,7	106,4	144,9	64,2	62,2	
12	12 т/га гною + побічна продукція	N	80,4	31,9	131,8	116,3	34,0	86,7	51,5	107,6	23,5	97,9	49,1	141,4	108,1	31,0	
		P	33,2	11,1	30,1	41,6	10,7	31,8	12,7	27,1	5,4	37,8	15,0	42,4	35,9	8,9	
		K	23,2	67,1	114,2	27,5	65,9	93,0	65,4	43,5	32,0	26,9	101,1	146,3	62,3	52,9	

Примітка. 1 — внесено товарною продукцією, кг/га; 2 — побічною продукцією, кг/га; * середній винос у ланках сівозміни.

3. Баланс елементів живлення в ґрунті за різних систем удобрення (ВДСС, 1996–2010 рр.)

Варіант	Унесено, кг на 1 га сівозміної площі						Внесено, кг на 1 га сівозміної площі						Баланс, ± кг на 1 га сівозміної площі						Інтенсивність балансу, %						
	N		P		K		N		P		K		N		P		K		N		P		K		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1	—	32,1	—	—	—	—	115,2	36,9	95,1	—83,1	—36,9	—95,1	27,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	50,0	34,7	43,0	50,0	50,0	50,0	140,5	45,2	117,2	—55,8	—2,2	—67,2	60,3	95,1	42,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	50,0 (82,2)	36,3	43,0(51,9)	50,0 (102,3)	50,0	50,0	110,0	36,7	63,0	—23,7	+6,3	—13,0	78,5	117,2	79,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	110,0	37,2	73,0	122,0	122,0	122,0	148,6	47,6	126,4	—1,4	+25,4	—4,4	99,1	153,4	96,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12	60(87,8)	36,3	30(37,8)	72(118,2)	72(118,2)	72(118,2)	108,1	35,9	62,3	—11,8	—5,9	+9,7	89,1	115,6	83,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Примітка. Під час проведення розрахунків балансу у варіантах 3 та 12 до статей надходжень і витрат не залучали біогенні елементи побічної продукції; 1 — азот добрив; 2 — біологічний азот; у дужках наведено сумарне надходження біогенних елементів з добривами та побічною продукцією (за винятком ячменю ярого).



Рис. 1. Частка виносу біогенних елементів побічною продукцією культур зерно-бурякової сівозміни (ВДСС, 1996–2010 рр.), % від загального: ■ – N; ■ – P; □ – K

зувалося підвищеним виносом елементів живлення [4].

За результатами досліджень, винос елементів живлення у варіантах з унесенням добрив становив: азоту — 139,1–148,6 кг/га, фосфору — 44,8–47,6, калію — 115,2–126,4 кг/га сівозміної площі, що було більше, ніж у варіанті без добрив відповідно на 23,9–33,4, 7,9–10,7 та 20,1–31,3 кг/га сівозміної площі (табл. 2).

Слід зауважити, що значна частина елементів живлення виносилася в складі побічної продукції культур. У середньому у варіантах досліді винос азоту на 1 га сівозміної площі в складі побічної продукції щодо загального виносу становив 21,8–25,1%, фосфору — 19,6–22,3, калію — 45,5–49,2%. При цьому у варіантах з унесенням добрив частка біогенних елементів, виносена побічною продукцією, порівняно з контролем зростала по азоту на 0,5–3,3%, фосфору — 0,3–2,7, калію — на 0,5–3,7%.

Отже, застосування традиційної системи ведення землеробства призводило до винесення біогенних елементів за межі агроєкосистеми у складі основної та побічної продукції рослин.

Обсяги і співвідношення винесених побічною продукцією елементів живлення різнилися за видами вирощуваних культур, що великою мірою визначало характер та обсяги їх загально-го вилучення.

Буряки цукрові, на відміну від решти культур, у складі листової маси виносили майже половину біогенних елементів від їхнього загального виносу: азоту — 44%, фосфору — 34, калію — 48% (рис. 1), тоді як культури зернової групи з побічною продукцією виносили переважно калій, який становив 70–78% від загального виносу.

Заорювання побічної продукції змінювало рівень біогенного навантаження культур сівозміни на ґрунт. Сумарний винос біогенних елементів буряками цукровими за умови заорювання побічної продукції зменшувався в 1,78 раза, кукурудзою на зерно — 1,95, пшеницею

озимою — 1,58, ячменем ярим — 1,90, горохом — 1,41 раза.

Біологізація систем землеробства змінювала і конфігурацію біогенного навантаження культур сівозміни на ґрунт. На фоні зменшення загальних обсягів виносу елементів живлення під час вирощування буряків цукрових ґрунт втрачав переважно 91 кг/га азоту і 97 кг/га калію. Культури зернової групи виносили з ґрунту 86–120 кг/га азоту, перевищуючи за цим показником буряки цукрові. При цьому винос з ґрунту калію зерновими культурами становив 25–28 кг/га (у 3,5–3,6 раза менше, ніж азоту), фосфору — 35–43 кг/га (у 2,5–2,8 раза менше, ніж азоту). За традиційної системи землеробства зернові культури виносили калію порівняно з азотом у 1,2–1,3 раза менше, фосфору — 2,5–2,9 раза (рис. 2).

Вирощування вико-вівсяної сумішки в умовах біологізації сівозміни за рівнем біогенного навантаження можна прирівняти до вирощування буряків цукрових. Загальні обсяги виносу елементів живлення цією культурою становили 212 кг/га NPK, при цьому ґрунт втрачав переважно калій (винос 139 кг/га). Так, за вирощування буряків цукрових винос елементів живлення становив 221 кг/га NPK, пшениці озимої — 191, кукурудзи на зерно — 168, ячменю ярого — 146, конюшини — 149, гороху — 108 кг/га NPK.

Отже, із заорюванням побічної продукції в умовах біологізації землеробства зменшувався сумарний винос елементів живлення з ґрунту в 1,4 раза порівняно з традиційною мінеральною системою удобрення і значно змінювалися

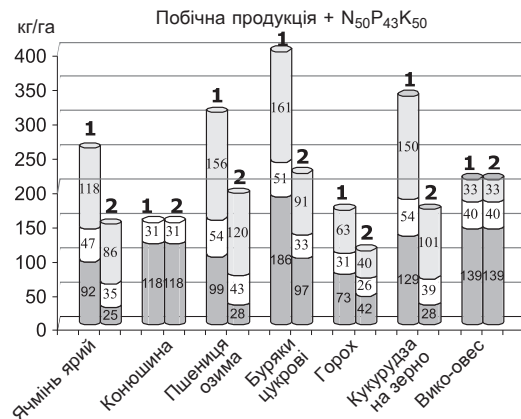


Рис. 2. Біогенне навантаження на ґрунт за традиційного (1) та біологічно спрямованого землеробства (2) (ВДСС, 1996–2010 рр.), кг/га. Примітка. Під культурами конюшина, горох та вико-овес винос азоту розраховували за мінусом симбіотичної азотфіксації; ■ – N; □ – P; ■ – K

ся обсяги виносу біогенних елементів за видами вирощуваних культур.

Розрахунки балансу елементів живлення показали, що жодна із систем удобрення не забезпечила позитивного балансу азоту в сівозміні. Натомість позитивний баланс фосфору складався у варіантах з традиційною та альтернативною системами органо-мінерального удобрення, баланс калію — у варіанті із заорюванням побічної продукції разом з унесенням 12 т гною на 1 га сівозмінної площі (табл. 3).

Найбільше від'ємне сальдо балансу складалося у варіанті без унесення добрив: азоту — $-83,1$ кг/га, фосфору — $-36,9$, калію — $-95,1$ кг/га сівозмінної площі. Застосування мінеральної системи удобрення з унесенням на 1 га сівозмінної площі $N_{50}P_{43}K_{50}$ створювало майже бездефіцитний баланс фосфору в ґрунті ($-2,2$ кг/га сівозмінної площі), але зумовлювало значний дефіцит азоту і калію відповідно $-55,8$ та $-67,2$ кг/га сівозмінної площі. Інтенсивність балансу в цьому варіанті становила: азоту — 60,3%, фосфору — 95,1, калію — 42,7%.

Заорювання побічної продукції рослин в умовах біологізації сівозміни з унесенням $N_{50}P_{43}K_{50}$ значно поліпшувало показники балансу біогенних елементів у ґрунті. Від'ємне сальдо балансу азоту зменшувалось до $-23,7$, калію — до -13 , при цьому створювався позитивний баланс фосфору — $+6,3$ кг/га сівозмінної площі. Інтенсивність балансу в цьому

варіанті становила: азоту $-78,5\%$, фосфору — 117,2, калію $-79,4\%$.

Залучення біогенних елементів до рециркуляційних механізмів колообігу, яке при заорюванні побічної продукції в середньому у сівозміні становило 104,4 кг/га сівозмінної площі NPK, або 43,4% від загального виносу, знижувало дефіцит балансу й поліпшувало умови мінерального живлення культур по азоту на 35,4 кг/га, фосфору — 10, калію — 59 кг/га сівозмінної площі.

Найоптимальніші показники балансу біогенних елементів склалися у варіанті з традиційною органо-мінеральною системою удобрення (12 т/га гною + $N_{50}P_{43}K_{50}$). Баланс азоту і калію в цьому варіанті залишався від'ємним, однак показники від'ємного сальдо зменшувалися по азоту до $-1,4$, калію — до $-4,4$ кг/га сівозмінної площі. Баланс фосфору зберігав позитивну динаміку і досягнув показника $+25,4$ кг/га сівозмінної площі. Інтенсивність балансу в цьому варіанті становила: азоту — 99,1%, фосфору — 153,4, калію — 96,5%. Органічна система удобрення, яка поєднувала заорювання побічної продукції та внесення 12 т/га гною, за показниками балансу біогенних елементів займала проміжну позицію між альтернативною і традиційною системами органо-мінерального удобрення. Баланс азоту при цьому становив $-11,8$, фосфору — $-5,9$, калію — $+9,7$ кг/га сівозмінної площі, а показники інтенсивності балансу відповідно — 89,1%, 83,6 та 115,6%.

Висновки

Продуктивність сівозміни у варіантах з традиційною та альтернативною системами органо-мінерального удобрення була найвищою — відповідно 8,63 та 8,49 т/га к.од., що на 1,91 та 1,77 т/га к.од. більше, ніж у варіанті без добрив і на 0,41 та 0,27 т/га к.од. більше, ніж за мінеральної системи удобрення. Застосування альтернативної системи органо-мінерального удобрення (побічна продукція + $N_{50}P_{43}K_{50}$) сприяло стабілізації балансу біогенних елементів у ґрунті. Винос еле-

ментів живлення з ґрунту зменшився в 1,8 раза порівняно з мінеральною системою удобрення. Інтенсивність балансу азоту становила 78,5%, фосфору — 117,2, калію — 79,4%. Традиційна система органо-мінерального удобрення (12 т/га гною + $N_{50}P_{43}K_{50}$) залишала біогенно найощадливішою, однак її використання характеризувалося значними енерговитратами на отримання і внесення гною. Інтенсивність балансу азоту — 99,1%, фосфору — 153,4, калію — 96,5%.

Бібліографія

1. Захарченко І.Г. О фиксации азота бобовыми/И.Г. Захарченко, Г.С. Пироженко//Агрохимия. — 1970. — № 5. — С. 28–34.
2. Сайко В.Ф. Використання на удобрення побічної продукції рослинництва в Україні/В.Ф. Сайко//Землеробство: міжвід. темат. наук. зб. — К.: ВД «ЕКМО», 2009. — Вип. 81. — С. 3–9.
3. Цвей Я.П. Гумусовий стан чорнозему в процесі довготривалого застосування добрив/Я.П. Цвей, Н.К. Шиманська//Агрокол. журн. — 2002. — № 3. — С. 73–75.
4. Цвей Я.П. Баланс елементів живлення в сівозмінах Лісостепу/[Я.П. Цвей, О.Т. Петрова, С.М. Климчик та ін.]//Наук. вісн. НАУ. — К., 2008. — Вип. 129. — С. 239–244.