

БАЛАНС АЗОТУ, ФОСФОРУ, КАЛІЮ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ СІВОЗМІНИ ПРИ ТРИВАЛОМУ ВИКОРИСТАННІ ДОБРИВ

О. Ю. Подобед

Інститут зернового господарства НААН України

З'ясовано баланс поживних речовин за третю ротацію сівозміни. Виявлено чітку закономірність щодо зміни вмісту рухомих сполук N, P₂O₅, K₂O у ґрунті залежно від рівня компенсації їх виносу з врожаєм культур. Встановлено, що у сівозміні з 100 % насиченням зерновими, високої продуктивності культур з одночасним збереженням і відтворенням родючості ґрунту можна досягти при підтримці компенсації виносу по азоту і калію не нижче 80 %, а по фосфору – 120–140 %.

Ключові слова: *сівозміна, баланс поживних речовин, продуктивність, добрива.*

Баланс поживних речовин у землеробстві є одним з основних методів контролю за їхнім кругообігом і підставою для розробки заходів з планування обсягів виробництва сільськогосподарської продукції без втрат родючості ґрунту. В працях основоположника агрохімії Д. М. Прянішнікова [1] підкреслюється, що для одержання стабільних врожаїв сільськогосподарських культур у сівозмінах без втрат родючості ґрунту необхідно застосувати таку систему удобрення, яка б забезпечувала відшкодування (компенсацію) виносу з врожаєм азоту і калію не нижче 70–80 %, а фосфору – 100–110 %. Проте, як вказують деякі автори [2], внаслідок інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, росту врожайності культур та посилення деградаційних процесів агроландшафтних систем, сформувались інші агроекологічні умови, котрі вимагають для своєї оцінки нових критеріїв та перегляду існуючих. Встановлено, що екологічно безпечний рівень відшкодування виносу на чорноземах азоту і калію повинен становити 70–100 %, а фосфору – 110–130 %, без зниження показників родючості. Прикладом достовірності такого підходу можуть бути дані щодо рівня застосування засобів хімізації в зоні Степу, балансу поживних речовин у землеробстві та вмісту рухомих сполук фосфору і калію. Так, у період з 1966 по 1970 рр. рівень застосування добрив забезпечував відшкодування виносу азоту лише 39 %, фосфору 61 % і калію 23 %. В цих умовах вміст рухомих сполук становив 6,7, а калію – 12,6 мг/кг. В період інтенсивної хімізації (1986–1990 рр.), при компенсації виносу фосфору 175 %, а калію 77 % їх вміст у ґрунтах Степу підвищився – відповідно до 10,1 і 13,8 мг/кг. Однак за період з 1996 по 2000 рр. при відшкодуванні виносу фосфору лише 37 % його вміст у ґрунті знизився до 9,0 мг/кг, а калію при відшкодуванні виносу 8 % – до 11,6 мг/кг.

Метою наших досліджень було вивчення впливу тривалого використання добрив на баланс азоту, фосфору, калію та продуктивність сівозміни. Дослідження проводили на Красноградській дослідній станції Інституту зернового господарства в тривалому стаціонарному досліді з добривами в сівозміні з 100 % насиченням зерновими культурами. Ґрунтовий покрив дослідних ділянок – чорнозем типовий глибокий важкосуглинковий на лесі. Вміст гумусу становить 5,0%, загального азоту – 0,28–0,30%, фосфору – 0,13–0,14%, калію – 2,1–2,2%, рН_{вод.} – 6,7–6,96; рухомими формами елементів живлення ґрунт достатньо забезпечений (мінеральний азот – 14,0 мг/кг; P₂O₅ – 90,0 мг/кг; K₂O – 119 мг/кг).

При складанні балансу азоту, фосфору та калію в сівозміні визначали їх винос за ротацію залежно від набору культур в ній та прийнятої системи застосування добрив. У витратній частині балансу, крім виносу поживних речовин рослинами, враховували втрати азоту в газоподібній формі (денітрифікація), які згідно з даними [3] становлять 15 % від внесеного з органічними і мінеральними добривами, та втрати азоту через промивання ґрунту, що становлять в умовах Степу 10 кг/га [4].

В прибутковій частині балансу, поряд з надходженням поживних речовин за рахунок органічних і мінеральних добрив, були враховані такі статті, як посівний матеріал, атмосферні опади, симбіотична і несимбіотична фіксація азоту. Щорічна несимбіотична фіксація азоту прийнята у розмірі 10 кг/га [5], а симбіотична – 50 % від виносу азоту основною і

побічною продукцією гороху [6, 7]. Встановлено, що з атмосферними опадами щорічно надходить 4,6 кг/га азоту, 0,4 кг/га фосфору і 4,5 кг/га калію [8]. З насінням у ґрунт надходило 2,9 кг/га азоту; 1,1 фосфору і 0,9 калію.

Співставлення прибуткових і видаткових статей балансу (табл. 1) показало, що в кінці третьої ротації сівозміни у варіанті без застосування добрив баланс всіх елементів живлення був зі значним дефіцитом. По азоту цей показник становив 61,8 кг/га, по фосфору – 29,8 кг/га і калію – 69,6 кг/га. Відшкодування було дуже низьким і дорівнювало 32, 5 і 10% відповідно.

Застосування добрив суттєво покращувало баланс поживних речовин у сівозміні. Так, баланс азоту при підвищенні доз азоту з 24 до 96 кг/га на фоні 6 т/га гною був з незначним дефіцитом (31,2-7,9 кг/га) при компенсації виносу відповідно дозам азоту 73, 84, 89 і 95 %. Насичення сівозміни гноєм (з 6 до 12 і 18 т/га) на фоні $N_{48}P_{48}K_{48}$ суттєво покращувало баланс азоту. Якщо при дозі гною 6 т/га він був з дефіцитом у 21,7 кг/га, то при підвищенні її до 12 і 18 т/га – позитивним (1,4 і 16,1 кг/га) з компенсаціями виносу 84, 101 і 111 %. Дія гною (12 т/га) і еквівалентної йому кількості мінеральних добрив (варіант 3 і 6) була практично рівнозначною.

Виключення азоту з системи застосування добрив (варіант 6) призводило до дефіциту цього елемента – 52,2 кг/га з компенсацією виносу лише на рівні 54%, тимчасом як при вилученні фосфору або калію (варіант 7 і 8) компенсація виносу азоту була прийнятною – 85 %. Співставлення балансу азоту з показниками вмісту рухомих його сполук у ґрунті показує, що вміст останнього при компенсації виносу азоту менше 80% або залишався на рівні контролю без добрив 14 мг/кг, або несуттєво підвищувався – до 14,5–16,0 мг/кг. В той же час при компенсації виносу вище 90% вміст нітратного азоту зростав до 18,9–21,9 мг/кг.

Баланс фосфору в ґрунті, навіть при внесенні мінімальної дози фосфору (24 кг/га) на фоні 6 т/га гною, був зрівноважений (компенсація виносу 100%) і покращувався при зростанні доз фосфору на фоні гною до 48, 72 і 96 кг/га з компенсацією виносу відповідно 143, 164 і 195%. Вилучення фосфору з системи застосування добрив у сівозміні (варіант 7) призводило до різкого зниження компенсації виносу (39 %). При підвищенні дози гною з 6 до 12 і 18 т/га на фоні $N_{48}P_{48}K_{48}$ баланс фосфору був позитивним з суттєвим перевищенням прибуткових статей над витратними і компенсацією виносу відповідно дозам гною 143, 176 і 188 %. Спостерігається чітка закономірність щодо зміни вмісту P_2O_5 у ґрунті залежно від рівня компенсації його виносу з врожаєм. Так, у контрольному варіанті при компенсації виносу фосфору 5% вміст рухомого фосфору був середнім – 90 кг/га. При компенсації виносу фосфору на рівні до 100% вміст фосфору хоч і був уже підвищеним (109–132 мг/кг), але не досягав оптимального рівня для чорноземів Степу. Лише при компенсації виносу нарівні 122–194% вміст рухомого фосфору в ґрунті підвищувався на 62–132 мг/кг і досягав високого рівня забезпечення. В середньому по сівозміні для підвищення вмісту фосфору на 1 мг/кг витрати фосфору в добривах становили 134 кг/га.

Баланс калію при підвищенні доз добрив з 24 до 96 кг/га на фоні 6 т/га гною в усіх випадках був дефіцитним, але його напруженість знижувалась з 28,9 до 9,0 кг/га за рахунок компенсації виносу. При виключенні калію зі складу повного добрива (варіант 8) дефіцит калію становив 60,6 кг/га з компенсацією виносу лише 42 %. Застосування гною в дозах 6, 12, 18 т/га суттєво покращувало баланс калію. Якщо при дозі 6 т/га гною він був із дефіцитом 18,9 кг/га, то при дозах 12 і 18 т/га – бездефіцитним з компенсацією виносу 109 і 123 % відповідно. Спостерігається досить чітка закономірність у зміні вмісту K_2O в ґрунті залежно від рівня компенсації виносу з врожаєм культур сівозміни. Так, в контролі з компенсацією виносу 10% вміст рухомого калію становив 119 мг/кг. При компенсації виносу 40 і 52 % він зростав до 125–126 мг/кг, хоч це й несуттєве зростання, а при показниках компенсації виносу 70–80% – до 135–153 мг/кг. При більш високих показниках компенсації виносу вміст K_2O в ґрунті зростав до 155–180 мг/кг.

Показники стану балансу поживних речовин майже повністю співпадають з рівнем

1. Баланс поживних речовин за третю ротацію сівозміни

Варіант	Надійшло, кг/га			Відчужено, кг/га			Баланс, кг/га			Компенсація виносу, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
18 – без добрив	29,6	1,6	7,3	91,4	31,4	76,9	-61,8	-29,8	-69,6	32	5	10
3 – N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	78,6	49,6	55,3	116,7	40,5	102,5	-38,1	9,1	-47,2	67	123	54
16 – гній, 12 т/га	90,6	31,6	79,3	120,7	43,7	103,0	-30,1	-12,1	-23,7	75	72	77
2 – гній, 6 т/га + N ₂₄ P ₂₄ K ₂₄	84,6	40,6	67,3	115,8	40,7	96,2	-31,2	0,10	-28,9	73	100	70
4 – гній, 6 т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	109,6	64,6	91,3	131,3	45,2	110,2	-21,7	19,4	-18,9	84	143	83
14 – гній, 6 т/га + N ₇₂ P ₇₂ K ₇₂	132,6	88,6	115,3	149,1	53,9	131,6	-16,5	34,7	-16,3	89	164	88
15 – гній, 6 т/га + N ₉₆ P ₉₆ K ₉₆	157,6	112,6	139,3	165,5	57,9	148,3	-7,9	54,7	-9,0	95	195	94
5 – гній, 12 т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	139,6	79,6	127,3	138,2	45,2	117,0	1,4	34,4	10,3	101	176	109
9 – гній, 18 т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	169,6	94,6	163,3	153,5	50,2	132,3	16,1	44,4	31,0	111	188	123
6 – гній, 6 т/га + P ₄₈ K ₄₈	60,6	79,6	127,3	112,8	42,2	99,3	-52,2	37,4	28	54	189	128
7 – гній, 6 т/га + N ₄₈ K ₄₈	108,6	16,6	91,3	127,1	42,8	112,9	-18,5	-26,6	-30,6	85	39	81
8 – гній, 6 т/га + N ₄₈ P ₄₈	108,6	64,6	43,3	127,5	44,5	103,9	-18,9	20,1	-60,6	85	145	42

2. Продуктивність сівозміни при систематичному застосуванні добрив за третю ротацію, т/га зернових одиниць

Варіант	горох	озима пшениця	куку- рудза	куку- рудза	яч- міль	Сумарна продуктивність сівозміни	Середня продук- тивність сівозміни за 1 рік	Приріст продуктивності	
								т/га	%
18 – без добрив	2,72	6,06	4,70	4,75	3,46	21,7	4,34	–	–
3 – N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	3,18	6,98	5,33	5,10	5,05	25,6	5,13	0,79	18
16 – гній, 12 т/га	3,10	6,93	5,64	5,80	4,31	25,8	5,16	0,82	20
2 – гній, 6 т/га + N ₂₄ P ₂₄ K ₂₄	2,99	7,01	5,07	4,97	4,88	24,9	4,98	0,64	15
4 – гній, 6 т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	3,28	7,06	5,88	5,77	5,13	27,1	5,42	1,08	25
14 – гній, 6 т/га + N ₇₂ P ₇₂ K ₇₂	3,32	7,48	7,14	7,11	5,79	30,8	6,17	1,83	42
15 – гній, 6 т/га + N ₉₆ P ₉₆ K ₉₆	3,58	7,68	7,77	7,68	6,04	32,8	6,55	2,21	51
5 – гній, 12 т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	3,45	6,98	6,43	6,29	5,49	28,6	5,73	1,39	32
9 – гній, 18 т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	3,44	7,49	7,01	6,90	5,63	30,5	6,09	1,75	40
6 – гній, 6 т/га + P ₄₈ K ₄₈	3,03	6,87	5,40	5,38	4,65	25,3	5,07	0,73	17
7 – гній, 6 т/га + N ₄₈ K ₄₈	3,11	6,82	6,32	6,24	5,16	27,7	5,53	1,19	27
8 – гній, 6 т/га + N ₄₈ P ₄₈	3,11	6,77	6,27	6,14	5,16	27,5	5,49	1,15	26

продуктивності сівозміни за її третю ротацію (табл. 2). Виявилось, що за третю ротацію продуктивність сівозміни без застосування добрив становила 4,34 т/га зернових одиниць, тимчасом як у першій і другій ротаціях – відповідно 3,90 і 4,33 т/га зернових одиниць. По закінченні третьої ротації у варіантах досліду 2, 4, 14, 15, де на фоні 6 т/га гною дозу мінеральних добрив збільшували у 2, 3 і 4 рази (з $N_{24}P_{24}K_{24}$ до $N_{96}P_{96}K_{96}$) прирости продуктивності відносно контролю становили 0,64; 1,08; 1,83; 2,21 т/га відповідно, тобто 15, 25, 42, 51 %. При цьому окупність 1 кг азоту, фосфору і калію, використаних з органічних і мінеральних добрив, була досить високою (4,3–6,2 кг зернових одиниць) і максимальною виявилася у варіантах 14 і 15 (6,2 і 6,0 кг з.од), де на фоні 6 т/га гною застосовували відповідно $N_{72}P_{72}K_{72}$ і $N_{96}P_{96}K_{96}$ кг/га мінеральних добрив. При підвищенні дози гною з 6 до 12 і 18 т/га на фоні $N_{48}P_{48}K_{48}$ (варіанти 5, 9) прирости врожаю становили 1,39 і 1,75 т/га (32 і 40%), що на 7 і 15 % більше, ніж при внесенні на тому ж фоні мінеральних добрив – 6 т/га гною. Застосування на фоні 6 т/га гною мінеральних добрив у парних сполученнях $P_{48}K_{48}$, $N_{48}K_{48}$, $N_{48}P_{48}$ (варіанти 6, 7, 8) було досить ефективним (прирости врожаю 0,73; 1,19 і 1,15 т/га, або 17, 27, 26 %) порівняно з контролем. При цьому застосування фосфорно-калійних добрив за ефективністю було на 9–10 % нижчим, ніж азотно-фосфорних, або азотно-калійних. Порівняння продуктивності у варіантах з несенням лише $N_{48}P_{48}K_{48}$ і гною (12 т/га) за роки третьої ротації показало майже однакову їх ефективність (прирости врожаю – відповідно 0,79 і 0,82 т/га), при цьому необхідно враховувати вплив гною на поліпшення гумусного стану і взагалі родючості ґрунту.

В цілому можна констатувати, що підвищення продуктивності сівозміни при застосуванні різних доз мінеральних добрив було адекватним їх впливу щодо поліпшення рівня забезпечення ґрунту рухомими формами поживних речовин та органічних. Вищевикладене свідчить, що в сівозміні зі 100 % насиченням зерновими культурами, висока продуктивність з одночасним збереженням і відтворенням родючості ґрунту може бути досягнута при дотриманні основних вимог компенсації виносу поживних речовин з врожаєм за рахунок органічних і мінеральних добрив. Для цього слід підтримувати компенсацію виносу по азоту і калію не нижче 80 %, а по фосфору – 120–140 %.

Бібліографічний список

1. *Прянишников Д.Н.* Агрохимия / *Д.Н. Прянишников*: [ред. О.К. Кедрова-Зихман]. В 3-х т. – М.: Колос, 1965. – Т. 3: Общие вопросы земледелия и химизации. – 767 с.
2. *Бердніков О.М.* Баланс азоту, фосфору, калію / *О.М. Бердніков, Ю.Г. Лісовий, Ю.В. Сорока* // Біоенергетичні зрошувані агроєкосистем / За ред. *Ю.О. Тараріко*. – К.: ДІА, 2010. – С. 48–54. – (Наук.-технологіч. забезпечення аграр. виробництва: південний Степ України).
3. *Гетманец А.Я.* Баланс азота в системе почва – растение – удобрение (по данным исследований с ^{15}N) // Бюл. ВНИИ кукурузы. – 1978. – № 48. – С.11–12.
4. *Гетманец А.Я.* О вертикальной миграции нитратного азота в черноземе обыкновенном степ-ной зоны Украины / *А.Я. Гетманец, П.С. Авраменко* // Почвоведение. – 1976. – № 9. – С. 46–50.
5. *Гетманец А.Я.* Баланс питательных веществ в интенсивных севооборотах степной зоны и продуктивность сельскохозяйственных культур / *А.Я. Гетманец, В.Т. Пашова, А.Н. Коляда* // Пути повышения продуктивности зерновых культур в севооборотах Степи УССР: зб. научн. тр.; отв. ред. Е.М. Лебедь / НИИ кукурузы, ВАСХНИЛ. – Днепропетровск, 1986. – С. 24–35.
6. *Щербаков А.П.* Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ / *А.П. Щербаков, И. Д. Рудай*. – М.: Колос, 1983. – 189 с. – (Производственно-практическое издание).
7. Методические рекомендации по изучению показателей плодородия почв, баланса гумуса и питательных веществ в длительных опытах / Сост.: *А.Е.Андреева, Г.С. Базыкина, И.Г. Важе-нин* [и др.]. – М.: ВАСХНИЛ, 1987. – 80 с.
8. *Гетманец А.Я.* Поступление азота в почву с атмосферными осадками в Степи УССР / *А.Я. Гетманец, Л.М. Дудченко, В.С. Чумак* // Бюл. ВНИИ кукурузы. – 1973. – № 30. – С.35–39.

