

УДК 631.8; 631.454: 631.816: 631.811.1

Г. М. Господаренко, доктор сільськогосподарських наук, професор

О. Д. Черно, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

БАЛАНС АЗОТУ В ҐРУНТІ ПОЛЬОВОЇ СІВОЗМІНИ ЗА 50-РІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ

Наведено результати досліджень, проведених у тривалому стаціонарному польовому досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому Правобережного Лісостепу України, з вивчення впливу різних доз і систем удобрення, в тому числі біологічного спрямування, на винос азоту і його баланс у польовій сівозміні. З'ясовано, що винос азоту залежно від доз добрив і систем удобрення становив 82,4–136,2 кг/га, в той же час у контролі без добрив – 63,5 кг/га за рік. Встановлено, що за насичення сівозміни конюшиною та горохом мінімально оптимальний показник балансу азоту формується за внесення на 1 га площі польової сівозміни $N_{45}P_{45}K_{45}$ або гною $4,5 \text{ т/га} + N_{23}P_{34}K_{18}$ з інтенсивністю відповідно 75 і 70 %. За органічної системи удобрення залежно від доз внесення гною він мав допустимий дефіцит і його інтенсивність становила 77–88 %. Бездефіцитним баланс азоту формується за внесення $N_{90-135}P_{90-135}K_{90-135}$ і гній $13,5 \text{ т/га} + N_{67,5}P_{101,2}K_{54}$.

Ключові слова: система удобрення, чорнозем опідзолений, польова сівозміна, господарський винос, відносний винос, баланс азоту, інтенсивність балансу.

Нині в землеробстві України ігнорується закон повернення в ґрунт поживних речовин. Таке споживацьке відношення призведе до негативних наслідків: зниженню продуктивності та погіршенню якості ґрунтів. Ефективна родючість, яка накопичувалась тривалий час втрачається, а врожаї формуються за рахунок природної родючості. Використання ґрунтів для вирощування сільськогосподарських культур за незбалансованого внесення добрив призвело до недостатнього забезпечення рослин елементами живлення. Тільки за збалансованого регулювання колообігу поживних речовин у землеробстві складаються умови для ефективної інтенсифікації сільськогосподарського виробництва [1, 2].

Тому важливість встановлення оптимальних доз мінеральних добрив у технологіях вирощування сільськогосподарських культур не викликає сумніву. Проблема є актуальною як в цілому для аграрного виробництва, так і для біологічного землеробства, оскільки вважається, що воно повинно бути не альтернативним, а таким, де добрива застосовуються в мінімально оптимальних кількостях. В першу чергу це стосується азоту, оскільки надлишок елемента в ґрунті призводить до забруднення навколишнього природного середовища і ризику захворювань людей і тварин [3, 4].

Вирощування сортів і гібридів сільськогосподарських культур високоінтенсивного типу за незбалансованого внесення добрив неодмінно призводить до гострої нестачі того чи іншого елемента живлення [5, 6]. Одним з об'єктивних економічних показників ступеня інтенсифікації і культури землеробства є баланс елементів живлення.

Найбільш цінну інформацію з цих питань можна одержати в тривалих стаціонарних дослідях. Їх результати дають можливість встановити дози добрив під раціональний рівень врожаю, який забезпечить окупність туків і помірні темпи підвищення вмісту в ґрунті рухомих сполук елементів живлення та мінімальний вплив на навколишнє природне середовище.

Мета дослідження – вивчити вплив різних систем удобрення за тривалого їх застосування на чор-

ноземі опідзоленому важкосуглинковому на винос азоту культурами польової сівозміни та формування його балансу.

Розрахунок балансу азоту в ґрунті за тривалого застосування добрив було проведено після закінчення п'ятої ротації польової сівозміни в стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства, закладеному в 1964 році на дослідному полі Уманського НУС. Десятипільна польова сівозміна має таке чергування культур: конюшина, пшениця озима, буряк цукровий, кукурудза, горох, пшениця озима, кукурудза на силос (в I, II ротаціях – картопля), пшениця озима, буряк цукровий, ячмінь ярий. У досліді вивчався вплив трьох рівнів удобрення за мінеральної, органічної та органо-мінеральної систем удобрення. Дози добрив за мінеральної системи склали $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{135}P_{135}K_{135}$ на 1 га сівозмінної площі (1NPK, 2NPK, 3NPK), за органічної – 9,0, 13,5 і 18 т/га гною, (1 Гн, 1,5Гн, 2 Гн), за органо-мінеральної системи удобрення дози гною складають 4,5, 9,0 і 13,5 т/га, а загальна кількість внесення основних елементів живлення скорегована з мінеральною системою удобрення додатковим внесенням мінеральних добрив (1 Гн+ NPK, 2Гн+NPK, 3Гн+NPK). Добрива вносились диференційовано під кожен культуру сівозміни. Коригування доз добрив від ротації до ротації проводилось з метою збільшення їх інформативності без істотної зміни суті варіантів. Площа облікової ділянки 100 м², посівної – 180 м², повторність досліді триразова.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,31%, рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирікова) 80–120 мг/кг, забезпеченість рослин азотом лужногідролізованих сполук – низька.

У прибутковій частині балансу враховано такі статті: азот органічних і мінеральних добрив, азот, який надходить з опадами – 12,0 кг/га (власні дані), з насіннєвим матеріалом – 3,7 кг/га та симбіотично фіксований азот конюшиною – 70 % від виносу врожаю і горохом – 40 кг/т зерна. До витратної частини балансу включали: винос азоту врожаєм культури,

втрати у результаті ерозії – 8 кг/га. Процес інфільтрації азоту, який відбувається глибше кореневмісного шару ґрунту, під час розрахунків не враховували у зв'язку з відсутністю достатніх даних у регіоні проведення досліджень.

Результати дослідження. Величина врожаю і якість рослинної продукції є основними показниками, які визначають рівень продуктивності сільськогосподарських культур та цінність їх продукції. Аналіз експериментальних даних показав, що добрива, за їх систематичного внесення, покращуючи поживний режим ґрунту, позитивно впливали на живлення рослин, забезпечують формування більшого врожаю.

Як відомо, врожайність будь-якої культури, що вирощуються у сівозміні, формується не лише під впливом прямої дії добрив, але і їх післядії за рахунок акумульованих поживних речовин добрив у ґрунті. Тому тривалі досліді, проведені з урахуванням післядії добрив у сівозмінах, дають повнішу характеристику їх значення у формуванні продуктивності сільськогосподарських культур та їх впливу на родючість ґрунту.

Встановлено, що на продуктивність окремих культур у сівозміні значно впливають як попередники, так і передпопередники, але найбільший вплив має внесення різних доз та видів добрив (табл. 1).

Таблиця 1.

Врожайність культур польової сівозміни залежно від доз та систем удобрення (середнє за 1965–2014 рр.), ц/га

Варіант досліджу	Конюшина (сіно)	Пшениця озима	Буяки цукровий	Кукурудза	Горох	Пшениця озима	Кукурудза на силос	Пшениця озима	Буяки цукровий	Ячмінь	Картопля
Контроль	34,1	37,7	320	45,7	19,9	35,2	254	32,6	302	28,8	34,1
$N_{45}P_{45}K_{45}$	33,5	45,5	392	55,1	24,9	43,5	328	39,3	374	33,5	33,5
$N_{90}P_{90}K_{90}$	37,8	50,8	435	60,5	25,5	51,2	393	44,6	412	37,8	37,8
$N_{135}P_{135}K_{135}$	38,3	51,9	459	66,0	26,2	50,3	454	46,6	436	38,3	38,3
9 т/гною	33,1	44,4	387	55,3	25,0	42,6	326	38,9	366	33,1	33,1
13,5 т/гною	36,0	48,1	419	59,3	25,1	46,3	379	42,4	395	36,0	36,0
18 т/гною	37,1	50,5	434	62,3	26,0	47,4	417	44,2	418	37,1	37,1
4,5 т/га гною + $N_{23}P_{34}K_{18}$	34,9	46,2	405	56,8	25,7	43,6	329	40,4	391	34,9	34,9
9 т/га гною + $N_{45}P_{68}K_{36}$	38,4	51,2	450	64,1	26,7	48,9	402	45,2	428	38,4	38,4
13,5 т/га гною + $N_{68}P_{101}K_{54}$	40,4	53,5	474	69,1	27,9	51,9	451	47,9	462	40,4	40,4

Примітка. У III–V ротаціях сівозміни картоплю було замінено кукурудзою на силос.

Різниця у рівнях живлення, та попередники впливали на формування врожаю пшениці озимої. Після всіх попередників на ділянках, де добрив не вносили, вона була на 4,1–12,8 ц/га нижчою, ніж на удобрених.

У варіантах з внесенням добрив пшениця озима, що розміщувалася після конюшини, забезпечувала суттєві прирости врожаю. В середньому за 50 років прирости урожаю зерна пшениці озимої після конюшини від одинарних доз добрив за органічної, мінеральної та органо-мінеральної систем були майже однаковими і перевищували контроль на 18–23 %. За органо-мінеральної системи удобрення з внесенням подвійної і потрійної доз добрив урожайність в середньому зросла на 36–42 % порівняно з контролем і була найвищою порівняно з іншими варіантами досліді. Слід зазначити, що в сівозміні з органічною системою удобрення, де під пшеницю добрива не вносяться, а гній у полі вносився за три роки до сівби пшениці, врожайність лише частково знижувалась порівняно з варіантами з мінеральною та органо-мінеральною системами удобрення. Аналогічні результати одержані й за розміщення пшениці озимої після гороху та кукурудзи на силос.

Для кукурудзи найбільшим оптимальним для формування найвищої врожайності (66,0–69,1 ц/га)

є третій рівень мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення, де вносилося в середньому за рік $N_{135}P_{135}K_{135}$, та за еквівалентної дози добрив в органо-мінеральній системі удобрення. Значні прирости врожаю були також у варіантах досліді, де вносилося щорічно в середньому по 18 т/га гною.

Під ячмінь ярий найкращими виявилися варіанти другого рівня мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення. Вони забезпечували урожайність зерна 37,8–38,4 ц/га, що перевищувало варіант без добрив на 31–33%. Проте, за внесення потрійної дози добрив за мінеральної системи удобрення істотного приросту врожайності порівняно з подвійною не спостерігалось. Це пояснюється тим, що рослини ячменю посилено розвивали вегетативну масу і були менш стійкі до вилягання. Тому за умов надлишкового зволоження, вони вилягали, що призводило до недобору врожаю за рахунок недорозвиненого зерна та зниження процесів накопичення в ньому органічних речовин. Крім того, вилягання негативно впливало і на підсіяну під ячмінь конюшину, значна кількість рослин якої під покривом загущеної вегетативної маси ячменю гинули, а травостій формувалась зрідженим.

Найвища врожайність сіна конюшини була за третього рівня органо-мінеральної системи удобрення – 40,4 ц/га. Вирощування цієї культури тривалий час на неудобрених ділянках знижувало її врожай-

ність на 18 %. Урожайність сіна конюшини також значною залежала від погодних умов, що в свою чергу пов'язано з розвитком покривної культури.

Вважається, що горох формує високі врожаї за достатнього азотного живлення, яке забезпечується за рахунок природної родючості ґрунту, симбіотичної азотфіксації та застосування мінерального азоту добрив. Водночас є досить багато суперечливих даних щодо впливу азотних добрив на його продуктивність [3, 7]. Нашими дослідженнями встановлено, що чорнозем опідзолений має високу природну і потенційну родючість щодо культури гороху. Добрива підвищували врожайність гороху на 5,0–8,0 ц/га. Проте, приріст від внесених у сівозміні високих доз добрив був неістотним, порівняно до подвійних доз.

Дія доз добрив і систем удобрення на врожайність буряку цукрового за п'ять ротацій сівозміни значно залежала від погодних умов. Буряк цукровий найкраще реагував на сумісне внесення високих доз органічних та мінеральних добрив. Так, за третього рівня органо-мінеральної системи удобрення формувалась найвища врожайність коренеплодів – 474 ц/га. Приріст урожайності за рахунок добрив залежно від ланки сівозміни становив: з кукурудзою на силос – 64–160 ц/га, з конюшиною – 72–154 ц/га, тобто на

21–50% він був вищим, ніж на ділянках без добрив. Високі прирости врожаю буряків цукрових були у варіантах з органічною і мінеральною системами удобрення, але все ж дещо нижчими, ніж у варіантах досліду з органо-мінеральною системою.

Для кукурудзи на силос найбільш ефективним виявився третій рівень мінеральної системи удобрення.

Отже, продуктивність культур польової сівозміни на чорноземі опідзоленому важко суглинковому більше залежить від доз добрив, ніж від системи їх застосування. Водночас продуктивність культур підвищується суттєво лише до певного рівня насичення добривами.

Відомо, що з основних елементів живлення найбільший вплив на чорноземних ґрунтах має забезпеченість рослин азотом. Вміст азоту в рослинах залежить від біологічних, сортових особливостей культур, ґрунтового-кліматичних умов, дози і виду добрив та інших чинників і є змінною величиною. Дослідженнями встановлено, що всі культури сівозміни значно відрізняються за вмістом у них азоту, що залежить як від їх біологічних особливостей, так і від умов вирощування (табл. 2).

Таблиця 2.

Вміст азоту в основній продукції культур сівозміни залежно від доз добрив і систем удобрення, % на суху речовину

Культура	Варіант досліду									
	Контроль	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	9т/ га гною	13,5т/га гною	18 т/ га гною	4,5 т/га гною + N ₂₃ P ₃₄ K ₁₈	9 т/га гною + N ₄₅ P ₆₈ K ₃₆	13,5 т/га гною + N ₆₈ P ₁₀₁ K ₅₄
Конюшина	1,54	1,71	2,00	2,16	1,77	1,97	2,10	1,82	1,85	2,23
Пшениця озима	2,11	2,12	2,24	2,30	2,09	2,18	2,24	2,24	2,32	2,41
Буряк цукровий	0,54	0,64	0,77	0,83	0,65	0,76	0,84	0,78	0,88	0,91
Кукурудза	1,35	1,46	1,58	1,63	1,43	1,48	1,63	1,45	1,58	1,63
Горох	3,27	3,47	3,34	3,80	3,34	3,46	3,53	3,47	3,69	3,83
Пшениця озима	1,99	2,06	2,16	2,24	1,98	2,31	2,41	2,15	2,28	2,33
Кукурудза на силос	1,03	1,13	1,30	1,36	1,11	1,29	1,35	1,17	1,34	1,40
Пшениця озима	2,00	2,17	2,21	2,19	1,92	2,10	2,16	2,11	2,25	2,29
Буряк цукровий	0,57	0,69	0,81	0,93	0,66	0,73	0,88	0,73	0,87	0,97
Ячмінь ярий	1,32	1,37	1,48	1,56	1,43	1,49	1,57	1,50	1,57	1,64

Вміст азоту в основній продукції значно залежить від системи та рівня застосування добрив у сівозміні. Серед культур сівозміни найбільшим він був у зерні гороху – 3,27–3,83 %. Особливо позитивно на збільшення вмісту азоту в зерні цієї культури впливали високі дози добрив. Так, при застосуванні потрібної дози добрив (N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅) за мінеральної системи його містилося 3,80%, що на 16 % більше, ніж у контрольному варіанті, а за такої дози добрив за сумісного внесення гною і мінеральних добрив – 3,83 % або на 17 % більше. За органічної систе-

ми удобрення, навіть за середньорічного внесення 18 т/га гною, вміст азоту в зерні гороху підвищився лише до 3,53 % на суху речовину.

Дещо нижчий вміст азоту в зерні пшениці озимої, проте добрива також впливали на його збільшення. Він також залежав від систем та рівнів удобрення і попередника в сівозміні і знаходився в межах 1,99–2,41 % на суху речовину. Найнижчим вміст азоту був у зерні контрольного варіанту – 2,11% (після конюшини), після кукурудзи на силос і гороху – відповідно 2,00–1,99 % га суху речовину. Внесення зроста-

ючих доз добрив забезпечувало збільшення вмісту азоту в зерні після всіх попередників, а особливо за її вирощування після конюшини.

Зерно кукурудзи має нижчий вміст азоту, ніж зерно пшениці озимої – 1,35–1,63 % на суху речовину залежно від варіанту досліду. Внесення добрив також сприяло збільшенню вмісту азоту в зерні ячменю ярого. При цьому за третіх рівнів їх застосування між мінеральними і органічними добривами немає суттєвої різниці. Проте за органо-мінеральної системи удобрення вміст азоту в зерні ячменю збільшився на 0,28 пункти.

Вміст азоту в буряках більше залежав від системи та рівня удобрення, ніж від ланки розміщення їх у сівозміні. Збільшення його вмісту проходило пропорційно кількості внесених добрив і за потрібних їх доз становив 0,83–0,97% на суху речовину. Аналогічна закономірність спостерігалась і за вмістом азоту в сні конюшини. Отже, вміст азоту в основній продукції найбільше залежить від біо-

логічних особливостей культури. Добрива також впливають на цей показник, тоді як системи удобрення практично на нього не впливають. За рахунок їх тривалого застосування у сівозміні відмічено таке максимальне підвищення вмісту азоту порівняно з контролем: у зерні пшениці озимої – на 14–17 % залежно від попередника, у зерні ярого ячменю – на 24 %, у зерні кукурудзи – на 21 %, у буряках – на 68–70 %, у сні конюшини та кукурудзі на силос – відповідно на 45 та 35 %.

У нетоварній частині врожаю вміст азоту значно нижчий, ніж в основній, за винятком гички цукрових буряків (табл. 3).

Серед культур польової сівозміни найбільш високим вмістом азоту відзначається солома гороху – 0,96 % на суху речовину, дещо меншим гичка буряку цукрового – 0,91–0,94 %, потім солома пшениці озимої, кукурудза і найменше його містилося в соломі ячменю (0,43–0,68 %).

Таблиця 3.

Вміст азоту в нетоварній частині врожаю культур сівозміни залежно від доз та систем удобрення, % на суху речовину

Варіант досліду	Культура сівозміни							
	Пшениця озима	Буряк цукровий	Кукурудза	Горох	Пшениця озима	Пшениця озима	Буряк цукровий	Ячмінь ярий
Контроль (Без добрив)	0,62	0,91	0,56	0,96	0,6	0,48	0,94	0,43
$N_{45}P_{45}K_{45}$	0,67	1,05	0,63	1,04	0,7	0,55	1,05	0,46
$N_{90}P_{90}K_{90}$	0,77	1,23	0,75	1,18	0,72	0,69	1,13	0,56
$N_{135}P_{135}K_{135}$	0,94	1,32	0,93	1,33	0,81	0,85	1,23	0,64
9 т/га гною	0,67	1,00	0,72	1,02	0,64	0,56	1,09	0,46
13,5 т/га гною	0,78	1,15	0,76	1,19	0,71	0,74	1,16	0,56
18 т/га гною	0,89	1,25	0,86	1,26	0,79	0,80	1,23	0,64
4,5 т/га гною + $N_{23}P_{34}K_{18}$	0,85	1,05	0,76	1,01	0,85	0,66	1,05	0,46
9 т/га гною + $N_{45}P_{68}K_{36}$	0,93	1,23	0,88	1,26	0,98	0,77	1,20	0,63
13,5 т/га гною + $N_{68}P_{101}K_{54}$	0,96	1,34	0,96	1,39	1,05	0,90	1,29	0,68

Встановлено, що вміст азоту в соломі пшениці озимої, що розміщувалась після конюшини та гороху істотної різниці не мав. Тоді як пшениця, що розміщувалась після кукурудзи на силос, мала дещо менший його вміст. Зі збільшенням дози добрив після усіх попередників вміст азоту в соломі підвищувався (при вирощуванні після конюшини на 0,27–0,34 %, гороху – 0,19–0,45 %, після кукурудзи на силос на 0,32–0,42 % порівняно варіантом, де добрив не вносили).

Аналогічні закономірності були за вмістом азоту в нетоварній частині врожаю й інших культур.

Основною статтею витратної частини балансу, найважливішим показником біологічного колообігу поживних речовин у сівозмінах і у всьому землеробстві є винос їх урожаєм культур. Господарський винос азоту є змінною величиною і залежить від рівня врожайності та вмісту його в одержаній продукції. Він зростає зі збільшенням урожайності, але прямої залежності між її величиною і кількістю вилуче-

ною, зазвичай не спостерігалось. Так, урожайність пшениці озимої, що розміщувалась після конюшини, за внесення високих доз добрив за мінеральної, органічної та органо-мінеральної систем удобрення збільшилась в 1,34–1,4 рази, а господарський винос – в 1,7–2,0 рази (табл. 4).

Потреба рослин в азоті обумовлена біологічними особливостями культури і накопиченням ними органічної маси. Тому культури польової сівозміни виносять з ґрунту різну кількість поживних речовин. Залежно від біологічних і сортових особливостей культур винос азоту в середньому за рік змінювалась від 58,1 кг/га у полі, де вирощувалась конюшина, до 161,8 кг/га під кукурудзою. Оскільки вилучення азоту урожаєм також залежить і від агроекологічних умов вирощування рослин та сортових особливостей, то порядок розміщення окремих культур за величиною їх господарського виносу був таким: кукурудза > пшениця озима > буряк цукровий > кукурудза на силос > горох > ячмінь ярий > конюшина.

Таблиця 4.

Господарський винос азоту культурами польової сівозміни залежно від доз добрив і систем удобрення у сівозміні (1965–2014 рр.), кг/га

Варіант досліджу	Культура сівозміни									
	Конюшина (сіно)	Пшениця озима	Буряки цукровий	Кукурудза	Горох	Пшениця озима	Кукурудза на силос	Пшениця озима	Буряки цукровий	Ячмінь ярій
Контроль (Без добрив)	43,5	90,4	65,5	98,2	73,7	82,5	62,8	71,7	65,0	44,4
$N_{45}P_{45}K_{45}$	47,5	118,0	94,3	130,6	100,2	111,2	88,9	97,0	95,8	55,5
$N_{90}P_{90}K_{90}$	62,7	147,7	128,5	162,4	104,3	138,5	122,5	120,2	124,7	70,6
$N_{135}P_{135}K_{135}$	68,7	167,5	148,4	203,9	123,0	147,9	148,3	137,7	149,8	78,4
9 т/га гною	48,7	112,0	92,4	138,2	96,5	102,4	86,8	87,6	92,0	56,1
13,5 т/га гною	58,8	133,6	117,3	157,3	104,6	130,9	117,2	111,8	110,1	66,8
18 т/га гною	64,7	151,1	135,2	184,8	112,0	142,3	135,0	122,2	135,2	74,7
4,5 т/га гною + $N_{23}P_{34}K_{18}$	52,7	133,8	110,8	146,8	102,1	121,1	92,4	101,0	103,0	61,2
9 т/га гною + $N_{45}P_{68}K_{36}$	59,0	160,8	142,2	187,1	119,5	150,3	129,4	127,0	134,6	77,1
13,5 т/га гною + $N_{68}P_{101}K_{54}$	74,8	176,2	158,2	208,7	131,5	171,9	151,5	143,9	160,7	86,1

За 50-річний період у контрольному варіанті, без внесення добрив, культури польової сівозміни винесли з ґрунту 3452 кг/га азоту. За внесення одинарних доз добрив за мінеральної, органічної та органо-мінеральної систем удобрення вилучення його збільшилось відповідно на 31, 28 та 43%, подвійних доз – на 62, 53 та 76 %, потрійних – на 84, 72, 96 %. Отже, найбільш суттєве зростання господарського виносу азоту спостерігається за органо-мінеральної системи удобрення.

Азоту більше виноситься основною продукцією, ніж нетоварною. Наприклад, в середньому за варіантами винос азоту товарною частиною урожаю горо-

ху становив 55,9 кг/га, в той же час як нетоварною – всього 17,8 кг/га. Аналогічна закономірність спостерігається по всіх культурах польової сівозміни.

Для практичного застосування в агрохімічних розрахунках використовують величину виносу елементів живлення на одиницю основної частини врожаю. Відносно висока стабільність цього показника пояснюється законами постійності хімічного складу рослин і вибірковою здатністю рослин поглинати поживні елементи [3, 4, 6]. Відносний винос азоту одиницею врожаю залежить від багатьох чинників, але в одній і тій же самій культурі змінюється в значно менших межах (табл. 5).

Таблиця 5.

Відносний винос азоту культурами залежно від доз добрив і систем удобрення в польовій сівозміні, кг/т основної продукції і відповідної кількості нетоварної

Варіант досліджу	Культура сівозміни									
	Конюшина (сіно)	Пшениця озима	Буряк цукровий	Кукурудза	Горох	Пшениця озима	Кукурудза на силос	Пшениця озима	Буряк цукровий	Ячмінь
Без добрив	12,8	24,0	2,0	21,5	37,1	23,5	2,5	22,0	2,2	15,4
$N_{45}P_{45}K_{45}$	14,2	25,9	2,4	23,7	40,2	25,6	2,7	24,7	2,6	16,6
$N_{90}P_{90}K_{90}$	16,6	29,1	3,0	26,8	40,9	27,1	3,1	27,0	3,0	18,7
$N_{135}P_{135}K_{135}$	17,9	32,3	3,2	30,9	47,0	29,4	3,3	29,6	3,4	20,5
9 т/га гною	14,7	25,2	2,4	25,0	38,6	24,0	2,7	22,5	2,5	16,9
13,5 т/га гною	16,4	27,8	2,8	26,5	41,7	28,3	3,1	26,4	2,8	18,6
18 т/га гною	17,4	29,9	3,1	29,6	43,0	30,0	3,2	27,7	3,2	20,1
4,5 т/га гною + $N_{23}P_{34}K_{18}$	15,1	29,0	2,7	25,8	39,8	27,8	2,8	25,0	2,6	17,6
9 т/га гною + $N_{45}P_{68}K_{36}$	15,4	31,4	3,2	29,2	44,8	30,8	3,2	28,1	3,1	20,1
13,5 т/га гною + $N_{68}P_{101}K_{54}$	18,5	32,9	3,3	30,2	47,2	33,1	3,4	30,1	3,5	21,3

Необхідно також відмітити, що відносний винос азоту суттєво залежав від попередника. Так, у пшениці озимої, що вирощувалась на ділянках без добрив після конюшини, цей показник становив 24,0 кг,

після гороху – 23,5, після кукурудзи на силос – 22,0 кг/т зерна і відповідної кількості соломи. Застосування добрив у сівозміні збільшувало величину відносного виносу азоту пшеницею озимою.

Покращення живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення добрив сприяло збільшенню виносу азоту на 40 % у порівнянні з контрольним варіантом.

Відносний винос азоту буряком цукровим практично не залежав від ланки сівозміни і на неудо-бренних ділянках становив 2,0–2,2 кг/т коренеплодів з відповідною кількістю гички. Добрива сприяли збільшенню цього показника.

Колообіг азоту, порівняно з іншими елементами у системі ґрунт – рослина – атмосфера, найбільше залежить від комплексу біологічних, хімічних, фізико-хімічних і фізичних чинників. Тому баланс азоту визначити досить складно і більш точну інформацію можна одержати в стаціонарних дослідженнях.

Як відомо, азот добрив найбільш небезпечний з екологічного погляду. У цілому його баланс повинен

бути урівноваженим або неістотно перевищувати винос. Вносити надлишок азотних добрив у розрахунок на післядію не доцільно.

Розрахунок балансу азоту в ґрунті за його тривалого сільськогосподарського використання показав, що й прибуткові і витратні його статті суттєво залежать від рівня застосування добрив у сівозміні (табл. 6).

Встановлено, що за період досліджень, залежно від варіанту досліду, надійшло у ґрунт від 1335,3 до 8299,5 кг/га азоту, що в середньому за рік складає 27,7–166,0 кг/га. Основним джерелом надходження азоту в ґрунт є добрива і біологічна фіксація. Значно менше знаходиться азоту з насіннєвим матеріалом та опадами і за даними літературних джерел їх кількість змінюється в широких межах – від 1,7 до 23,3 кг/га за рік.

Таблиця 6.

Баланс азоту та його інтенсивність за 50-річного застосування різних доз і систем удобрення в польовій сівозміні, кг/га

Стаття балансу	Варіант досліду									
	Контроль	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	9т/га гною	13,5т/га гною	18 т/га гною	4,5 т/га гною + N ₂₃ P ₃₄ K ₁₈	9 т/га гною + N ₄₅ P ₆₈ K ₃₆	13,5 т/га гною + N ₆₈ P ₁₀₁ K ₅₄
Надійшло, всього	1335,3	3699,3	6914,5	8299,5	3705,5	4867,8	5581,5	3733,5	6925,5	8354,8
у т.ч. з добривами	–	2250	5400	6750	2250	3375	4050	2250	5400	6750
– насінням	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185
– опадами	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
– симбіотичною фіксацією	550,3	664,3	729,5	764,5	670,5	707,8	746,5	698,5	740,5	819,8
Вилучення, всього	3852	4941	6014	6768	4826	5704	6333	5346	6485	7187
у т.ч. з урожаєм	3452	4541	5614	6368	4426	5304	5933	4946	6085	6787
– внаслідок ерозії	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Баланс	-2516,8	-1241,8	900,5	1531,5	-1120,6	-836,2	-751,6	-1612,6	440,5	1167,8
Інтенсивність балансу, %	35	75	115	123	77	85	88	70	107	116

Баланс азоту за 50 років проведення досліду за нашими розрахунками становить від – 2516,8 до + 1531,5 кг/га залежно від варіанту досліду. Додатним він формувався за мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення з середньорічним внесенням N₉₀₋₁₃₅. За органічної системи удобрення навіть за дози гною 13,5 т/га сівозмінної площі на рік спостерігався дефіцитний баланс азоту.

Інтенсивність балансу азоту за 50-річного застосування добрив була найнижчою у варіанті без добрив – 35%. За їх внесення вона зростає залежно від доз добрив – за мінеральної системи від 75 до 123 %, органічної – від 77 до 88, за органо-мінеральної – від 70 до 107 %.

Отже, баланс азоту за тривалого застосування добрив визначався рівнем застосування добрив і виносом азоту культурами сівозміни. Одинарні дози добрив сприяли лише частковій компенсації дефіциту азоту. Застосування подвійних та потрійних доз добрив за мінеральної і органо-мінеральної систем удобрення створювало додатний баланс азоту, де понад 100% перевищення інтенсивності балансу ста-

новило 7–23 %, що свідчить про можливість непродуктивних втрат його внаслідок вимивання в нижчі шари ґрунту.

Висновки

Продуктивність культур польової сівозміни значно більше залежить від доз добрив, ніж від систем їх застосування.

Вміст азоту в основній продукції і нетоварній частині врожаю поряд з біологічними особливостями культур значно залежить від рівня застосування добрив у сівозміні.

Господарський винос азоту культурами польової сівозміни залежить від рівня врожайності, вмісту елементів живлення в одержаній продукції та рівня забезпеченості культур поживними речовинами. Винос азоту культурами на створення 1 т основної з відповідною кількістю нетоварної частини врожаю має тенденцію до збільшення з підвищенням рівня родючості ґрунту порівняно з неудобренними ділянками.

Баланс азоту в ґрунті значною мірою визначається рівнем застосування добрив і виносом азоту культурами сівозміни.

Оптимальний показник балансу азоту, за низького його вмісту в ґрунті, формується за внесення на 1 га площі польової сівозміни $N_{90}P_{90}K_{90}$ або гній 9 т/га + $N_{45}P_{68}K_{36}$ з інтенсивністю відповідно 115 і 107%. За органічної системи удобрення він був дефіцитним з інтенсивністю 77–88 % залежно від доз внесення гною.

За умови, що екологічно безпечна величина інтенсивності балансу азоту на чорноземних ґрунтах становить 70–110 %, мінімально оптимальний цей показник (70–88 %) формується за вирощування в 10-пільній сівозміні конюшини і гороху, а також внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ гною 4,5 т/га + $N_{23}P_{34}K_{18}$ або лише гною 9–18 т/га на 1 га сівозмінної площі.

Література

1. Дегодюк С. Е. Баланс поживних речовин за тривалого застосування добрив у зернопросапній сівозміні / С. Е. Дегодюк О. А. Литвінова, А. В. Кириченко // Вісник аграрної науки. – 2014. – № 7 (737) – С. 16–19.
2. Бенцаровський Д. М. Сучасний стан родючості ґрунтів і майбутній урожай / Д. М. Бенцаровський, О. С. Щербатенко, Л. В. Дацько, О. Г. Дзюба, М. Л. Нікітюк / Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спец. Випуск до VII з'їзду УТГА. Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного. Харків, 2006. – Кн. 3. – С. 6–7.
3. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив / Г. М. Господаренко / Київ : ЗАТ "Нічлава", 2002. – 344 с.
4. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Баланс основних елементів живлення в ґрунті за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». – 2015. – Вип. 2. – С. 47–50.
5. Ивойлов А. В. Вынос азота, фосфора, калия и кальция культурами зернопропашного севооборота / А. В. Ивойлов, И. А. Шильников, А. А. Щелкунова // Агрохимия. – 1990. – № 1. – С. 26–32.
6. Григорьев В. Я. Баланс питательных веществ в земледелии Лесостепи Украинской ССР / В. Я. Григорьев, В. М. Цюпа, С. П. Шередко // Агрохимия. – 1980. – № 7. – С. 39–43.
7. Геркіял О. М. Продуктивність культур і баланс поживних речовин в зерно-буряковій сівозміні на чорноземі опідзоленому після 30-річного застосування добрив / О. М. Геркіял, О. Д. Черно, І. С. Кравець // Вісник аграрної науки. – Вересень 1999. – С. 21–24.

References

1. Dehodyuk, S. E., Litvinova, O. A. & Kyrychenko, A. V. (2014). Balans pozhyvnykh rehovyn za tryvaloho zastosuvannya dobryv u zernoprosapniy sivozmini. Visnyk ahrarnoyi nauky, 7 (737), 16–19.
2. Bentsarovskiy, D. M. Shcherbatenko, O. S., Datsko, L. V., Dzyuba, O. H. & Nikityuk, M. L. (2006). Suchasnyi stan rodyuchosti gruntiv i maybutniy urozhay. Ahrokhimiya i gruntoznavstvo. Mizhvidomchyy tematychnyy naukovyy zbirnyk. Spets. Vypusk do VII z'yizdu UTHA. Hrunty – osnova dobrobutu derzhavy, turbota kozhnoho. Kharkiv, Kn. 3, 6–7.
3. Hospodarenko, H. M. (2002). Osnovy intehrovanoho zastosuvannya dobryv. Kyiv : ZAT "Nichlava".
4. Hospodarenko, H. M. & Cherny, O. D. (2015). Balans osnovnykh elementiv zhyvleniya v hrunti za tryvaloho zastosuvannya dobryv u poloviy sivozmini. Mizhvidomchyy tematychnyy naukovyy zbirnyk «Zemlerobstvo», 2, 47–50.
5. Ivojlov, A. V. Shilnikov, I. A. & Shhelkunova, A. A. (1990). Vynos azota, fosfora, kalija i kal'cija kul'turami zernopropashnogo sevooborota. Agrohimiya, 1, 26–32.
6. Grigorev, V. Ja. Cjupa, V. M. & Sheredeko, S. P. (1980). Balans pitatelnyh veshhestv v zemledelii Lesostepi Ukrainskoj SSR. Agrohimiya, 7, 39–43.
7. Herkiyal, O. M., Cherny, O. D. & Kravets, I. S. (1999). Produktivnist kul'tur i balans pozhyvnykh rehovyn v zerno-buryakoviy sivozmini na chornozemi opidzolenomu pislya 30-richnoho zastosuvannya dobryv. Visnyk ahrarnoyi nauky, 21–24.

Господаренко Г. Н., Черно Е. Д.

Баланс азота в почве полевого севооборота при 50-летнем внесении удобрений

Приведены результаты исследований, проведенных в длительном стационарном полевом опыте кафедры агрохимии и почвоведения на черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом Правобережной Лесостепи Украины по изучению влияния различных доз и систем удобрений, в том числе биологического направления, на вынос азота и его баланс в полевом севообороте.

Выяснено, что вынос азота в зависимости от доз удобрений составлял 82,4–136,2 кг/га, в то же время в контрольном варианте без удобрений – 63,5 кг/га. Установлено, что при насыщении севооборота клевером и горохом минимально оптимальный показатель баланса азота формируется при внесении на 1 га площади полевого севооборота $N_{45}P_{45}K_{45}$ или навозом 4,5 т/га + $N_{23}P_{34}K_{18}$ с интенсивностью соответственно 75 и 70 %. При применении органической системы удобрений, в зависимости от доз внесения навоза, он имел допустимый дефицит и его интенсивность составляла 77–88 %. Бездефицитным баланс азота формируется при внесении $N_{90-135}P_{90-135}K_{90-135}$ и навоз 13,5 т/га + $N_{68}P_{101}K_{54}$ на 1 га площади соответственно с интенсивностью 115, 123 и 116 %.

Ключевые слова: система удобрения, чернозем оподзоленный, полевой севооборот, хозяйственный вынос, относительный вынос, баланс азота, интенсивность баланса.

Hospodarenko G. M., Chernov O. D.**The balance of nitrogen in soils of field crop rotation when a 50-year application of fertilizers**

The results of studies conducted in long-term stationary field experiments Department of Agricultural Chemistry and Soil Science at podzolic heavy clayloam chernozem of Right-Bank Forest-Steppe Ukraine on the effect of different rates of fertilizer and systems including the biological direction, in the direction of the main nutrients and balance in crop rotation.

It is found that the removal of nitrogen in field crop rotation depending on the doses of fertilizers were 82,4–136.2 kg/ha at the stem in the control variant without fertilizers – 63,5 kg/ha. Found that the saturation of crop rotation with clover and peas the minimum optimal rate of nitrogen balance is formed during the introduction on 1 hectare square field rotation $N_{45}P_{45}K_{45}$ or manure 4,5 t/ha + $N_{23}P_{34}K_{18}$ with intensity respectively 75 and 70 %. In the application of organic fertilizers system, depending on the doses of manure, he had the allowable deficit and its intensity was 77–88 %. A balanced nitrogen balance is formed when you make $N_{90-135}P_{90-135}K_{90-135}$ and manure 13.5 t/ha + $N_{68}P_{101}K_{54}$ on an area of 1 ha, respectively, with the intensity of the 115, 123 and 116 %.

Key words: system of fertilizer; podzolic chernozem, field crop rotation, removal of nitrogen, relative release of nitrogen, balance of nitrogen, intensity balance .

Рецензенти:

Літвінов Д.В. – доктор с.-г. наук

Булигін С.Ю. – доктор с.-г. наук

Стаття надійшла до редакції: 21.11.2016 р.