

АЗОТНИЙ СТАТУС ҐРУНТУ ЗА ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ У ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ

Г. М. ГОСПОДАРЕНКО¹, доктор сільськогосподарських наук

О. Д. ЧЕРНО¹, кандидат сільськогосподарських наук

І. С. КРАВЕЦЬ², кандидат сільськогосподарських наук

¹Уманський національний університет садівництва

²ДЗ Луганський національний університет імені Тараса Шевченка

Розглянуто питання зміни азотного статусу чорнозему опідзоленого важкосуглинкового Правобережного Лісостепу в польовій сівозміні за внесення різних доз мінеральних і органічних добрив, дефекату та їх поєднань. Показано, що під впливом цих чинників проходить зміна структури азотного фонду ґрунту та поліпшується здатність ґрунту забезпечувати рослини азотом.

Ключові слова: азот, чорнозем опідзолений, дефекат, мінеральні добрива, гній, фракції сполук азоту, баланс азоту.

Постановка проблеми. Важливим чинником отримання високих і сталих урожаїв більшості сільськогосподарських культур є збалансоване і достатнє забезпечення рослин азотом упродовж усього періоду вегетації. Тому нині питання раціонального застосування азотних добрив у технології вирощування сільськогосподарських культур є актуальним з погляду реалізації потенціалу продуктивності культур [1].

Дефіцитний вміст у ґрунтах азоту є однією з проблем ефективного їх використання для переважної більшості сільськогосподарських культур, окрім зазвичай бобових. Втрати азоту з ґрунту – це також значне і відоме джерело негативного впливу на довкілля. Зазвичай староорні ґрунти не здатні в повній мірі забезпечувати рослини азотом. За значенням для культурних і рослин і за вмістом у рослинних організмах азот посідає перше місце серед елементів мінерального живлення та лише у корене- та бульбоплодів він може його вміст може бути менший [2]. Відомо, що різні сорти й гібриди сільськогосподарських культур мають неоднакові біологічні вимоги до показників родючості ґрунту, умови вирощування, удобрення, тому систему застосування добрив диференціюють залежно від запланованої їх продуктивності. Чим вищу продуктивність заплановано і чим бідніший ґрунт, тим більшу уваги потрібно звернути на азотне живлення рослин [3].

Для оцінювання забезпеченості сільськогосподарських культур азотом й азотного статусу ґрунту основне значення має вміст потенційно доступних його сполук. Моніторинг динаміки цих сполук під час вегетації рослин дає змогу встановлювати рівень забезпеченості їх азотом і коректувати умови азотного живлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До складу азотного фонду ґрунту входять сполуки органічного і мінерального азоту, визначається генетичними властивостями ґрунтів і залежить від швидкості надходження та мінералізації органічних сполук. Більшість (93–97 %) азоту у ґрунті міститься у складних органічних сполуках, і лише 3–7 % загального його вмісту входять до складу мінеральних сполук [4]. В її складі найбільшу частку складає негідролізована фракція (65–78 %). На гідролізовану фракцію припадає 18–29 % загального азоту, з них 7–9 % на легкогідролізовану та 11–19 % на важкогідролізовану фракцію. У ґрунтах з високим рівнем рН може зустрічатись невелика кількість NO_2 [5].

Серед елементів мінерального живлення рослин азот є найменш хімічно стабільним. Під впливом мінливих умов зовнішнього середовища він може переходити з однієї форми в іншу. Поряд із вимиванням нітратів азоту за межі кореневмісного шару ґрунту, можливі його втрати звітрюванням [6]. Це може значно зменшувати частку в ґрунті мінеральних сполук азоту. В анаеробних умовах ґрунтів з кислою реакцією середовища спостерігаються більші втрати азоту з нітратної форми [7]. Зазвичай у польових умовах значення різних форм мінерального азоту в живленні рослин різна. Більш доступна нітратна форма. Цінність у живленні рослин поглинутого ґрунтом амонію, як джерела азоту, менша. Ця форма азоту порівняно з нітратною менш доступна рослинам на кислих ґрунтах. Це пояснюється тим, що основна частина амонію знаходиться в ґрунті в поглинутому стані, а кисла реакція ґрунтового середовища гальмує нітрифікацію [8].

Нині вапнування ґрунтів проводиться недостатньо, а одностороннє застосування мінеральних добрив викликало тенденцію погіршення їх родючості. В таких умовах актуальним є вивчення впливу тривалого застосування різних доз добрив у систем удобрення, а також доз вапна в поєднанні з мінеральними добривами на азотний статус чорнозему опідзоленого.

Мета статті – встановити вплив тривалого застосування різних доз органічних і мінеральних добрив та їх поєднань, а також вапнування на азотний статус чорнозему опідзоленого в польовій сівозміні.

Методика досліджень. Дослідження проведено в стаціонарних польових дослідах (атестати НААН №86 і №88), закладеному на дослідному полі Уманського НУС, що розміщені над рівнем моря 245 м у Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу з географічними координатами 48°46' 56,47" пн. ш. і 30°14' 48,51" сх. д. [9]. За даним розміщеною за 2 км від дослідного поля метеостанції Умань клімат району помірно континентальний із середньорічною кількістю опадів 586 мм і температурою 8,8 °С. Ґрунт – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі (за класифікацією FAO/WRB 2022 – Phaeosems), має низький вміст азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда).

Дослід з вапнуванням було проведено в 4-пільній польовій сівозміні (пшениця озима, буряк цукровий, кукурудза, горох) розгорнутий на трьох полях. Дефекат було внесено під культури (табл. 2). До схеми досліду входили варіанти

з різним насиченням сівозмінної площі мінеральними добривами. Добрива в дослідах вносили у вигляді аміачної селітри, суперфосфату гранульованого, калію хлористого та напівперепрілого гною ВРХ на солончакній підстилці. Вапнування проводили дефекатом. У ґрунтових зразках, відібраних згідно вимог ДСТУ 4287:2004 і ДСТУ ISO 11464:2007, визначали такі показники: фракційний склад азотного фонду – кип'ятінням протягом 3-х год з 0,5 Н і 5 Н Н₂SO₄ за методом Шконде-Корольової з наступним фотоколориметруванням з реактивом Несслера; вміст азоту легкогідролізованих сполук (методом Корнфілда).

Результати досліджень. Встановлено, що кількість азоту мінеральних сполук у чорноземі опідзоленому знаходиться в прямій залежності від системи удобрення і відповідно рівня застосування добрив (табл. 1).

Табл. 1. Вплив тривалого (з 1964 р.) застосування різного удобрення на вміст фракцій азоту в шарі ґрунту 0–20 см, 2023 р., мг/кг

Варіант досліджу	Азот фракції					Разом
	мінеральної		легкогідролізованої	важкогідролізованої	негідролізованої	
	N–NO ₃	N–NH ₄				
Без добрив (контроль)	3,2	23	107	164	911	1182
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	3,4	25	133	221	1115	1469
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,9	34	138	264	1221	1623
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	4,2	45	141	282	1287	1710
Гній 9 т	3,1	22	129	218	1098	1445
Гній 13,5 т	3,6	31	134	259	1117	1510
Гній 18 т	3,8	42	138	272	1178	1588
Гній 4,5 т + N ₂₂ P ₃₄ K ₁₈	3,7	29	137	224	1131	1492
Гній 9 т + N ₄₅ P ₆₈ K ₃₆	4,6	38	142	271	1267	1680
Гній 13,5 т + N ₆₇ P ₁₀₂ K ₅₄	5,6	47	148	287	1310	1745

Так, у варіанті без добрив вміст азоту мінеральних сполук становив 26,2 мг/кг. У варіантах з різними рівнями і системами удобрення він зростає. Особливо суттєво це проявлялося у варіантах третього рівня їх застосування, де вміст зростає до 49,2–52,6 мг/кг ґрунту залежно від системи удобрення. З отриманих даних, можна зробити висновок, що найвищі показники вмісту азоту мінеральних сполук формуються за органо-мінеральної системи удобрення з високими дозами внесення добрив.

Легкогідролізована частина гідролізованої фракції азоту ґрунту є найближчим джерелом поповнення мінеральної фракції, тому показник її вмісту в ґрунті є важливим з погляду діагностики живлення рослин [10].

Дослідженнями встановлено, що систематичне внесення добрив у польовій сівозміні сприяє збільшенню сумарного вмісту гідролізованих фракцій азоту в ґрунті. У варіантах досліду з найменшими дозами добрив відмічається збільшення гідролізованої фракції азоту ґрунту до 347–361 мг/кг ґрунту залежно від системи удобрення за вмісту в контрольному варіанті 271 мг/кг ґрунту.

Збільшення дози внесення добрив сприяло підвищенню вмісту азоту гідролізованих сполук у ґрунті. Так, у варіантах досліду з найвищими дозами азоту добрив вміст його зростав до 410–435 мг/кг ґрунту залежно від системи удобрення. Збільшення вмісту азоту гідролізованих фракцій можна пояснити збільшенням кількості новоутворених азотистих органічних сполук із рослинних решток, гною і плазми мікроорганізмів, які накопичуються в удобреному ґрунті в більшій кількості, ніж у контрольному варіанті [11].

Дослідженнями встановлено, що вміст азоту в негідролізованій фракції на ділянках без застосування добрив становив 911 мг/кг ґрунту. Під впливом тривалого застосування різних доз і систем удобрення він збільшувався. При цьому найвищі показники вмісту азоту негідролізованої фракції було одержано за орґано-мінеральної системи удобрення – 1131–1310 мг/кг ґрунту. Низький вміст негідролізованої фракції азоту за внесення лише органічних добрив, у порівнянні з мінеральною системою удобрення, можливо пов'язаний з переходом значної кількості азоту негідролізованих сполук у рухому частину органічних речовин ґрунту. Тривале застосування мінеральних добрив, особливо азотних, зумовлюють зміни кислотно-основного стану ґрунту [12]. Водночас з підкисленням ґрунтового розчину знижується ефективність добрив [13]. Ефективність вапнування ґрунтів залежить від кислотно-основних властивостей ґрунту, чутливості до них культур, технології вапнування та його поєднання з удобренням [14–16].

Метою проведеного дослідження було встановити вплив різних видів і доз мінеральних добрив на тлі вапнування з внесенням на вміст у ґрунті азоту легкогідролізованих сполук. Встановлено, що вміст азоту легкогідролізованих сполук у чорноземі опідзоленому залежить як від удобрення, так і вапнування (табл. 2). Так, у контрольному варіанті без добрив його вміст становив 95–97 мг/кг ґрунту. У варіантах досліду з внесенням мінеральних добрив вміст азоту легкогідролізованих сполук збільшувався, при цьому зростання його вмісту було на 11–18 мг/кг. Дещо вищі показники вмісту азоту легкогідролізованих сполук зафіксовані у варіантах поєднання мінеральних добрив і різних доз дефекату. Це вказує на позитивний вплив вапнувальних матеріалів щодо протікання процесів амоніфікації. Під впливом вапнувальних матеріалів вміст азоту легкогідролізованих сполук зростав і у варіантах з внесенням дефекату у дозі 9,0 т/га CaCO_3 цей показник був становив 104–108 мг/кг ґрунту. Найвищі показники вмісту азоту легкогідролізованих сполук (120–124 мг/кг ґрунту) були зафіксовані у варіанті досліду з мінеральною системою удобрення з найвищою дозою внесення дефекату, що свідчить про позитивний вплив сумісного застосування мінеральних і вапнувальних удобрювальних продуктів на показники цієї фракції азоту у ґрунті.

Табл. 2. Вміст азоту легкогідролізованих сполук у шарі ґрунту 0–20 см (2016 р.) за різного удобрення та вапнування, 2012 р., мг/кг

Варіант досліджу	Рік проведення дослідження		Середнє	До вихідного вмісту, ±
	2016	2020		
Без добрив (контроль)	97	95	96	-16
N ₉₇ P ₇₅	108	107	108	-4
N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	107	111	109	-3
N ₁₃₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	112	113	113	1
4,5 т/га CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	118	116	117	5
9,0 т/га CaCO ₃	104	108	106	4
9,0 т/га CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅	112	112	112	–
9,0 т/га CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	113	118	116	4
9,0 т/га CaCO ₃ + N ₁₃₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	115	119	117	5
13,5 т/га CaCO ₃ + N ₉₇ P ₇₅ K ₇₅	120	124	122	10
<i>НІР₀₅</i>	6	8		–

Примітка: перед закладанням досліджу (2012 р.) – вміст 112 мг/кг ґрунту.

Баланс елементів живлення є одним з важливих об'єктивних показників контролю за станом родючості ґрунту [17]. Раніше вважалося, що для одержання високих урожаїв у польових сівозмінах без зниження родючості ґрунту рівень удобрення повинен забезпечувати компенсацію вилучення азоту і калію на 70–80 %, а фосфору – на 100–110 % [18]. Проте за переходу на інтенсивні агротехнології, вирощування високопродуктивних сортів та гібридів підвищення врожайності сільськогосподарських культур, деградаційні процеси агроландшафтних систем інтенсифікуються. При цьому формуються інші агроекологічні умови, для оцінювання яких необхідні нові критерії і доцільність перегляду загальноприйнятих. Вважається, що екологічно безпечний рівень повернення винесення на чорноземах азоту і калію повинен становити 70–100 %, а фосфору – 110–130 %. При цьому родючість ґрунту не знижуватиметься без зниження показників родючості [18].

Залежно від природно-кліматичних і господарських умов, рівня удобрення, врожайності, родючості ґрунту розміри і співвідношення між статтями надходження і вилучення елементів живлення в балансі можуть значно змінюватися. Для спрощення розрахунків можна упустити кількість подібних

статей балансу у частинах надходження і вилучення. Наприклад, кількість азоту, яка надходить у ґрунт з опадами, насіннєвим матеріалом і фіксується вільноіснуючими мікроорганізмами зазвичай прирівнюється до втрат його від ерозії, дефляції і вимивання. Тому у частині балансу надходження азоту залишається надходження з добривами і симбіотично фіксований.

Для визначення кількості винесеного азоту рослинами визначали його вміст в основній і нетоварній частинах врожаю [19]. Розрахунки балансу азоту проводили за умови видалення та залишення на полі нетоварної частини врожаю. У статтю надходження включали азот, що вносився з добривами. При цьому також була врахована кількість азоту, що фіксується симбіотично конюшиною – 7 % від господарського винесення врожаєм і горохом – 40 кг/т врожаю зерна [19]. До витратної статті балансу включали його винесення азоту товарною і нетоварною частиною врожаю та за умови залишення на полі нетоварної частини на добриво.

В умовах тривалого стаціонарного дослідження на гектар площі сівозміни в середньому за рік з мінеральними та органічними добривами надходить від 45,0 до 135,5 кг азоту (табл. 3). Узагальнені дані закордонних і вітчизняних вчених свідчать, що за умови достатнього забезпечення зернобобових культур всіма чинниками життя, умовами життєдіяльності вони можуть забезпечити себе азотом на 60–80 %. При цьому в ґрунті може залишитися від 40 до 150 кг/га азоту для наступних культур сівозміни. Вартість біологічного азоту нижча вартості технічного в 100–150 разів. Варто також зазначити, що наступні культури сівозміни одержують азот не проходить забруднення довкілля. Розрахунки показали, що кількість симбіотичного азоту, накопиченого завдяки симбіотичній азотфіксації бобовими культурами сівозміни, в досліді становив 11,3–19,2 кг/(га рік). Найменше симбіотично фіксованого азоту накопичувалось на ділянках без добрив. За мінеральної системи удобрення його накопичувалось 16,1–17,6 кг/(га рік), за органічної – 16,5–17,4 кг/(га рік) залежно від доз добрив. Найбільше симбіотично фіксованого азоту накопичувалось у варіантах органо-мінеральної системи удобрення.

Розрахунок балансу азоту показав, що за різних рівнів насиченості одиниці площі сівозміни добривами забезпечуються різне надходження і вилучення його з ґрунту. Так, за мінеральної системи удобрення надходження було від 61,1 до 152,6 кг/(га рік), за органічної – 61,5–107,4 і за органо-мінеральної системи удобрення – від 61,7 до 154,7 кг/га. Найменше винесення азоту з урожаєм культур було на ділянках без добрив – 110,8 кг/(га рік). У варіантах дослідження з внесенням добрив винесення азоту урожаєм культур польової сівозміни збільшувалось і перевищувало показник варіанту без добрив на 50,5–129,7 кг/га за умови видалення нетоварної частини врожаю з поля та залежно від доз добрив за різних систем удобрення.

Отже, баланс азоту в сівозміні змінюється в значних межах і залежить від надходження його з добривами, а також господарського винесення з урожаєм. і винесення з урожаєм.

Табл. 3. Баланс азоту в ґрунті польової сівозміни за тривалого (з 1964 р.) застосування добрив, 2021–2023 рр., кг/(га рік)

Стаття балансу	Варіант досліду (насиченість 1 га площі сівозміни)									
	Без добрив	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	Гній 9 т	Гній 13,5 т	Гній 18 т	Гній 4,5 т + N ₂₂ P ₃₄ K ₁₈	Гній 9 т + N ₄₅ P ₆₈ K ₃₆	Гній 13,5 т + N ₆₈ P ₁₀₁ K ₅₄
Надходження										
З добривами:	-	45,0	90,0	135,0	45,0	68,0	90,0	45,5	90,0	135,5
органічними	-	-	-	-	45,0	68,0	90,0	22,5	45,0	67,5
мінеральними	-	45,0	90,0	135,0	-	-	-	23,0	45,0	68,0
Симбіотично фіксований азот	11,9	15,2	16,7	17,3	15,5	16,7	16,9	15,6	17,4	18,5
Разом	11,9	60,2	106,7	152,3	60,5	84,7	106,9	61,1	107,4	154,0
Вилучення										
Господарське винесення, у т. ч.	72,3	98,2	121,6	138,1	95,8	111,9	121,2	105,8	128,3	143,9
з нетоварною продукцією	39,4	57,6	71,5	81,5	56,4	69,1	75,6	64,3	80,9	90,5
Разом	111,7	155,8	193,1	219,6	152,2	181,0	196,8	170,1	209,2	234,4
Баланс										
За умови видалення нетоварної частини врожаю з поля	-99,8	-95,6	-86,4	-67,3	-91,7	-96,3	-89,9	-109,0	-101,8	-80,4
За умови залишення нетоварної частини врожаю на полі	-60,4	-38,0	-14,9	-14,2	-35,3	-27,2	-14,3	-44,7	-20,9	10,1

Зменшення надходження азоту з добривами збільшило його дефіцит. Бездефіцитний баланс складався лише за внесення 135 кг/га азоту за мінеральної і орґано-мінеральної систем удобрення і лише за умови залишення нетоварної частини врожаю на добриво на полі. За умови вилучення її з поля баланс у всіх варіантах досліду з удобренням складається від'ємним – від -70,6 до -120,3 кг/(га рік). За орґано-мінеральної системи удобрення при цьому дефіцит азоту в польовій сівозміні становив від -85,8 до -120,3 кг/(га рік) залежно від доз добрив.

Дослідження показали, що нетоварна частина врожаю (солома, листостеблова маса) мають значний уміст азоту, тому залишення її на полі на добриво сприяє зменшенню його дефіциту. За такого підходу у веденні рослинництва баланс азоту у варіанті досліду без застосування добрив був – 60,1 кг/(га рік), або знижувався на 39 % порівняно з показником за умови вилучення нетоварної частини врожаю з поля (-99,1 кг/(га рік)). У варіантах досліду мінеральної системи удобрення при цьому баланс складався (від -42,1 до +13,0 кг/(га рік), за середньорічного внесення 135 кг/га азоту з добривами і надходженням симбіотичній азотфіксації 17,6 кг/га (в сумі 152,6 кг/га) Від’ємним баланс за умови залишення нетоварної частини врожаю був у варіантах органічної системи удобрення (від -23,3 до -39,5 кг/га). За третього рівня органо-мінеральної системи удобрення формувався додатний його середньорічний баланс – + 5,7 кг/(га рік).

Вилучення азоту з ґрунту і надходження його добривами за всіма статтями у сумі формує ємність балансу. Вона є важливою характеристикою колообігу речовин, тому відповідно чим вища її величина, тим інтенсивніше ведеться землеробство [19]. Як видно з даних рис., зі збільшення дози внесених добрив і врожайності культур зростає ємність балансу. Це свідчить про збільшення величини колообігу азоту в агроценозі.

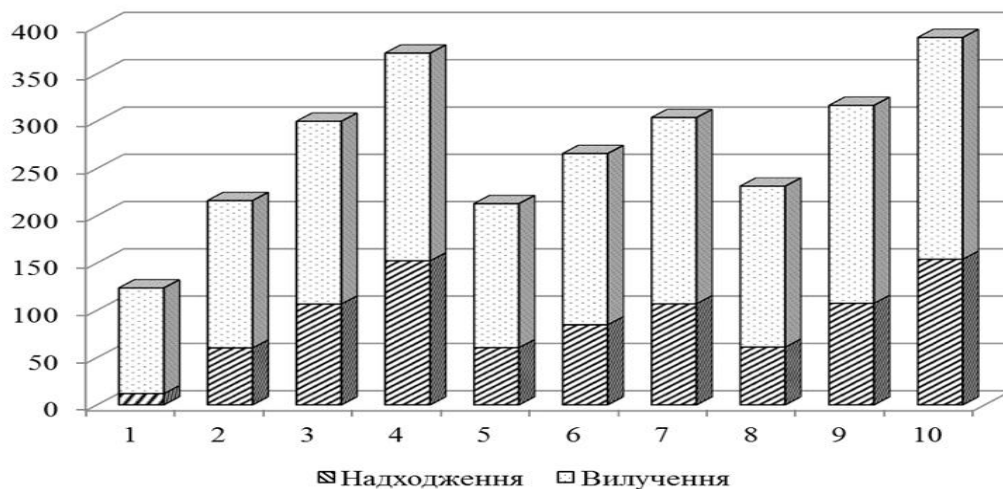


Рис. Ємність балансу азоту в ґрунті за тривалого (з 1964 р.) застосування добрив у польовій сівозміні, 2021–2023 рр., кг/(га рік)

1– без добрив (контроль); 2) $N_{45}P_{45}K_{45}$; 3) $N_{90}P_{90}K_{90}$; 4) $N_{135}P_{135}K_{135}$; 5) Гній 9 т; 6) Гній 13,5 т; 7) Гній 18 т; 8) Гній 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$; 9) Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$; 10) Гній 13,5 т + $N_{68}P_{101}K_{54}$

Отже, баланс азоту в ґрунті під культурами польової сівозміни визначається рівнем застосування під них добрив і винесенням азоту з урожаєм товарної і нетоварної продукції. Застосування азотних добрив у дозі 45–135 кг/га д. р. у складі повного мінерального добрива не забезпечує додатного балансу азоту в ґрунті. Лише сумісне застосування органічних і мінеральних добрив, причому у високих дозах ($N_{135}P_{135}K_{135}$) та за умови залишення нетоварної частини урожаю на полі на добриво, забезпечує додатний баланс азоту в чорноземі опідзоленому

в польовій сівозміні. Залишення нетоварної частини врожаю на полі є важливим заходом відновлення і підвищення родючості ґрунту.

Висновки. 1. Визначенням вмісту різних фракцій азоту в загальному його фонді ґрунту за різних доз добрив і систем удобрення в польовій сівозміні підтвердилась тенденція, що зі зростанням дози їх внесення збільшувалась кількість різних форм азоту. Це свідчить, що розподілення азоту за фракціями відбувається швидко та зумовлене агрохімічними властивостями ґрунту, зокрема станом його органічного статусу.

2. Баланс азоту за різних доз добрив і систем удобрення в польовій сівозміні складається по різному та значно поліпшується за умови залишення на добриво нетоварної частини врожаю. Доведено, що зі збільшення дози внесених добрив зростає ємність балансу азоту, який характеризує величину його колообігу в агроценозі.

3. Вапнування, завдяки оптимізації кислотності ґрунту, сприяє поліпшує азотного режиму чорнозему опідзоленого, при цьому вміст азоту легкогідролізованих сполук зростає в середньому з 96 мг/кг до 112–122 мг/кг залежно від доз дефекату і мінеральних добрив.

Література:

1. Скрильник Є. В., Кутова А. М., Гетманенко В. А., Артем'єва К. С., Ніконенко В. М. Вплив систем удобрення на органічну речовину та агрохімічні показники чорнозему типового. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. Вип. 88. С. 74–78.
2. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Нікітіна О. В. Агрохімія калію / за заг ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.
3. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.
4. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення; за ред. Д. Мельничука, Дж. Хофмана, М. Городнього. Київ : Арістей, 2004. 488 с.
5. Ревтьє-Уварова А. В., Карацюба О. В., Ніконенко В. М., Сліденко. О. І. Удосконалена діагностика рівня азотного забезпечення ґрунту методами польового та лабораторного тестування. Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. 94 с.
6. Чешко Н. Ф., Трускавецький Р. С., Пащенко Я. В., Шинель В. В. Термодинамічні принципи збереження амонійного азоту в ґрунтовому середовищі дерново-підзолистого ґрунту. Елементи регуляції в рослинництві. *Зб. наук. пр. Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії* : НІЦ «АКСО». Київ : ВП «Компас», 1998. 360 с.
7. Оліфір Ю. М., Партика Т. В., Гавришко О. С. Вплив тривалих антропогенних навантажень на динаміку мінеральних форм нітрогену ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під ячменем ярим. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (I). С. 115–127.
8. Xu G. H., Fan X. R., Miller A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*. 2012. Vol. 63. P. 153–182.
9. Стаціонарні польові дослідження України. Київ : Аграрна наука, 2014. 146 с.

10. Saljnikov E., Hospodarenko H., Funakawa S. and Kosaki T. Effect of fertilization and manure application on nitrogen mineralization potentials in Ukraine. *Zemljiste i biljka*. 2005. Vol. 54. № 3. P. 221–230.
11. Лопушняк В. І. Зміна азотного фонду темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем удобрення в польовій сівозміні. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2016. Вип. 20. С. 152–155.
12. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів. Вінниця : ТОВ «Твори», 2019. 318 с.
13. Wang X. et al. Long-term effect of lime application on the chemical composition of soil organic carbon in acid soils varying in texture and liming history. *Biology and Fertility of Soils*. 2016. Vol. 52. P. 295–306.
14. Прокопчук І. В. Ефективність вапнування чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу України за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.04. Харків, 2003. 20 с.
15. Johnson R. M., Richard E. P. Variable rate lime application in Louisiana sugarcane production systems. *Precision Agriculture*. 2010. Vol. 11. P. 464–474. DOI: 10.1007/s11119-009-9140-2.
16. Haddad S. A., Tabatabai M. A. Loynachan T. E. Effects of liming and selected heavy metals on ammonium release in waterlogged agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils*. 2017. Vol. 53. Issue 2. P. 153–158.
17. Балюк С. А., Барахтян В. О., Лазебна М. Є. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків : «Друкарня № 13», 2005. Кн. 2. 224 с.
18. Бердніков О. М., Лісовий Ю. Г., Сорока Ю. В. Баланс азоту, фосфору, калію. Біоенергетичні зрошувані агроєкосистем; за ред. Ю. О. Тараріко. Київ : ДІА, 2010. С. 48–54.
19. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.

References:

1. Skrylnyk, E. V., Kutova, A. M., Hetmanenko, V. A., et al. (2019). Influence of fertilization systems on organic matter and agrochemical parameters of typical chernozem. *Agrochemistry and soil science*, issue 88, pp. 74–78. [in Ukrainian].
2. Hospodarenko, H. M., Chernov, O. D., Nikitina, O. V. (2021). *Potassium agrochemistry*. Kyiv: Trophea LLC, 264 p. [in Ukrainian].
3. Hospodarenko, H. M. (2022). *Fertilizer application system*. Kyiv: Trophea LLC, 376 p. [in Ukrainian].
4. Soil quality and modern fertilization strategies; edited by D. Melnychuk, J. Hoffman, M. Gorodnyi. Kyiv: Aristey, 2004. 488 p. [in Ukrainian].
5. Revtie-Uvarov, A., Karatsiuba, O., Nikonenko, V., Slidenko, O. (2020). Improved diagnostics of the level of nitrogen supply to the soil by methods of field and laboratory testing. Kharkiv : FOP Brovin O. V. 94 p. [in Ukrainian].
6. Cheshko, N., Truskavetskyi, R., Pashchenko, Y., Shynel, V. (1998). Thermodynamic principles of ammonium nitrogen conservation in the soil environment of sod-podzolic soil. Elements of regulation in crop production. Collection of *scientific papers of the Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry*: SIC "AKSO". Kyiv: Compass Publishing House, 360 p. [in Ukrainian].

7. Olifir, Y. M., Partyka, T. V., Havryshko, O. S. (2020). Influence of long-term anthropogenic loads on the dynamics of mineral forms of nitrogen in a light gray forest surface glazed soil under spring barley. *Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*, issue 67 (I), pp. 115–127. [in Ukrainian].
8. Xu, G. H., Fan, X. R., Miller, A. J. (2012). Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*, vol. 63, pp. 153–182.
9. Stationary field experiments of Ukraine (2014). Kyiv: Agrarian Science. 146 p. [in Ukrainian].
10. Saljnikov, E., Hospodarenko, H., Funakawa, S. et al. (2005). Effect of fertilization and manure application on nitrogen mineralization potentials in Ukraine. *Zemljiste i biljka*, vol. 54, no. 3, pp. 221–230.
11. Lopushnyak, V. I. (2016). Changes in the nitrogen fund of dark gray podzolized soil under different fertilization systems in field crop rotation. *Bulletin of Lviv National Agrarian University*, issue 20, pp. 152–155. [in Ukrainian].
12. Tkachenko, M. A., Kondratiuk, I. M., Borys, N. E. (2019). *Chemical amelioration of acid soils*. Vinnytsia: LLC "Tvory". 318 p. (in Ukrainian).
13. Wang, X. et al. (2016). Long-term effect of lime application on the chemical composition of soil organic carbon in acid soils varying in texture and liming history. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 52, pp. 295–306.
14. Prokopchuk, I. V. (2003). Efficiency of liming of podzolized chernozem of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine under long-term use of fertilizers in field crop rotation: PhD thesis. Kharkiv, 2003. 20 p. [in Ukrainian].
15. Johnson, R. M., Richard, E. P. (2010). Variable rate lime application in Louisiana sugarcane production systems. *Precision Agriculture*, vol. 11, pp. 464–474. DOI: 10.1007/s11119-009-9140-2.
16. Haddad, S. A., Tabatabai, M. A. Loynachan, T. E. (2017). Effects of liming and selected heavy metals on ammonium release in waterlogged agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 53, issue 2, pp. 153–158. [in Ukrainian].
17. Balyuk, S. A., Barakhtyan, V. O., Lazebna, M. E. (2005). Methods for determining the composition and properties of soils. Kharkiv: «Printing house» no. 13, Book 2. 224 p. [in Ukrainian].
18. Berdnikov, O. M., Lisovyi, Y. G., Soroka, Y. V. (2010). Balance of nitrogen, phosphorus, potassium. *Bioenergy irrigated agroecosystems*. Kyiv: DIA, pp. 48–54. [in Ukrainian].
19. Hospodarenko, H., (2020). Workshop on agrochemistry. Kyiv: SIC GROUP UKRAINE LLC. 148 p. [in Ukrainian].

Annotation

Hospodarenko H. M., Chernozem O. D., Cravec I. S.

Nitrogen status of soil during long-term application of fertilizers in field crop rotation.

Soil nitrogen deficiency is one of the challenges to efficient soil use for the vast majority of crops, except for legumes. Nitrogen loss from the soil is also a significant and well-known source of negative impact on air and water quality. The aim of the research was to determine the impact of long-term use of different doses of organic and mineral fertilizers and their combinations, as well as liming on the nitrogen status of podzolized chernozem in field crop rotation.

The study was conducted in stationary field experiments (NAAS certificate №. 86 and №. 88) of the Uman National University of Horticulture on podzolized chernozem. The article deals with the issue of changes in the nitrogen status of the podzolized heavy loamy chernozem of the Right-Bank Forest-Steppe in field crop rotation under the application of different doses of mineral and organic fertilizers, defecate and their combinations. It is shown that under the influence of these factors, the structure of the soil nitrogen fund changes and the ability of the soil to provide plants with nitrogen improves.

It was found that the amount of different forms of nitrogen increased with the increase in the dose of their application. This indicates that the distribution of nitrogen into fractions is rapid and is determined by the agrochemical properties of the soil, in particular, its organic status. The highest nitrogen content of the non-hydrolyzed fraction was obtained with the organic-mineral fertilizer system – 113–1310 mg/kg of soil. The lowest content of non-hydrolyzed nitrogen fraction was obtained by applying only organic fertilizers. It has been established that the nitrogen balance at different doses of fertilizers and fertilization systems is significantly improved if the non-marketable part of the crop is left for fertilization. It was proved that with an increase in the dose of fertilizers applied, the capacity of the nitrogen balance, which characterizes the amount of its circulation in the agrocenosis, increases.

Key words: *nitrogen, podzolized chernozem, defecate, mineral fertilizers, manure, fractions of nitrogen compounds, nitrogen balance.*