

УДК 631.8:631.41

Вплив тривалого внесення добрив на агрохімічні показники чорнозему типового та якість зерна пшениці озимої

А. С. Заришняк¹, М. В. Лісовий^{2*}, В. М. Ніконенко², О. І. Сліденко²

¹Національна академія аграрних наук України, Київ

²Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 07.12.2022 Отримано після доопрацювання 18.07.2023 Затверджено до видання 25.07.2023 Доступно онлайн 03.08.2023	Метою статті є викладення результатів аналітичних досліджень з оцінювання змін у параметрах властивостей ґрунту у польовому стаціонарному досліді під впливом 28-річного внесення різних видів і комбінацій мінеральних добрив на двох агрофонах у сівозміні. Дослід закладено 1990 року на чорноземі типовому важкосуглинковому (<i>Haplic Chernozem</i>) у дослідному господарстві «Граківське», що належить ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», у Чугуївському районі Харківської області, з метою ведення агроекологічного моніторингу в умовах інтенсивного землеробства для встановлення допустимого рівня навантаження інтенсивної хімізації на фізичні, хімічні й біологічні ґрунтові процеси. У пробах ґрунту, відібраних у 2019 р. з шару 0-30 см, визначали рН ґрунтового розчину та вміст таких компонентів ґрунту: гумус; мінеральні сполуки азоту; нітратний азот; амонійний азот; рухомі сполуки фосфору; рухомі сполуки калію, а також визначали якість зерна пшениці озимої за вмістом клейковини. Результати вимірювань порівнювали з параметрами вихідного стану ґрунту в 1990 р. з метою виявлення змін, які відбулися, після тривалої дії різних видів добрив. Сім варіантів досліді з різними комбінаціями добрив та контрольний варіант — без добрив розміщено на двох агрофонах — природний (вносили тільки мінеральні добрива) і післядія гною (вносили мінеральні добрива та гній). Загальний висновок: На чорноземі типовому в зоні Лісостепу лівобережного високого України тривале (28 років) застосування мінеральних добрив на природному агрофоні негативно впливає на реакцію ґрунтового розчину і загальний вміст гумусу та позитивно — на накопичення в ґрунті рухомих сполук азоту, фосфору й калію. На агрофоні післядії гною негативний вплив мінеральних добрив на властивості ґрунту проявляється меншою мірою. Внесення азотних і фосфорних добрив у нормах $N_{60} P_{120}$ забезпечує вміст клейковини в зерні пшениці озимої на рівні 25 %, що відповідає нормативним вимогам до зерна другого класу групи А.
Ключові слова: мінеральні добрива; чорнозем типовий; агрохімічні показники ґрунту; пшениця озима;	

* E-mail: labl@meta.ua

Форма цитування: Вплив тривалого внесення добрив на агрохімічні показники чорнозему типового та якість зерна пшениці озимої. /

Заришняк А.С., Лісовий М.В., Ніконенко В.М., Сліденко О.І. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2023. Вип. 94. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». С. 22-29. <https://doi.org/10.31073/acss94-03>

1. Вступ

Управляти родючістю — це послідовно поліпшувати властивості ґрунту відповідно до потреб рослин, зокрема, щодо рівня їх живлення. За такого підходу родючість зростає, результатом чого є зростання врожайності культур. Відтак, система управління родючістю ґрунту стає складовою частиною системи управління продуктивністю агрофітоценозу [1].

Гумус є найважливішим показником ґрунтової родючості, який визначає структурність, ємність поглинання, буферність, водні та поживні режими [2]. Відновлення родючості чорноземів ґрунтується на забезпеченні бездефіцитного балансу гумусу та елементів живлення, тобто, як мінімум, стабілізації їх умісту і запасів [3]. На процеси гумусоутворення впливають як природні фактори, так і антропогенні [4]. Застосування лише мінеральних добрив зумовлює посилення мінералізації органічної речовини ґрунту [5]. Недотримання науково обґрунтованої системи внесення добрив негативно впливає на мінералізаційно-іммобілізаційні процеси в ґрунтах та зміну азотного фонду [6]. В чорноземах типових Лісостепу лівобережного високого вміст загального азоту коливається у межах 0,25–0,30 % від маси ґрунту. Основна його частина знаходиться в органічних сполуках, а мінеральний азот (амонійні та нітратні сполуки) становить 1–2 % від загального вмісту азоту [7]. Азотні добрива стимулюють розвиток мікроорганізмів, які розкладають клітковину і посилюють процес гумусоутворення [8]. Забезпеченість рослин достатньою кількістю фосфатів залежить, в основному, від їх запасів у ґрунті, ступення рухомості, реакції ґрунтового розчину, оптимального співвідношення рухомих сполук азоту і фосфору, активності мікробіологічних процесів у ґрунті [9].

Фундаментальні дослідження змін фосфорного режиму ґрунту під впливом систематичного внесення фосфорних добрив провів Б.С. Носко [10]. Він установив, що в ґрунті накопичуються «залишкові фосфати», які доступні рослинам. За систематичного внесення калійних добрив, калій переходить у доступні та фіксовані сполуки, що характерні для ґрунту [11]. Антропогенне навантаження на агроєкосистему вимагає враховувати баланс органічної речовини та рухомих поживних речовин [12]. Мінеральні добрива по-різному впливають на якість зерна пшениці озимої, параметри якої визначаються нормативними документами [13]. Сучасні агротехнології потребують розробки нових систем удобрення культур у сівозмінах [14], вирощування культур з використанням органо-мінеральної системи удобрення та альтернативної, з використанням сидератів і побічної продукції і застосування

нанодобрих для позакореневого підживлення рослин, що забезпечує підвищення родючості ґрунтів і продуктивності культур [15].

Метою статті було показати як вплинуло на параметри властивостей ґрунту багаторічне внесення різних видів мінеральних добрив та їх комбінацій як окремо, так і на фоні періодичного угноєння.

2. Об'єкти і методи досліджень

Дослідження проведено в умовах польового стаціонарного досліді «Агроекологічний моніторинг», який закладено в 1990 р. на чорноземі типовому важкосуглинковому (*Haplic Chernozem*), у дослідному господарстві «Граківське дослідне поле» (нині ДП «ДГ «Граківське»), яке належить ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», у Чугуївському районі Харківської області. На ділянці перед закладанням досліді було проведено вирівнювальний посів ячменю ярого. Схема польового досліді математично спланована і набір обраних для досліджень варіантів являє собою восьмигранну схему Ж. Вілля.

Визначали багаторічний вплив окремих видів мінеральних добрив та їх поєднань на показники родючості ґрунту на семи варіантах (Табл. 1). Дію мінеральних добрив вивчали на двох агрофонах – природний (впродовж 28 років вносили тільки мінеральні добрива) та післядія гною (крім мінеральних добрив внесено сумарно 270 т/га гною).

Мінеральні добрива та гній вносили згідно зі схемою удобрення у сівозміні та агротехнічно обумовленими способами обробітку ґрунту.

Таблиця 1

Середня річна норма та загальна кількість мінеральних добрив, внесених за період 1990–2019 рр.

№ варіанта	Середня норма добрив за рік, кг/га	Всього внесено добрив за 28 років, кг/га
1	Без добрив (контроль)	0
2	N ₁₀₆	N ₂₉₇₀
3	P ₉₈	P ₂₇₃₀
4	K ₈₄	K ₂₃₅₀
5	N ₁₀₆ P ₉₈	N ₂₉₇₀ P ₂₇₃₀
6	N ₁₀₆ K ₈₄	N ₂₉₇₀ K ₂₃₅₀
7	P ₉₈ K ₈₄	P ₂₇₃₀ K ₂₃₅₀
8	N ₁₀₆ P ₉₈ K ₈₄	N ₂₉₇₀ P ₂₇₃₀ K ₂₃₅₀

Перед закладанням польового досліді (1990 р.) на всіх ділянках відібрано фонові проби ґрунту, з результатів аналізу яких визначено вихідний (початковий) стан ґрунту щодо його агрохімічних характеристик. Ці дані використано для порівняння з актуальним (на момент проведення досліджень, 2019 р.) станом ґрунту.

Проби ґрунту відбирали у серпні 2019 р. з шару 0–30 см згідно з ДСТУ ISO 10381-2¹. Загальний вміст гумусу визначали згідно з ДСТУ 4289²; вміст нітратного та амонійного азоту — за ДСТУ 4729³; вміст рухомих сполук фосфору й калію — за методом Мачигіна, згідно з ДСТУ 4114⁴; реакцію ґрунтового розчину (рН KCl) — згідно з ДСТУ ISO 10390⁵.

Якість зерна пшениці озимої визначали за вмістом клейковини, розраховуючи середнє значення за 3 роки (2015, 2016, 2017). Вміст клейковини в зерні пшениці озимої вимірювали на приладі Спектран – 119М.

¹ ДСТУ ISO 10381-2:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб (ISO 10381-2:2002, IDT). [Чинний від 2006–04–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 24 с.

² ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. [Чинний від 2004–04–30]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 18 с.

³ ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. [Чинний від 2008–01–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.

⁴ ДСТУ 4114-2002 ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору й калію за модифікованим методом Мачигіна. [Чинний від 2003–01–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 11: с.

⁵ ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT). [Чинний від 2009–10–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 8 с.

3. Результати досліджень

3.1. Вплив добрив на реакцію ґрунтового розчину (рН KCl)

Обмінна кислотність зростає, в першу чергу, від застосування азотних добрив (Табл. 2). Внесення протягом 28 років 2970 кг/га азоту підвищило кислотність ґрунту на одиницю рН. Потрібно зазначити, що процес підвищення кислотності відбувається й на контрольному варіанті, що пояснюється постійним підкисленням ґрунту через якість води атмосферних опадів.

Таблиця 2

Вплив добрив на реакцію ґрунтового розчину (рН_{KCl}) чорнозему типового

№ варіанта	Середня норма добрив за рік, кг/га	1990	Природний агрофон, 2019		Післядія гною, 2019	
		рН _{KCl}	рН _{KCl}	зміна, ±од. рН	рН _{KCl}	зміна, ±од. рН
1	Без добрив (контроль)	6,3	6,1	-0,2	6,3	0,0
2	N ₁₀₆	6,3	5,3	-1,0	5,5	-0,8
3	P ₉₈	6,3	5,6	-0,7	5,4	-0,9
4	K ₈₄	6,3	5,6	-0,7	5,9	-0,4
5	N ₁₀₆ P ₉₈	6,3	5,6	-0,7	5,8	-0,5
6	N ₁₀₆ K ₈₄	6,3	5,6	-0,7	5,5	-0,8
7	P ₉₈ K ₈₄	6,3	5,9	-0,4	6,0	-0,3
8	N ₁₀₆ P ₉₈ K ₈₄	6,3	6,2	-0,1	6,2	-0,1

Фосфорні та калійні добрива теж підвищують кислотність ґрунту, але менше, ніж азотні. Процес підкислення відбувається через внесення у ґрунт фізіологічно-кислих добрив, що потрібно враховувати при складанні системи удобрення культур у сівозміні.

На агрофоні післядії гною мінеральні добрива менше підкислюють ґрунт ніж на природному агрофоні. З парних комбінацій найменше впливає на обмінну кислотність сукупне внесення фосфорних і калійних добрив (P₉₈K₈₄) як на природному агрофоні (рН 5,9), так і на агрофоні післядії гною (рН 6,0). Повне мінеральне удобрення (N₁₀₆P₉₈K₈₄) фактично стримує підвищення кислотності ґрунту на обох досліджуваних агрофонах (рН 6,2) порівняно з вихідним значенням.

3.2. Вплив добрив на загальний вміст гумусу

Органічна частина ґрунту має важливе значення у формуванні основних його властивостей. У гумусі концентрується значна кількість азоту, фосфору, калію, кальцію, магнію, марганцю та інших мікроелементів. Після залучення ґрунту в сільськогосподарське виробництво змінюються ґрунтові процеси гуміфікації та мінералізації гумусу, що призводить до його втрат. Зазвичай рекомендують вносити органічні добрива, яким відводять виключну роль у збереженні та підвищенні вмісту гумусу в ґрунті. Щодо впливу мінеральних добрив на гумусовий стан ґрунтів існують суперечливі погляди. З одного боку, внесення мінеральних добрив, особливо у високих дозах, викликає дегуміфікацію за рахунок збільшення вмісту рухомих фракцій гумусу, з іншого — застосування збалансованих норм фактично не відбивається суттєво на вмісті гумусу. Деякі дослідження [5] свідчать навіть про збільшення загального вмісту гумусу за мінеральної системи удобрення.

Неоднозначність впливу мінеральних добрив на вміст та склад гумусу пояснюється їхньою прямою та опосередкованою дією. Прямий вплив полягає у зміні якості ґрунтового середовища, біохімічної активності ґрунту та пептизації гумусових речовин, а опосередкований — у збільшенні маси рослинних решток, що залишаються у ґрунті після збирання врожаю, за внесення мінеральних добрив.

Загальний вміст гумусу визначали на початку закладання польового досліду (1990 р.) та через 28 років (2019 р.). У контрольному (неудобрюваному) варіанті природного агрофону вміст гумусу в шарі ґрунту 0–30 см через 28 років зменшився від 5,44 до 5,31 % (Табл. 3). За тривалого внесення окремих видів мінеральних добрив та їх парних поєднань не виявлено позитивної динаміки загального вмісту гумусу в ґрунті — на всіх варіантах зафіксовано зниження вмісту, найбільш помітне за внесення комбінації азотних і калійних добрив на мінеральному агрофоні і окремо калійних та комбінації азотних і фосфорних — на агрофоні органо-мінеральному.

Тривале застосування навіть повного мінерального добрива (N₂₉₇₀P₂₇₃₀K₂₃₅₀) знизило вміст гумусу на обох агрофонах.

Таблиця 3

Вплив добрив на загальний вміст гумусу в чорноземі типовому

№ варіанта	Середня норма добрив за рік, кг/га	1990	Природний агрофон, 2019		Післядія гною, 2019	
		уміст гумусу, %	уміст гумусу, %	зміна, ± %	уміст гумусу, %	зміна, ± %
1	Без добрив (контроль)	5,44	5,31	-0,13	5,36	-0,08
2	N ₁₀₆	5,44	5,19	-0,25	5,31	-0,13
3	P ₉₈	5,44	5,12	-0,32	5,26	-0,18
4	K ₈₄	5,44	5,10	-0,34	5,19	-0,25
5	N ₁₀₆ P ₉₈	5,44	5,17	-0,27	5,19	-0,25
6	N ₁₀₆ K ₈₄	5,44	5,05	-0,39	5,26	-0,18
7	P ₉₈ K ₈₄	5,44	5,15	-0,29	5,28	-0,16
8	N ₁₀₆ P ₉₈ K ₈₄	5,44	5,21	-0,23	5,23	-0,21

3.3. Вплив добрив на вміст рухомих сполук азоту в ґрунті

У структурі азотного фонду чорнозему типового доступним для живлення рослин є мінеральний азот, що знаходиться у ґрунті в амонійних та нітратних сполуках, які є динамічними складовими, та за вмістом яких оцінюється ступінь забезпеченості рослин доступним азотом. Амонійний азот поглинається ґрунтом, але зберігає свою доступність, для кореневої системи рослин. Нітратні сполуки знаходяться у ґрунтового розчині й представляють найбільш доступне джерело азотного живлення рослин.

Досліджували зміни вмісту рухомих сполук азоту на природному агрофоні та на агрофоні післядії гною. На обох агрофонах вміст мінерального азоту збільшився на варіантах внесення азотних добрив як у чистому вигляді, так і за комбінації з іншими добривами. Помітним при цьому є негативний вплив калійних добрив порівняно з вихідним станом ґрунту (Табл. 4). Порівняно ж із контрольним варіантом фосфорні й калійні добрива окремо та в поєднанні не впливали на вміст мінерального азоту в ґрунті. На агрофоні післядії гною зростання рівня вмісту мінерального азоту в ґрунті є значно вищим, порівняно з природним агрофоном.

Таблиця 4

Вплив добрив на вміст мінеральних сполук азоту в чорноземі типовому

№ варіанта	Середня норма добрив за рік, кг/га	1990	Природний агрофон, 2019		Післядія гною, 2019	
		уміст N _{мін} , мг/кг	уміст N _{мін} , мг/кг	зміна, мг/кг	уміст N _{мін} , мг/кг	зміна, мг/кг
1	Без добрив (контроль)	37,4	23,2	-14,2	29,1	-18,3
2	N ₁₀₆	37,4	69,9	+32,5	56,5	+19,5
3	P ₉₈	37,4	29,8	-7,6	29,4	-8,0
4	K ₈₄	37,4	24,8	-12,6	25,1	-12,3
5	N ₁₀₆ P ₉₈	37,4	58,9	+21,5	61,9	+24,5
6	N ₁₀₆ K ₈₄	37,4	43,0	+5,6	63,0	+25,6
7	P ₉₈ K ₈₄	37,4	29,0	-8,4	30,8	-6,6
8	N ₁₀₆ P ₉₈ K ₈₄	37,4	49,7	+12,3	51,8	+14,4

Вплив добрив на вміст азоту нітратів у ґрунті визначали у пробах, відібраних у 2019 р., порівнюючи результати вимірювань лише з контрольними варіантами досліду (Табл. 5). Виявлено, що на всіх варіантах із внесенням азотних добрив зміни є позитивними, причому чітко помітна ефективність післядії гною. Особливо підвищився вміст азоту нітратів, до 53,3 мг/кг ґрунту, за внесення одночасно азотних і фосфорних добрив (N₁₀₆ P₉₈) на агрофоні післядії гною.

Вплив добрив на вміст амонійного азоту (порівняно з контрольним варіантом) був дуже слабким як на природному агрофоні (14,4 мг/кг ґрунту), так і на агрофоні післядії гною (15,7 мг/кг ґрунту), що пов'язано з поглинанням його колоїдним комплексом ґрунту (Табл. 6)

Таблиця 5*Вплив добрив на вміст азоту нітратів ($N_{\text{ніт}}$) у чорноземі типовому*

№ варіанта	Середня норма добрив за рік, кг/га	Природний агрофон, 2019		Післядія гною, 2019	
		уміст $N_{\text{ніт}}$, мг/кг	зміна відносно контролю, мг/кг	уміст $N_{\text{ніт}}$, мг/кг	зміна відносно контролю, мг/кг
1	Без добрив (контроль)	8,9	–	16,6	–
2	N_{106}	50,6	+41,7	36,7	+20,1
3	P_{98}	16,4	+7,5	14,9	–1,7
4	K_{84}	10,8	+1,9	13,2	–3,4
5	$N_{106} P_{98}$	43,1	+34,2	53,3	+36,7
6	$N_{106} K_{84}$	26,9	+18,0	44,4	+27,8
7	$P_{98} K_{84}$	12,3	+3,4	15,1	–1,5
8	$N_{106} P_{98} K_{84}$	33,1	+24,2	24,2	+7,6

Таблиця 6*Вплив добрив на вміст амонійного азоту в чорноземі типовому*

№ варіанта	Середня норма добрив за рік, кг/га	Природний агрофон, 2019		Післядія гною, 2019	
		уміст $N_{\text{ам}}$, мг/кг	зміна відносно контролю, мг/кг	уміст $N_{\text{ам}}$, мг/кг	зміна відносно контролю, мг/кг
1	Без добрив (контроль)	14,4	–	15,7	–
2	N_{106}	19,6	+5,2	16,5	+0,8
3	P_{98}	13,4	–1,0	14,5	–1,2
4	K_{84}	14,0	–0,4	11,9	–3,8
5	$N_{106} P_{98}$	18,9	+4,5	15,3	–0,4
6	$N_{106} K_{84}$	16,1	+1,7	18,4	+2,7
7	$P_{98} K_{84}$	16,6	+2,2	15,6	–0,1
8	$N_{106} P_{98} K_{84}$	16,6	+2,2	14,3	–1,4

Уміст амонійного азоту в ґрунті зростає за внесення азотних добрив та сукупно азотних з фосфорними.

3.4. Вплив добрив на вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті

Фосфор, від початку проростання, відіграє важливу роль в біохімії та енергетиці фізіологічних процесів у рослинах, що визначає направленість та інтенсивність їх росту, розвитку та рівня продуктивності. Фосфор надходить у кореневу систему у вигляді окиснених сполук, зазвичай, аніонів ортофосфорної кислоти ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}) і включається у процес синтезу макроенергетичних сполук.

На період закладання дослідів у 1990 році уміст рухомих сполук фосфору в чорноземі типовому був підвищеним і становив у середньому 43,0 мг/кг ґрунту (Табл. 7). Тривале 28-річне внесення різних видів мінеральних добрив та їх парних поєднань по-різному впливало на вміст рухомих сполук фосфору у ґрунті. На природному агрофоні внесення фосфорних добрив збільшило вміст фосфору більше, ніж удвічі, порівняно з вихідним станом, і майже втричі, порівняно з контролем. Азотні та калійні добрива, за сукупного внесення з фосфорними добривами, послаблюють зростання вмісту рухомого фосфору в ґрунті.

На агрофоні післядії гною вміст рухомих сполук фосфору на варіанті без мінерального удобрення був близьким до його початкового рівня. Найефективнішим виявилось внесення фосфорних добрив разом з азотними.

3.5. Вплив добрив на вміст рухомих сполук калію в ґрунті

Фізіологічна роль калію полягає в регулюванні інтенсивності поглинання рослинами елементів живлення, підвищенні стійкості до посухи і покращенні якості сільськогосподарської продукції. Рослини, споживаючи калій, знижують його концентрацію в ґрунтовому розчині, поповнення його відбувається за рахунок форм калію, необмінно фіксованого ґрунтом. Відомо, що чим багатший ґрунт на вискодисперсні фракції, тим більше він містить доступного калію. Через 28 років у варіанті дослідів без внесення добрив уміст калію в ґрунті становив фактично стільки ж, скільки й на початку експерименту

(Табл. 8), але суттєво збільшився на варіанті з калійними добривами на обох агрофонах. Азотні й фосфорні добрива самостійно майже не впливали на вміст рухомих сполук калію в ґрунті. А додавання їх до калійних добрив на агрофоні післядії гною виявилось дуже ефективним.

Таблиця 7

Вплив добрив на вміст рухомих сполук фосфору в чорноземі типовому

№ варіанта	Середня норма добрив за рік, кг/га	1990	Природний агрофон, 2019		Післядія гною, 2019	
		уміст P_2O_5 , мг/кг	уміст P_2O_5 , мг/кг	зміна, $\pm$ мг/кг	уміст P_2O_5 , мг/кг	зміна, $\pm$ мг/кг
1	Без добрив (контроль)	43,0	29,3	-13,7	44,9	+1,9
2	N ₁₀₆	43,0	36,2	-6,8	46,7	+3,7
3	P ₉₈	43,0	115,4	+72,4	131,0	+88,0
4	K ₈₄	43,0	31,8	-11,2	33,9	-9,1
5	N ₁₀₆ P ₉₈	43,0	107,9	+64,9	134,7	+91,7
6	N ₁₀₆ K ₈₄	43,0	28,2	-14,8	42,6	-0,4
7	P ₉₈ K ₈₄	43,0	92,5	+49,5	132,6	+89,6
8	N ₁₀₆ P ₉₈ K ₈₄	43,0	104,0	+61,0	109,5	+66,5

Таблиця 8

Вплив добрив на вміст рухомих сполук калію в чорноземі типовому

№ варіанта	Середня норма добрив за рік, кг/га	1990	Природний агрофон, 2019		Післядія гною, 2019	
		уміст K_2O , мг/кг	уміст K_2O , мг/кг	зміна, $\pm$ мг/кг	уміст K_2O , мг/кг	зміна, $\pm$ мг/кг
1	Без добрив (контроль)	232,0	229,0	-3,0	241,0	+9,0
2	N ₁₀₆	232,0	221,7	-10,3	233,8	+1,8
3	P ₉₈	232,0	241,0	+9,0	229,0	-3,0
4	K ₈₄	232,0	313,3	+81,3	313,0	+81,0
5	N ₁₀₆ P ₉₈	232,0	241,0	+9,0	241,0	+9,0
6	N ₁₀₆ K ₈₄	232,0	253,1	+21,1	313,3	+81,3
7	P ₉₈ K ₈₄	232,0	265,1	+33,1	313,3	+81,3
8	N ₁₀₆ P ₉₈ K ₈₄	232,0	265,1	+33,1	313,0	+81,3

3.6. Вплив добрив на вміст клейковини в зерні пшениці озимої

Вплив добрив на вміст клейковини в зерні пшениці озимої визначали за 3 роки і середні значення порівнювали з контрольними варіантами (Табл. 9).

Таблиця 9

Вплив добрив на вміст клейковини в зерні пшениці озимої

№ варіанта	Норма добрив під пшеницю, кг/га діючої речовини	Вміст клейковини, %			
		Природний агрофон		Післядія гною	
		середній	зміна відносно контролю	середній	зміна відносно контролю
1	Без добрив (контроль)	22,6	-	23,6	-
2	N ₆₀	23,7	4,9	24,2	2,5
3	P ₁₂₀	24,0	6,2	24,4	3,4
4	K ₉₀	22,6	0	23,8	0,85
5	N ₆₀ P ₁₂₀	25,0	10,6	25,0	5,9
6	N ₆₀ K ₉₀	24,3	7,5	24,2	2,5
7	P ₁₂₀ K ₉₀	22,6	0	23,5	0
8	N ₆₀ P ₁₂₀ K ₉₀	25,3	11,9	25,8	9,3

З досліджених варіантів удобрення найбільш ефективними, щодо забезпечення високого рівня якості зерна пшениці озимої, виявилися варіанти з внесенням парної комбінації азотних і фосфорних добрив та повного добрива. Слід відмітити незначні переваги цих варіантів на агрофоні післядії гною. Відповідно нормативних документів зерно пшениці озимої, що містить клейковини у межах 23,0 – 27,9 % відноситься до другого класу групи А [7].

4. Практична значущість результатів

Зміни в обмінній кислотності ґрунту, спричинені застосуванням різних типів добрив. Результати вказують, що обмінна кислотність зростає, особливо внаслідок внесення азотних добрив, які мають найбільший вплив. Це підкреслює важливість раціонального використання азотних добрив для уникнення негативних наслідків збільшення кислотності ґрунту. Крім того, виявлено, що фосфорні та калійні добрива також підвищують кислотність ґрунту, але в меншій мірі, ніж азотні добрива. Це означає, що у складанні системи удобрення культур у сівозміні необхідно враховувати вплив фосфорних і калійних добрив на кислотність ґрунту, а також їх взаємодію з азотними добривами.

Внесення мінеральних добрив може мати різний вплив на вміст гумусу в ґрунті. Результати досліджень показують, що прямий та опосередкований вплив мінеральних добрив можуть спричинити зміни в гумусовому стані ґрунтів. У дослідженні було виявлено, що тривале застосування мінеральних добрив, особливо фосфорних і калійних, знижує вміст гумусу в ґрунті як на природному агрофоні, так і на агрофоні післядії гною.

Вміст мінерального азоту у ґрунті може змінюватися під впливом різних факторів, зокрема внесення азотних, фосфорних і калійних добрив. Також було виявлено, що вміст мінерального азоту у ґрунті був вищим на агрофоні післядії гною порівняно з природним агрофоном. Підвищення вмісту мінерального азоту в ґрунті після внесення азотних добрив може бути пояснено їхнім постачанням рослинам додаткового джерела азотного живлення. Амонійні сполуки, які містяться в азотних добривах, поглинаються ґрунтом і зберігають свою доступність для рослин. Нітратні сполуки, які також містяться в азотних добривах, є найбільш доступним джерелом азотного живлення для рослин. Таким чином, внесення азотних добрив сприяє збільшенню вмісту мінерального азоту в ґрунті.

Тривале внесення різних видів мінеральних добрив та їх поєднань по-різному впливало на вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті. Зокрема, внесення фосфорних добрив значно підвищувало вміст фосфору порівняно з контролем. Азотні та калійні добрива, з іншого боку, мали слабкий вплив на вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті. Це може бути пов'язано з тим, що азотні та калійні добрива не мають прямої взаємодії з фосфором у ґрунті, а їх вплив на фосфор може бути віддаленим або залежати від інших факторів, таких як реакція ґрунту.

Уміст калію в ґрунті без внесення добрив практично не змінився порівняно з початковим рівнем. Вплив азотних та фосфорних добрив на вміст рухомих сполук калію в ґрунті є незначним. Внесення азотних добрив або їх поєднання з калійними добривами підвищує вміст калію в ґрунті на деяку величину, але цей ефект не є значущим порівняно з контрольним варіантом без добрив. Так само, внесення фосфорних добрив не суттєво впливає на вміст рухомих сполук калію. Натомість, внесення калійних добрив самостійно або в поєднанні з азотними чи фосфорними добривами показує помітне підвищення вмісту калію в ґрунті.

Внесення азотних і фосфорних добрив у нормах N60P120 підвищує вміст клейковини в зерні пшениці озимої до 25 %, що відповідає другому класу (групи А) якості зерна.

5. Висновки

На чорноземі типовому Лісостепу лівобережного високого України тривале (28 років) застосування мінеральних добрив на природному агрофоні (без внесення органічних добрив) негативно впливає на реакцію ґрунтового розчину і вміст загального гумусу, але позитивно — на накопичення в ґрунті рухомих сполук азоту, фосфору й калію. На агрофоні післядії гною негативний вплив мінеральних добрив на властивості ґрунту проявляється меншою мірою.

Внесення азотних і фосфорних добрив у нормах N60 P120 забезпечує вміст клейковини в зерні пшениці озимої на рівні 25 %, що відповідає нормативним вимогам другого класу групи А.

Список використаних джерел

1. Трускавецький Р.С., Цяпко Ю.Л. *Основи управління родючістю ґрунтів: монографія*. (с. 11-32). Харків: ФОП Бровін О.В. 2016.
2. Балюк С.А., Носко Б.С., Скрильчик Є.В. Сучасні проблеми біологічної деградації чорноземів і способи збереження їх родючості. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 1. С. 11-17
3. Modern approach in farming based on estimation of soil properties variability / O. L. Tonkha, S. O. Sychevskiy, O. V. Pikovskaya, V. P. Kovalenko. Paper presented at the 12th International Scientific Conference & Quot; Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment & Quot;. 2018.
4. Fate of soil-applied black carbon: downward migration, leaching and soil respiration / J. Major, J. Lehmann, M. Rondon, C. Goodale. *Global Change Biology* 2010. V. 16. P. 1366–1379. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02044.x>

5. Soil organic matter dynamics in long-term temperate agroecosystems: rotation and nutrient addition effects / J. Li., G. H. Ramirez, M. Kiani et al. *Canadian J. of Soil Science*. 2018. V. 98 (2). P. 232–245. <https://doi.org/10.1139/cjss-2017-0127>
6. Malakouti M.J. The effect of micronutrients in ensuring efficient use of macronutrients. *Turkish J. of Agriculture and Forestry*. 2008. T. 32, № 3. P. 215–220. Article 7. Retrieved from: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol32/iss3/7>
7. Носко Б.С. *Азотний режим ґрунту і його трансформація в агроecosистемах* (с. 4-35). Харків: "Міськдрук", 2013.
8. Канівець В.І. *Життя ґрунту*. Видання 2-ге, доповнене (с. 5–44). Київ: Аграрна наука, 2001.
9. Thian A., Egashira K. Evaluation of phosphorus status of some upland soils in Myanmar. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*. 2008. 53(1). P. 193–200. <https://doi.org/10.5109/10092>
10. Носко Б.С. *Фосфор в ґрунтах і землеробстві України* (с. 248–318). Харків: ФОП Бровін О.В., 2017.
11. Христенко А. А. *Калийное состояние почв и эффективность удобрений*. Харьков: ФЛП Бровин А.В., 2017. 120 с.
12. Quantifying the relationships between soil fraction mass, fraction carbon, and total soil carbon to assess mechanisms of physical protection / A. E. King, K. A. Congreves, B. Deen [et al.] *Soil Biology and Biochemistry*. 2019. V. 135. P. 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.04.019>
13. *Довідник нормативних показників якості продукції сільськогосподарських культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України: довідниково-нормативна інформація* / за ред. С. А. Балюка, М. В. Лісового. Харків: Смуґаста типографія, 2016. 45 с.
14. *Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття* / за ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка. Київ: Альфа-стевія, 2016. С. 295–368.
15. Nano-fertilisers and their smart delivery system / P. Solanki, A. Bhargava, H. Chhipa [et al.] In: *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Ed-s: Mahendra Rai, Caue Ribeiro, Luiz Mattoso, Nelson Duran. Springer. Switzerland, 2015. P. 81–101. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14024-7_4

UDC 631.8:631.41

Effect of long-term application of fertilizers on agrochemical parameters of typical chernozem and grain quality of winter wheat

A. S. Zaryshniak¹, M. V. Lisovyi^{2*}, V. M. Nikonenko², O. I. Slidenko²¹ National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine² National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine*E-mail: labl@meta.ua

The aim of the article is to present the results of analytical research on the evaluation of changes in the parameters of the properties of typical chernozem in a stationary field experiment under the influence of 28 years of application of various types and combinations of mineral fertilizers on two agrophones in a crop rotation. The experiment established in 1990 on a typical heavy loam chernozem (Haplic Chernozem) in the experimental farm "Hrakovske" which belongs to the NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research" named after O. N. Sokolovsky, in the Chuguyiv district of the Kharkiv region. The aim was to conduct agroecological monitoring in conditions of intensive agriculture to establish the permissible level of load of intensive chemicalization on physical, chemical, and biological soil processes. In the soil samples taken in 2019 from the 0-30 cm layer, the changes that occurred after long-term application of fertilizer in the pH of the soil solution and the content of the following soil components were determined: humus; mineral compounds of nitrogen; nitrate nitrogen; ammonium nitrogen; mobile phosphorus compounds; mobile compounds of potassium. The quality of winter wheat grain determined by the gluten content. Seven variants of the experiment with different fertilizer combinations and the control variant (without fertilizers) placed on two agrophones: natural (only mineral fertilizers applied) and after-effect of manure (mineral fertilizers and manure were applied). The results of the research in 2019 compared with the initial state of the soil in 1990 separately at each site, thus revealing changes in the parameters of the agrochemical characteristics of the soil under the influence of different types of fertilizers. Common conclusion. In the Left-bank high Forest-steppe of Ukraine, the long-term (28 years) application of mineral fertilizers in the natural agrophone has a negative effect on the reaction of the soil solution and the content of total humus, but has a positive effect on the accumulation of mobile compounds of nitrogen, phosphorus, and potassium in the soil. The negative effect of mineral fertilizers on the soil properties manifested to a lesser extent after the application of manure. The application of nitrogen and phosphorus fertilizers in the norms of N₆₀P₁₂₀ provides a gluten content in winter wheat grains at the level of 25 %, which meets the regulatory requirements of the second class of group A.

Keywords: mineral fertilizers; typical chernozem; soil parameters; winter wheat; grain; gluten.

Citing: Zaryshniak A. S., Lisovyi M. V., Nikonenko V. M., & Slidenko O. I. (2023). Effect of long-term application of fertilizers on agrochemical parameters of typical chernozem and grain quality of winter wheat. *AgroChemistry and Soil Science*. 94, 22-29. [in Ukrainian]. [doi:10.31073/acss94-03](https://doi.org/10.31073/acss94-03)