

ЗМІНИ АГРОХІМІЧНИХ І ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТУ ПІСЛЯ ДОВГОТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ У СІВОЗМІНІ

І.М.Карасюк, доктор сільськогосподарських наук,
Л.В.Чорна

Наведено результати вивчення впливу довготривалого застосування різних систем удобрення в 10-пільній зерно-буряковій сівозміні на агрофізичні та фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого. Встановлено, що тривала взаємодія між ґрунтом, добривом і рослиною залежно від систем застосування добрив створює неоднакові умови для реалізації фізіологічних потреб культур сівозміни, в результаті чого змінюється врожайність і якість одержаної продукції та ефективна родючість ґрунту.

У результаті довготривалого застосування добрив у сівозміні в процесі постійної взаємодії між ґрунтом, добривом і рослиною відбуваються зміни агрофізичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту, паралельно з якими змінюється вміст і баланс гумусу та поживних речовин, параметрами яких визначається його родючість. Тому оцінка і контроль підтримання цих властивостей на належному рівні мають стати обов'язковою умовою землеробської діяльності всіх власників землі [3].

Залежно від систем обробітку та удобрення, норм і форм добрив, вирощуваних культур у ґрунті створюються неоднакові умови для найефективнішого його використання задля одержання високої врожайності та якості продукції за підтримання на належному рівні ефективної родючості та збереження чистоти довкілля.

Метою наших досліджень протягом 1996–1998 рр. було вивчення змін агрофізичних, фізико-хімічних властивостей чорнозему опідзоленого після довготривалого (протягом трьох ротацій) застосування мінеральної, органічної та органо-мінеральної систем удобрення культур 10-пільної зерно-

бурякової сівозміни на базі польового стаціонарного дослідження кафедри агрохімії та ґрунтознавства, закладеному в 1964 р. на дослідному полі учгоспу «Родниківка» Уманської сільськогосподарської академії.

Перед закладанням дослідження чорнозем опідзолений характеризувався такими показниками: вміст гумусу в орному шарі становив 3,3%, pH_{KCl} – 6,2, гідролітична кислотність – 2,5 ммоль/100 г ґрунту, сума увібраних основ становила 28,8 ммоль/100 г, ступінь насичення основами – 92%, за середнього забезпечення рухомими формами поживних речовин основних біогенних елементів. Досліджували ґрунт у полі озимої пшениці, що висівалася після багаторічних трав на один укіс, які протягом вегетації якнайповніше стабілізують агрофізичні та фізико-хімічні властивості й найефективніше впливають на збагачення його поживними речовинами. Одержані в досліді дані порівнювали із перелогом – природним аналогом цього ґрунту.

У процесі вивчення фізики ґрунту встановлено, що обробіток і відповідні системи удобрення в сівозміні, норми та форми добрив і вирощувані культури певною мірою впливали на зміну агрофізичних властивостей чорнозему опідзоленого, які серед елементів родючості посідають одне із провідних місць. Насамперед, змінився структурно-агрегатний склад ґрунту, що є одним із важливих показників його родючості (табл.1).

Під час довготривалого обробітку і вирощування сільськогосподарських культур, на контролі, де добрив не вносили, відбулося розпилення найціннішої агрономічної структури ґрунту, зменшився процентний її вміст, зросла кількість агрегатів розміром понад 10,0 мм та розпиленої фракції менше 0,25 мм. Систематичне довготривале застосування добрив у сівозміні сприяло деякому зростанню кількості агрономічно цінних агрегатів розміром 0,25–10,0 мм порівняно з контролем та зменшенню вмісту розпиленої фракції менше 0,25 мм. В орному шарі залежно від систем удобрення вміст агрегатів 0,25–10,0 мм зріс на 1,3–4,7%, агрегатів менше 0,25 зменшився відповідно на

1,2–3,3%. У підорному шарі їх вміст вирівнювався до рівня контролю, але порівняно із перелогом різниця становила 13,9–15,2%.

1. Структурно-агрегатний склад чорнозему опідзоленого після довготривалого застосування добрив у сівозміні (1965–1995 рр.)

Система удобрення	0–20 см				20–40 см			
	Середній вміст агрегатів, % за розміром, мм			коефіцієнт структур- ності	Середній вміст агрегатів, % за розміром, мм			коефіцієнт структур- ності
	>10,0	10,0– 0,25	<0,25		>10,0	10,0– 0,25	<0,25	
Переліг	0,9	94,2	4,9	16,18	5,2	91,1	3,7	10,17
У сівозміні без добрив	4,0	77,1	18,9	3,37	6,3	77,1	16,6	3,37
мінеральна	3,9	78,4	17,7	3,64	6,4	75,9	17,7	3,14
органічна	4,1	81,8	17,0	3,88	5,5	76,3	18,2	3,23
органо- мінеральна	3,6	80,8	15,6	4,2	4,0	77,2	18,9	3,38

Перерозподіл структурно-агрегатного складу в процесі обробітку і довготривалого застосування добрив у сівозміні при вирощуванні сільськогосподарських культур виявлявся у зміні коефіцієнта структурності чорнозему опідзоленого. Якщо в перелозі, де ґрунт протягом тривалого часу не обробляли, він знаходився у межах 10,17–16,18, а на контролі, де добрив не вносили, – 3,37, то за мінеральної системи він становив 3,14–3,64, за органічної – 3,23–3,88, за органо-мінеральної – 3,38–4,20. Як бачимо, довготривале застосування добрив у сівозміні впливало на зростання коефіцієнта структурності чорнозему опідзоленого. Краще він складався за органічної та органо-мінеральної систем удобрення.

Зміни агрофізичних властивостей особливо виявлялися при визначенні водостійкості структурних агрегатів. Так, в орному шарі контролю, де добрив не застосовували, порівняно із перелогом, вона знижувалася майже на 40,9–44,3%, тоді як під впливом добрив порівняно з ним дещо зростала: за мінеральної системи на 1,2%, за органічної – на 8,8 та органо-мінеральної – на 11,5%; у підорному шарі – відповідно на 13,6; 19,8 і 19,0%. У більш глибоких 60–80 і 80–100 см шарах за органічної та органо-мінеральної систем удобрення вона наближалася до водостійкості агрегатів перелогоу.

Цьому сприяло внесення органічних добрив, які активно впливали на нагромадження детриту, що акумулював своєю поверхнею гумусові речовини, які в процесі утворення макроструктур виконували роль зв'язуючого матеріалу. Водночас водостійкість агрегатів цих шарів на контролі, де добрив не застосовували, та мінеральної системи удобрення внаслідок зменшення вмісту органічних речовин відчутно знижувалась. Тому підтримання з допомогою органічних добрив належного оптимального структурно-агрегатного складу ґрунту має стати неодмінною умовою землеробської діяльності людини [2].

Відповідно до агрофізичного та фізико-хімічного складу чорнозему опідзоленого і водостійкості його структурних агрегатів складався і критерій водостійкості. Найвищим він був за органічної системи удобрення –8,08; за органо-мінеральної –6,84 і за мінеральної – 6,31, за 6,33 на контролі та 5,58 – у перелозі (табл. 2).

2. Агрофізичні властивості чорнозему опідзоленого після довготривалого застосування добрив у сівозміні

Шар ґрунту	Переліг	У сівозміні			
		системи удобрення			
		без добрив (контроль)	мінеральна	органічна	органічно- мінеральна
Водостійкість структурних агрегатів, %					
0–20	93,7	49,4	50,6	58,2	60,9
20–40	94,1	53,2	66,8	73,0	72,2
Критерій водостійкості					
0–20	5,58	6,33	6,31	8,08	6,84
20–40	4,66	5,72	6,61	8,30	8,02
Шпаруватість ґрунту, %					
0–20	56	51	50	53	53
20–40	58	53	51	53	53
Щільність ґрунту, г/см ³					
0–20	1,24	1,26	1,29	1,19	1,24
20–40	1,22	1,29	1,30	1,25	1,27

Довготривале застосування добрив у сівозміні спричинило зміни шпаруватості та щільності ґрунту, що зумовлюють його водний і повітряний режими, з ними тісно пов'язані водо- і повітрямісткість, водопроникність і капілярний підйом ґрунтових вод, ріст і розвиток сільськогосподарських культур і їх урожайність.

Застосування гною в органічній та органо-мінеральних системах підвищувало, порівняно з мінеральною, шпаруватість ґрунту на 3%. Певною мірою це впливало і на його щільність. Так, якщо в перелозі, де ґрунт мав природну рівноважну щільність і її значення в орному шарі виражалося в межах $1,24 \text{ г/см}^3$, то на контролі, де добрив не застосовували, вона підвищувалась до $1,26 \text{ г/см}^3$. Залежно від систем удобрення її значення змінювалося: за мінеральної системи вона була ще вищою і становила – $1,29 \text{ г/см}^3$, за органічної знижувалась до $1,19$, а за органо-мінеральної наближалася до природної рівноважної щільності перелозу $1,24 \text{ г/см}^3$. Щільність твердої фази ґрунту, залежно від систем удобрення перебувала в межах $2,25\text{--}2,58 \text{ г/см}^3$. Найнижчою вона була за органічної і найвищою за мінеральної системи удобрення.

Відповідно до щільності змінювалися повна польова та капілярна вологомісткість. На контролі без добрив повна польова вологомісткість ґрунту становила 48,9%, за мінеральної системи удобрення вона була на рівні лише 45,6%, тоді як за органічної та органо-мінеральної систем – відповідно на рівні 55,6 і 51,8%. Капілярна вологомісткість тісно корелювала відповідно до повної польової вологомісткості ґрунту. На контролі вона була на рівні 32,6, за органічної та органо-мінеральної – відповідно 38,2 і 36,2%. Все це певною мірою впливало на водоутримуючу здатність ґрунту і забезпечення сільськогосподарських культур сівозміни водою та економну її затрату в процесі вегетації рослин. Запаси вологи в метровому шарі ґрунту ланки сівозміни: багаторічні трави – озима пшениця – цукрові буряки – пересічно за 1996–1998 рр. становили на початку вегетації рослин: на контролі без добрив – 144,4 мм, за мінеральної системи – 148,6, за органічної – 154,4, за органо-мінеральної – 150,3 мм; наприкінці вегетації незалежно від висоти врожаю її запаси вирівнювалися і відповідно становили: 140,1; 137,0; 137,5; 136 мм.

Під впливом інтенсивного використання ґрунту в процесі довготривалого вирощування сільськогосподарських культур у сівозміні без

добрив погіршувались його кислотно-основні та інші фізико-хімічні властивості. Винос врожайми сільськогосподарських культур з ґрунту, особливо верхніх його шарів, кальцію, магнію, калію та інших елементів, а також їх вимивання під час випадання опадів та взаємодії з добривами, створювали умови для заміни цих біогенних елементів у ґрунтового вбирному комплексі на водень і алюміній, що мало вияв у зростанні кислотності, особливо потенційної і зменшення ступеня насиченості ґрунту (табл. 3).

3. Кисотно-основні властивості чорнозему опідзоленого після довготривалого застосування добрив у сівозміні

Системи удобрення	рН _{KCl}		ммоль/100 г ґрунту				V %	
			Нr		S			
Шар ґрунту	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Переліг	5,4	6,6	4,1	3,9	27,6	31,8	87,1	89,1
У сівозміні без добрив	5,2	5,3	5,0	4,9	22,7	24,9	82,0	83,6
мінеральна	4,9	5,0	5,1	5,1	20,8	21,8	80,3	81,0
органічна	5,3	5,4	4,0	3,9	25,5	27,1	86,4	87,4
органо-мінеральна	5,3	5,3	4,0	3,9	24,8	24,8	84,4	86,4

Порівняно з перелогом, де рН_{KCl} ґрунту перебувала на рівні 5,4–6,6, на контролі без добрив вона знизилась до 5,2–5,3, а в мінеральній системі навіть до 4,9–5,0.

Оскільки оптимальне значення рН для кожної культури – величина доволі умовна, коливається в широких межах і залежить від складу і властивостей ґрунту, для повної характеристики кислотності важливо також, як змінюються гідролітична кислотність і ступінь насиченості ґрунту основами (V).

Дослідженнями встановлено, що найнегативніший вплив на загальну кислотність ґрунту мала мінеральна система удобрення, де гідролітична кислотність, порівняно з перелогом, зросла на 1,0–1,2 одиниці, а порівняно з контролем на 0,1–0,2 одиниці. Тривале внесення гною в органічній та орґано-мінеральній системах припиняло зростання кислотності ґрунту, хоч і тут вона порівняно з перелогом дещо збільшувалася, але здебільшого, залежно

від культури та норм внесення добрив, була найсприятливішою, що позитивно позначалося на зміні ефективності родючості ґрунту.

Вимивання і винос з ґрунту культурами сівозміни кальцію, магнію, калію та інших біогенних елементів і заміна їх у ґрунтово-вбирному комплексі на водень знижувало в загальній місткості вбирання суму вбирних основ із 28,8–28,9 до 20,8–25,5 ммоль/100 г і відповідно насиченість ними ґрунту. Зниження насиченості ґрунту основами на контролі, де добрив не вносили, пов'язано з інтенсивним окисленням органічних речовин і вимиванням звільнених кальцію, калію та інших елементів із верхніх шарів у нижні. Тому ступінь насичення ґрунту основами тут знижувався з 92 до 82%. Ще більше зниження цього показника спостерігалось за мінеральної системи удобрення з 92,0 до 80,3%, тоді як за органічної і органо-мінеральної систем він перебував на рівні 86,4 і 84,4%, за його значення в перелозі 87,1%.

У процесі довготривалого застосування добрив у сівозміні залежно від систем удобрення і норм добрив змінювався вміст органічних речовин, що є конче потрібно і надзвичайно важливою складовою частиною ґрунту, від якої значною мірою залежить не лише його стан, а і дальший розвиток родючості.

«...Вміст органічної речовини в ґрунті служить показником його стану і фізичних умов, аналогічно тому, як температура тіла служить показником стану хворого» [1].

Отже, вміст органічних речовин за різних систем удобрення в чорноземі опідзоленому, найоб'єктивнішим і найповнішим показником якого є гумус, значною мірою залежав від його агрофізичних, кислотно-основних та інших фізико-хімічних і біологічних властивостей. Із зменшенням вмісту органічних речовин зростала агрономічно цінних агрегатів, підвищувалось їх розпилення, і збільшувались витрати з вбирного комплексу кальцію та інших основних елементів. Втрата ґрунтом кальцію в процесі мінералізації органічних речовин призводила до зменшення вмісту гумусу, оскільки він є комплексоутворювачем його органічного комплексу [4].

Довготривале екстенсивне використання ріллі без застосування добрив на контролі посилювало мінералізацію органічних речовин і гумусу. Вона відбувалася інтенсивніше, ніж за систематичного застосування добрив у сівозміні, в результаті чого втрати гумусу тут були найбільшими та порівняно з перелогом становили 1,32%, що є важливим показником антропогенного навантаження на ґрунт.

За мінеральної системи удобрення поряд із зростанням урожайності сільськогосподарських культур у ґрунті збільшувався вміст кореневих та інших органічних решток, що позитивно впливало на нагромадження гумусу. Проте в результаті підкислення ґрунтового розчину відбувалось і більш інтенсивне його розчинення, зростала «текучість у глибші шари». Тому в процесі тривалого застосування мінеральні добрива не змогли повністю попередити втрати гумусу з 0–60 см шару ґрунту. Із допомогою мінеральних добрив не вдалося досягти нейтрального, а тим паче позитивного балансу цього головного чинника родючості ґрунту.

Застосування ж гною в органічній системі та поєднання його в еквівалентних співвідношеннях із мінеральними добривами в органо-мінеральній зменшувало в процесі вирощування сільськогосподарських культур втрати органічних речовин ґрунту. Тому після довготривалого їх застосування в цих системах вміст гумусу перебував на рівні відповідно 3,42 і 3,60%.

У перелозі, де ґрунт тривалий час не обробляли, процес трансформації кореневих систем та інших органічних решток затримувався і вони консервувалися у вигляді детриту [5]. До того ж, мінералізація органічних речовин і гумусу знижувалися і тому його вміст тут був найвищим і становив 4,18%.

Агрофізичні та фізико-хімічні властивості, водний і повітряний режими, що склалися в процесі довготривалого застосування різних систем удобрення, створювали відповідні умови для життєдіяльності мікроорганізмів, найпростіших і грибів, у ґрунті поряд із вмістом гумусу

відбувалося неоднакове нагромадження рухомих форм поживних речовин основних біогенних елементів (табл. 4).

4. Поживний режим орного шару ґрунту чорнозему опідзоленого після довготривалого (1965–1995 рр.) застосування добрив

Системи удобрення	Містилося в ґрунті після довготривалого внесення добрив у 1998 р.			
	гумус, %	мг/100 г ґрунту		
		NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Переліг	4,18	12,4	19,2	21,5
У сівозміні без добрив	2,86	4,5	8,0	10,0
мінеральна	3,12	4,8	15,7	14,8
органічна	3,42	5,0	13,6	17,2
орґано-мінеральна	3,60	5,1	19,7	17,6

Найкраще складався поживний режим ґрунту за орґано-мінеральної системи удобрення, де орґанічні добрива поєднувалися в еквівалентних співвідношеннях із мінеральними. До того ж, забезпечувалася стабілізація гумусу, зростав вміст рухомого фосфору і калію та більш продуктивно використовувалася земля.

Створення відповідних фізичних та фізико-хімічних властивостей, водного та повітряного режимів ґрунту, наявність гумусу і рухомих форм поживних речовин позитивно впливали на зростання врожайності та поліпшення якості сільськогосподарської продукції у ланці сівозміни: багаторічні трави – озима пшениця – цукрові буряки (табл. 5).

Найефективніше використовувалися поживні речовини внесених добрив для створення врожаю за орґано-мінеральної форми удобрення. Внесення орґанічних і мінеральних добрив під час основного обробітку ґрунту та стартових доз фосфору і підживлень рослин азотом у процесі вегетації не створювало у ґрунті цієї системи надмірних концентрацій поживних речовин. Їх надходження в ґрунтовий розчин відбувалося паралельно з ростом і розвитком рослин відповідно до орґаногенезу кожної культури. Тому за цієї системи спостерігається планомірне зростання врожайності і поліпшення якості продукції за збереження в чистоті довкілля.

Отже, в процесі довготривалого застосування добрив у сівозміні за орґано-мінеральної системи удобрення в ґрунті створюються

найсприятливіші агрофізичні, кислотно-основні та інші фізико-хімічні властивості для ефективного проходження біологічних процесів, нагромадження вологи, поживних речовин і гумусу та відповідної щільності ґрунту, що зумовлюють зростання врожайності та поліпшення якості одержаної продукції за одночасного підтримання розширеного відтворення родючості й збереження в чистоті навколишнього середовища.

5. Середня врожайність сільськогосподарських культур у ланці сівозміни багаторічні трави – озима пшениця – цукрові буряки після довготривалого застосування добрив, ц/га

Сівозміна	Контроль без добрив	Система застосування добрив у сівозміні		
		мінеральна	органічна	органомінеральна
За систематичного внесення добрив протягом 3-х ротаций у 1965–1995 рр.				
Сіно багаторічних трав	39,6	44,4	47,5	46,5
Зерно озимої пшениці	36,0	44,2	43,1	45,5
Коренеплоди цукрових буряків	277	385	380	403
Після 30-річного застосування добрив у 1996–1998 рр.				
Сіно багаторічних трав	44,3	51,5	53,9	54,8
Зерно озимої пшениці	31,2	43,6	40,0	46,9
Коренеплоди цукрових буряків	337	422	408	439

Бібліографія

1. Александер Л.Т., Мидлтон Х.Э. Почва как физическая система (пер. с англ.): Физические условия почвы и растения. – М.: Изд-во ин. литературы, 1995. – С.40–41.
2. Булыгин С.Ю., Лисецкий Ф.Н. Формирование агрегатного состава почв и оценка его изменения // Почвоведение. – 1996. – №6. – С. 783–788.
3. Кренинина Т.А. Влияние длительного применения удобрений на агрофизические свойства орошаемой светло-каштановой почвы // Почвоведение. – 1989. – №9. – С. 44–51.
4. Носко Б.С. Изменение гумусового состояния чернозема типичного под влиянием удобрений // Почвоведение. – 1987. – №5. – С. 26–32.
5. Чесняк Г.Я., Гаврилюк Ф.Я., Крупеников И.А., Лактионов Н.И., Шилихина И.И. Гумусовое состояние черноземов // В кн.: Русский чернозем: 100 лет после Докучаева. – М.: Наука, 1983. – С.186–198.