

УДК 631.45: 631.81: 631.51: 631.582

Формування родючості чорнозему слабосолонцюватого за довготривалої системи удобрення і обробітку ґрунту в короткоротаційній сівозміні

Я. П. Цвей*, Л. М. Левченко, М. В. Тищенко

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: tsvey_isb@ukr.net

Мета. Дати обґрунтування залежності родючості чорнозему слабосолонцюватого в короткоротаційній сівозміні і встановити оптимальні параметри фізико-хімічних і агрохімічних показників за довготривалої системи удобрення і обробітку ґрунту. **Методи.** Польовий, лабораторний, статистичний. **Результати.** На чорноземах слабосолонцюватих за використання 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$, кількість гумусу в орному шарі підвищилась на 0,20 % і досягала 4,57 %, за застосування комбінованого обробітку ґрунту – 0,09 і 4,46 %. За використання 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ в орному шарі ґрунту лужногідролізований азот за використання оранки підвищився на 16,0 мг/кг ґрунту, за комбінованого обробітку – 8,0 мг/кг ґрунту порівняно з початком ротації сівозміни, що становило 135 і 135 мг/кг ґрунту. За підвищення застосування добрив післяжнивних решток + $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ зростає кількість мінерального азоту в орному шарі ґрунту. За використання оранки – на 5,7 мг/кг, у підорному шарі – на 6,7 мг/кг ґрунту порівняно з початком ротації сівозміни, що становило 23,9 і 20,0 мг/кг. У варіанті, де заорювали 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$, за використання оранки в орному шарі ґрунту було відмічено 42,0 мг/кг ґрунту рухомого фосфору, за комбінованого обробітку – 43,0 мг/кг ґрунту. Кількість обмінного калію на фоні 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ при застосуванні оранки і комбінованого обробітку стабілізувалась на рівні 125 і 115 мг/кг ґрунту. **Висновки.** За застосовування 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ кількість гумусу в орному шарі за використання оранки і комбінованого обробітку ґрунту підвищується на 0,20–0,09 % і стабілізується на рівні 4,57 і 4,46 %. При застосуванні лише післяжнивних решток на фоні мінеральних добрив спостерігається позитивний баланс гумусу – 4,55 і 4,51 %. За застосування 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ кількість мінерального азоту в орному шарі підвищилась до початку ротації на 7,5 мг/кг ґрунту, за комбінованого обробітку – 8,3 мг/кг або 48,0 і 52,8 %. Вміст рухомого фосфору при застосуванні 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ за використання оранки стабілізується до 42,0 мг/кг ґрунту, за комбінованого обробітку – 43,0 мг/кг ґрунту. Кількість обмінного калію становила 125,0 та 115 мг/кг ґрунту відповідно.

Ключові слова: орний шар; післяжнивні рештки; мінеральні добрива; гумус; рухомий фосфор; обмінний калій.

Вступ

Визначаючим фактором у підвищенні стійкості агроєкосистем є збереження родючості ґрунту як засобу виробництва, тому що за довготривалого антропогенного навантаження зменшується вміст гумусу [1–4], а це порушує кругообіг вуглецю в системі ґрунт – рослина [5–7].

Дослідження, що проводились, вказували на те, що відтворення вмісту гумусу у ґрунті спостерігається за використання органо-мінеральної системи удобрення з урахуванням дотримання балансу органічної речовини [2, 4]. Застосування лише одних мінеральних добрив прискорює мінералізацію гумусу. Поряд з використанням гною і мінеральних добрив заорювання післяжнивних решток сільськогосподарських культур дає можливість компенсувати дегуміфікацію органічної речовини [3].

Стабілізація вмісту гумусу залежить від фізико-хімічних показників ґрунту, зони зволоження [1].

На фоні органічних добрив доза азоту повинна компенсувати іммобілізацію азоту ґрунтового мікрофлорою з дотриманням науково-обґрунтованого балансу [3, 4].

Використання азотних добрив дає можливість підвищити вміст мінерального азоту у ґрунті, сприяє зростанню сполук амонію, підвищується вміст лужногідролізованого азоту [8, 9].

Найбільше забезпечення ґрунту азотом спостерігається при використанні органо-мінеральної системи удобрення і наявності бобових культур у сівозміні [3, 4].

Значний вплив на родючість чорноземних ґрунтів має вміст рухомого фосфору, що залежить від дози застосування фосфорних добрив. Дози застосування фосфорних добрив можна зменшувати, враховуючи невисокий коефіцієнт використання фосфору рослинами [3, 4, 10].

На вміст обмінного калію в ґрунті впливає система удобрення. При застосуванні лише мінеральних добрив обмінний калій має незначне зростання перед властивістю переходити у необмінний фіксований стан [3].

Найістотніше зростання відмічене за органо-мінеральної системи удобрення. Заорювання післяжнивних решток сумісно з мінеральними добривами підвищує баланс калію у ґрунті, його рухомість і доступність рослинам [1, 3, 4].

На перерозподіл елементів живлення і мінералізацію органічної речовини вказує і система обробітку ґрунту [2, 4]. Відповідно, у сівозміні необхідно враховувати перерозподіл елементів живлення та фізико-хімічний стан ґрунту з урахуванням врожайності культур і зони зволоження.

Мета досліджень – обґрунтувати залежність родючості чорнозему слабосолонцюватого в короткоротаційній сівозміні і встановити оптимальні параметри фізико-хімічних і агрохімічних показників за довготривалої системи удобрення і обробітку ґрунту.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження з вивчення продуктивності сівозміни та системи удобрення були проведені в умовах багаторічного стаціонарного дослідження Веселоподільської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, що територіально розташовується у зоні недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України. Ґрунт дослідного поля представлений чорноземом типовим потужним, слабосолонцюватим, з потужністю гумусного шару в межах від 35 до 45 см. За механічним складом ґрунт середньосуглинковий, грубопилуватий. Агрохімічна характеристика: рН водне 7,2–7,4; вміст гумусу за Тюрнімом 4,5–4,7 %; вміст P_2O_5 і K_2O за Мачігінім 19–20 і 100–110 мг/кг ґрунту; лужногідролізованого азоту – 150 мг/кг ґрунту.

Короткоротаційна зернопросапна сівозміна передбачала таке чергування культур: 1. Кукурудза на силос; 2. озима пшениця; 3. цукрові буряки; 4. ячмінь. Площа посівної ділянки 250 м², площа облікової ділянки – 100 м².

Система удобрення сівозміни передбачала внесення за ротацію сівозміни добрив під цукрові буряки і озиму пшеницю – контроль (без удобрення); 25 т/га гною + $N_{90}P_{90}K_{90}$, під цукрові буряки $N_{45}P_{45}K_{45}$ – під озиму пшеницю; 25 т/га гною + $N_{90}P_{90}K_{90}$ + рослинні рештки, $N_{45}P_{45}K_{45}$ – під озиму пшеницю, а також $N_{140}P_{90}K_{90}$ + рослинні рештки, $N_{45}P_{45}K_{45}$ – під озиму пшеницю на тлі проведення різної системи основного обробітку ґрунту у сівозміні: комбінованого та полищевого, як контролю.

Лабораторні дослідження передбачали визначення вмісту гумусу по Тюрніму (ДСТУ 4289:2004), лужногідролізованого азоту по Корнфільду (ДСТУ 7863:2015), мінерального азоту (ДСТУ 1425:2005), рухомого фосфору та обмінного калію за Мачігінім (ДСТУ 4114:2002).

Результати

Система застосування добрив і чергування культур у сівозміні має значний вплив на вміст гумусу, його трансформацію у агроєкосистемі. Так, на неодобреному фоні за використання оранки вміст гумусу за майже 40-річне антропогенне навантаження порівняно з початком ротації зменшився в орному шарі на 0,46 %, за комбінованого обробітку – 0,55 % і становив 3,78 і 3,69 % відповідно. У підорному 30–60 см шарі ґрунту за даних систем обробітку вміст гумусу зменшився на 0,33 і 0,35 % і стабілізувався на рівні 2,80 і 2,89 %.

За використання органо-мінеральної системи удобрення в орному шарі спостерігається позитивний баланс гумусу, що компенсує втрати органічної речовини. У варіанті, де застосовували 6,25 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}, кількість гумусу в орному шарі підвищилась на 0,20 % і досягла 4,57 %, за застосування комбінованого обробітку ґрунту – 0,09 і 4,46 % (табл. 1). За використання комбінованого обробітку ґрунту у сівозміні трансформація гумусу і гуміфікація органічних добрив дещо поступались оранці, що пов'язано з перевертанням скиби і заорюванням органічних і мінеральних добрив, що позитивно впливало на гуміфікацію органічної речовини.

Таблиця 1

Динаміка вмісту гумусу у чорноземі типовому слабосолонцюватуму у зернопросапній сівозміні, Веселоподільська ДСС

№ вар.	Удобрення на 1 га сівозміні	Шар ґрунту	Вміст гумусу %	
			Початок ротації 1978 р.	Кінець ротації 2017 р.
Комбінований обробіток				
21	Контроль (без добрив)	0–30	4,24	3,69
		30–60	3,10	2,75
22	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0–30	3,35	4,46
		30–60	3,88	3,70
23	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	4,50	4,55
		30–60	3,81	3,53
24	N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0–30	4,40	4,51
		30–60	3,80	3,63
Оранка				
27	Контроль (без добрив)	0–30	4,24	3,78
		30–60	3,13	2,80
28	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0–30	4,37	4,57
		30–60	3,88	3,70
29	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	4,45	4,59
		30–60	3,84	3,79
30	N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0–30	4,37	4,55
		30–60	3,85	3,80
НІР _{0,05}		0–30	0,2	0,3
		30–60	0,3	0,4

У варіанті сівозміні, де застосовували післяжнивні рештки + 6,25 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}, за використання оранки гумус стабілізувався на рівні 4,59 %, за комбінованого обробітку – 4,55 %. В даних варіантах дослідження він зріс на 0,14 і 0,10 %, або на 0,09 і 0,06 т/га щорічно. Загальні запаси гумусу в орному шарі досягали 165,0 і 169,0 т/га.

При використанні лише післяжнивних решток протягом двох останніх ротацій за оранки і комбінованого обробітку в орному шарі ґрунту спостерігали 4,55 і 4,51 % гумусу, що вказувало на ефективність гуміфікації органічної речовини і рециркуляцію вуглецю в агроєкосистемі. У підорному шарі ґрунту кількість гумусу знизилась: за оранки – на 0,20 %, за комбінованого обробітку ґрунту – 0,17 % (табл. 1).

В цілому, застосування органо-мінеральної системи удобрення у вигляді гною і післяжнивних решток сільськогосподарських культур на фоні мінеральної системи живлення дає можливість стабілізувати баланс органічної речовини у напрямку її зростання. Зниження вмісту гумусу в підорному шарі ґрунту обумовлено особливістю зернопросапної сівозміни, де за насичення 50 % просапними культурами кореневі рештки сільськогосподарських культур не можуть компенсувати дегуміфікацію органічної речовини.

Дослідження, які проводились на чорноземних ґрунтах, вказували на те, що кількість лужногідролізованого азоту мала незначне зростання під впливом застосування добрив. Однак тут потрібно брати до уваги зону зволоження і систему удобрення. Дослідження показали, що на неудобреному варіанті як за використання оранки, так і комбінованого обробітку ґрунту кількість лужногідролізованого азоту в орному шарі становила 95,0–98,0 мг/кг ґрунту. Відповідно до початку ротації він зменшився в орному шарі на 10 і 5 мг/кг ґрунту і становив 80,0 і 76,0 мг/кг ґрунту, у підорному шарі – на 18 і 14 мг/кг, що становило 80,0 і 76,0 мг/кг ґрунту. Це вказувало на посилену мінералізацію та вивільнення сполук азоту у ґрунтовий розчин. Запаси лужногідролізованого азоту досягали 3562 і 3675 кг/га. Дослідження, які проводились, вказували на те, що використання органо-мінеральної системи удобрення сприяє підвищенню вмісту лужногідролізованого азоту [3, 4].

Під впливом застосування добрив спостерігається зростання лужногідролізованого азоту. Так, на фоні 6,25 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} в орному шарі за використання оранки і комбінованого обробітку ґрунту його кількість підвищилась на 30 і 31 % порівняно з неудобреним варіантом, що становило 135,4 і 135,0 мг/кг ґрунту (табл. 2).

Таблиця 2

Азотний режим чорнозему типового у зернопросапній сівозміні залежно від обробітку ґрунту і системи удобрення, Веселоподільська ДСС, мг/кг ґрунту

№ вар.	Удобрення на 1 га сівозміни	Шар ґрунту	Лужногідролізований азот		Мінеральний азот	
			Початок ротації 1978р.	Кінець ротації 2017р.	Початок ротації 1978р.	Кінець ротації 2017р.
Комбінований обробіток						
21	Контроль (без добрив)	0–30	103,0	98,0	9,4	13,7
		30–60	90,0	76,0	7,1	11,0
22	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0–30	127,0	135,0	14,0	22,4
		30–60	100,0	100,0	10,2	16,8
23	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	127,0	152,0	15,7	24,0
		30–60	100,0	112,0	10,8	16,4
24	N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0–30	130,0	144,0	15,8	25,8
		30–60	105,0	110,0	10,7	19,8
Оранка						
27	Контроль (без добрив)	0–30	105,0	95,0	10,8	13,2
		30–60	98,0	80,0	8,0	9,9
28	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0–30	119,0	135,0	15,4	22,9
		30–60	91,0	100,0	11,6	18,6
29	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	112,0	138,0	18,2	23,9
		30–60	98,0	112,0	13,3	20,0
30	N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0–30	105,0	140,0	19,3	25,8
		30–60	84,0	112,0	13,4	21,0
НІР _{0,05}		0–30	10	20	2	6
		30–60	5	10	1,5	4

Системний підхід у сівозміні з заорювання післяжнивних решток на фоні мінеральних добрив підвищує лужногідролізований азот за всіх способів обробітку ґрунту: до 140 мг/кг ґрунту – за використання оранки і до 144 мг/кг ґрунту – за комбінованого обробітку.

За застосування 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ в орному шарі ґрунту лужногідролізований азот за використання оранки підвищився на 16,0 мг/кг ґрунту, за комбінованого обробітку – 8,0 мг/кг ґрунту порівняно з початком ротації сівозміни, що становило 135 і 135 мг/кг ґрунту. У підорному шарі ґрунту лише за оранки лужногідролізований азот зріс на 9,0 мг/кг ґрунту. У варіанті, де застосовували 6,25 т/га гною + післяжнивні рештки + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$, перевага була за кількістю лужногідролізованого азоту – 152 мг/кг ґрунту спостерігалось лише за комбінованого обробітку, тоді як за оранки – лише 138,0 мг/кг ґрунту.

Застосування органо-мінеральної системи удобрення у сівозміні в чорноземних ґрунтах сприяє підвищенню сполук мінерального азоту. Так, за застосування 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ вміст мінерального азоту в орному шарі ґрунту підвищився відповідно до початку ротації на 7,5 мг/кг ґрунту, за комбінованого обробітку – 8,3 мг/кг або 48,0 і 52,8 %.

За підвищення застосування азотних добрив з післяжнивними рештками + $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ зростає вміст мінерального азоту в орному шарі ґрунту. За використання оранки – на 5,7 мг/кг, у підорному шарі – на 6,7 мг/кг ґрунту порівняно з початком ротації сівозміни, що досягало 23,9 і 20,0 мг/кг відповідно.

За використання комбінованого обробітку ґрунту в орному шарі кількість мінерального азоту була на рівні оранки – 24,0 мг/кг ґрунту, тоді як у підорному шарі – 16,4 мг/кг, що поступалось оранці на 3,6 мг/кг ґрунту. Таке зниження вмісту мінерального азоту обумовлено тим, що у процесі застосування комбінованого обробітку органічні та мінеральні добрива знаходяться у верхніх шарах ґрунту і менше переміщуються в орному шарі. Запас мінерального азоту за даних систем обробітку ґрунту становить 89,62 і 100 мг/кг ґрунту. У варіанті сівозміни при заорюванні післяжнивних решток сільськогосподарських культур + $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ на фоні проведення оранки та комбінованого обробітку ґрунту в орному шарі вміст мінерального азоту становив 25,8 і 26,8 мг/кг ґрунту. Порівняно з використанням 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ він підвищився на 2,9 і 2,8 мг/кг ґрунту. Це обумовлено підвищенням дози добрив за ротацію сівозміни, а до початку ротації він зріс на 6,5 і 11,0 мг/кг ґрунту (табл. 2).

Вміст рухомого фосфору на чорноземних ґрунтах залежить від дози застосування добрив. Використання органо-мінеральної системи удобрення сприяє найбільшому його підвищенню у ґрунті.

У варіанті, де заорювали 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$, за використання оранки в орному шарі ґрунту було відмічено 42,0 мг/кг ґрунту рухомого фосфору, за комбінованого обробітку – 43,0 мг/кг ґрунту, що було більше від початку ротації на 20,0 і 22,3 мг/кг ґрунту. Запас рухомого фосфору досягав відповідно 157–161 кг/га ґрунту (табл. 3).

У підорному шарі за даних систем обробітку ґрунту спостерігалось 33 і 32 мг/кг рухомого фосфору. У варіанті, де заорювали післяжнивні рештки + $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ вміст рухомого фосфору в орному шарі не поступався застосуванню гною та мінеральних добрив і його рівень за використання оранки становив 43,0 мг/кг ґрунту, за комбінованого обробітку – 40,0 мг/кг. Використання органо-мінеральної системи удобрення сприяло зростанню фосфору у підорному шарі ґрунту: за застосування оранки – від 30,0 до 33,0 мг/кг ґрунту, за комбінованого обробітку – від 32,0 до 30,0 мг/кг, що було майже у два рази більше від початку ротації (табл. 3). Таке зростання пов'язано з переміщенням фосфатів у нижні шари, у першу чергу, в системі органо-мінерального живлення і проведення оранки, що сприяє збагаченню ґрунту фосфором.

Використання органо-мінеральної системи удобрення дає можливість підвищити забезпеченість ґрунту обмінним калієм та оптимізувати його баланс у сівозміні.

Так, коли брати до уваги неудобрений варіант сівозміни, то як за оранки, так і комбінованого обробітку ґрунту кількість обмінного калію в орному шарі зменшилась на

22,0 і 22,0 мг/кг ґрунту порівняно з початком ротації і становила 88,0 і 93,0 мг/кг ґрунту. У підорному шарі – на 30 і 23 мг/кг ґрунту, відповідно до цього вміст обмінного калію досягав 70 і 75 мг/кг ґрунту. В цілому, беручи до уваги одержані результати, можна стверджувати, що калій виноситься культурами сівозміни, а кореневі і стерньові рештки не можуть компенсувати його винос. Не спостерігається і його зростання за рахунок переходу необмінно-фіксованого калію у обмінний стан.

Таблиця 3

Формування фосфатного і калійного фонду чорнозему залежно від системи удобрення та обробітку ґрунту, Веселоподільська ДСС, 1978 та 2017 рр., мг/кг ґрунту

№ вар.	Удобрення на 1 га сівозміни	Шар ґрунту	Рухомий фосфор		Обмінний калій	
			Початок ротації 1978р.	Кінець ротації 2017р.	Початок ротації 1978р.	Кінець ротації 2017р.
Комбінований обробіток						
21	Контроль (без добрив)	0–30	17,0	33,0	110,0	88,0
		30–60	14,5	21,0	98,0	75,0
22	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0–30	20,7	43,0	115,0	115,0
		30–60	15,6	32,0	98,0	90,0
23	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	21,5	42,0	120,0	125,0
		30–60	17	32,0	105,0	90,0
24	N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0–30	21,6	40,0	120,0	145,0
		30–60	17,4	30,0	105,0	100,0
Оранка						
27	Контроль (без добрив)	0–30	17,5	32,0	115,0	93,0
		30–60	13,7	22,0	101,0	70,0
28	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0–30	21,5	42,0	110,0	125,0
		30–60	12,5	32,0	92,0	95,0
29	N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	20,6	43,0	120,0	135,0
		30–60	16,0	32,0	105,0	100,0
30	N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0–30	15,0	43,0	115,0	145,0
		30–60	11,0	30,0	103,0	100,0
HP _{0,05}		0–30	3	4	5	15
		30–60	2	3	3	10

Проведені дослідження показали, що за довготривалої системи удобрення зернопросапної сівозміни калійний фонд чорнозему типового слабосолонцюватого мав істотне зростання. Так, у варіанті за застосування 6,25 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} обмінний калій за використання оранки підвищився в орному шарі відповідно до початку ротації на 15 мг/кг ґрунту, за комбінованого обробітку – лише на 5 мг/кг ґрунту, що становило 125 і 115 мг/кг ґрунту.

За збільшення використання органічних добрив 6,25 т/га + солома + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} за проведення оранки і комбінованого обробітку ґрунту вміст обмінного калію зріс в орному шарі до 135,0 і 125,0 мг/кг ґрунту, де дані показники підвищились на 15,0 і 5,0 мг/кг ґрунту.

У варіанті, де заорювали лише післяжнивні рештки на фоні N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7} за дві останні ротації обмінний калій в орному шарі як за оранки, так і комбінованого обробітку ґрунту стабілізувався на рівні 145 і 145 мг/кг ґрунту. Порівняно з початком ротації він підвищився на 30 і 25 мг/кг ґрунту.

У підорному шарі ґрунту на фоні добрив за використання оранки кількість обмінного калію за оранки підтримувалась на рівні 95-100 мг/кг ґрунту, а за комбінованого обробітку ґрунту – 90-100 мг/кг ґрунту, що вказувало на засвоєння калію рослинами з нижніх шарів ґрунту.

Висновки

За застосування 6,25 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} гумус в орному шарі за використання оранки і комбінованого обробітку ґрунту підвищується на 0,09 і 0,20 % і стабілізується на рівні 4,57 і 4,46 %. При застосуванні лише післяжнивних решток на фоні мінеральних добрив спостерігається його відтворення – до 4,55 і 4,51 %.

Застосування органо-мінеральної системи удобрення у сівозміні в чорноземних ґрунтах сприяє підвищенню сполук мінерального азоту. За застосування 6,25 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} кількість мінерального азоту в орному шарі ґрунту за довготривалого застосування добрив підвищилась до початку ротації на 7,5 мг/кг ґрунту, за комбінованого обробітку – 8,3 мг/кг або 48,0 і 52,8 %.

Вміст рухомого фосфору на чорноземних слабосолонцюватих ґрунтах залежить від дози застосування добрив. Застосування 6,25 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} сприяє найбільшому його підвищенню у ґрунті: за використання оранки – до 42,0 мг/кг ґрунту, за комбінованого обробітку – 43,0 мг/кг ґрунту. Запас рухомого фосфору досягав 157–161 мг/кг ґрунту.

За застосування 6,25 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} кількість обмінного калію за використання оранки і комбінованого обробітку ґрунту стабілізується на рівні 125 і 115 мг/кг ґрунту.

Використана література

1. Балюк С. А., Носко Б. С., Воротинцева Л. І. Регулювання родючості ґрунтів та ефективності добрив в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 4. С. 5–12. doi: 10.31073/agrovisnyk201804-01
2. Циліурік О. І. Система мульчувального обробітку ґрунту в сівозмінах Північного Степу. Львів-Дніпро : Новий Світ-2000, 2019. 297 с.
3. Іваніна В. В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах. Київ : ЦП «Компрінт», 2016. 328 с.
4. Maharjan B., Hergert G. W. Composted cattle manure as a nitrogen source for sugar beet production. *Agronomy journal*. 2019. Vol. 111, № 2 P. 917–923. doi: 10.2134/agronj2018.09.0567
5. Dai S., Wang J., Cheng Y., etc. Effects of long-term fertilization on soil gross N transformation rates and their implications. *Journal of Integrative Agriculture*. 2017. Vol. 16, № 12. P. 2863–2870. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61673-3
6. Hao Y., Wang Y., Chang Q., Wei X. Effects of long-term fertilization on soil organic carbon and nitrogen in a highland agroecosystem. *Pedosphere*. 2017. Vol. 27, № 4. P. 725–736. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61107-8
7. Цвей Я. П. Родючість ґрунту і продуктивність сівозмін. Київ : ЦП «Компрінт», 2014. 413 с.
8. Носко Б. С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків : ФОП Бровін О. В., 2017. 476 с.
9. King A. E., Congreves K. A., Deen B., etc. Quantifying the relationships between soil fraction mass, fraction carbon, and total soil carbon to assess mechanisms of physical protection. *Soil Biology and Biochemistry*. 2019. Vol. 135. P. 95–107. doi: 10.1016/j.soilbio.2019.04.019
10. Rong Y., Yong-zhong S. U., Tao W., Qin Y. Effect of chemical and organic fertilization on soil carbon and nitrogen accumulation in a newly cultivated farmland. *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. Vol. 15, № 3. P. 658–666. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61107-8

References

1. Baliuk, S. A., Nosko, B. S., & Vorotyntseva, L. I. (2018) Regulation of fertility of soils and efficiency of fertilizers in conditions of climate fluctuations. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 4, 5–12. doi: 10.31073/agrovisnyk201804-01 [in Ukrainian].
2. Tsyliuryk, O. I. (2019). *Systema mulchivalnoho obrobittku ґрунту v sivozminakh Pivnichnoho Stepu* [The system of mulching tillage in rotations of the Northern Steppe]. Lviv-Dnipro: «Novyi Svit-2000». [in Ukrainian]

3. Ivanina, V. V. (2016). *Biologizatsiia udobrennia kultur u sivozminakh* [Biologization of crops fertilizations in crop rotation]. Kyiv: TsP «Komprint». [in Ukrainian]
4. Maharjan, B., & Hergert, G. W. (2019). Composted cattle manure as a nitrogen source for sugar beet production. *Agronomy journal*, 111(2), 917–923. doi: 10.2134/agronj2018.09.0567
5. Dai, S., Wang, J., Cheng, Y., Zhang, J., & Cai, Z. (2017). Effects of long-term fertilization on soil gross N transformation rates and their implications. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(12), 2863–2870. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61673-3
6. Hao, Y., Wang, Y., Chang, Q., & Wei, X. (2017). Effects of long-term fertilization on soil organic carbon and nitrogen in a highland agroecosystem. *Pedosphere*, 27(4), 725–736. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61107-8
7. Tsvei, Ya. P. (2014). *Rodiuchist gruntu i produktyvnist sivozmin* [Soil fertility and crop rotation productivity]. Kyiv: TsP «Komprint». [in Ukrainian]
8. Nosko, B. S. (2017). *Fosfor u gruntakh i zemlerobstvi Ukrainy* [Phosphorus in the soil and in Ukrainian agriculture]. Kharkiv: FOP Brovin O. V. [in Ukrainian]
9. King, A. E., Congreves, K. A., Deen, B., Dunfield, K. E., Voroney, R. P., & Wagner-Riddle, C. (2019). Quantifying the relationships between soil fraction mass, fraction carbon, and total soil carbon to assess mechanisms of physical protection. *Soil Biology and Biochemistry*, 135, 95–107. doi: 10.1016/j.soilbio.2019.04.019
10. Rong, Y., Yong-zhong, S. U., Tao, W., & Qin, Y. (2016). Effect of chemical and organic fertilization on soil carbon and nitrogen accumulation in a newly cultivated farmland. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(3), 658–666. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61107-8

УДК 631.45: 631.81: 631.51: 631.582

Цвей Я. П.*, Левченко Л. М., Тищенко М. В. Формирование плодородия чернозема слабосолонцеватого при длительной системе удобрения и обработки почвы в короткоротационном севообороте // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2020. Вып. 28. С. 20–28.

*Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, *e-mail: tsvey_isb@ukr.net*

Цель. Дать обоснование зависимости плодородия чернозема слабосолонцеватого в короткоротационном севообороте и установить оптимальные параметры физико-химических и агрохимических показателей при длительной системе удобрения и обработки почвы. **Методы.** Полевой, лабораторный, статистический. **Результаты.** На черноземах слабосолонцеватых при использовании 6,25 т/га навоза + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} количество гумуса в пахотном слое повысилось на 0,20 % и достигало 4,57 %, при применении комбинированной обработки – 0,09 и 4,46 %. При использовании 6,25 т/га навоза + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} в пахотном слое почвы щелочногидролизированный азот при использовании вспашки повысился на 16,0 мг/кг, при комбинированной обработке – 8,0 мг/кг по сравнению с началом ротации севооборота, что составляло 135 и 135 мг/кг почвы. При повышении дозы удобрений (послеуборочные остатки + N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}) растет количество минерального азота в пахотном слое почвы. При использовании вспашки – на 5,7 мг/кг, в подпахотном слое – на 6,7 мг/кг по сравнению с началом ротации севооборота, что составляло 23,9 и 20,0 мг/кг. В варианте, где запахивали 6,25 т/га навоза + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}, при использовании вспашки в пахотном слое почвы было отмечено 42,0 мг/кг подвижного фосфора, при комбинированной обработке – 43,0 мг/кг почвы. Количество обменного калия на фоне 6,25 т/га навоза + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} при применении вспашки и комбинированной обработки стабилизировалось на уровне 125 и 115 мг/кг. **Выводы.** При применении 6,25 т/га навоза + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} количество гумуса в пахотном слое при использовании вспашки и комбинированной обработки повышается на 0,09 и 0,20 % и стабилизируется на уровне 4,57 и 4,46 %. При использовании только послеуборочных остатков на фоне минеральных удобрений наблюдается положительный баланс гумуса – 4,55 и 4,51 %. При применении 6,25 т/га навоза + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} количество минерального азота в пахотном слое повысилось до начала ротации на 7,5 мг/кг, при

комбинированной обработке – 8,3 мг/кг или 48,0 и 52,8 %. Содержание подвижного фосфора при применении 6,25 т/га навоза + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ при использовании вспашки стабилизируется до 42,0 мг/кг, при комбинированной обработке – 43,0 мг/кг. Количество обменного калия составило 125,0 и 115 мг/кг соответственно.

Ключевые слова: пахотный слой; послеуборочные остатки; минеральные удобрения; гумус; подвижный фосфор; обменный калий.

UDC 631.45: 631.81: 631.51: 631.582

Tsvei, Ya. P.*, Levchenko, L. M., & Tyshchenko, M. V. (2020). Fertility of slightly saline chernozem under the effect of long-term fertilization system and tillage method in short crop rotation. *Nauk. pracì Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 28, 20–28. [in Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, *e-mail: tsvey_isb@ukr.net*

Purpose. To give a substantiation of the effect of the long-term fertilization system and methods of tillage on the fertility of slightly-saline chernozem in short crop rotation and to define optimal physicochemical and agrochemical parameters of the soil. **Methods.** Field, laboratory, and statistical. **Results.** On the slightly-saline chernozem, with the application of 6.25 t/ha of manure + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$, humus content in the arable soil layer increased by 0.20 % and reached 4.57 %. In the treatment with combined tillage, the values were 0.09 and 4.46 %, respectively. Under the application of 6.25 t/ha of manure + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$, the content of alkaline hydrolysed nitrogen in the arable soil layer increased by 16.0 mg/kg with ploughing and by 8.0 mg/kg with combined tillage compared to the beginning of the rotation, when the values were 135 and 135 mg/kg, respectively. Ploughing harvest residues into the soil + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ resulted in the increasing mineral nitrogen content in the soil. Specifically, with ploughing, the nitrogen content increased by 5.7 mg/kg; in the under-ploughed soil layer by 6.7 mg/kg compared to the beginning of the crop rotation with the values of 23.9 and 20.0 mg/kg, respectively. In the treatment with 6.25 t/ha of manure + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$, 42.0 mg/kg of mobile phosphorus was determined in the ploughed soil layer with ploughing and 43.0 mg/kg with combined tillage. The content of exchange potassium on the background of the 6.25 t/ha of manure+ $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ with both ploughing and combined tillage stabilized at 125 and 115 mg/kg, respectively. **Conclusions.** Application of 6.25 t/ha of manure + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ ensured an increase in the content of humus in the arable soil layer with ploughing and combined tillage from 0.20 to 0.09 % and its stabilisation at 4.57 and 4.46 %, respectively. When applying only harvest residues on the background of mineral fertilizers, a positive balance of humus was observed, 4.55 and 4.51 %, respectively. With the application of 6.25 t/ha of manure+ $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$, the content of mineral nitrogen in the arable soil layer increased compared to the beginning of crop rotation by 7.5 mg/kg of soil, with combined tillage by 8.3 mg/kg or 48.0 and 52.8 %, respectively. The content of mobile phosphorus with 6.25 t/ha of manure+ $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ and ploughing stabilized at 42.0 mg/kg, with combined tillage 43.0 mg/kg. The amount of exchange potassium made up 125.0 and 115 mg/kg, respectively.

Keywords: arable soil layer; harvest residues; mineral fertilizers; humus; mobile phosphorus; exchange potassium.

Надійшла / Received 29.01.2020

Погоджено до друку / Accepted 20.02.2020