

УДК 633.63: 631.452:631.582:631.8

Моніторинг родючості чорнозему слабосолонцюватого в залежності від системи удобрення та обробітку ґрунту у сівозмiнах

Я. П. Цвей*, М. С. Мирошниченко, М. О. Кісілевська

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

Мета. Встановити та обґрунтувати залежність родючості чорнозему слабосолонцюватого від системи удобрення та обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмiнах в зоні недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України. **Методи.** Польовий, лабораторний, статистичний. **Результати.** Дослідження показали, що за використання органо-мінеральної системи удобрення 6,5 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} вміст гумусу у плодозмінній та зернопаропросапній сівозмiні становить в орному шарі 4,74 і 4,55 %, що перевищує неудобрений фон на 0,88 та 1,01 %, використання комбінованого обробітку ґрунту підтримує кількість гумусу на рівні 4,51 %. Вміст лужногідролізованого азоту за внесення на 1 га сівозмiнної площі N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7} + післяжнивні рештки досягав 149 мг/кг ґрунту, у плодозмінній сівозмiні та 158 мг/кг за оранки та 153 мг/кг за комбінованого обробітку. У варіанті сівозмiні, де застосовували заорювання післяжнивних решток + N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7} кількість мінерального азоту складала на фоні оранки 23,0 мг/кг, комбінованого обробітку – 22,1 мг/кг ґрунту, що було більше на 58,7 % та 62,9 % відповідно до початку входження у сівозмiну, а порівняно з неудобреним фоном – на 6,8 і 7,8 мг/кг ґрунту. Вміст сполук рухомого фосфору на кінець 10-ї ротації при внесенні післяжнивних решток + N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7} у зернопаропросапній сівозмiні за комбінованого обробітку був на рівні 49 мг/кг та 43 мг/кг за оранки, вміст обмінного калію при внесенні за ротацію зернопаропросапної сівозмiні N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки збільшився при комбінованому обробітку до 135 мг/кг та до 140 мг/кг ґрунту за використання оранки. **Висновки.** Відповідно, використання органо-мінеральної системи удобрення сівозмiні дає змогу підтримувати вміст гумусу у короткоротаційних сівозмiнах на рівні 4,74 %, лужногідролізованого азоту в межах 155 мг/кг, мінерального 23 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору 45 мг/кг, а обмінного калію 135 мг/кг, що вказує на позитивний ефект застосування органо-мінеральної системи удобрення в збереженні родючості чорнозему слабосолонцюватого у плодозмінній та зернопаропросапній короткоротаційних сівозмiнах.

Ключові слова: агрохімічний стан; елементи живлення; лужногідролізований азот; рухомий фосфор; обмінний калій; основний обробіток; комбінований обробіток; оранка.

Вступ

Родючість ґрунтів в агроєкосистемах залежить від вмісту гумусу та його трансформації в агроєкосистемі, що пов'язано із зоною зволоження, системою удобрення, способами обробітку ґрунту, концентрацією просапних і зернових культур, наявністю багаторічних трав і бобових культур у сівозмiні [1–4].

Цілий ряд досліджень, які проводились на чорноземних ґрунтах, вказує на те що підтримання вмісту гумусу досягається при використанні органо-мінеральної системи удобрення, де на фоні мінеральних добрив заорюються гній та післяжнивні рештки [4–7].

Рівень азоту в ґрунті залежить від системи удобрення. Дослідження, які проводились, вказують на те, що трансформація сполук азоту залежить як від системи удобрення, так і від ґрунтово-кліматичних умов [8, 9].

Цвей Я. П., Мирошниченко М. С., Кісілевська М. О. Моніторинг родючості чорнозему слабосолонцюватого в залежності від системи удобрення та обробітку ґрунту у сівозмiнах. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204792>.

На чорноземних ґрунтах в різноротаційних сівозмінах найбільш високий вміст сполук азоту спостерігається у ланках з бобовими культурами на фоні застосування органо-мінеральної системи удобрення [5, 6, 10].

Вміст фосфору в ґрунтах більше залежить від системи удобрення і доз їх внесення. Найбільше зростання рухомого фосфору на чорноземних ґрунтах спостерігалось на фоні внесення органо-мінеральних добрив і менше залежало від структури сівозміни. Високі дози добрив, які вносять під сільськогосподарські культури, збільшують його вміст як в орному, так і в підорному шарі ґрунту. За внесення фосфорних добрив потрібно враховувати рівень його вмісту в ґрунті та диференціювати дози його внесення [2, 9, 10].

Вміст обмінного калію залежить як від внесення добрив, так і від його вмісту в ґрунтово-поглинальному комплексі. У зоні достатнього зволоження Лісостепу України його вміст залежить як від мінеральних, так й від органо-мінеральних добрив, та має незначне збільшення і знаходиться на рівні середнього забезпечення. У зоні недостатнього зволоження збільшується до високого рівня. Обмінний калій значно переміщується в підорному шарі ґрунту в порівнянні з рухомих фосфором [6, 7, 9, 11].

Мета досліджень – встановити та обґрунтувати залежність родючості чорнозему слабосолонцюватого від системи удобрення та обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах в зоні недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводилися в умовах стаціонарного досліду Веселоподільської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, розташованої у зоні недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України. Ґрунтова відміна представлена чорноземом типовим потужним, слабосолонцюватим, який має таку агрохімічну характеристику: рН водне 7,2–7,4; вміст гумусу по Тюріну 4,5–4,7 %; вміст P_2O_5 і K_2O по Мачигіну 19–20 і 100–110 мг/кг ґрунту; лужногідролізованого азоту – 120–130 мг/кг ґрунту.

Чергування культур у короткоротаційній плодозмінній сівозміні: 1. еспарцет + костриця лучна; 2. озима пшениця; 3. буряки цукрові; 4. ячмінь; у зернопаропросапній сівозміні: 1. чорний пар; 2. озима пшениця; 3. буряки цукрові; 4. ячмінь. Площа посівної ділянки 250 м², площа облікової ділянки 100 м².

Удобрення за ротацію сівозміни передбачало: контроль (без удобрення); внесення 6,5 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$; внесення 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ + післяжнивні рештки, а також внесення $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ + післяжнивні рештки. У зернопаропросапній сівозміні застосовували різний основний обробіток ґрунту: комбінований та полицевий (контроль). Контроль полягає в різноглибинній оранці: на 20 см під чорний пар, оранці на 30 см під цукрові буряки та оранці на 20 см під ячмінь. Комбінований передбачав оранку на 20 см під чорний пар, плоскоріз на 30 см під цукрові буряки і оранку на 20 см під ячмінь.

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

Результати досліджень

Зміна вмісту гумусу у ґрунті залежить від багатьох факторів – це сівозміна, основний обробіток ґрунту, система удобрення сівозміни та добрива, які застосовуються [3, 6, 11].

Проведені дослідження показали, що у плодозмінній короткоротаційній сівозміні по неудобреному варіанті кількість гумусу в орному шарі становила 3,86 %, у зернопаропросапній сівозміні – 3,54 %, втрати гумусу до початку ротації досягали 0,61 % і 0,78 % або 0,57 і 0,73 т/га щорічно. Різниця у 0,17 % і 0,16 т/га у зернопаропросапній сівозміні обумовлена наявністю чорного пару, в результаті чого прискорюються мінералізаційні процеси в орному і в підорному шарах ґрунту. У плодозмінній і зернопаропросапній сівозміні спостерігалось 3,50 і 3,30 % відповідно, з початком ротації вміст гумусу зменшився на 0,11 і 0,20 %. Застосування органо-мінеральної системи удобрення сприяє стабілізації балансу органічної речовини у ґрунті і його зростанню. У варіанті, де застосовували $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ + 6,25 т/га гною в плодозмінній сівозміні, кількість гумусу в орному шарі становила 4,74 %, у зернопаропросапній – 4,55 % приріст до початку ротації становив 0,25 і 0,24 %. В той же час перевага плодозмінної сівозміни порівняно з

зернопаропросапною обумовлена наявністю багаторічних трав у сівозміні, які покращують вміст органічної речовини і азотний режим ґрунту. Зростання вмісту гумусу було відмічено у варіанті за збільшення кількості органічних добрив $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} + 6,25$ т/га гною + післяжнивні рештки, де в орному шарі вміст гумусу становив 4,81 % у плодозмінній сівозміні, тоді як у зернопаропросапній на 0,18 % менше, що становило 4,63 %. Зростання вмісту гумусу до початку ротації досягало 0,28 і 0,16 %.

Використання у сівозміні післяжнивних решток + $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ дало можливість підтримати гумус в плодозмінній сівозміні на рівні 4,79 %, у зернопаропросапній – 4,55 %.

Застосування комбінованого обробітку ґрунту на фоні органо-мінеральної системи удобрення сприяє зростанню вмісту гумусу в зернопаропросапній сівозміні. Так, у варіанті, де застосовували $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} + 6,25$ т/га гною, кількість гумусу в орному шарі становила 4,51 % та поступалась оранці лише на 0,04 % порівняно з початком ротації, гумус підвищився на 0,19 %. Розширене використання органо-мінерального удобрення: післяжнивні рештки + 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ дало можливість в орному шарі ґрунту підвищити кількість гумусу до 4,55 %, що було менше порівняно з оранкою на 0,08 %. У варіанті, де заорювали післяжнивні рештки + $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$, в орному і підорному шарі ґрунту вміст гумусу становив 4,47 і 3,54 %. Приріст до початку ротації досягав 0,17 і 0,04 %, але поступався оранці на 0,08 і 0,22 % в темпах накопичення гумусу. В цілому органо-мінеральна система удобрення сприяє зростанню вмісту гумусу через позитивний баланс органічної речовини і високої буферності ґрунту (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст гумусу у чорноземі типовому слабосолонцюватому в залежності від ланки сівозміни, системи удобрення і обробітку ґрунту

Удобреньня на 1 га сівозміни	Шар ґрунту, см	Вміст гумусу, %	
		Початок ротації 1978 р.	Кінець ротації 2017 р.
<i>Плодозмінна сівозміна</i>			
Без добрив (контроль)	0–30	4,47	3,86
	30–60	3,61	3,50
$N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} + 6,5$ т/га гною	0–30	4,59	4,74
	30–60	3,64	3,84
$N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} + 6,5$ т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	4,53	4,81
	30–60	3,40	3,84
$N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7} +$ післяжнивні рештки	0–30	4,36	4,79
	30–60	3,42	3,84
<i>Зернопаропросапна сівозміна</i>			
Комбінований обробіток			
Без добрив (контроль)	0–30	4,30	3,46
	30–60	3,50	3,16
$N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} + 6,5$ т/га гною	0–30	4,32	4,51
	30–60	3,31	3,62
$N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} + 6,5$ т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	4,40	4,55
	30–60	3,40	3,63
$N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7} +$ післяжнивні рештки	0–30	4,30	4,47
	30–60	3,50	3,54
<i>Полицевий обробіток (контроль)</i>			
Без добрив (контроль)	0–30	4,32	3,54
	30–60	3,50	3,30
$N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} + 6,5$ т/га гною	0–30	4,31	4,55
	30–60	3,34	3,70
$N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} + 6,5$ т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	4,47	4,63
	30–60	3,42	3,80
$N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7} +$ післяжнивні рештки	0–30	4,30	4,55
	30–60	3,58	3,84

Проведені дослідження показали, що агрохімічний стан ґрунту в зернопаропросапній сівозміні змінювався під впливом системи її удобрення. Особливо це стосується сполук азоту в ґрунті. Так, вміст лужногідролізованого азоту в орному шарі ґрунту на неудобреному варіанті за використання оранки на кінець 10-ї ротації сівозміни не зазнав змін і був на рівні початку ротації:

115 мг/кг. За використання комбінованої обробки спостерігалось зменшення на 20 мг/кг ґрунту, що становило 110 мг/кг. В підорному шарі, порівняно з вихідними показниками, його кількість зменшилась за оранки на 20 мг/кг, а за комбінованої обробки на 16 мг/кг, що було в межах 85 і 84 мг/кг ґрунту. Зменшення вмісту лужногідролізованого азоту пов'язано як з вмістом органічної речовини, так і з посиленою мінералізацією азоту ґрунтовою мікрофлорою, на що вказують в своїх дослідженнях ряд авторів [4–6].

У плодозмінній сівозміні на кінець 10-ї ротації у варіанті без застосування добрив вміст лужногідролізованого азоту в орному шарі досягав 103 мг/кг ґрунту, що було на рівні з початком ротації, та поступалось зернопаропросапній сівозміні на 12 мг/кг. При внесенні 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ кількість лужногідролізованого азоту підвищилась до 149 мг/кг, що перевищувало неудобрений варіант на 46 мг/кг ґрунту та було на рівні із зернопаропросапною сівозміною. При широкій біологізації системи удобрення: 6,25 т/гною + післяжнивні рештки + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ вміст лужногідролізованого азоту досягав 158 мг/кг, що перевищувало неудобрений варіант на 55 мг/кг, а початок ротації на 46 мг/кг. У варіанті за використання післяжнивні рештки + $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ кількість азоту становила 149 мг/кг, що перевищувало неудобрений варіант на 46 мг/кг та було більше початку ротації на 30,9 %.

У зернопаропросапній сівозміні на фоні застосування органо-мінеральної системи удобрення вміст лужногідролізованого азоту збільшився за всіх систем обробки ґрунту. Так, за внесення 6,5 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ кількість лужногідролізованого азоту за використання оранки та комбінованої обробки в орному шарі ґрунту складала 153 і 158 мг/кг, що було на 35 і 21 мг/кг більше порівняно з початком ротації. У варіанті з використанням 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ + післяжнивні рештки вміст лужногідролізованого азоту за використання оранки становив 168 мг/кг ґрунту. При застосуванні $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ + післяжнивні рештки вміст сполук гідролізованого азоту за оранки досягав 158 мг/кг ґрунту, тоді як за комбінованої 153 мг/кг (табл. 2). Можемо помітити, що наявність рослинних решток у сівозміні за використання оранки сприяє збільшенню вмісту сполук гідролізованого азоту у орному шарі ґрунту. Така різниця зумовлена кращим зароблянням решток, за рахунок обертання скиби.

Вміст мінерального азоту чорнозему слабосолонцюватого залежить від кількості гумусу та системи удобрення сівозміни. Так, на кінець 10-ї ротації сівозміни вміст мінерального азоту у плодозмінній сівозміні в неудошеному варіанті становив 13,9 мг/кг, що було більше за початок ротації на 3,2 мг/кг та поступалось зернопаропросапній сівозміні на 2,3 мг/кг ґрунту. За використання 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ - 24,7 мг/кг ґрунту, що перевищувало варіант без використання добрив на 10,8 мг/кг, початок ротації на 42,5 %, та було на рівні з зернопаропросапною сівозміною. Застосування 6,25 т/га гною + післяжнивні рештки + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ вміст мінерального азоту досягав 24,7 мг/кг, що підвищувалось, порівняно до неудошеного варіанту, на 10,8 мг/кг та було більше за початок ротації на 7,7 мг/кг. На фоні застосування післяжнивні рештки + $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ кількість мінерального азоту в орному шарі становила 22,4 мг/кг, що перевищувало неудошений варіант на 8,5 мг/кг, а початкові показники на 4,9 мг/кг ґрунту, та не поступалось зернопаропросапній сівозміні.

У варіанті з внесенням 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ на фоні оранки кількість мінерального азоту складала 23,6 мг/кг ґрунту, за комбінованої обробки - 23,3 мг/кг ґрунту. Порівняно з початком ротації його вміст підвищився на 7,8 і 9,2 мг/кг ґрунту, що обумовлено збільшенням вмісту амонію та нітратів від мінералізації добрив ґрунтовою мікрофлорою. Незначне збільшення вмісту мінерального азоту спостерігалось на фоні заорювання післяжнивних решток, гною і мінеральних добрив, де за використання оранки та комбінованої обробки він досягав 25,5 мг/кг ґрунту.

У варіанті, де заорювали післяжнивні рештки + $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ кількість мінерального азоту складала на фоні оранки 23,0 мг/кг, комбінованої обробки - 22,1 мг/кг ґрунту, що було відповідно більше на 70,4 % та 59,0 % відповідно до початку ротації, а порівняно з неудошеним фоном - на 6,8 і 7,8 мг/кг ґрунту.

Отже, органо-мінеральна система удобрення в сівозмінах дає можливість підвищити вміст мінерального азоту ґрунту, що підтверджується рядом досліджень [8, 9, 11]. В підорному шарі ґрунту, на фоні застосування органо-мінеральної системи удобрення у сівозміні спостерігається збільшення вмісту азоту, де на фоні оранки його вміст зростає до 19,0–20,4 мг/кг ґрунту, а на фоні комбінованої обробки - до 17,3–19,0 мг/кг ґрунту (табл. 2).

Формування азотного фонду чорнозему типового слабосолонцюватого залежно від ланки сівозміни, системи удобрення та обробітку ґрунту

Удобрення на 1 га сівозміни	Шар ґрунту, см	Лужногідролізований азот, мг/кг ґрунту		Мінеральний азот, мг/кг ґрунту	
		Початок ротації 1978 р.	Кінець ротації 2017 р.	Початок ротації 1978 р.	Кінець ротації 2017 р.
<i>Плодозмінна сівозміна</i>					
Без добрив (контроль)	0-30	101,0	103,0	10,7	13,9
	30-60	98,0	85,0	8,1	12,2
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0-30	112,0	149,0	14,2	24,7
	30-60	98,0	93,0	13,8	18,6
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0-30	112,0	158,0	17,0	24,7
	30-60	91,0	110,0	14,7	18,8
N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0-30	112,0	149,0	17,5	22,4
	30-60	91,0	112,0	17,0	17,3
<i>Зернопаропросапна сівозміна</i>					
<i>Комбінований обробіток</i>					
Без добрив (контроль)	0-30	130,0	110,0	10,6	14,3
	30-60	100,0	84,0	7,5	11,5
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0-30	137,0	158,0	14,1	23,3
	30-60	100,0	120,0	10,8	17,3
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0-30	140,0	155,0	13,6	25,5
	30-60	100,0	115,0	10,8	19,0
N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0-30	123,0	153,0	13,9	22,1
	30-60	100,0	115,0	11,0	15,6
<i>Полицевий обробіток (контроль)</i>					
Без добрив (контроль)	0-30	116,0	115,0	10,2	16,2
	30-60	105,0	85,0	7,5	12,4
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0-30	118,0	153,0	15,8	23,6
	30-60	98,0	100,0	12,8	19,0
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0-30	119,0	168,0	16,4	25,5
	30-60	105,0	110,0	12,8	20,4
N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0-30	103,0	158,0	13,5	23,0
	30-60	92,0	105,0	10,0	16,6

Значний вплив на ґрунтову родючість має ступінь забезпеченості його рухомим фосфором, кількість якого залежить від системи удобрення сівозміни, структури сівозміни та зони зволоження [2, 7, 10].

Проведені дослідження стверджують, що найбільший вміст рухомого фосфору спостерігається за використанням органо-мінеральної системи удобрення. Загалом вміст рухомого фосфору на кінець 10-ї ротації плодозмінної сівозміни в усіх варіантах удобрення в орному шарі ґрунту зріс у 2,5 рази, досягнувши на неудобреному варіанті 38 мг/кг, що перевищувало зернопаропросапну сівозміну на 5 мг/кг ґрунту. У плодозмінній сівозміні за використання 6,25 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} вміст рухомого фосфору в орному шарі ґрунту складав 42 мг/кг, що перевищувало неудобрений варіант на 4 мг/кг та поступалося зернопаропросапній сівозміні лише на 4 мг/кг ґрунту. Внесення за ротацію сівозміни 6,25 т/га гною + післяжнивні рештки + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} сприяло зростанню кількості фосфору на 5 мг/кг ґрунту, проте поступалося зернопаропросапній сівозміні на 4 мг/кг. У варіанті, де використовували лише післяжнивні рештки + N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}, вміст рухомих фосфатів досягав 44 мг/кг, що перевищувало неудобрений варіант на 6 мг/кг і було на рівні зернопаропросапної сівозміни.

При порівнянні способів обробітку ґрунту: у зернопаропросапній сівозміні на фоні внесення 6,5 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} на 1 га сівозміни за використання оранки вміст рухомого фосфору складав 46,0 мг/кг ґрунту, що було на рівні застосування комбінованого обробітку – 47,0 мг/кг ґрунту, порівняно з початком ротації кількість фосфатів в орному шарі підвищилась на 26,0 і 27,0 мг/кг ґрунту. Збільшення вмісту рухомого фосфору обумовлено дозою внесення добрив та невисоким коефіцієнтом його використання культурами сівозміни.

Під впливом використання органо-мінеральної системи удобрення рухомі фосфати збільшилися в підорному шарі ґрунту, що пов'язано з обробіткою ґрунту, а також впливом органічних добрив. При заорюванні післяжнивних решток на фоні застосування мінеральних добрив вміст рухомого фосфору в орному шарі ґрунту складав за використання комбінованого обробітку та оранки – 48 та 47 мг/кг ґрунту. У варіанті, де заорювали післяжнивні рештки + N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}, при застосуванні оранки та комбінованого обробітку кількість фосфору становила 43,0 та 49,0 мг/кг ґрунту, що перевищувало початок ротації на 27,0 та 32,1 мг/кг відповідно (табл. 3).

Таблиця 3

Зміни вмісту рухомого фосфору та обмінного калію в чорноземі слабосолонцюватому залежно від ланки сівозміни, системи удобрення та обробітку ґрунту на кінець 10-ї ротації

Удобрення на 1 га сівозміни	Шар ґрунту, см	Рухомий фосфор, мг/кг ґрунту		Обмінний калій, мг/кг ґрунту	
		Початок ротації 1978 р.	Кінець ротації 2017 р.	Початок ротації 1978 р.	Кінець ротації 2017 р.
<i>Плодозмінна сівозміна</i>					
Контроль (без добрив)	0–30	13,0	38,0	103,0	98,0
	30–60	7,0	28,0	90,0	75,0
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0–30	17,5	42,0	115,0	118,0
	30–60	11,0	35,0	100,0	90,0
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	18,0	43,0	108,0	138,0
	30–60	7,5	35,0	80,0	95,0
N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0–30	16,0	44,0	115,0	123,0
	30–60	12,5	36,0	110,0	90,0
<i>Зернопаропросапна сівозміна</i>					
Комбінований обробіток					
Контроль (без добрив)	0–30	16,0	41,0	110,0	105,0
	30–60	14,3	35,0	90,0	75,0
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0–30	20,0	47,0	112,0	140,0
	30–60	13,5	44,0	90,0	95,0
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	17,8	48,0	120,0	135,0
	30–60	14,5	44,0	95,0	95,0
N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0–30	16,9	49,0	115,0	125,0
	30–60	15,0	40,0	90,0	90,0
<i>Полицевий обробіток (контроль)</i>					
Контроль (без добрив)	0–30	15,0	33,0	114,0	115,0
	30–60	11,0	25,0	100,0	75,0
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною	0–30	20,0	46,0	112,0	130,0
	30–60	12,5	40,0	90,0	100,0
N _{33,7} P _{33,7} K _{33,7} + 6,5 т/га гною + післяжнивні рештки	0–30	16,0	47,0	110,0	140,0
	30–60	11,0	40,0	98,0	100,0
N _{46,2} P _{33,7} K _{33,7} + післяжнивні рештки	0–30	16,0	43,0	100,0	123,0
	30–60	13,0	38,0	94,0	95,0

Вміст обмінного калію на чорноземних ґрунтах обумовлено системою удобрення і зоною зволоження. В умовах недостатнього і нестійкого зволоження кількість обмінного калію має більш істотне зростання порівняно з зоною достатнього зволоження [7, 9, 11].

Дослідження показали, що на неудобрених варіантах вміст обмінного калію не зменшився, що пов'язано з особливістю ґрунтово-вбірного комплексу чорноземів типових слабосолонцюватих. Так, на кінець 10-ї ротації плодозмінної сівозміни на неудобреному варіанті його вміст досягав 98,0 мг/кг ґрунту, що поступалось зернопаропросапній сівозміні на 17,0 мг/кг ґрунту. За застосування 6,25 т/га гною + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} кількість обмінного калію становила 118 мг/кг, що перевищує неудобрений варіант на 20,0 мг/кг, але поступається зернопаропросапній сівозміні на 12,0 мг/кг ґрунту. За внесення 6,25 т/га гною + післяжнивні рештки + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} обмінного калію було 138,0 мг/кг, що перевищувало неудобрений варіант на 40,0 мг/кг і було на рівні із зернопаропросапною сівозміною. При використанні післяжнивні рештки + N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7} обмінний калій був на рівні 123,0 мг/кг ґрунту, що перевищувало неудобрений варіант на 25,0 мг/кг, та не поступалось зернопаропросапній сівозміні.

Дослідження, які проводились з вивчення способів обробітку ґрунту стверджують, що вміст обмінного калію в зернопаропросапній сівозміні залежав від дози внесення добрив. Так, на фоні внесення 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ за використання оранки його вміст в орному шарі складав 130,0 мг/кг ґрунту, за використання комбінованого обробітку ґрунту – 140,0 мг/кг. Збільшення на 10,0 мг/кг ґрунту обумовлено більшою концентрацією калію у верхніх шарах порівняно з оранкою і незначною його міграцією в нижні шари ґрунту. Порівняно з початком ротації кількість обмінного калію підвищилась на 18,0 і 28,0 мг/кг ґрунту. У варіанті, де заорювали післяжнивні рештки + $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ в орному шарі ґрунту, його кількість за оранки становила 123,0 мг/кг, а за комбінованого обробітку – 125,0 мг/кг ґрунту, що поступалось органо-мінеральній системі удобрення на 7,0 і 15,0 мг/кг ґрунту відповідно. Така різниця обумовлена меншим вмістом калію в післяжнивних рештках порівняно з дозою внесення гною на фоні мінеральних добрив (табл. 3).

Висновки

За використання органо-мінерального удобрення вмісту гумусу стабілізується на рівні 4,74 %, в зернопаропросапній на фоні оранки – 4,55 %, за комбінованого обробітку ґрунту – 4,51 %.

Застосування $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ + післяжнивні рештки дає можливість підтримувати вміст сполук лужногідролізованого азоту у плодозмінній сівозміні на рівні 149 мг/кг ґрунту, а у зернопаропросапній сівозміні за оранки та комбінованого обробітку – 158 та 153 мг/кг ґрунту відповідно. Внесення 6,25 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$ забезпечило можливість підтримувати мінеральний азот в межах 23,3–23,6 мг/кг ґрунту, що перевищило початок ротації на 9,2 і 7,8 мг/кг ґрунту.

Вміст рухомого фосфору більше залежить від системи удобрення, ніж від обробітку ґрунту, на фоні 6,5 т/га гною + $N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7}$, за використання оранки вміст рухомого фосфору в орному шарі складав 46,0 мг/кг ґрунту. При заорюванні післяжнивних решток + $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ вміст рухомого фосфору не поступався гною і мінеральним добривам.

При заорюванні післяжнивних решток на фоні $N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}$ вміст обмінного калію в орному шарі ґрунту за використання оранки і комбінованого обробітку складав 123 та 125 мг/кг ґрунту, що поступалось органо-мінеральній системі удобрення на 7 і 15 мг/кг ґрунту, така різниця обумовлена меншим вмістом калію в післяжнивних рештках порівняно з дозою внесення гною на фоні мінерального удобрення.

Використана література

1. Kiryushin V. I. The management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive-landscape farming systems. *Eurasian Soil*. 2019. Vol. 52, Iss. 9. P. 1137–1145. doi: 10.1134/S1064229319070068
2. Milic S., Ninkov J., Zeremski T. et al. Soil fertility and phosphorus fractions in a calcareous chernozem after a long-term field experiment. *Geoderma*. 2019. Vol. 339, Iss. 1. P. 9–19. doi: 10.1016/j.geoderma.2018.12.017
3. Циліурік О. І. Система мульчувального обробітку ґрунту в сівозмінах Північного Степу. Львів–Дніпро: Новий Світ-2000, 2019. 297 с.
4. Булігін С. Ю., Величко В. А., Демиденко О. В. Агроренез чорнозему. Київ: Аграрна наука, 2016. 356 с.
5. Заришняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. Київ: Аграрна наука, 2015. 208 с.
6. Іваніна В. В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах. Київ: ЦП «Компрінт», 2016. 328 с.
7. Цвей Я. П., Іваніна В. В., Леньшин А. Г. Формирование плодородия чернозема в зерносвекловичных коротко-ротационных севооборотах. *Сахарная свекла*. 2017. № 7. С. 18–20.
8. Zavalin A. A., Dridiger V. K., Belobrov V. P., Yudin S. A. Nitrogen in chernozems under traditional and direct seeding cropping systems: a review. *Eurasian Soil Sci.* 2018. Vol. 51, Iss. 12. P. 1497–1506. doi: 10.1134/S1064229318120141
9. Medinski T., Freese D., Reitz T. Changes in soil phosphorus balance and phosphorus-use efficiency under long-term fertilization conducted on agriculturally used chernozem in Germany. *Can. J. Soil Sci.* 2018. Vol. 98, Iss. 4. P. 650–662. doi: 10.1139/cjss-2018-0061
10. Фатеев А. І., Мартиненко В. М., Собко М. Г. Продуктивність культур сівозміни і винос елементів живлення за різних систем удобрення та обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 3. С. 11–14. doi: 10.31073/agrovisnyk201603-02
11. Павук І. А. Рециркуляція та баланс елементів живлення за альтернативних систем удобрення буряків цукрових. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 3. С. 79–83. doi: 10.31073/agrovisnyk201803-14

References

1. Kiryushin, V. I. (2019). The management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive-landscape farming systems. *Eurasian Soil*, 52(9), 1137–1145. doi: 10.1134/S1064229319070068
2. Milić, S., Ninkov, J., Zeremski, T., Latković, D., Šeremešić, S., Radovanović, V., & Žarković, B. (2019). Soil fertility and phosphorus fractions in a calcareous chernozem after a long-term field experiment. *Geoderma*, 339(1), 9–19. doi: 10.1016/j.geoderma.2018.12.017
3. Tsyliuryk, O. I. (2019). *Systema mulchivalnoho obrobittku gruntu v sivozminakh Pivnichnoho Stepu* [The system of mulching tillage in rotations of the Northern Steppe]. Lviv-Dnipro: Novyi Svit-2000. [in Ukrainian]
4. Bulyhin, S. Yu., Velychko, V. A., & Demydenko, O. V. (2016). *Ahrohenez chornozemu* [Agrogenesis of chernozem]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
5. Zaryshniak, A. S., Tsvei, Ya. P., & Ivanina, V. V. (2015). *Optyimizatsiia udobrennia ta rodiuchosti gruntu v sivozminakh* [Optimization of fertilizers and soil fertility in crop rotations]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
6. Ivanina, V. V. (2016). *Biologizatsiia udobrennia kultur u sivozminakh* [Biologization of crops fertilizations in crop rotation]. Kyiv: TsP «Komprynt». [in Ukrainian]
7. Tsvey, Ya. P., Ivanina, V. V., & Lenshyn, A. H. (2017). Formation of chernozem fertility in short grain-sugar beet crop rotations. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 7, 18–20. [in Russian]
8. Zavalin, A. A., Dridiger, V. K., Belobrov, V. P., & Yudin, S. A. (2018). Nitrogen in chernozems under traditional and direct seeding cropping systems: a review. *Eurasian Soil Sci.*, 51(12), 1497–1506. doi: 10.1134/S1064229318120141
9. Medinski, T., Freese, D., & Reitz, T. (2018). Changes in soil phosphorus balance and phosphorus-use efficiency under long-term fertilization conducted on agriculturally used chernozem in Germany. *Can. J. Soil Sci.*, 98(4), 650–662. doi: 10.1139/cjss-2018-0061
10. Fatieiev, A. I., Martynenko, V. M., & Sobko, M. G. (2016). Crop productivity in crop rotations and removal of nutrients under different fertilizer systems and soil tillage. *Visn. Agrar. Nauki* [Bulletin of Agricultural Science], 3, 11–14. doi: 10.31073/agrovisnyk201603-02 [in Ukrainian]
11. Pavuk, I. A. (2018). Circulation and balance of nutrients in alternative fertilization systems for sugar beet. *Visn. Agrar. Nauki* [Bulletin of Agricultural Science], 3, 79–83. doi: 10.31073/agrovisnyk201803-14 [in Ukrainian]

УДК 633.63: 631.452:631.582:631.8

Цвей Я. П.*, **Мирошниченко Н. С.**, **Кисилевская М. А.** Мониторинг плодородия чернозема слабосолонцеватого в зависимости от системы удобрения и обработки почвы в севооборотах // Новітні агротехнології. 2019. № 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204792>.

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

Цель. Определить и обосновать зависимость плодородия чернозёма слабосолонцеватого от системы удобрения и обработки почвы в короткоротационных севооборотах в зоне недостаточного увлажнения Левобережной Лесостепи Украины. **Метод.** Полевой, лабораторный, статистический. **Результаты.** Исследования показали, что при использовании органоминеральной системы удобрения 6,5 т/га навоза + N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} содержание гумуса в плодосменном и зернопаропропашном севооборотах составляет в пахотном слое 4,74 и 4,55 %, что превышает неудобренный фон на 0,88 и 1,01 %, использование комбинированной обработки поддерживает количество гумуса на уровне 4,51 %. Содержание щелочногидролизованного азота при внесении на 1 га площади севооборота N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} + пожнивные остатки при вспашке достигало 158 мг/кг, а в варианте севооборота, где применяли запахивания пожнивных остатков + N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7}, количество минерального азота составляла на фоне вспашки 23,0 мг/кг, комбинированной обработки – 22,1 мг/кг, что было больше на 58,7 % и 62,9 % соответственно до начала введения севооборота, а по сравнению с неудобренным фоном – на 6,8 и 7,8 мг/кг. Содержание соединений подвижного фосфора на конец 10-й ротации при внесении пожнивных остатков + N_{46,2}P_{33,7}K_{33,7} при комбинированной обработке было на уровне 49 мг/кг и 43 мг/кг при вспашке, содержание обменного калия при внесении за ротацию севооборота N_{33,7}P_{33,7}K_{33,7} + 6,5 т/га навоза + пожнивные остатки увеличилось при комбинированной обработке до 135 мг/кг и до 140 мг/кг при использовании вспашки. **Выводы.** Использование органоминеральной системы удобрения позволяет поддерживать содержание гумуса в короткоротационных севооборотах на уровне 4,74 %, щелочногидролизованного азота в пределах 155 мг/кг, минерального – 23 мг/кг, подвижного фосфора – 45 мг/кг, а обменного калия – 135 мг/кг, что указывает на положительный эффект применения органоминеральной системы удобрения для сохранения плодородия чернозема слабосолонцеватого в плодосменном и зернопаропропашном короткоротационных севооборотах.

Ключевые слова: агрохимическое состояние; элементы питания; щелочногидролизированный азот; подвижный фосфор; обменный калий; основная обработка; комбинированная обработка; вспашка.

UDC 633.63: 631.452:631.582:631.8

Tsvei, Ya. P. *, Miroshnychenko, M. S., & Kisilievskaya, M. O. (2019). Monitoring of the slightly saline chernozem fertility in crop rotations as affected by fertilization and tillage. *Novitni Agrotehnologii* [Advanced Agritechnologies], 7. Retrieved from <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204792>. [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. The goal of the study was to substantiate the relationships between soil fertility, fertilization system (using mineral and organic fertilizers and postharvest residues) and tillage in short crop rotations in the area of insufficient soil moisture in the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, and statistical. **Results.** The results of the study showed that under the organo-mineral fertilization system, i.e. application of 6.5 t/ha of manure + N_{33.7}P_{33.7}K_{33.7}, humus content in the arable soil layer in the crop rotatory system and grain – hoed crops rotation was 4.74 and 4.55 %, respectively, which exceeds its content in the not fertilized background by 0.88 and 1.01 %, respectively. The combined tillage system maintains the humus content level at 4.51 %. The content of alkaline hydrolyzed nitrogen under application of N_{46.2}P_{33.7}K_{33.7} + postharvest residues reached 158 mg/kg of soil, In the treatment with application of N_{46.2}P_{33.7}K_{33.7} + postharvest residues, the content of mineral nitrogen was 23.0 mg/kg under ploughing and 22.1 mg/kg under combined tillage, which was 58.7 % and 62.9 %, respectively, higher than in the beginning of crop rotation. In comparison with the control treatment (no fertilization), the content of mineral nitrogen was by 6.8 and 7.8 mg/kg higher. The content of mobile phosphorus compounds at the end of 10 rotations when applying N_{46.2}P_{33.7}K_{33.7} + postharvest residues under the combined soil tillage was 49 and 43 mg/kg for ploughing; the content of exchange potassium under application of N_{46.2}P_{33.7}K_{33.7} + 6.5 t/ha manure + postharvest residues increased to 135 mg/kg under combined tillage and to 140 mg/kg under ploughing. **Conclusions.** Accordingly, the use of organo-mineral system of fertilization in crop rotation allows to maintain the content of humus in short crop rotations at the level of 4.74 %, alkaline hydrolyzed nitrogen within 155 mg/kg, mineral nitrogen 23 mg/kg, mobile phosphorus 45 mg/kg and exchange potassium 135 mg/kg, which indicates the positive effect of the organo-mineral fertilization system in preserving the fertility of slightly saline chernozem under crop rotatory system and grain-hoed crops short rotations.

Keywords: agrochemical state; nutrients; hydrolyzed nitrogen; mobile phosphorus; exchange potassium; basic tillage; combined tillage; ploughing.

Надійшла / Received 04.10.2019

Погоджено до друку / Accepted 28.11.2019