

УДК 633.63:631.452:  
631.582:631.8

© 2019

## ДИНАМІКА РОДУЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ГЛИБОКОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ І ЛАНКИ СІВОЗМІНИ

Я.П. Цвей<sup>1</sup>, В.С. Власенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>доктор сільськогосподарських наук, професор

<sup>2</sup>кандидат сільськогосподарських наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна

e-mail: <sup>1</sup>tsvey\_isb@ukr.net, <sup>2</sup>vvs-5@ukr.net

Надійшла 10.06.2019

**Мета.** Визначити раціональні варіанти систем удобрення і чергування культур зерно-просапної ланки 10-пільної плодозмінної сівозміни для збереження родючості ґрунту, відновлення вмісту гумусу і підвищення значень агрохімічних показників ґрунту. **Методи.** Польові дослідження, фізико-хімічні, агрохімічні. **Результати.** Проведено агрохімічні дослідження з формування родючості чорноземів типових глибоких у ланках плодозмінної сівозміни залежно від системи удобрення. Застосування упродовж 40-ка років органо-мінеральних систем удобрення у зерно-буряковій сівозміні не забезпечило відтворення вмісту гумусу в чорноземі типовому до рівня перелогу. За внесення 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  уміст гумусу в орному шарі після завершення 4-х ротацій становив 4,59%, 16,7 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  — 4,72%, тоді як в перелозі — 5,20%. Застосування 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  забезпечило на кінець 4-ї ротації вміст мінерального азоту в орному шарі у ланці ячмінь, горох, буряки цукрові — 19,1 мг/кг ґрунту; у ланці вико-овес, пшениця озима, буряки цукрові — 16,4 мг/кг ґрунту. За збільшення дози добрив до 8,3 т/га гною +  $N_{36}P_{85}K_{76,7}$  — 21 мг/кг ґрунту, що перевищує вихідні показники на 8,1; 5,4 і 10 мг/кг ґрунту. Ресурсоощадна система удобрення (8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$ ) формувала на кінець 4-ї ротації підвищений уміст рухомого фосфору в орному шарі — 119,3 мг/кг ґрунту, за збільшення дози добрив до 8,3 т/га гною +  $N_{36}P_{85}K_{76,7}$  — його вміст на рівні 200 мг/кг ґрунту. За внесення упродовж 4-х ротацій 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  вміст рухомого калію в орному шарі становив 129,2 мг/кг ґрунту; 8,3 т/га гною +  $N_{36}P_{55}K_{46,7}$  — 145,1 мг/кг ґрунту, що перевищувало вихідні показники відповідно на 18,9; 35 мг/кг ґрунту. Тривале упродовж 40-ка років застосування органо-мінеральних систем удобрення зумовило підкислення ґрунтового розчину. За внесення 8,3 т/га гною +  $N_{36}P_{35}K_{46,7}$  рН<sub>сольове</sub> порівняно з перелогом знизилося на 1,0–1,2, Н<sub>г</sub> зросло на 2,2–2,4 смоль/кг ґрунту, за абсолютних величин — відповідно 5,2–5,3 та 4,0–3,6 смоль/кг ґрунту. **Висновки.** Використання органо-мінеральної системи удобрення 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  на чорноземах типових глибоких у ланці плодозмінної сівозміни сприяє оптимізації агрохімічного стану ґрунту і збереження його родючості.

**Ключові слова:** гумус, агрохімічні показники, орний шар, оптимізація, органічна речовина.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201911-02>

Антропогенне навантаження на агроекосистему позначається на ґрунті як засобі виробництва. Поліпшуються умови росту й розвитку рослин, оскільки ґрунт збагачується сполуками мінерального азоту, рухомого фосфору й обмінного калію. Однак водночас не завжди враховується баланс поживних речовин у сівозміні. Так, зокрема, істотно змінюються передусім баланс органічної речовини і рециркуляція CO<sub>2</sub> в агроекосистемі [1], що значною мірою залежить від системи удобрення [1–5]. Дослідження, проведені на чорноземних типових слабосолонцюватих у короткоротаційних сівозмінах, свідчать, що втрати гумусу залежать від насичення сівозміни просапними культурами та наявності чорного пару, але стабілізуються за застосування органо-мінеральної системи удобрення [5]. Так, на чорноземних реградованих ґрунтах від застосування 10 т/га гною + N<sub>62</sub>P<sub>62</sub>K<sub>62</sub> на 1 га ріллі вміст гумусу за 32 роки зменшився на 0,2%. При застосуванні підвищеної норми гною 15 т/га ріллі та поєднання з N<sub>63</sub>P<sub>63</sub>K<sub>63</sub> створюються умови для розширення й відтворення запасів гумусу в ґрунті, внаслідок чого він підвищився з 3,03 до 3,10% [6]. Під впливом застосування добрив і системи ведення сівозмін змінюються фізико-хімічні показники ґрунту внаслідок відчуження кальцію і магнію з ґрунтового-вбирного комплексу [4, 5], що потребує вапнування для оптимізації балансу кальцію і магнію. Від використання мінеральних і органічних добрив, а також бобових культур у сівозміні зростає вміст сполук мінерального азоту, що позитивно впливає на родючість ґрунту і продуктивність сільськогосподарських культур [4, 7, 8].

Вагомий чинник, який впливає на родючість ґрунту, це вміст рухомого фосфору, він залежить від кількості застосування за ротацію сівозміни найоптимальніших доз добрив [8–12].

Під впливом застосування добрив і системи ведення сівозміни змінюється калійний фонд чорноземних ґрунтів, він має властивість підвищуватися за дотримання науково обґрунтованої системи удобрення [4, 5, 8, 12].

**Мета досліджень** — визначити раціональні варіанти систем удобрення і чергування культур зерно-просапної ланки 10-пільної плодозмінної сівозміни для збереження родючості ґрунту, запасів у ньому гумусу і агрохімічних показників.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проведено упродовж 2009–2012 рр. на Іванівській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН Хтирського р-ну Сумської обл. у північно-східній частині Лівобережного Лісостепу України у зоні нестійкого зволоження у тривалому стаціонарному досліді, закладеному в 1964 р.

ґрунти дослідного стаціонарного поля — чорноземи типові малогумусні важкосуглинкові на лесі, їхні агрохімічні показники такі: вміст гумусу за Тюрнімом — 3,5–3,8%, рН сольове — 5,8–5,6, Н<sub>с</sub> — 1,3–3,4 мг-екв/100 г ґрунту, S — 31–35 мг-екв/100 г ґрунту, рухомого фосфору і рухомого калію за Чиріковим — відповідно 110–160 і 80–120 мг/кг ґрунту.

Схема 10-пільної плодозмінної сівозміни стаціонарного досліді включала:

- варіанти 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 плодозмінної сівозміни з таким чергуванням культур: 1 — вико-овес; 2 — пшениця озима; 3 — буряки цукрові; 4 — ячмінь з підсівом багаторічних трав; 5 — багаторічні трави; 6 — пшениця озима; 7 — буряки цукрові; 8 — горох; 9 — кукурудза на зерно; 10 — кукурудза на зерно. Багаторічні трави становили 10%, вико-овес — 10, просапні культури — 40 (буряки цукрові — 20 і кукурудза на зерно — 20), зернові й зернобобові — 40 (пшениця озима — 20%, ячмінь — 10 і горох — 10%);

- варіант 3 плодозмінної сівозміни з таким чергуванням культур: 1 — ячмінь; 2 — горох; 3 — буряки цукрові; 4 — ячмінь; 5 — кукурудза на силос; 6 — пшениця озима; 7 — буряки цукрові; 8 — горох; 9 — пшениця озима; 10 — кукурудза на зерно. Зернові та зернобобові становили 60% (ячмінь — 20, пшениця озима — 20 і горох — 20%), просапні — 40% (буряки цукрові — 20%, кукурудза на зерно — 10 і кукурудза на силос — 10%);

• варіант 10 плодозмінної сівозміни з таким чергуванням культур: 1 — вико-овес; 2 — пшениця озима; 3 — буряки цукрові; 4 — ячмінь з підсівом багаторічних трав; 5 — багаторічні трави; 6 — пшениця озима; 7 — буряки цукрові; 8 — горох; 9 — пшениця озима; 10 — кукурудза на зерно. Багаторічні трави становили 10%, вико-овес — 10, просапні — 30 (буряки цукрові — 20%, кукурудза на зерно — 10%), зернові й зернобобові — 50 (пшениця озима — 30%, ячмінь — 10 і горох — 10%);

• варіант 11 плодозмінної сівозміни з таким чергуванням культур: 1 — чорний пар; 2 — пшениця озима; 3 — буряки цукрові; 4 — ячмінь з підсівом багаторічних трав; 5 — багаторічні трави; 6 — пшениця озима; 7 — буряки цукрові; 8 — горох; 9 — пшениця озима; 10 — буряки цукрові. Багаторічні трави становили 10%, чорний пар — 10, просапні — 30 (буряки цукрові — 30%), зернові й зернобобові — 50% (пшениця озима — 30%, ячмінь — 10, горох — 10%).

У варіанті 1 застосовували елементи біологічного землеробства, коли всі післяжнивні рештки заорювали в ґрунт. У варіанті 6 не застосовували хімічного захисту посівів, натомість використовували механізований обробіток ґрунту від бур'янів.

Повторність досліді — 3-разова. Площа посівної ділянки — 300 м<sup>2</sup>, облікової — 200 м<sup>2</sup>.

Ґрунтові зразки для агрохімічних досліджень у польових дослідіх відбирали під цукровими буряками.

Нітратний і амонійний азот визначали за ДСТУ 1425:2005, лужногідролізований азот — за ДСТУ 7863:2015, загальний гумус — за ДСТУ 4289:2004. Кислотність ґрунту рН сольове визначали на рН-метрі (ДСТУ ISO 10390-2001), гідролітичну кислотність — за ДСТУ 7537:2014, суму вбирних основ — за ДСТУ 4288:2004, рухомий фосфор і обмінний калій — за Чиріковим згідно з ДСТУ 4115:2002.

При оцінюванні родючості ґрунту брали до уваги вихідні зразки за 1962–1963 рр.

**Результати досліджень.** У проведених дослідіженнях на чорноземах типових уміст гумусу на перелозі, в орному шарі досягав 5,63%. Тоді як при застосуванні стартової норми добрив у ланці сівозміни  $N_{9,3}P_{11,6}K_{6,7}$  уміст гумусу в орному й підорному шарах досягав 4,38 і 3,37%, що поступалося показникам перелозу на 1,25 і 1,66% і пов'язано з мінералізацією органічної речовини (табл. 1).

За використання 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  реєстрували підвищення вмісту гумусу щодо стартової норми добрив на 0,21 і 0,25%. Це підвищення становило 4,59 і 3,62% відповідно.

Близькі результати були одержані на фоні 8,3 т/га гною +  $N_{36}P_{55}K_{46,7}$ , де кількість

**1. Уміст і запаси гумусу на чорноземах типових глибоких залежно від системи удобрення і ланки сівозміни, в середньому за 2011 – 2012 рр.**

№ варіанта	Ланка сівозміни	Система удобрення ланки сівозміни	Горизонт, см	Уміст гумусу, %	Запаси гумусу, т/га
		Переліг 50 років	0–30	5,63	221,13
			30–45	5,03	188,63
7	Вико-овес — пшениця озима — буряки цукрові	$N_{9,3}P_{11,6}K_{6,7}$	0–30	4,38	164,25
			30–45	3,37	126,38
8	Те саме	Гній — 8,3 т/га + $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$	0–30	4,59	172,13
			30–45	3,62	141,18
9	» »	Гній — 8,3 т/га + $N_{36}P_{55}K_{46,7}$	0–30	4,59	172,13
			30–45	3,69	138,38
10	» »	Гній — 16,7 т/га + $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$	0–30	4,72	177,00
			30–45	3,67	137,63
11	Чорний пар — пшениця озима — буряки цукрові	Гній — 8,3 т/га + $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$	0–30	4,57	171,38
			30–45	3,46	134,94
	НІР <sub>0,05</sub>		0–30	0,2	8,9
			30–45	0,2	3,7

гумусу у відповідних шарах досягала 4,59 і 3,69%. За збільшення кількості гною в системі удобрення сівозміни і збалансованішого використання добрив спостерігали підвищення вмісту гумусу. У варіанті, де застосовували 16,7 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  за ланку сівозміни, вміст гумусу становив 4,72 і 3,67%.

У дослідженнях, проведених на чорноземах типових вилугуваних за використання  $N_{50}P_{66}K_{66}$  + побічна продукція, на кінець 4-ї ротації вміст гумусу стабілізувався на рівні 3,80%, при застосуванні  $N_{50}P_{66}K_{66} + 9$  т/га гною — 3,67%, на фоні  $N_{50}P_{66}K_{66}$  — 3,34%, тоді як на початок 3-ї ротації — 3,80; 3,71; 3,64, відповідно. Без застосування добрив вміст гумусу на початок 3-ї ротації становив 3,49, а на кінець — 3,15% [4].

У ланці з чорним паром на тлі органо-мінеральної системи удобрення (варіант 11) вміст гумусу підтримувався на рівні 4,57 і 3,46%, що не поступалося за показниками варіантам ланки сівозмін із вико-вівсом.

На чорноземах типових слабосолонцюватих у короткоротаційних сівозмінах на фоні органо-мінеральної системи удобрення в умовах Веселоподільської дослідно-селекційної станції у зоні недостатнього зволоження було одержано близькі результати [5].

Під впливом застосування добрив і системи ведення сівозмін змінюються

фізико-хімічні показники ґрунту, зростає його кислотність внаслідок відчуження кальцію і магнію з ґрунтово-вбирного комплексу, що спричиняє прискорення дегуміфікації органічної речовини [4–6].

У проведених дослідженнях за довготривалого застосування добрив спостерігається підкиснення ґрунту. Так, якщо на перелозі, де оранку не застосовували, обмінна кислотність (рН сольове) в орному й підорному шарах становила 6,2 і 6,5, гідролітична кислотність — 1,2 і 0,9 мг-екв/100 г ґрунту, а сума вбирних основ — 26 і 27 мг-екв/100 г ґрунту (табл. 2).

У варіанті сівозміни, де застосовували лише стартову норму добрив, рівень рН  $pH_{\text{сольового}}$  у шарі 0–30 см становив 5,4,  $H_r$  — 3,4 мг-екв/100 г ґрунту. З підвищенням норм застосування добрив значно зростає кислотність ґрунту. У варіантах із застосуванням 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  і 8,3 т/га гною +  $N_{36}P_{55}K_{46,7}$  рівень рН був у межах 5,2–5,3,  $H_r$  — 3,4–3,6 мг-екв/100 г ґрунту.

У варіанті сівозміни з чорним паром унаслідок висхідного переміщення Са і Mg у верхні шари ґрунту в орному і підорному шарах ґрунту рівень рН становив — відповідно 5,8–5,7, однак рівень  $H_r$  був на рівні 3,0–3,5 мг-екв/100 г ґрунту, S — 24,1 і 18 мг-екв/100 г ґрунту. Загалом унесення органічних добрив на фоні мінеральних не сприяє нейтралізації фізіологічної

**2. Вплив системи удобрення на фізико-хімічні показники чорнозему типового глибокого залежно від системи удобрення і ланки сівозміни, в середньому за 2011–2012 рр.**

№ варіанта	Система удобрення ланки сівозміни	Шар ґрунту, см	рН	Гідролітична кислотність (H), мг-екв/100 г ґрунту	Сума вбирних основ (S), мг-екв/100 г ґрунту	
7	$N_{9,3}P_{11,6}K_{6,7}$	Переліг 50 років	0–30	6,2	1,2	26,0
		30–45	6,5	0,9	27,0	
8	Гній — 8,3 т/га + $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$	0–30	5,4	3,4	21,6	
		30–45	5,3	3,7	18,3	
9	Гній — 8,3 т/га + $N_{36}P_{55}K_{46,7}$	0–30	5,2	3,6	24,2	
		30–45	5,2	3,7	18,0	
11	Гній — 8,3 т/га + $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$	0–30	5,3	3,4	24,3	
		30–45	5,4	3,5	17,5	
	НІР <sub>0,05</sub>	0–30	5,8	3,0	24,1	
		30–45	5,7	3,5	18,0	
		0–30	0,28	0,3	1,5	
		30–45	0,28	0,2	1,0	

3. Агрохімічні показники чорнозему типового глибокого залежного від системи удобрення і ланки сівозміни, в середньому за 2011 – 2012 рр.

№ варіанта	Ланка сівозміни	Система удобрення ланки сівозміни	Горизонт, см	Мінеральний азот, мг/кг ґрунту	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
	Вихідні показники		0–30	11,0	110,1	110,1
			30–45	10,4	90,3	70,4
1	Вико-овес — пшениця озима — буряки цукрові	Пожнивні рештки + N <sub>50</sub>	0–30	17,2	113,4	95,2
			30–45	15,0	81,5	64,1
2	Те саме	Гній — 8,3 т/га + + N <sub>76,7</sub> P <sub>66,7</sub> K <sub>76,7</sub>	0–30	20,0	193,2	119,2
			30–45	19,6	130,1	77,3
3	Ячмінь — горох — буряки цукрові	Гній — 8,3 т/га + + N <sub>29,3</sub> P <sub>45</sub> K <sub>36,7</sub>	0–30	19,1	162,1	114,2
			30–45	19,0	94,4	71,4
4	Те саме	Гній — 8,3 т/га + + N <sub>56</sub> P <sub>85</sub> K <sub>76,7</sub>	0–30	20,1	200,2	168,0
			30–45	16,9	124,0	87,4
5	» »	Гній — 8,3 т/га + + N <sub>36</sub> P <sub>85</sub> K <sub>76,7</sub>	0–30	18,6	182,2	155,2
			30–45	15,2	108,3	77,3
6	» »	Гній — 8,3 т/га + + N <sub>76,7</sub> P <sub>66,7</sub> K <sub>76,7</sub> (без хімічного захисту)	0–30	17,6	190,5	155,4
			30–45	14,5	101,0	82,0
7	» »	N <sub>9,3</sub> P <sub>11,6</sub> K <sub>6,7</sub>	0–30	13,7	107,4	90,4
			30–45	12,3	71,3	63,2
8	» »	Гній — 8,3 т/га + + N <sub>29,3</sub> P <sub>45</sub> K <sub>36,7</sub>	0–30	16,4	129,2	119,3
			30–45	16,3	87,4	73,4
9	» »	Гній — 8,3 т/га + + N <sub>36</sub> P <sub>55</sub> K <sub>46,7</sub>	0–30	16,3	159,0	145,1
			30–45	17,5	107,2	90,0
10	» »	Гній — 16,7 т/га + + N <sub>29,3</sub> P <sub>45</sub> K <sub>36,7</sub>	0–30	13,5	138,0	117,0
			30–45	13,7	110,1	74,2
11	Чорний пар — пшениця озима — буряки цукрові	Гній — 8,3 т/га + + N <sub>29,3</sub> P <sub>45</sub> K <sub>36,7</sub>	0–30	17,1	163,2	137,3
			30–45	17,4	108,0	83,4
	НІР <sub>0,05</sub>		0–30	0,8	7,7	6,4
			30–45	0,7	5,1	3,9

кислотності ґрунту, а наявність кальцію і магнію не відновлює їх баланс у сівозміні.

Родючість ґрунтів пов'язана також з умістом мінерального азоту [3–5, 8, 9, 13].

Так, за довготривалого антропогенного навантаження на ґрунт у варіанті сівозміни, де застосовували лише стартову норму добрив, уміст мінерального азоту в орному шарі становив 13,7 мг/кг ґрунту. При застосуванні 8,3 т/га гною + N<sub>29,3</sub> P<sub>45</sub> K<sub>36,7</sub> кількість мінерального азоту дорівнювала 16,4 мг/кг ґрунту, що вище, ніж у варіанті зі стартовою нормою добрив на 2,7 мг/кг ґрунту. Найвищий уміст мінерального азоту виявлено у варіанті, де доза застосування добрив за ланку сівозміни була підвищеною — 8,3 т/га гною + N<sub>76,7</sub> P<sub>66,7</sub> K<sub>76,7</sub>.

Відповідно кількість мінерального азоту становила 20 мг/кг ґрунту, що більше, ніж у зазначеному вище варіанті сівозміни на 3,6 мг/кг ґрунту, а щодо вихідного показника — на 9 мг/кг ґрунту.

Використання чорного пару у ланці сівозміни посилює мінералізаційні процеси у ґрунті, підвищує кількість нітратного азоту. Так, на фоні 8,3 т/га гною + N<sub>29,3</sub> P<sub>45</sub> K<sub>36,7</sub> кількість мінерального азоту в орному шарі становила 17,1 мг/кг ґрунту, що на 3,4 мг/кг ґрунту більше, ніж у варіанті зі стартовою нормою добрив (табл. 3).

На фоні застосування добрив спостерігається зростання мінерального азоту в нижніх шарах ґрунту внаслідок міграції нітратів,

а також посилення мінералізаційних процесів у ґрунті.

Важлива роль у формуванні родючості чорноземів відводиться фосфатному рівню, оскільки він сприяє підвищенню нітрифікаційних процесів у ґрунті, використанню фосфору рослинами, а це значно підвищує продуктивність сільськогосподарських культур [4, 5, 8, 10, 14].

За використання лише стартової норми добрив кількість рухомого фосфору була на рівні 107,4 мг/кг ґрунту в орному шарі та 71,3 мг/кг ґрунту — в підорному. У міру застосування добрив зростає й забезпеченість ґрунту рухливим фосфором особливо тоді, коли це стосується використання гною і мінеральних добрив (див. табл. 3). У варіанті, на тлі 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$ , кількість рухомого фосфору зросла на 21,8 мг/кг в орному шарі та на 16,1 мг/кг ґрунту — в підорному порівняно з використанням лише стартової дози добрив  $N_{9,3}P_{11,6}K_{6,7}$  і становила відповідно 107,4 і 71,3 мг/кг ґрунту. Таке невисоке зростання вмісту рухомого фосфору пов'язане з особливістю цієї ґрунтової провінції Лівобережного Лісостепу України, де рослини краще використовують фосфор порівняно з калієм [14].

У варіанті, де застосовували 8,3 т/га гною +  $N_{36}P_{55}K_{46,7}$ , це сприяло підвищенню вмісту рухомого фосфору в орному шарі до 159 мг/кг ґрунту, що вище від варіанта зі стартовою нормою добрив на 51,6 мг/кг ґрунту, у шарі 30–45 см — на 35,9 мг/кг ґрунту.

За збільшенням добрив у ланці сівозміни до 8,3 т/га гною +  $N_{76,7}P_{66,7}K_{76,7}$  уміст рухомого фосфору в орному шарі становив 193,2 мг/кг ґрунту, що на 83,1 мг/кг ґрунту більше від вихідних показників 1-ї ротації. Таку саму закономірність спостерігали у варіанті із застосуванням 8,3 т/га гною +  $N_{56}P_{85}K_{76,7}$ , де кількість рухомого фосфору в орному шарі досягала 200,2 мг/кг ґрунту.

Використання чорного пару у сівозміні посилює нітрифікаційні процеси у ґрунті,

що підвищує рухомість фосфатів і краще їх використання рослинами. При застосуванні 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  кількість рухомого фосфору була на одному рівні з ланкою із вико-вівсом, і його рівень в орному шарі становив 163,2 мг/кг.

Кількість рухомого калію на чорноземних ґрунтах залежить від системи удобрення, зони зволоження і наявності калію у ґрунтово-вирному комплексі. У варіантах із застосуванням стартової норми добрив в орному шарі спостерігали лише 90,4 мг/кг ґрунту рухомого калію, а в підорному — 63,2. Такий невисокий уміст зумовлений посиленням використанням калію культурами сівозміни. При застосуванні гною і мінеральних добрив помічено, що при зростанні вмісту рухомого калію у ґрунті рослини краще його використовують [4, 5, 12, 13].

Дослідження засвідчили, що при застосуванні 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  уміст рухомого калію становив в орному і підорному шарах 119,3 і 73,4 мг/кг ґрунту, що на 28,9 і 10,2, мг/кг ґрунту більше зі стартовою нормою добрив (див. табл. 3).

За використання підвищеної норми добрив за ланку сівозміни у дозі 8,3 т/га гною +  $N_{56}P_{85}K_{76,7}$  кількість рухомого калію в орному шарі становила 168 мг/кг ґрунту, в підорному — 87,4 мг/кг ґрунту, що більше від вихідних показників відповідно на 57,9 і 17 мг/кг ґрунту. Такі само показники одержано у варіанті, коли за ланку сівозміни використовували 8,3 т/га гною +  $N_{36}P_{85}K_{76,7}$ , де рівень рухомого калію був нарівні із зазначеною вище системою удобрення.

Загалом кількість рухомого калію більше залежить від застосування зростаючих доз калійних добрив і меншою мірою — органічних. На фоні 16,7 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  як наслідок, рівень рухомого калію в орному шарі ґрунту становив 117 мг/кг ґрунту, в підорному — 74,2.

## **Висновки**

*Застосування упродовж 40-ка років органо-мінеральних систем удобрення у зерно-буряковій сівозміні не забезпечило відтворення вмісту гумусу*

*в чорноземі типовому до рівня перелозу. За внесення 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  вміст гумусу в орному шарі по завершенню чотирьох ротацій становив 4,59%, 16,7 т/га*

гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  — 4,72%, тоді як у перелозі — 5,20%.

Застосування 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  забезпечило на кінець 4-ї ротації вміст мінерального азоту в орному шарі у ланці ячмінь, горох, буряки цукрові — 19,1 мг/кг ґрунту; ланці вико-овес, пшениця озима, буряки цукрові — 16,4 мг/кг ґрунту, за збільшення дози добрив до 8,3 т/га гною +  $N_{36}P_{85}K_{76,7}$  — 21 мг/кг ґрунту.

Ресурсоощадна система удобрення (8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$ ) формувала на кінець 4-ї ротації підвищений вміст рухомого фосфору в орному шарі — 119,3 мг/кг ґрунту, за збільшення дози добрив до 8,3 т/га

гною +  $N_{36}P_{85}K_{76,7}$  — його вміст на рівні 200 мг/кг ґрунту.

За внесення упродовж чотирьох ротацій 8,3 т/га гною +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  вміст рухомого калію в орному шарі становив 129,2 мг/кг ґрунту; 8,3 т/га гною +  $N_{36}P_{85}K_{76,7}$  — 145,1 мг/кг ґрунту, що перевищувало вихідні показники відповідно на 18,9; 35 мг/кг ґрунту.

Тривале застосування органо-мінеральних систем удобрення зумовило підкиснення ґрунтового розчину. За внесення 8,3 т/га гною +  $N_{36}P_{85}K_{76,7}$  рН<sub>сольове</sub> порівняно з перелогом знизилось на 1,0–1,2,  $N_p$  зросло на 2,2–2,4 смоль/кг ґрунту, за абсолютних величин — відповідно 5,2–5,3 та 4,0–3,6 смоль/кг ґрунту.

Цвей Я.П.<sup>1</sup>, Власенко В.С.<sup>2</sup>

Інститут біоенергетических культур и сахарной свеклы НААН, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03141, Украина; e-mail: [tsvey\\_isb@ukr.net](mailto:tsvey_isb@ukr.net), [vvs-5@ukr.net](mailto:vvs-5@ukr.net)

**Динамика плодородия чернозема типичного глибокого в зависимости от системы удобрення и звена севооборота**

**Цель.** Определить рациональные варианты системы удобрения и чередование культур зерно-пропашного звена 10-польного плодосменного севооборота для сохранения плодородия почвы, восстановления содержания гумуса и повышения значений агрохимических показателей почвы. **Методы.** Полевые испытания, физико-химические, агрохимические. **Результаты.** Проведены агрохимические исследования по формированию плодородия черноземов типичных глубоких в звеньях плодосменного севооборота в зависимости от системы удобрений. Использование на протяжении 40-ка лет органо-минеральных систем удобрений в зерно-свекловичном севообороте не обеспечило восстановление содержания гумуса в черноземе типичном до уровня перелога. При внесении 8,3 т/га перегноя +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  содержание гумуса в пахотном слое по завершении 4-х ротаций составлял 4,59%; 16,7 т/га перегноя +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  — 4,72%, а в перелого — 5,20%. Применение 8,3 т/га перегноя +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  обеспечило на конец 4-й ротации содержание минерального азота в пахотном слое в звене ячмень, горох, свекла сахарная — 19,1 мг/кг почвы; в звене вико-овес, пшеница озимая, свекла сахарная — 16,4 мг/кг почвы. При увеличении дозы удобрений до 8,3 т/га перегноя +  $N_{36}P_{85}K_{76,7}$  — 21 мг/кг почвы, что превышает исходные показатели на 8,1; 5,4 и 10 мг/кг почвы. Ресурсосберегательная система удобрения (8,3 т/га перегноя +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$ ) формировала на конец 4-й ротации повышенное

содержание подвижного фосфора в пахотном слое — 119,3 мг/кг почвы, при увеличении дозы удобрений до 8,3 т/га перегноя +  $N_{36}P_{85}K_{76,7}$  мг/кг почвы — его содержание на уровне 200 мг/кг почвы. При внесении на протяжении 4-х ротаций 8,3 т/га перегноя +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  содержание подвижного калия в пахотном слое составляло 129,2 мг/кг почвы; 8,3 т/га перегноя +  $N_{36}P_{85}K_{76,7}$  — 145,1 мг/кг почвы, что превышало исходные показатели соответственно на 18,9; 35 мг/кг почвы. Длительное использование на протяжении 40-ка лет органо-минеральной системы удобрений обусловило подкисление почвенного раствора. При внесении 8,3 т/га перегноя +  $N_{36}P_{85}K_{76,7}$  рН<sub>сольовое</sub> по сравнению с перелогом снизилось на 1,0–1,2,  $N_p$  повысилось на 2,2–2,4 смоль/кг почвы, при абсолютных величинах — соответственно 5,2–5,3 и 4,0–3,6 смоль/кг почвы. **Выводы.** Использование органо-минеральной системы удобрений 8,3 т/га перегноя +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  на черноземах типичных глубоких в звене плодосменного севооборота способствует оптимизации агрохимического состояния почвы и сохранению ее плодородия.

**Ключевые слова:** гумус, агрохимические показатели, пахотный слой, оптимизация, органические вещества.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201911-02>

Tsvei Ya.<sup>1</sup>, Vlasenko V.<sup>2</sup>

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS of Ukraine, 03134, Kyiv, 25 Klinichna Str.; e-mail: [tsvey\\_isb@ukr.net](mailto:tsvey_isb@ukr.net), [vvs-5@ukr.net](mailto:vvs-5@ukr.net)

**Dynamics of fertility of typical deep chernozem depending on system of fertilizing and link of crop rotation**

**The purpose.** To determine rational alternatives of fertilizer system and rotation of crops of grain-tilling link of 10-field crop rotation for preserving soil fertility, restoring the content of humus and heightening values of agrochemical indexes of soil. **Methods.** Field

test, physical and chemical, agrochemical. **Results.** Agrochemical researches were carried out in formation of fertility of typical deep chernozem in links of field crop rotation depending on system of fertilizing. Use during 40 years of organic-mineral systems of fertilizing in grain-beet crop rotation has not ensured restoration of the content of humus in typical chernozem up to the level of layland. At importation of decomposed manure in dose of 8,3 t/hectare +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  the content of humus in arable layer on completion of 4 rotations made 4,59%; 16,7 t/hectare of decomposed manure +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  — 4,72%, and in layland — 5,20%. Application of decomposed manure in dose of 8,3 t/hectare +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  has ensured to the end of 4-th rotation the content of mineral nitrogen in arable layer in the link barley-pease-sugar beet — 19,1 mg/kg of soil; in the link vetch-oats-winter wheat-sugar beet — 16,4 mg/kg of soil. At increase of dose of fertilizers up to 8,3 t/hectare of decomposed manure +  $N_{36,85}P_{55}K_{76,7}$  — 21 mg/kg of soil. That exceeds initial indexes on 8,1; 5,4 and 10 mg/kg of soil. Resources saving fertilizer system (8,3 t/hectare of decomposed manure +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$ ) formed to the end of 4-th rotation the heightened content of mobile

phosphorus in arable layer — 119,3 mg/kg of soil, at increase of dose of fertilizers up to 8,3 t/hectare of decomposed manure +  $N_{36,85}P_{55}K_{76,7}$  mg/kg of soil — its content reached 200 mg/kg of soil. At importation during 4 rotations of decomposed manure in dose of 8,3 t/hectares +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  the content of mobile potassium in arable layer made 129,2 mg/kg of soil; 8,3 t/hectare of decomposed manure +  $N_{36,85}P_{55}K_{76,7}$  — 145,1 mg/kg of soil. That exceeded initial indexes accordingly on 18,9; 35 mg/kg of soil. Long use during 40 years of organic-mineral system of fertilizing caused acidification of soil solution. At importation of decomposed manure in dose of 8,3 t/hectares +  $N_{36,85}P_{55}K_{76,7}$  pH salt in comparison with layland decreased on 1,0–1,2, Ng increased on 2,2–2,4 smol/kg of soil, at absolute values — accordingly on 5,2–5,3 and 4,0–3,6 smol/kg of soil. **Conclusions.** Use of organic-mineral system of fertilizing in dose of 8,3 t/hectare of decomposed manure +  $N_{29,3}P_{45}K_{36,7}$  on typical deep chernozem in the link of field crop rotation promotes optimization of agrochemical nature of soil and preserves its fertility.

**Keywords:** humus, agrochemical indexes, arable layer, optimization, organic substances.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovistnyk201911-02>

## Бібліографія

1. King A.E., Congreves K.A., Deen B. et al. Quantifying the relationships between soil fraction mass, fraction carbon, and total soil carbon to assess mechanisms of physical protection. *Soil Biology and Biochemistry*. 2019. V. 135. P. 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.04.019>
2. 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. V. 27. Is. 4. P. 725–736. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61107-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61107-8)
3. 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. *J. of Integrative Agriculture*. 2016. V. 15. Is. 3. P. 658–666. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61107-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61107-8)
4. Іваніна В.В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах. Київ: ЦП «Компрінт», 2016. 328 с.
5. Цвей Я.П., Іваніна В.В., Леньшин А.Г. Формирование плодородия чернозема в зерносвекловичных короткоротационных севооборотах. *Сахарная свекла*. 2017. № 7. С. 18–20.
6. Булигін С.Ю., Величко В.А., Демиденко О.В. Агроренез чорнозему. Київ: Аграрна наука, 2016. 356 с.
7. Dai S., Wang J., Cheng Y. et al. Effects of long-term fertilization on soil gross N transformation rates and their implications. *J. of Integrative Agriculture*. 2017. V. 16. Is. 12. P. 2863–2870. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61673-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61673-3)
8. Kröbel R., Campbell C.A., Zentner R.P. et al. Effect of N, P and cropping frequency on nitrogen use efficiencies of spring wheat in the Canadian semi-arid prairie. *Canadian J. of Plant Science*. 2012. № 92(1). P. 141–154. <https://doi.org/10.4141/cjps2011-067>
9. Kröbel R., Campbell C.A., Zentner R.P. et al. Nitrogen and phosphorus effects on water use efficiency of spring wheat grown in a semi-arid region of the Canadian prairies. *Canadian J. of Soil Science*. 2012. № 92(4). P. 573–587. <https://doi.org/10.4141/cjss2011-055>
10. Wang J., Yan X., Gong W. Effect of Long-Term Fertilization on Soil Productivity on the North China Plain. *Pedosphere*. 2015. V. 25. Is. 3. P. 450–458. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)30012-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)30012-6)
11. 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.
12. Заришняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах; за ред. А.С. Заришняка. Київ: Аграрна наука, 2015. 208 с.
13. Заришняк А.С., Сипко А.О., Стріпець О.П. та ін. Відтворення і регулювання родючості кислих ґрунтів в умовах Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 3. С. 5–12.
14. Носко Б.С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків: ФОРМ Бровін О.В., 2017. 476 с.