

УДК 631.416.1:631.81

Стан гумусу та поживний режим чорнозему вилугуваного залежно від удобрення і ланки сівозміни

ID В. В. Іваніна*, ID І. М. Коротенко

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

Мета. Вивчити стан гумусу, фонд рухомого фосфору і калію в чорноземі вилугуваному залежно від систем удобрення та введення до зернових ланок сівозміни бобового компонента. **Методи.** Довготривалий польовий та аналітичний. **Результати.** Наведено дані досліджень щодо вмісту гумусу, рухомих форм фосфору і калію в чорноземі вилугуваному за різних систем удобрення у зернових ланках сівозміни. Установлено, що запаси гумусу, фонд рухомого фосфору і калію у ґрунті істотно зростали за поєданого застосування органічних та мінеральних добрив і незначно залежали від ланок сівозміни. Внесення лише мінеральних добрив поступалося органо-мінеральній системі удобрення за впливом на ключові показники родючості чорнозему вилугуваного. **Висновки.** Застосування мінеральних добрив в обох зернових ланках супроводжувалося підвищенням вмісту гумусу у шарі 0–30 см на 0,02–0,05 % порівняно з контролем без добрив. При цьому за внесення на 1 га сівозміни доз добрив $N_{33,3}P_{13,3}K_{20}$ та $N_{50}P_{20}K_{30}$ у ланці з горохом зростання вмісту гумусу до контролю без добрив було незначно вищим порівняно з ланкою, де вирощували вівсяницю – відповідно на 0,02 та 0,01 %. Максимальний вміст гумусу в чорноземі вилугуваному досягався за внесення $N_{50}P_{20}K_{30}$ + сидерат + побічна продукція на 1 га сівозміни: у шарі 0–30 см – 4,06 %, шарі 30–40 см – 3,86 % з перевищенням контролю без добрив – відповідно на 0,13 % та 0,02 %. Фонд рухомого фосфору і калію в чорноземі вилугуваному залежав переважно від системи удобрення. Вміст рухомого фосфору і калію в чорноземі вилугуваному визначено максимальним у ланці з горохом за застосування органо-мінеральної системи удобрення ($N_{50}P_{20}K_{30}$ + сидерат + побічна продукція): у шарі 0–30 см – 138 і 103 мг/кг, шарі 30–40 см – 116 і 67 з перевищенням контролю без добрив – відповідно на 18 і 25 та 7 і 5 мг/кг ґрунту. Поєдане внесення мінеральних і органічних добрив істотно збільшило обсяги надходження фосфору і калію в ґрунт, що забезпечило найвищий вміст їх мобільних форм. Внесення мінеральних добрив істотно поступалися органо-мінеральній системі удобрення за впливом на фонд рухомого фосфору і калію у ґрунті. Введення бобового компонента до зернової ланки сівозміни не впливало істотно на показники родючості ґрунту.

Ключові слова: чорнозем вилугуваний; гумус; елементи живлення; добрива; ланка сівозміни.

Вступ

Надмірна інтенсифікація технологій аграрного виробництва в останні десятиліття істотно загострила проблему деградації ґрунтів [1]. Оптимізація структури сівозмін та системи удобрення є найпростішими і найбільш дієвими агротехнічними заходами, які дають змогу відновити природну родючість ґрунтів та досягти сталих засад виробництва [2, 3].

Дослідження вітчизняних вчених свідчать, що в Україні сьогодні сільське господарство потерпає від дефіциту гною та значного зменшення частки багаторічних бобових трав у сівозмінах [1, 4]. Натомість, країни західної Європи і США розвиток аграрної галузі вибудовують на широкому залученні біологічного азоту до системи удобрення сільськогосподарських культур, зменшують емісію та посилюють секвестрацію вуглецю у ґрунті [5–8]. Зазначені агротехнічні заходи істотно зменшують витрати на застосування азотних добрив, посилюють процеси гумусоутворення, покращують структуру ґрунту, сприяють збереженню ґрунтової вологи [9, 10]. У контексті глобального потепління така практика дає змогу стабілізувати волого забезпечення та мінеральне живлення рослин, посилює їх резистентність до несприятливих погодних умов, що надає сучасним технологіям елементів сталості [4, 11].

Іваніна В. В., Коротенко І. М. Стан гумусу та поживний режим чорнозему вилугуваного залежно від удобрення і ланки сівозміни. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11, № 1. <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.277356>

Мета досліджень – вивчити стан гумусу, фонд рухомого фосфору і калію в чорноземі вилугуваному залежно від систем удобрення та введення до зернових ланок сівозміни бобового компонента.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили упродовж 2018–2020 рр. у довготривалому стаціонарному польовому досліді (закладеному у 2006 році) на чорноземі вилугуваному Уладово-Люлинецької дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (Вінницька обл.).

Площа посівної ділянки – 100 м², облікової – 50 м². Розміщення варіантів у досліді – систематичне послідовне, повторність чотириразова.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем вилугуваний легкосуглинковий, має таку агрохімічну і фізико-хімічну характеристику 0–30 см шару: рН сольове – 5,9–6,4; Нг за Каппеном – 1,09–1,26 мг-екв/100 г ґрунту; сума увібраних основ за Каппеном-Гільковіцем – 23,8–27,2 мг-екв/100 г ґрунту; вміст гумусу за Тюрнімом – 3,9–4,1 %; лужногідролізованого азоту – 120–127 мг/кг ґрунту; рухомих сполук фосфору та калію за Чиріковим – відповідно 120–140 і 80–90 мг/кг ґрунту.

Дослідження проводили в агроценозі пшениці озимої, яку вирощували в двох ланках сівозміни: 1) кукурудза на зерно – вівсяниця – пшениця озима; 2) кукурудза на зерно – горох – пшениця озима. Вівсяницю та горох вирощували за післядії добрив; кукурудзу на зерно та пшеницю озиму – за прямої дії добрив. Мінеральна система удобрення передбачала внесення добрив N_{33,3}P_{13,3}K₂₀, N₅₀P₂₀K₃₀ та N_{66,7}P_{26,7}K₄₀ на один гектар сівозмінної площі. У ланці з горохом застосували альтернативну органо-мінеральну систему удобрення – N₅₀P₂₀K₃₀ + сидерат + побічна продукція. Сорт пшениці озимої 'Ясочка', селекції Білоцерківської дослідно-селекційної станції ІБКіЦБ НААН.

Відбір зразків ґрунту проводили в шарах 0–30 та 30–40 см у п'ятикратній повторності на кожній дослідній ділянці. У середньозваженому зразку ґрунту, визначали вміст гумусу за Тюрнімом, рухомі сполуки фосфору та калію – за Чиріковим. Результати досліджень опрацьовували методом дисперсійного та кореляційного аналізів.

Результати досліджень

Результати досліджень показали, що вміст гумусу в чорноземі вилугуваному на кінець зернової ланки залежав від системи удобрення та наявності бобового компонента у її структурі і варіював переважно у верхньому 0–30 см шарі. Так, на контролі без добрив у ланці з горохом вміст гумусу у шарі 0–30 см визначено вищим на 0,03 % порівняно з ланкою де вирощували вівсяницю, у шарі 30–40 см вміст гумусу був співставним в обох ланках сівозміни (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст гумусу в чорноземі вилугуваному залежно від ланки сівозміни та удобрення (середнє за 2018–2020 рр.)

№ вар.	Ланка сівозміни (фактор А)	Дози добрив на 1 га сівозміни (фактор В)	Вміст гумусу, %		± до контролю	
			глибина, см		0–30	30–40
			0–30	30–40	0–30	30–40
1а	кукурудза	Без добрив (контроль)	3,90	3,84	–	–
2а	на зерно –	N _{33,3} P _{13,3} K ₂₀	3,93	3,85	0,03	0,01
3а	вівсяниця –	N ₅₀ P ₂₀ K ₃₀	3,92	3,84	0,02	0
4а	пшениця озима	N _{66,7} P _{26,7} K ₄₀	3,92	3,84	0,02	0
1	кукурудза	Без добрив (контроль)	3,93	3,84	–	–
2	на зерно –	N _{33,3} P _{13,3} K ₂₀	3,98	3,84	0,05	0
3	горох –	N ₅₀ P ₂₀ K ₃₀	3,96	3,85	0,03	0,01
4	пшениця	N _{66,7} P _{26,7} K ₄₀	3,95	3,85	0,02	0,01
12	озима	N ₅₀ P ₂₀ K ₃₀ + сидерат + побічна продукція	4,06	3,86	0,13	0,02
		НІР _{0,05} (фактор А)	0,10	0,07	–	–
		НІР _{0,05} (фактор В)	0,14	0,12	–	–
		НІР _{0,05} (фактор А+В)	0,25	0,21	–	–

Застосування мінеральних добрив в обох зернових ланках супроводжувалось підвищенням вмісту гумусу у шарі 0–30 см на 0,02–0,05 % порівняно з контролем без добрив. При цьому за внесення на 1 га сівозміни доз добрив N_{33,3}P_{13,3}K₂₀ та N₅₀P₂₀K₃₀ у ланці з горохом зростання вмісту гумусу до контролю без добрив було незначно вищим порівняно з ланкою, де вирощували вівсяницю – відповідно на 0,02 та 0,01 %. За дози добрив N_{66,7}P_{26,7}K₄₀ вміст гумусу у ланці з горохом

був вищим на 0,03 % порівняно з ланкою з вівсяницею, проте зростання вмісту гумусу до контролю без добрив в обох ланках сівозміни було співставним. Це дає підстави вважати, що за внесення азотних добрив в дозі понад 50 кг на 1 га сівозміни вплив бобового компонента на процеси гумусоутворення уповільнюється, а внесення азотних добрив стає визначальним чинником в утворенні гумусу в ґрунті.

Найвищі обсяги накопичення гумусу в чорноземі вилугуваному спостерігали у ланці з горохом за органо-мінеральної системи удобрення. Внесення на 1 га сівозміни $N_{50}P_{20}K_{30}$ + сидерат + побічна продукція забезпечило вміст гумусу у шарі 0–30 см – 4,06 %, шарі 30–40 см – 3,86 %, що було вищим порівняно з контролем без добрив – відповідно на 0,13 та 0,02 %. Система удобрення основана на внесенні азотних добрив і органічного компонента створювала найкращі умови для гумусоутворення і забезпечила найвищий вміст гумусу в чорноземі вилугуваному.

Фонд рухомого фосфору і калію в чорноземі вилугуваному залежав переважно від системи удобрення. Так, на контролі без добрив вміст рухомого фосфору у шарі 0–30 см становив 120–121 мг/кг, калію – 78, шарі 30–40 см – 107–109 та 60–61 мг/кг ґрунту, відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст рухомого фосфору та калію в чорноземі вилугуваному на завершення ланки сівозміни залежно від удобрення, мг/кг ґрунту (середнє за 2018–2020 р.)

№ вар.	Ланка сівозміни (фактор А)	Дози добрив на 1 га сівозміни (фактор В)	P_2O_5		K_2O	
			глибина, см			
			0–30	30–40	0–30	30–40
1а	кукурудза на	Без добрив (контроль)	121	107	78	61
2а	зерно –	$N_{33,3}P_{13,3}K_{20}$	124	110	84	61
3а	вівсяниця –	$N_{50}P_{20}K_{30}$	126	111	87	62
4а	пшениця озима	$N_{66,7}P_{26,7}K_{40}$	127	112	91	63
1		Без добрив (контроль)	120	109	78	60
2	кукурудза на	$N_{33,3}P_{13,3}K_{20}$	123	109	82	61
3	зерно – горох –	$N_{50}P_{20}K_{30}$	126	112	88	63
4	пшениця	$N_{66,7}P_{26,7}K_{40}$	128	111	90	63
12	озима	$N_{50}P_{20}K_{30}$ + сидерат + побічна продукція	138	116	98	64
		$НІР_{0,05}$ (фактор А)	3	2	1	1
		$НІР_{0,05}$ (фактор В)	6	4	3	3
		$НІР_{0,05}$ (фактор А+В)	9	7	5	4

Внесення фосфорних добрив у ланці з вівсяницею в дозі 13,3 кг на 1 га сівозміни підвищило вміст рухомого фосфору у ґрунті порівняно з контролем без добрив на 3 мг/кг, дозі 20 кг – на 5, дозі 26,7 кг – на 6; ланці з горохом – відповідно на 3, 6 та 8 мг/кг ґрунту. За внесення фосфорних добрив в дозі 26,7 кг на 1 га сівозміни досягався максимальний вміст рухомого фосфору у ґрунті: у ланці з вівсяницею – 127, ланці з горохом – 128 мг/кг ґрунту.

Мобілізації рухомих фосфатів в чорноземі вилугуваному сприяло застосування мінеральних добрив поєднано з зароблянням у ґрунт зеленої маси гірчиці білої та побічної продукції вирощуваних культур. За внесення у ланці з горохом на 1 га сівозміни $N_{50}P_{20}K_{30}$ + сидерат + побічна продукція вміст рухомого фосфору у шарі 0–30 см становив 138 мг/кг, шарі 30–40 см – 116 з перевищенням контролю без добрив – відповідно на 18 та 7 мг/кг ґрунту. Поєднане внесення мінеральних і органічних добрив істотно збільшило обсяги надходження фосфору в ґрунт, що забезпечило найбільше зростання вмісту рухомих фосфатів у чорноземі вилугуваному.

Фонд рухомого калію в чорноземі вилугуваному зазнавав значніших змін під впливом добрив, ніж фонд рухомого фосфору. За внесення калійних добрив у ланці з вівсяницею в дозі 20 кг на 1 га сівозміни вміст рухомого калію у ґрунті порівняно з контролем без добрив підвищився на 6 мг/кг, дозі 30 кг – на 9, дозі 40 кг – на 13; ланці з горохом – відповідно на 4, 10 та 12 мг/кг ґрунту. За дози калійних добрив 40 кг на 1 га сівозміни досягався максимальний вміст рухомого калію у ґрунті: у ланці з вівсяницею – 91, ланці з горохом – 90 мг/кг ґрунту.

Введення до системи удобрення зеленої маси гірчиці білої та побічної продукції вирощуваних культур на фоні внесення мінеральних добрив істотно підвищило вміст рухомого калію в чорноземі вилугуваному. За внесення у ланці з горохом на 1 га сівозміни $N_{50}P_{20}K_{30}$ + сидерат + побічна продукція вміст рухомого калію у шарі 0–30 см становив 103 мг/кг, шарі 30–40 см – 67 з перевищенням контролю без добрив – відповідно на 25 та 5 мг/кг ґрунту.

Отже, доповнення мінеральної системи удобрення зароблянням у ґрунт зеленої маси гірчиці білої та побічної продукції сільськогосподарських культур забезпечило найбільші обсяги накопичення гумусу та сприяло істотному зростанню фондів рухомого фосфору і калію в чорноземі вилугуваному.

Висновки

Вміст гумусу в чорноземі вилугуваному визначався переважно внесенням органічних і мінеральних добрив і незначно залежав від ланки сівозміни. Максимальний вміст гумусу у ґрунті досягався за внесення $N_{50}P_{20}K_{30}$ + сидерат + побічна продукція на 1 га сівозміни: у шарі 0–30 см – 4,06 %, шарі 30–40 см – 3,86 %, що було вищим порівняно з контролем без добрив – відповідно на 0,13 % та 0,02 %.

Фонд рухомого фосфору в чорноземі вилугуваному залежав переважно від системи удобрення. Максимального вмісту рухомих фосфатів у ґрунті досягали за орґано-мінеральної системи удобрення ($N_{50}P_{20}K_{30}$ + сидерат + побічна продукція) у ланці з горохом: у шарі 0–30 см – 138 мг/кг, шарі 30–40 см – 116 з перевищенням контролю без добрив – відповідно на 18 та 7 мг/кг ґрунту. Застосування лише мінеральних добрив зменшило обсяги надходження фосфору у ґрунт і супроводжувалось меншим зростанням вмісту рухомих фосфатів – на 3–8 мг/кг ґрунту порівняно з контролем без добрив.

Застосування орґано-мінеральної системи удобрення ($N_{50}P_{20}K_{30}$ + сидерат + побічна продукція) забезпечило максимальний вміст рухомого калію в чорноземі вилугуваному: у шарі 0–30 см – 103 мг/кг, шарі 30–40 см – 67 з перевищенням контролю без добрив – відповідно на 25 та 5 мг/кг ґрунту. Це є наслідком істотного збільшення обсягів надходження калію у ґрунт з нетоварною продукцією. Ланка сівозміни не впливала істотно на фонд рухомого калію чорнозему вилугуваного.

Використана література

1. Заришняк А. С., Балюк С. А., Лісовий М. В., Комариста А. В. Баланс гумусу і поживних речовин в ґрунтах України. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 1. С. 28–32.
2. Martyniuk S., Piķuła D., Kozieł M. Soil properties and productivity in two long-term crop rotations differing with respect to organic matter management on an Albic Luvisol. *Scientific Report*. 2019. Vol. 9. Article 1878. doi: 10.1038/s41598-018-37087-4
3. Цвей Я. П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін. Київ : Компрінт, 2014. 416 с.
4. Сайко В. Ф. Наукові основи землеробства в контексті змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 11. С. 5–10.
5. Wang X., Xing Yi. Effects of Mulching and Nitrogen on Soil Nitrate-N Distribution, Leaching and Nitrogen Use Efficiency of Maize (*Zea mays* L.). *PLoS One*. 2016. Vol. 11, Iss. 8. Article e0161612. doi: 10.1371/journal.pone.0161612
6. Palmer J., Thorburn P., Biggs J. et al. Nitrogen Cycling from Increased Soil Organic Carbon Contributes Both Positively and Negatively to Ecosystem Services in Wheat Agro-Ecosystems. *Front Plant Science*. 2017. Vol. 8. Article 731. doi: 10.3389/fpls.2017.00731
7. Lemke R. L., VandenBygaart A. J., Campbell C. A. et al. Crop residue removal and fertilizer N: effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll. *Agriculture Ecosystem Environment*. 2010. Vol. 135. P. 42–51. doi: 10.1016/j.agee.2009.08.010
8. Petrovic B., Đuric S., Vasic M. et al. Effect of Bean Cultivars on Soil Microorganisms. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2018. Vol. 66, Iss. 1. P. 0155–0160. doi: 10.11118/actaun201866010155
9. Lori M., Symanczik S., Mäder M. et al. Distinct Nitrogen Provisioning From Organic Amendments in Soil as Influenced by Farming System and Water Regime. *Environment Science*. 2018. Vol. 6. doi: 10.3389/fenvs.2018.00040
10. Isbell F., Craven D., Connolly J. et al. Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature*. 2015. Vol. 526. P. 574–577. doi: 10.1038/nature15374
11. Schütz L., Gattinger A., Meier M. et al. Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization – a global meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 8. Article 2204. doi: 10.3389/fpls.2017.02204

References

1. Zaryshniak, A. S., Baliuk, S. A., Lisovyi, M. V., & Komarista, A. V. (2012). The balance of humus and nutrients in the soils of Ukraine. *Bulletin of Agrarian Science*, 1, 28–32. [In Ukrainian]
2. Martyniuk, S., Piķuła, D., & Kozieł, M. (2019). Soil properties and productivity in two long-term crop rotations

differing with respect to organic matter management on an Albic Luvisol. *Scientific Report*, 9, Article 1878. doi: 10.1038/s41598-018-37087-4

3. Tsvei, Ya. P. (2014). *Soil fertility and crop rotation productivity*. Kyiv: Komprint. [In Ukrainian]

4. Saiko, V. F. (2008). Scientific foundations of agriculture in the context of climate change. *Bulletin of Agrarian Science*, 11, 5–10. [In Ukrainian]

5. Wang, X., & Xing, Yi. (2016). Effects of Mulching and Nitrogen on Soil Nitrate-N Distribution, Leaching and Nitrogen Use Efficiency of Maize (*Zea mays L.*). *PLoS One*, 11(8), Article e0161612. doi: 10.1371/journal.pone.0161612

6. Palmer, J., Thorburn, P. J., Biggs, J. S., Dominati, E. J., Probert, M. E., Meier, E. A., ... Parton, W. J. (2017). Nitrogen Cycling from Increased Soil Organic Carbon Contributes Both Positively and Negatively to Ecosystem Services in Wheat Agro-Ecosystems. *Front Plant Science*, 8, Article 731. doi: 10.3389/fpls.2017.00731

7. Lemke, R. L., Vanden-Bygaart, A. J., Campbell, C. A., Lafond, G. P., & Grant, B. (2010). Crop residue removal and fertilizer N: effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll. *Agriculture Ecosystem Environment*, 135, 42–51. doi: 10.1016/j.agee.2009.08.010

8. Petrović, B., Đurić, S., Vasić, M., Tunguz, V., & Pokluda, R. (2018). Effect of Bean Cultivars on Soil Microorganisms. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 66(1), 0155–0160. doi: 10.11118/actaun201866010155

9. Lori, M., Symanczik, S., Mäder, P., Efosa, N., Jaenicke, S., Buegger, F., Tresch, S., Goesmann, A., & Gattinger, A. (2018). Distinct Nitrogen Provisioning From Organic Amendments in Soil as Influenced by Farming System and Water Regime. *Environment Science*, 6. doi: 10.3389/fenvs.2018.00040

10. Isbell, F., Craven, D., Connolly, J., Loreau, M., Schmid, B., Beierkuhnlein, C., ... Eisenhauer, N. (2015). Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature*, 526, 574–577. doi: 10.1038/nature15374

11. Schütz, L., Gattinger, A., Meier, M., Müller, A., Boller, T., Mäder, P., & Mathimaran, N. (2018). Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization – a global meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 2204. doi: 10.3389/fpls.2017.02204

UDC 631.416.1:631.81

Ivanina, V. V.*, & **Korotenko, I. M.** (2023). State of humus and nutrition of leached chernozem under the effect of fertilisation and field of crop rotation. *Advanced Agritechnologies*, 11(1). <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.277356> [In Ukrainian]

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

Purpose. To study the state of humus and the content of mobile phosphorus and potassium in leached chernozem as affected by fertilisation system and the introduction of leguminous crops into the crop rotation. **Methods.** Field experiment and analytical method. **Results.** The data on the content of humus, mobile phosphorus and potassium in the grain fields of crop rotation under the effect of different fertilisation systems are presented. It was established that the humus, mobile phosphorus and potassium content of soil increased significantly with the application of organo-mineral fertilisation system, while the factor of the field of crop rotation was insignificant. The mineral fertilisation system was inferior to the organo-mineral one in terms of its effect on the key fertility indicators of the soil. **Conclusions.** The application of mineral fertilisers in both grain fields of crop rotation promoted an increase in the humus content layer by 0.02–0.05% in the 0–30 cm compared to zero fertilisation (control). At the same time, application of $N_{33.3}P_{13.3}K_{20}$ and $N_{50}P_{20}K_{30}$ in the field with pea provided a slightly higher increase in the humus content of soil compared to the control than in the field with buckwheat – 0.02% and 0.01%, respectively. The maximum content of humus in the soil – 4.06% in the 0–30 cm layer and 3.86% in the 30–40 cm layer – was achieved with the application of $N_{50}P_{20}K_{30}$ + green manure + harvest residues ensuring 0.13% and 0.02%, respectively, increase to the control. Mobile phosphorus and potassium contents of soil were affected mainly by the factor fertilisation system. They were the highest in the field with pea under the organo-mineral fertilisation system ($N_{50}P_{20}K_{30}$ + green manure + harvest residues): 138 mg/kg and 103 mg/kg in the 0–30 cm layer and 116 mg/kg and 67 mg/kg in the 30–40 cm layer, exceeding the control by 18 mg/kg, 25 mg/kg and 7 mg/kg, 5 mg/kg, respectively. The combined application of mineral and organic fertilisers significantly increased the amount of phosphorus and potassium income in the soil and ensured the highest content of their mobile forms. The application of mineral fertilisers was much less effective compared to organic-mineral in terms of the impact on the content of mobile phosphorus and potassium. The introduction of the leguminous crop to the grain field of crop rotation did not significantly affect soil fertility.

Keywords: leached chernozem; humus; nutrients; fertilisers; crop rotation chain.

Надійшла / Received 18.01.2023
Погоджено до друку / Accepted 24.02.2023