

## ВПЛИВ РІЗНИХ ВИДІВ І ДОЗ ДОБРИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗЕРНОВОЇ СІВОЗМІНИ

Господаренко Григорій Миколайович

доктор сільськогосподарських наук, професор  
Уманський національний університет садівництва,  
м. Умань, Україна  
ORCID: 0000-0002-6495-2647  
hospodarenko@gmail.com

Любич Віталій Володимирович

доктор сільськогосподарських наук, професор  
Уманський національний університет садівництва,  
м. Умань, Україна  
ORCID: 0000-0003-4100-9063  
LyubichV@gmail.com

Стоцький Вадим Вікторович

аспірант  
Уманський національний університет садівництва,  
м. Умань, Україна  
ORCID: 0000-0001-6939-4958  
LyubichV@gmail.com

Висвітлено результати досліджень впливу тривалого (11 років) застосування фосфорних добрив у поєднанні з різними дозами азотних і калійних добрив в умовах Правобережного Лісостепу України на продуктивність культур польової сівозміни. Дослідження проводили у стаціонарному польовому досліді (№ 87 реєстрації НААН України), що територіально розміщувався у Правобережному Лісостепу (м. Умань Черкаської обл.). Продуктивність польової сівозміни обчислювали як суму добуток показників урожайності зерна й насіння на вихід кормопротеїнових одиниць (кпо) з 1 т відповідної продукції. Вважали, що 1 т продукції містить, т кпо: соя – 2,14, пшениця озима – 1,15, кукурудза – 1,06, ячмінь ярий – 1,01. Як показали проведенні дослідження, врожайність ячменю ярого змінювалась від 3,64 до 5,70 т/га залежно від доз і поєднань добрив у польовій сівозміні. Систематичне застосування повного мінерального добрива в сівозміні сприяло підвищенню врожайності зерна на 1,95–2,06 т/га залежно від дози. При цьому слід зазначити, що в середньому за роки проведення досліджень у варіанті досліді Фон + P<sub>60</sub> відмічено лише незначне (0,11 т/га) підвищення врожайності порівняно з варіантом Фон + P<sub>30</sub>. Тобто ячмінь ярий може ефективно використовувати післядію добрив, внесених під попередник і не потребує високих доз фосфорних добрив.

Фосфорні добрива на азотно-калійному тлі в дозі 30 кг/га д. р. сприяли підвищенню врожайності пшениці озимої, кукурудзи, ячменю ярого та сої відповідно на 9, 14, 9 і 7 %, а продуктивності сівозміни у цілому – на 10 %. Подальше підвищення дози фосфорних добрив до P<sub>60</sub> підвищувало їх урожайність лише на 2–7 %, а продуктивність сівозміни лише на 6 %. Фосфорні добрива на азотно-калійному тлі (N<sub>110</sub>K<sub>80</sub>) у дозі 30 кг/га д. р. сприяють підвищенню врожайності пшениці озимої, кукурудзи, ячменю ярого та сої відповідно на 9; 14; 9 і 7 %, а подальше підвищення їх дози до 60 кг/га д. р. підвищувало їх урожайність лише на 2–7 %. Приріст продуктивності культур від фосфорних добрив, що вносяться в сівозміні в дозі 30 кг/га д. р., на азотно-калійному тлі (N<sub>110</sub>K<sub>80</sub>) становив 0,76 т кпо/га, або 10 %, тоді як від наступної дози (P<sub>30</sub>) – 0,47 т кпо/га, або 6 %. Культури мають різний вплив на формування продуктивності сівозміни у цілому – від 17,5 % до 38,3 % залежно від удобрення. Застосування фосфорних добрив на азотно-калійному тлі збільшує частку участі кукурудзи і зменшує відповідно ячменю ярого і сої. Для забезпечення продуктивності польової сівозміни на рівні 8,1–8,5 т кпо/га, необхідно щорічно вносити під сільськогосподарські культури фосфорні добрива в дозі 30–60 кг/га д. р. на тлі N<sub>110</sub>K<sub>80</sub> і заробляння у ґрунт нетоварної частини їх урожаю.

**Ключові слова:** система удобрення, фосфор, ґрунт, урожайність культур, продуктивність сівозміни.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.7>

**Вступ.** Проблема родючості ґрунтів в Україні залишається актуальною у зв'язку зі значною розораністю земель, недотриманням рекомендованих сівозмін і ґрунтоохоронних заходів (Balík et al., 2020). Крім того економічна криза обумовила значне зниження рівня застосування мінеральних добрив, особливо фосфорних, що поглиблює проблему відновлення родючості ґрунту (Vu et al., 2010).

Ефективність застосування мінеральних добрив залежить від доз їх внесення. Оптимальна доза добрив повинна враховувати біологічні особливості культур і запланований рівень урожайності, погодні умови і родючість ґрунту, рівень агротехнології, розміщення культур у сівозміні та насичення її добривами, форми добрив, строки і способи їх внесення та інші чинники. Встанов-

лення оптимальних доз добрив є одним із важливих питань агрохімічної науки і практики (Daly et al., 2015). За систематичного застосування добрив у сівозміні формування високої продуктивності сільськогосподарських культур можливе за внесення менших доз, що пояснюється накопиченою післядією добрив, внесених у попередні роки (Nunes et al., 2020).

У Правобережному Лісостепу в польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому встановлено, що за внесенням  $P_{30}$  і  $P_{60}$  на тлі  $N_{110}K_{80}$  та залишення нетоварної частини урожаю культур на полі на добриво баланс фосфору в ґрунті формується з інтенсивністю відповідно 67 і 117 % (Hospodarenko et al., 2022).

Особливість взаємодії між рослиною, добривом, ґрунтом і погодою зумовлює складність встановлення потреби культур у фосфорі і є вузьким місцем у системі застосування фосфорних добрив (O'Sullivan et al., 2022; Schneider et al., 2019). Нині запропоновано низку методів розрахунку доз добрив, проте вони не забезпечують належну продуктивність культур сівозміни, оскільки були розроблені для окремих пріоритетних культур, а не для всієї сівозміни (Menezes-Blackburn et al., 2018).

У тривалому досліді на чорноземі опідзоленому встановлено, що поліпшення фосфатного стану ґрунту не пропорційне дозам фосфорних добрив. Подібно цій закономірності формується і продуктивність сівозміни (Sheil et al., 2016). Тому розрахунки показують, що класичні системи удобрення є витратними щодо досягнення найвищої окупності фосфорних добрив (Soltangheisi et al., 2020).

Для оптимізації мінерального живлення у польових сівозмінах і підвищення родючості сірого лісового ґрунту Правобережного Лісостепу з середніми агрохімічними показниками у господарствах рослинницького напрямку рекомендується максимально залучати нетоварну частину врожаю та вносити невисокі дози фосфорних добрив (Chen et al., 2021; Dai et al., 2013).

На чорноземі типовому Лівобережному Лісостепу в польових сівозмінах на 10–15 років можуть застосовуватися системи удобрення, які не покривають винесення фосфору (Vitousek et al., 2009). Можливість подальшого застосування таких систем удобрення необхідно визначити контролем основних агрохімічних властивостей ґрунту (Bi et al., 2009). Одним з перспективних напрямків є застосування помірних доз фосфорних добрив з додатковим залученням нетоварної продукції культур сівозміни (Gong et al., 2009; Jiang et al., 2006). Оптимальна доза фосфорних добрив залежить перш за все від ґрунту,

менш – від вирощуваної культури, і не залежить від погодних умов року (Wang et al., 2010; Zhang et al., 2009).

Отже, раціональне використання фосфорних добрив у зв'язку з обмеженістю їх застосування перетворилось у найважливішу проблему землеробства, тому уточнення можливості зниження їх доз є нині актуальним. З огляду наукових джерел, рекомендовані в довідковій літературі дози фосфорних добрив зазвичай не враховують залишкового вмісту в ґрунті рухомих фосфатів. Вони були розраховані за умов видалення нетоварної частини урожаю з поля, яка використовувалася в тваринництві. Тому в умовах енергетичної кризи важливо встановити мінімально оптимальну дозу фосфорних добрив, за якої не знижувалася б продуктивність культур сівозміни.

Мета досліджень – встановити формування продуктивності короткоротаційної польової сівозміни за різних доз фосфорних добрив на тлі заробляння у ґрунт нетоварної частини урожаю.

**Матеріали і методи дослідження.** Дослідження проводили у стаціонарному польовому досліді (№ 87 реєстрації НААН України), що територіально розміщувався у Правобережному Лісостепу (м. Умань Черкаської обл.) з географічними координатами 48°46' пн. ш. і 30°14' сх. д. і висотою над рівнем моря 245 м (Stationary, 2014). За даним метеостанції Умань, розміщеної за 2 км від стаціонарного досліді, клімат регіону помірно-континентальний із нестійким зволоженням, холодними умовами взимку і жаркими, а часто і сухим влітку. Середня багаторічна температура повітря становить 8,8 °С, сума опадів – 586 мм. За теплий період (квітня–жовтень) середня температура повітря складає 15,4 °С, а сума опадів – 395 мм. ґрунт класифікується як чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі (за класифікацією FAO/WRB 2014 – Luvic Chernozems).

Дослід одночасно закладено на чотирьох полях з послідовним розміщенням варіантів і триразовим повторенням (табл. 1). Загальна площа дослідної ділянки 110 м<sup>2</sup>, облікова – 72 м<sup>2</sup>.

Відповідно до схеми досліді застосовували такі види мінеральних добрив: аміачна селітра, суперфосфат гранульований і калій хлористий. Фосфорні та калійні добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивування та в підживлення пшениці озимої.

Збирання та облік урожаю гороху, пшениці озимої і сої проводили прямим комбайнуванням, кукурудзи – вручну після звільнення качанів від обгорток. Нетоварну частину врожаю (солому, стебеління) залишали на полі на добриво.

Таблиця 1

Схема досліді

Варіант досліді (насиченість добривами 1 га площі сівозміни)	Сівозміна			
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	–	–	–	–
$N_{110}K_{80}$ – фон	$N_{150}P_{60}$	$N_{160}P_{60}$	$N_{70}P_{60}$	$N_{60}P_{60}$
Фон + $P_{30}$	$N_{150}P_{30}K_{80}$	$N_{160}P_{30}K_{110}$	$N_{70}P_{30}K_{70}$	$N_{60}P_{30}K_{60}$
Фон + $P_{60}$	$N_{150}P_{60}K_{80}$	$N_{160}P_{60}K_{110}$	$N_{70}P_{60}K_{70}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$

Продуктивність польової сівозміни обчислювали як суму добутоків показників урожайності зерна й насіння на вихід кормопротеїнових одиниць (кпо) з 1 т відповідної продукції. Вважали, що 1 т продукції містить, т кпо: соя – 2,14, пшениця озима – 1,15, кукурудза – 1,06, ячмінь ярий – 1,01 (Volkohon et al., 2019).

**Результати** досліджень. Продуктивність сільськогосподарських культур є найбільш мінливим й інтегральним показником їх життєдіяльності в якому акумулюється генетичний потенціал рослин, родючість ґрунту, погодні умови та складові технології вирощування. Дослідження показали, що за внесення в польовій сівозміні повного мінерального добрива урожайність пшениці озимої у середньому за три роки становила 7,31–7,78 т/га, що на 2,91–3,38 т/га більше, порівняно з ділянками без добрив (табл. 2).

Фосфорні добрива в дозі 30 кг/га д. р. на азотно-калійному фоні сприяли підвищенню урожайності пшениці озимої, кукурудзи, ячменю ярого та сої відповідно на 9; 14; 9 і 7 %.

Відомо, що кукурудза, навіть за вирощування на чорноземних ґрунтах, має підвищенні вимоги до умов мінерального живлення та удобрення. Як показали проведенні дослідження, з культур сівозміни вона найбільше реагує на внесення фосфорних добрив. Навіть за внесення їх у дозі 30 кг/га д. р. на тлі ( $N_{110}P_{30}K_{80}$ ) урожайність зерна збільшувалась у середньому за роки проведення досліджень на 0,84 т/га або 7 %.

Як показали проведенні дослідження, урожайність ячменю ярого змінювалась від 3,64 до 5,70 т/га залежно від доз і поєднань добрив у польовій сівозміні. Систематичне застосування повного мінерального добрива в сівозміні

сприяло підвищенню врожайності зерна на 1,95–2,06 т/га залежно від дози. При цьому слід зазначити, що в середньому за роки проведення досліджень у варіанті досліді Фон +  $P_{60}$  відмічено лише незначне (0,11 т/га) підвищення врожайності порівняно з варіантом Фон +  $P_{30}$ .

Застосування фосфорних добрив у сівозміні підвищувало урожайність сої на 0,18–0,34 т/га або на 7–13 % залежно від їх дози. Приріст продуктивності культур від фосфорних добрив, що вносяться в сівозміні в дозі 30 кг/га д. р., на азотно-калійному тлі становив 0,76 т кпо/га, або 10 %, тоді як від наступної дози ( $P_{30}$ ) – 0,47 т кпо/га, або 6 %.

Як видно з табл. 3, культури мають різний вплив на формування продуктивності сівозміни у цілому – від 17,5 % до 38,3 % залежно від удобрення. Найбільше впливає на продуктивність сівозміни вирощування кукурудзи, найменше – ячменю ярого. Особливості удобрення в сівозміні змінює частку впливу окремих культур. Так, за внесення мінеральних добрив частка участі пшениці озимої підвищувалася на 2,1–2,4 % (за показника на контролі 24,0 %). При цьому частка кукурудзи зростає на 3,3–4,7 %, у тому числі завдяки внесенню фосфорних добрив на 1,1–1,5 %. За внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. на азотно-калійному тлі частка ячменю ярого у формуванні продуктивності сівозміни знижувалася на 0,8 %, а порівняно з контролем – на 3,2 %. За внесення фосфорних добрив на азотно-калійному тлі частка сої у формуванні продуктивності сівозміни знижувалася на 0,6 %, а порівняно з контролем – на 3,6 %.

**Обговорення.** Застосування фосфорних добрив сприяло зростанню продуктивності польової сівозміни.

Таблиця 2

**Вплив тривалого застосування фосфорних добрив на урожайність культур і продуктивність польової сівозміни, 2011–2021 рр.**

Варіант досліді	Урожайність, т/га				Продуктивність сіво-зміни, т кпо/га	Приріст від кожної наступної дози фосфорних добрив	
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя		т кпо/га	%
Без добрив (контроль)	3,83	5,80	3,64	1,90	4,58	–	–
$N_{110}K_{80}$ – фон	6,71	10,12	5,12	2,63	7,31	–	–
Фон + $P_{30}$	7,31	11,52	5,59	2,81	8,07	0,76	10
Фон + $P_{60}$	7,78	12,36	5,70	2,97	8,54	0,47	6

Таблиця 3

**Частка участі культур за різного удобрення у формуванні продуктивності сівозміни, %**

Варіант досліді	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	31,2	30,4	18,3	20,1
$N_{110}K_{80}$ – фон	26,4	36,7	17,7	19,2
Фон + $P_{30}$	26,1	37,8	17,5	18,6
Фон + $P_{60}$	26,2	38,3	16,9	18,6

Про позитивний вплив фосфорних добрив свідчать результати досліджень інших вчених (Mueller et al., 2012; Tang et al., 2008). Слід відзначити, що величина продуктивності в наших дослідженнях значно змінювалась залежно від культури. Вчені (Shen et al., 2004; Manna et al., 2005) відзначають зміну ефективності застосування добрив залежно від культури. Така ефективність зумовлена різною реакцією на удобрення (Weng et al., 2018). Так, ячмінь ярий найінтенсивніше засвоює поживні речовини упродовж короткого проміжку часу, тому добре реагує на добрива і їх післядію (Šimanský & Jonczak, 2019). Проте є дані (Novak et al., 2019), що ячмінь слабо реагує на високі дози мінеральних добрив. Урожайність інтенсивно зростає до рівня  $N_{60}P_{90}K_{60}$ , а потім знижується в інтервалі від  $N_{100}P_{150}K_{100}$  до  $N_{160}P_{240}K_{160}$ . Тому оптимальна доза знаходиться в межах  $N_{20-60}P_{30-90}K_{20-60}$ . У Східному Лісостепу

на чорноземі типовому за дози  $N_{40}P_{40}K_{40}$  азотні добрива обумовили 53 % приросту врожаю від сумарної дії NPK, фосфорні – 35, а калійні – 12 % (Hospodarenko et al., 2019). Дози добрив для кукурудзи значно більші, оскільки вона має вищу реакцію на їх внесення (Li et al., 2019; Dai et al., 2013).

**Висновки.** Фосфорні добрива на азотно-калійному тлі ( $N_{110}K_{80}$ ) у дозі 30 кг/га д. р. сприяють підвищенню врожайності на 7–14 % залежно від культури польової сівозміни. Збільшення дози фосфорних добрив до 60 кг/га д. р. підвищує їх урожайність лише на 2–7 %. Продуктивність сівозміни за внесення 30 кг/га д. р. фосфорних добрив зростає до 8,07 т кпо/га, а за внесення подвійної дози – до 8,54 т кпо/га порівняно з 4,58 т кпо/га на ділянках без добрив. Частка впливу культур сівозміни у формуванні її продуктивності змінюється від 17,5 до 38,3 %. Частка кукурудзи при цьому є найвищою.

#### Бібліографічні посилання:

1. Balík, J., Kulhánek, M., Cern, J., Sedlář, O., & Suran, P. (2020). Potassium fractions in soil and simple K balance in long-term fertilising experiments. *Soil Water Res*, 15, 211–219.
2. Bi, L.D., Zhang, B., Liu, G.R., Li, Z.Z., & Liu, Y.R. (2009). Long-term effects of organic amendments on the rice yields for double rice cropping systems in subtropical China. *Agr Ecosyst Environ*, 129, 534–541.
3. Chen, X., Zhang, W., Wang, X., Liu, Y., Yu, B., Chen, X., & Zou, C. (2021). Life cycle assessment of a long-term multifunctional winter wheat-summer maize rotation system on the North China Plain under sustainable P management. *Sci Total Environ*, 783, 147039. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147039
4. Dai, X., Ouyang, Z., Li, Y., & Wang, H. (2013). Variation in yield gap induced by nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer in North China Plain. *PLoS One*, 8(12), e82147.
5. Dai, X., Ouyang, Z., Li, Y., & Wang, H. (2013). Variation in yield gap induced by nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer in North China Plain. *PLoS One*, 8(12), e82147. doi: 10.1371/journal.pone.0082147
6. Daly, K., Styles, D., Lalor, S., & Wall, D. P. (2015). Phosphorus sorption, supply potential and availability in soils with contrasting parent material and soil chemical properties. *European Journal of Soil Science*, 66(4), 792–801.
7. Gong, W., Yan, X.Y., Wang, J.Y., Hu, T.X., Gong, Y.B. (2009). Long-term manuring and fertilization effects on soil organic carbon pools under a wheat-maize cropping system in North China Plain. *Plant Soil*, 314, 67–76.
8. Hospodarenko, H., Liubych, V., Oliinyk, O., Polianetska, I., Silifonov, T. (2022). Influence of fertilization on the crop rotation productivity and the balance of essential nutrients in the soil. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 75(2), 9919–9928. doi: 10.15446/rfnam.v75n2.98290
9. Hospodarenko, H., Prokopchuk, I., Nikitina, O. & Liubych, V. (2019). Assessment of the contamination level of a podzolized chernozem with nuclides in a long-term land use. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, 65(3), 128–135. doi: 10.2478/agri-2019-0013
10. Jiang, D., Hengsdijk, H., Dai, T., de Boer, W., & Jing, Q. (2006). Long-term effects of manure and inorganic fertilizers on yield and soil fertility for a winter wheat-maize system in Jiangsu, China. *Pedosphere*, 16, 25–32.
11. Li, S., Lei, Y., Zhang, Y., Liu, J., Shi, X., Jia, H., Wang, C., Chen, F., & Chu, Q. (2019). Rational trade-offs between yield increase and fertilizer inputs are essential for sustainable intensification: A case study in wheat-maize cropping systems in China. *Sci Total Environ*, 679, 328–336. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.085
12. Manna, M.C., Swarup, A., Wanjari, R.H., Ravankar, H.N., & Mishra, B. (2005). Long-term effect of fertilizer and manure application on soil organic carbon storage, soil quality and yield sustainability under sub-humid and semi-arid tropical India. *Field Crop Res*, 93, 264–280.
13. Menezes-Blackburn, D., Giles, C., & Darch, T. (2018). Opportunities for mobilizing recalcitrant phosphorus from agricultural soils: a review. *Plant Soil*, 427, 5–16.
14. Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D.K., & Ramankutty, N. (2012). Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, 490, 254–257.
15. Novak, L., Liubych, V., Poltoretskyi, S. & Andrushchenko, M. (2019). Technological indices of spring wheat grain depending on the nitrogen supply. *Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations*, 753–761. doi: 10.31388/2220-8674-2019-1-55
16. Nunes, R. S., de Sousa, D. M. G., Goedert, W. J., de Oliveira, L. E. Z., Pavinato, P. S., & Pinheiro, T. D. (2020). Distribution of Soil Phosphorus Fractions as a Function of Long-Term Soil Tillage and Phosphate Fertilization Management. *Frontier Earth Science*, 8, 350. doi: 10.3389/feart.2020.00350
17. O'Sullivan, J. B., Vongsouthi, K., Jin, J., & Tang, C. (2022). Soil phosphorus sorption capacity dictates the effect of elevated CO<sub>2</sub> on soil and plant critical phosphorus levels for wheat growth. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 1–10. doi: 10.1002/jpln.202100401
18. Schneider, K. D., Thiessen Martens, J. R., & Zvomuya F. (2019). Options for improved phosphorus cycling and use in agriculture at the field and regional scales. *J. Environ. Qual.*, 48, 1247–1264.

19. Sheil, T., Wall, D., Culleton, N., Murphy, J., Grant, J., & Lalor, S. (2016). Long-term effects of phosphorus fertilizer on soil test phosphorus, phosphorus uptake and yield of perennial ryegrass. *The Journal of Agricultural Science*, 154(6), 1068–1081. doi: 10.1017/S0021859615001100
20. Shen, J., Li, R., Zhang, F., Fan, J., & Tang, C. (2004). Crop yields, soil fertility and phosphorus fractions in response to long-term fertilization under the rice monoculture system on a calcareous soil. *Field Crop Res.* 86, 225–238.
21. Šimanský, V. & Jonczak, J. (2019). Sorption capacity of sandy soil under long-term fertilisation. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, 65(4), 164–171. doi: 10.2478/agri-2019-0017
22. Soltangheisi, A., Teles, A. P. B., Sartor, L. R., & Pavinato, P. S. (2020). Cover Cropping May Alter Legacy Phosphorus Dynamics Under Long-Term Fertilizer Addition. *Frontiers in environmental science*, 8, 13. doi: 10.3389/fenvs.2020.00013
23. Stationary field experiments of Ukraine. (2014). *Agrarian Science*, Kyiv. 146
24. Tang, X., Li, J., Ma, Y., Hao, X., & Li, X. (2008). Phosphorus efficiency in long-term (15-years) wheat-maize cropping systems with various soil and climate conditions. *Field Crop Res*, 108, 231–237.
25. Vitousek, P.M., Naylor, R., Crews, T., David, M.B., Drinkwater, L.E. (2009). Nutrient imbalances in agricultural development. *Science*, 324, 1519–1520.
26. Volkohon, V.V., Berdnikov, O.M. & Lopushniak, V.I. (2019). Ecological aspects of fertilization system of agricultural crops. *Agrarian science*, Kyiv. 263.
27. Vu, D. T., Armstrong, R. D., Sale, P. W. G., & Tang, C. (2010). Phosphorus availability for three crop species as a function of soil type and fertilizer history. *Plant and Soil*, 337(1–2), 497–510.
28. Wang, Y.C., Wang, E., Wang, D.L., Huang, S.M., & Ma, Y.B. (2010) Crop productivity and nutrient use efficiency as affected by long-term fertilization in North China Plain. *Nutr Cycl Agroecosys*, 86, 105–119.
29. Weng, L.Y., Yang, X.Q., Lyu, M.J., Xin, S.Y., Chen, S., Ma, W.Q., & Wei, J. (2018). Characteristics of soil nitrate accumulation and leaching under different long-term nitrogen application rates in winter wheat and summer maize rotation system. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 29(8), 2551–2558. doi: 10.13287/j.1001-9332.201808.026
30. Zhang, H., Xu, M., & Zhang, F. (2009). Long-term effects of manure application on grain yield under different cropping systems and ecological conditions in China. *J Agr Sci*, 147, 31–42.

**Hospodarenko H.M.**, Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

**Liubych V.V.**, Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

**Stotskyi V.V.**, PhD student, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

**Influence of different types and doses of fertilizers on grain rotation productivity**

Research results of influence of long-term (11 years) application of phosphorus fertilizers in combination with various doses of nitrogen and potassium fertilizers in the conditions of the Right-Bank Forest-steppe of Ukraine on crop productivity of field crop rotation are covered. The research was conducted in a stationary field experiment (No 87 registered by NAAS of Ukraine), which was located in the Right-Bank Forest-Steppe (Uman, Cherkasy region). Field crop rotation productivity was calculated as the sum of grain products and seed yields per yield of feed protein units (fp) from 1 ton of relevant products. It was believed that 1 ton of products contains, t fp: soybeans – 2.14, winter wheat – 1.15, maize – 1.06, spring barley – 1.01. According to the research, spring barley yield varied from 3.64 to 5.70 t/ha depending on the doses and combinations of fertilizers in the field crop rotation. Systematic application of complete mineral fertilizer in crop rotation increased grain yield by 1.95–2.06 t/ha depending on the dose. It should be noted that on average over the research years in  $F_{on} + P_{60}$  experiment option there was only a slight (0.11 t/ha) increase in yield compared to  $F_{on} + P_{30}$  option. That is, spring barley can effectively use the aftereffects of fertilizers applied under the precursor and does not require high doses of phosphorus fertilizers. Phosphorus fertilizers on a nitrogen-potassium background at a dose of 30 kg/ha of active ingredient increased the yield of winter wheat, maize, spring barley and soybeans by 9, 14, 9 and 7%, respectively, and crop rotation productivity in general – by 10%. A further increase in the dose of phosphorus fertilizers to  $P_{60}$  increased their yield by only 2–7%, and crop rotation productivity by only 6%. Phosphorus fertilizers on a nitrogen-potassium background ( $N_{110}K_{80}$ ) at a dose of 30 kg/ha of active ingredient increase the yield of winter wheat, maize, spring barley and soybeans by 9, 14, 9 and 7%. And a further increase in their dose to 60 kg/ha of active ingredient, increased their yield by only 2–7%. The increase in crop productivity from phosphorus fertilizers applied in crop rotation at a dose of 30 kg/ha of active ingredient, against nitrogen-potassium background ( $N_{110}K_{80}$ ) was 0.76 t fp/ha, or 10%, while from the next dose ( $P_{30}$ ) – 0.47 t fp/ha, or 6%. Crops have different effects on the formation of crop rotation productivity in general – from 17.5% to 38.3% depending on the fertilizer. The use of phosphorus fertilizers on the nitrogen-potassium background increases the share of maize and reduces, respectively, spring barley and soybeans. To ensure the productivity of field crop rotation at the level of 8.1–8.5 tons of fp/ha, it is necessary to annually apply phosphorus fertilizers to crops at a dose of 30–60 kg/ha of active ingredient against the background of  $N_{110}K_{80}$ .

**Key words:** fertilizer system, phosphorus, soil, crop yield, crop rotation productivity.