

## ВПЛИВ ДОБРИВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОЛОГИ ПШЕНИЦЕЮ ОЗИМОЮ У ЧОТИРИПІЛЬНИХ СІВОЗМІНАХ

**В.В. Іваніна, В.Б. Поплавський**

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141*

**Актуальність.** З потеплінням клімату питання удобрення, накопичення вологи у ґрунті та ефективного використання її рослинами набувають особливої ваги. Пшениця озима посідає вагоме місце у структурі аграрного виробництва, а тому заходи, направлені на отримання високих і сталих врожаїв цієї культури, є завжди актуальними. У чотирипільних сівозмін питання удобрення та забезпечення рослин пшениці озимої вологою є недостатньо вивчені, що і спонукало до проведення цих досліджень. **Мета досліджень** – дослідити вплив добрив на врожайність та ефективність використання вологи пшеницею озимою у чотирипільних сівозмінах. **Методи.** Довготривалий польовий та аналітичний. **Результати.** Установлено, що у плодозмінній сівозміні органо-мінеральні системи удобрення забезпечили найвищу врожайність пшениці озимої. Виявлено, що застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення забезпечило найефективніше використання вологи пшеницею озимою. **Висновки.** В умовах недостатнього зволоження найвищу врожайність зерна пшениці озимої отримали у чотирипільній плодозмінній сівозміні за внесення 6,3 т/га гною + побічна продукція +  $N_{34}P_{34}K_{34}$  та побічна продукція +  $N_{46}P_{34}K_{34}$  на 1 га сівозміни – 3,74 та 3,76 т/га з перевищенням контролю (без добрив) на 0,85 та 0,87 т/га, відповідно. У зерно-просапній та просапній сівозмінах врожайність зерна була менша на 0,26–0,43 т/га. Застосування органо-мінеральних систем удобрення збільшило запаси вологи у 1,5 м шарі ґрунту у весняний період у розрізі сівозмін порівняно з контролем (без добрив) на 6–15 мм. У зерно-просапній та просапній сівозмінах запаси вологи у ґрунті були більші порівняно з плодозмінною сівозміною на 11–15 мм. Найефективніше вологу ґрунту на формування однієї тонни біологічного врожаю пшениця озима використовувала у плодозмінній сівозміні за внесення побічної продукції +  $N_{46}P_{34}K_{34}$  на 1 га сівозміни – 424 м<sup>3</sup>, що порівняно з контролем (без добрив) було меншим на 92 м<sup>3</sup>. У зерно-просапній та просапній сівозмінах витрати вологи на формування врожаю були вищі порівняно з плодозмінною сівозміною на 68–69 м<sup>3</sup>.

**Ключові слова:** пшениця озима, добрива, врожайність, вологозабезпечення, сівозміни

**Вступ.** Пшениця озима є однією з провідних зернових культур в Україні з посівною площею понад 6 млн. га [1]. Потепління клімату, яке спостерігається в останні десятиліття істотно посилило ризики щодо отримання високих і водночас сталих врожаїв цієї культури [2]. Система удобрення та структура сівозмін є найбільш дієвими факторами впливу на врожайність пшениці озимої [3, 4]. Ці чинники впливають на накопичення та зберігання вологи у ґрунті, режим мінерального живлення, що у поєднанні формує особливе трофічне середовище здатне впливати на ріст і розвиток рослин пшениці озимої [5, 6].

У сучасному землеробстві пшеницю озиму вирощують у короткоротаційних, переважно у чотирипільних сівозмінах на тлі гострого дефіциту гною [7, 8]. Зменшення обсягів застосування гною погіршує фізичні

властивості та структуру ґрунтів, зменшуються обсяги накопичення вологи та тривалість її зберігання у ґрунті [9]. На тлі зростання ксероморфності у ґрунтах погіршується розчинність та доступність елементів живлення рослинам, що потребує заходів з оптимізації мінерального живлення [10]. Найбільш дієвим способом покращання властивостей ґрунту є насичення його органікою, що за нинішніх обставин досягається шляхом застосування на добриво побічної продукції сільськогосподарських культур [11].

В умовах чотирипільних сівозмін питання альтернативних органічних добрив, їх вплив на вологозабезпечення ґрунту та врожайність пшениці озимої вивчені недостатньо, що спонукало до проведення цих досліджень.

**Мета досліджень** – дослідити вплив добрив на врожайність та ефективність викорис-

### Інформація про авторів:

**Іваніна Вадим Віталійович**, доктор с.-г. наук, завідувач відділу агрохімічних досліджень, e-mail: v\_ivanina@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9471-114X>

**Поплавський Владислав Борисович**, аспірант, e-mail: vladpoplavscki@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-9483-4342>

тання вологи пшеницею озимою в умовах чотирирічних сівозмінах.

### Матеріали і методика досліджень.

Місце проведення досліджень – стаціонарний польовий дослід Веселоподільської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, яка знаходиться у підзоні Лісостепу лівобережного низинного. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий слабкосолонцюватий, який в орному 0–30 см шарі містить гумусу за Тюрніним згідно з ДСТУ 4289:2004 – 4,7 %, рухомого фосфору за Мачигініним згідно з ДСТУ 4114-2002 – 46 мг/кг ґрунту, рухомого калію за Чиріковим згідно з ДСТУ 4115-2002 – 114 мг/кг ґрунту. Площа посівної ділянки – 250 м<sup>2</sup>, облікової – 100 м<sup>2</sup>, повторність – чотириразова.

Пшеницю озиму упродовж 2022–2024 рр. вирощували на трьох типах чотирирічних сівозмін: - плодозмінна сівозміна: костриця+еспарцет – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий; - просапна: кукурудза на силос – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий; - зерно-просапна: пшениця озима – пшениця озима – буряки цукрові – горох.

У сівозмінах застосовували три органо-мінеральні системи, які включали: 1 – контроль (без добрив); 2 – 6,3 т/га гною + побічна продукція + N<sub>34</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub>; 3 – побічна продукція + N<sub>46</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> на 1 га сівозмінної площі. Під пшеницю озиму вносили тільки мінеральні добрива дозою N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. Азот вносили у формі сечовини, фосфор – простого суперфосфату, калій – калію хлористого. У сівозмінах застосовували органічні добрива – напіврозкладений гній великої рогатої худоби та побічну продукцію сільськогосподарських культур. В усіх сівозмінах гній вносили під буряки цукрові в дозі 25 т/га, у плодозмінній та просапній сівозмінах на добриво вносили побічну продукцію пшениці озимої, ячменю ярого, листки буряків цукрових; у зерно-

просапній сівозміні – соломі пшениці озимої та гороху, листки буряків цукрових. Компенсаційну дозу азоту при внесенні побічної продукції не застосовували. Схема дослідів представлена в таблиці 2.

У досліді висівали сорт пшениці озимої – Єсенія, ячменю ярого – Аграрій, гороху – Оплот, еспарцету – Медина, гібрид буряків цукрових – Булава, гібрид кукурудзи на силос – Серенада. Сільськогосподарські культури вирощували з використанням загальноприйнятних агротехнік для зони Лівобережного Лісостепу України.

Для визначення вологозабезпечення чорнозему типового слабкосолонцюватого зразки ґрунту відбирали пошарово через 10 см на глибину 1,5 м з наступним визначенням вмісту вологи термостатно-ваговим методом (висушування ґрунту за температури 105 °С до постійної маси).

Врожайність пшениці озимої визначали методом пробних снопів з перерахунком на 1 га. Дані досліджень опрацьовували методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерної програми Statistica, 2010.

Погодні умови у роки досліджень були неоднозначні. За показником гідротермічного коефіцієнта Селянинова (ГТК) у 2022 р. – спостерігали умови достатнього зволоження з ГТК – 1,14, у 2023 та 2024 рр. – слабко- та середньопосушливі з ГТК – відповідно 0,96 та 0,63. Вегетаційний період квітень – липень у 2022 р. був найбільш сприятливим для вирощування пшениці озимої: у травні склалися сильнопосушливі погодні умови, червні – середньої посухи, липні – достатнього зволоження (табл. 1).

У 2023 р. вегетаційний період був слабкопосушливим зі зменшенням показника ГТК до середнього багаторічного показника на 0,10. У травні, червні та липні – погодні умови були середньопосушливі, у квітні – надмірно вологі.

У 2024 р. погодні умови у травні та лип-

Таблиця 1. Гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК) за вегетацію, ВПДСС

Рік	Місяці				За вегетацію
	квітень	травень	червень	липень	
2022	2,34	0,46	0,71	1,06	1,14
2023	1,95	0,58	0,62	0,67	0,96
2024	0,99	0,17	1,24	0,13	0,63
Середнє багаторічне	1,07	1,27	0,96	0,94	1,06

ні були сильнопосушливими, натомість у квітні та червні відповідали достатньому рівню вологозабезпечення. ГТК за вегетаційний період був на 0,43 меншим за середній багаторічний показник.

**Результати досліджень.** Дослідження проведені у чотирьох зерно-бурякових сівоzmінах, показали, що фактор сівоzmін неістотно впливав на врожайність пшениці озимої. На контролі (без добрив) врожайність

пшениці озимої у плодозмінній сівоzmіні за попередника еспарцету становила 2,89 т/га, просапній, за попередника кукурудзи на силос, – 2,88 т/га, зерно-просапній за попередника пшениця озима, – 2,77 т/га. По роках досліджень найменша врожайність пшениці озимої була отримана у зерно-просапній сівоzmіні у 2024 р. – 2,58 т/га, а найвища у плодозмінній сівоzmіні у 2023 р. – 3,04 т/га (табл. 2). Застосування у сівоzmінах органо-міне-

**Таблиця 2. Врожайність пшениці озимої залежно від удобрення та структури сівоzmін, ВПДСС, т/га**

№ вар.	Внесено добрив на 1 га Сівоzmіни, (фактор А)	Під пшеницю озиму	Роки			Середнє 2022–2024 рр.
			2022	2023	2024	
Плодозмінна (еспарцет – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий) (фактор Б)						
9	Контроль (без добрив)	без добрив	2,66	3,04	2,98	2,89
11	6,3 т/га гною + побічна продукція + N <sub>34</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	3,46	3,66	4,10	3,74
12	Побічна продукція + N <sub>46</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	3,36	3,72	4,20	3,76
Просапна (кукурудза на силос – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий)						
27	Контроль (без добрив)	без добрив	2,93	2,97	2,74	2,88
29	6,3 т/га гною + побічна продукція + N <sub>34</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	3,54	3,65	3,26	3,48
30	Побічна продукція + N <sub>46</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	3,53	3,67	2,78	3,33
Зерно-просапна (пшениця озима – пшениця озима – буряки цукрові – горох)						
63	Контроль (без добрив)	без добрив	2,76	2,96	2,58	2,77
65	6,3 т/га гною + побічна продукція + N <sub>34</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	3,48	3,60	2,90	3,33
66	Побічна продукція + N <sub>46</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	3,56	3,63	2,84	3,34
НР <sub>05</sub> (фактор А)			0,15	0,16	0,14	
(фактор Б)			0,10	0,11	0,10	
(фактор А+Б)			0,24	0,27	0,25	

ральных систем удобрення з внесенням безпосередньо під пшеницю озиму N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> істотно підвищило її врожайність порівняно з контролем (без добрив). За внесення 6,3 т/га гною + побічна продукція + N<sub>34</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> на 1 га сівоzmіни врожайність пшениці озимої у плодозмінній сівоzmіні становила 3,74 т/га, просапній – 3,48 т/га, зерно-просапній – 3,33 т/га. У плодозмінній сівоzmіні врожайність зерна була вища порівняно з просапною – на 0,26 т/га, зерно-просапною – на 0,41 т/га. У просапній та зерно-просапній сівоzmінах спостерігали істотне зниження врожайності зерна пшениці озимої у 2024 р. порівняно з 2022 та 2023 рр. У 2024 р. врожайність зерна пшениці озимої у просапній сівоzmіні зменшилась порівняно з попередніми роками на 0,28–0,39 т/га, зерно-просапній – на 0,58–0,70 т/га. Причина такого зменшення надмірно посушливі погодні

умови у липні 2024 р.

Ефективною системою удобрення пшениці озимої у зерно-бурякових сівоzmінах визначено внесення побічної продукції + N<sub>46</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> на 1 га сівоzmіни з удобренням безпосередньо під пшеницю озиму N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. Збагачена на азот система удобрення забезпечила врожайність зерна пшениці озимої у плодозмінній сівоzmіні 3,76 т/га, просапній – 3,33 т/га, зерно-просапній – 3,34 т/га. Порівняно з контролем (без добрив) врожайність зерна у плодозмінній сівоzmіні підвищилась – на 0,87 т/га, просапній – на 0,45 т/га, зерно-просапній – на 0,57 т/га. За удобрення врожайність зерна у плодозмінній сівоzmіні була вища порівняно з просапною – на 0,43 т/га, зерно-просапною – на 0,42 т/га. Зазначена система удобрення не поступалась за ефективністю збагаченій на органічний компонент

системі удобрення, коли додатково вносили 6,3 т/га гною на 1 га сівозміни.

Фактор сівозмін та система удобрення впливали на накопичення вологи у ґрунті у весняний період. Так, на контролі (без добрив) у 0–50 см шарі ґрунту запаси продуктивної вологи у просапній та зерно-просапній сівозмінах були вищі, ніж у плодозмінній – відповідно на 6 та 7 мм за абсолютних вели-

чин 62 та 63 мм. Зазначена закономірність спостерігалась і у півтораметровому шарі чорнозему типового слабкосолонцюватого. Запаси продуктивної вологи у цьому шарі ґрунту у плодозмінній сівозміні становили 154 мм, тоді як у просапній – 166 мм, зерно-просапній – 160 мм, що було більшим відповідно на 12 та 6 мм (табл. 3).

Застосування органо-мінеральних сис-

**Таблиця 3. Запаси продуктивної вологи у посівах пшениці озимої залежно від удобрення та структури сівозмін, ВПДСС, 2022–2024 р., мм**

№ вар.	Внесено добрив на 1 га сівозміни (фактор А)	Шар ґрунту, см					
		0–50		0–100		0–150	
		I*	II	I	II	I	II
Плодозмінна (багаторічні трави – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий) (фактор Б)							
9	Контроль (без добрив)	56	11	112	28	154	55
11	6,3 т/га гною + побічна продукція + N <sub>34</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	53	9	118	21	162	41
12	Побічна продукція + N <sub>46</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	55	10	118	24	160	42
Просапна (кукурудза на силос – пшениця озима – буряки цукрові – ячмінь ярий)							
27	Контроль (без добрив)	62	27	120	37	166	58
29	6,3 т/га гною + побічна продукція + N <sub>34</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	61	21	127	32	176	43
30	Побічна продукція + N <sub>46</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	60	23	129	34	173	47
Зерно-просапна (пшениця озима – пшениця озима – буряки цукрові – горох)							
63	Контроль (без добрив)	63	24	120	35	160	56
65	6,3 т/га гною + побічна продукція + N <sub>34</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	61	21	125	31	173	49
66	Побічна продукція + N <sub>46</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	63	23	128	33	175	49
НР <sub>05</sub> (фактор А)		1	1	4	1	6	3
НР <sub>05</sub> (фактор Б)		4	2	4	3	5	2
НР <sub>05</sub> (фактор А+Б)		5	3	8	4	11	4

Примітка\*: I – відновлення весняної вегетації, II – кінець вегетації

тем удобрення підвищило накопичення вологи у ґрунті весною в усіх сівозмінах. Так, у варіанті за внесення 6,3 т/га гною + побічна продукція + N<sub>34</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> на 1 га сівозміни запаси вологи у півтораметровому шарі ґрунту у плодозмінній сівозміні становили 162 мм, просапній – 176 мм, зерно-просапній – 173 мм, що порівняно з контролем (без добрив) було вищим – відповідно на 8, 10 та 13 мм. У просапній та зерно-просапній сівозмінах продуктивної вологи було більше, ніж у плодозмінній сівозміні – відповідно на 14 та 11 мм.

За удобрення з внесенням побічної продукції (ПП) + N<sub>46</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> на 1 га сівозміни накопичення вологи у ґрунті весною було співставним з удобренням, коли додатково вносили 6,3 т/га гною на 1 га сівозміни. Так, у плодозмінній сівозміні запаси продуктивної вологи у 1,5 м шарі ґрунту становили 160 мм,

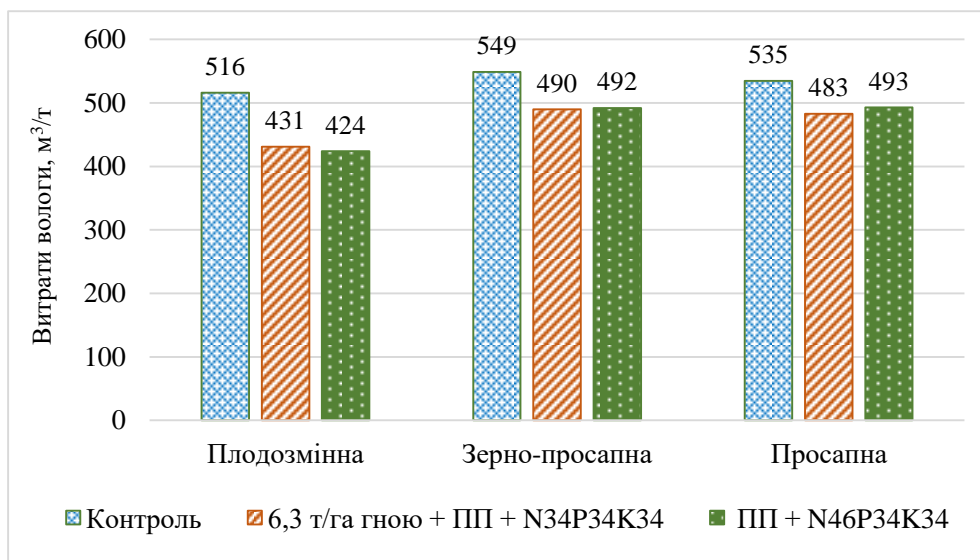
просапній – 173 мм, зерно-просапній – 175 мм, що порівняно з контролем без добрив було вищим – відповідно на 6, 7 та 15 мм.

На кінець вегетації запаси продуктивної вологи у півтораметровому шарі ґрунту зменшились в усіх сівозмінах порівняно з початком вегетації. На контролі (без добрив) запаси вологи зменшились у 2,8–2,9 рази, за органо-мінеральних систем удобрення – у 3,4–4,1 рази. За внесення добрив запаси продуктивної вологи у півтораметровому шарі ґрунту на кінець вегетації були менші, ніж на контролі (без добрив) у плодозмінній сівозміні – на 13–14 мм, просапній – на 11–15 мм, зерно-просапній – на 7 мм. Зменшення запасів вологи у ґрунті за внесення добрив – це наслідок істотного збільшення врожайності пшениці озимої у цих варіантах, що потребувало більших витрат вологи.

Розрахунок витрат води на формування 1 тонни сухої речовини біологічного врожаю пшениці озимої показав, що на контролі витрати води були істотно вищі. У плодозмінній сівозміні витрати води на контролі становили 516 м<sup>3</sup>, просапній – 535 м<sup>3</sup>, зерно-просапній – 549 м<sup>3</sup>. У плодозмінній

сівозміні пшениця озима використовувала воду ґрунту ефективніше, ніж у просапній і зерно-просапній сівозмінах, зменшивши витрати води на формування одиниці врожаю на 19 та 33 м<sup>3</sup>, відповідно (рис. 1).

Застосування органо-мінеральних системудобрень підвищило ефективність вико-



**Рис. 1** Витрати води на формування однієї тони врожаю пшениці озимої залежно від удобрення та структури сівозмін, ВПДСС, 2022–2024 р., м<sup>3</sup>.

ристання води пшеницею озимою в усіх сівозмінах. У варіанті за внесення 6,3 т/га гною + побічна продукція + N<sub>34</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> на 1 га сівозміні витрати води на формування 1 тонни біологічного врожаю пшениці озимої у плодозмінній сівозміні становили 431 м<sup>3</sup>, просапній – 483 м<sup>3</sup>, зерно-просапній – 490 м<sup>3</sup>. Порівняно з контролем (без добрив) витрати води на формування 1 тонни врожаю зменшились на 85, 59 та 52 м<sup>3</sup>, відповідно. При цьому у плодозмінній сівозміні пшениця озима ефективніше використовувала воду ґрунту порівняно з просапною та зерно-просапною сівозмінами.

Ефективному використанню води пшеницею озимою сприяла органо-мінеральна система удобрення. У варіанті за внесення побічної продукції + N<sub>46</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> на 1 га сівозміні витрати води на формування 1 тонни врожаю пшениці озимої у плодозмінній сівозміні становили 424 м<sup>3</sup>, просапній – 493 м<sup>3</sup>, зерно-просапній – 492 м<sup>3</sup>. Порівняно з контролем (без добрив) витрати води зменшились на 82, 42 та 57 м<sup>3</sup>, відповідно. У плодозмінній сівозміні пшениця озима найефективніше використовувала воду ґрунту.

### Висновки:

1. В умовах недостатнього зволоження врожайність пшениці озимої у чотирирічних сівозмінах залежала переважно від системи удобрення. Найвищу врожайність зерна пшениці озимої отримали у плодозмінній сівозміні у варіанті за внесення 6,3 т/га гною + побічна продукція + N<sub>34</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> та побічна продукція + N<sub>46</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> на 1 га сівозміні – 3,74 та 3,76 т/га з перевищенням контролю (без добрив) на 0,85 та 0,87 т/га, відповідно. У зерно-просапній та просапній сівозмінах зазначені системи удобрення супроводжувались зменшенням врожайності зерна на 0,26–0,43 т/га.

2. Застосування органо-мінеральних систем удобрення у чотирирічних сівозмінах збільшило запаси води у півтораметровому шарі ґрунту у весняний період у розрізі сівозмін порівняно з контролем на 6–15 мм. У зерно-просапній та просапній сівозмінах запаси води у ґрунті весною були більші порівняно з плодозмінною на 11–15 мм.

3. Найефективніше воду ґрунту на формування однієї тонни біологічного врожаю пшениця озима використовувала у пло-

змінній сівозміні за внесення побічної продукції + N<sub>46</sub>P<sub>34</sub>K<sub>34</sub> на 1 га сівозміни – 424 м<sup>3</sup>, що порівняно з контролем (без добрив) було меншим на 92 м<sup>3</sup>. У зерно-просапній та про-

сапній сівозмінах витрати вологи на формування врожаю були вищі порівняно з плодозмінною сівозміною на 68–69 м<sup>3</sup> і становили 492 і 493 м<sup>3</sup>.

### Використана література

1. Месель-Веселяк В. Я. Виробництво зернових культур в Україні: потенційні можливості. *Економіка АПК*. 2018. № 5. С. 5–14.
2. Сайко В. Ф. Наукові основи землеробства в контексті змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 11. С. 5–10.
3. Черенков А. В., Гасанова І. І., Костиця І. В., Остапенко М. А., Білозор І. В. Вплив попередників, мінеральних добрив та способів сівби на урожайність і якість зерна пшениці озимої в південному Степу України. *Зернові культури*. 2019. Т. 2. № 2. С. 237–244. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0031>
4. Babulicova M. The influence of fertilization and crop rotation on the winter wheat production. *Plant Soil Environment*. 2014. 60(7). P. 297–302. <https://doi.org/10.17221/3/2014-pse>
5. Hospodarenko H., Mostoviak I., Karpenko V., Liubych V., Novikov V. Yield and quality of winter durum wheat grain depending on the fertiliser system. *Scientific Horizons*. 2022. 25 (3). P. 16–25. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(3\).2022.16-25](https://doi.org/10.48077/scihor.25(3).2022.16-25)
6. Li X., Noor H., Noor F., Ding P., Sun M., Gao Z. Effect of Soil Water and Nutrient Uptake on Nitrogen Use Efficiency, and Yield of Winter Wheat. *Agronomy*. 2024. 14(4). 819. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040819>
7. Щерба М. М., Качмар О. Й., Дубицька А. О., Вавринович О. В., Таравська О. В. Вплив систем удобрення і попередників на врожай та якість зерна пшениці озимої в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69(2). С. 137–138. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-2-9
8. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Опара М. М. Ефективні різноротаційні сівозміни у сучасному землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 3. С. 20–32.
9. Martyniuk S., Piķula D., Koziel M. Soil properties and productivity in two long-term crop rotations differing with respect to organic matter management on an Albic Luvisol. *Scientific Reports*. 2019. 9. 1878. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37087-4>
10. Балаєв А. Д., Тонха О. Л. Відновлення родючості чорноземів Лісостепу в сучасному землеробстві. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2014. Вип. 195(1). С. 14–19.
11. Duong N. T., Tran K. Q., Satomi T., Takahashi H. Effects of agricultural by-product on mechanical properties of cemented waste soil. *Journal of Cleaner Production*. 2022. 365. 132814. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132814>

### References

1. Mesel-Veseliak, V. Ya. (2018). Production of grain crops in Ukraine: potential opportunities. *Economy of agro-industrial complex*, 5, 5–14. [in Ukrainian].
2. Saiko, V. F. (2008). The scientific basis of agriculture in the context of climate change. *Bulletin of agrarian science*, 11, 5–10. [in Ukrainian].
3. Cherenkov, A. V., Hasanova, I. I., Kostyria, I. V., Ostapenko, M. A., Bilozor, I. V. (2019). The influence of predecessors, mineral fertilizers and sowing methods on yield and grain quality of winter wheat in the southern Steppe of Ukraine. *Cereal crops*, 2(2), 237–244. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0031>
4. Babulicova, M. (2014). The influence of fertilization and crop rotation on the winter wheat production. *Plant Soil Environment*, 60(7), 297–302. <https://doi.org/10.17221/3/2014-pse>
5. Hospodarenko, H., Mostoviak, I., Karpenko, V., Liubych, V., Novikov, V. (2022). Yield and quality of winter durum wheat grain depending on the fertiliser system. *Scientific Horizons*, 25(3), 16–25. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(3\).2022.16-25](https://doi.org/10.48077/scihor.25(3).2022.16-25) [in Ukrainian].
6. Li, X., Noor, H., Noor, F., Ding, P., Sun, M., Gao, Z. (2024). Effect of soil water and nutrient uptake on nitrogen use efficiency and yield of winter wheat. *Agronomy*, 14(4), 819. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040819>
7. Shcherba, M. M., Kachmar, O. Y., Dubytska, A. O., Vavrynovych, O. V., Taravska, O. V. (2021). The influence of fertilization systems and predecessors on the yield and quality of winter wheat grain in short-rotation crop rotations. *Foothill and mountain agriculture and livestock*, 69(2), 137–138. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-2-9 [in Ukrainian].
8. Boiko, P. I., Kovalenko, N. P., Opara, M. M. (2014). Effective multi-rotation crop rotations in modern agriculture. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 3, 20–32. [in Ukrainian].
9. Martyniuk, S., Piķula, D., Koziel, M. (2019). Soil properties and productivity in two long-term crop rotations differing with respect to organic matter management on an Albic Luvisol. *Scientific Reports*, 9, 1878. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37087-4>
10. Balaev, A. D., Tonkha, O. L. (2014). Restoration of the fertility of black soil of the Forest-Steppe in modern agriculture. *Scientific Bulletin of the National University of Life Resources and Nature Management of Ukraine*, 195(1), 14–19. [in Ukrainian].
11. Duong, N. T., Tran, K. Q., Satomi, T., Takahashi, H. (2022). Effects of agricultural by-product on mechanical properties of cemented waste soil. *Journal of Cleaner Production*, 365, 132814. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132814>

**Topicality.** With global warming, the issues of fertilisation, accumulation of moisture in the soil and its effective utilization by plants are gaining special importance. Winter wheat occupies a significant place in the structure of agricultural production, and therefore measures aimed at obtaining high and stable yields of this crop are always relevant. In four-field crop rotations, the issues of fertilisation and providing winter wheat plants with moisture are insufficiently studied, which prompted the conduct of these studies. **Purpose.** To investigate the effect of fertilisers on the yield and efficiency of moisture utilization by winter wheat in four-field crop rotations. **Methods.** Long-term field trial and analytical method. **Results.** It was established that organic-mineral fertilisation systems provided the highest yield of winter wheat in the four-field grain-grass-row crop rotation. Application of an alternative organic-mineral fertilisation system ensured the most efficient utilization of moisture by winter wheat. **Conclusions.** Under insufficient moisture conditions, the highest yield of winter wheat grain was obtained in a four-field grain-grass-row crop rotation with the application of 6.3 t/ha of manure + by-products +  $N_{34}P_{34}K_{34}$  and by-products +  $N_{46}P_{34}K_{34}$  per 1 ha of crop rotation, namely 3.74 and 3.76 t/ha, which exceeded the control (without fertilisers) by 0.85 and 0.87 t/ha, respectively. In grain-row and row crop rotations, the grain yield was lower by 0.26–0.43 t/ha. The use of organic-mineral fertilisation systems increased moisture reserves in the 1.5 m soil layer during the spring period across all crop rotations by 6–15 mm compared to the control (without fertilisers). In grain-row and row crop rotations, moisture reserves were higher compared to grain-grass-row crop rotation by 11–15 mm. Winter wheat consumed soil moisture most efficiently for the formation of one tonne of biological yield in grain-grass-row crop rotation with the application of by-products +  $N_{46}P_{34}K_{34}$  per 1 ha of crop rotation – 424 m<sup>3</sup>, which was 92 m<sup>3</sup> less than in the control (without fertilisers). In grain-row and row crop rotations, moisture consumption for yield formation was 68–69 m<sup>3</sup> higher than in grain-grass-row crop rotation.

**Key words:** winter wheat, fertilisers, yield, moisture supply, crop rotation