

## УРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА СИСТЕМАМИ УДОБРЕННЯ В ЗОНІ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

С. І. Бурикiна<sup>1\*</sup>, А. І. Кривенко<sup>2</sup>, Л. А. Сергєєв<sup>1</sup>, І. М. Когут<sup>1</sup>, І. В. Трандафір<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, Маяцька дорога, 24, с. Хлібодарське, Одеський район, Одеська область, 67667, Україна

<sup>2</sup>Одеський державний аграрний університет, вул. Канатна, 87, м. Одеса, 65012, Україна

**Актуальність.** Мінеральні та органічні добрива залишаються основою підвищення урожайності та якості продукції сільськогосподарських культур, але оптимізація їх використання потребує докладного та ретельного аналізування результатів багаторічних довгострокових дослідів за кліматично-грунтовими зонами. **Мета.** Дослідити вплив різних систем удобрення на урожайності культур польової сівозміни в богарних умовах Південного Степу України. **Матеріали і методи.** Використано масив даних довгострокового стаціонарного дослідів за період 1972–2024 рр. Грунт – чорнозем південний малогумусний важко суглинковий. Початковий вміст рухомих сполук фосфору та калію (за Чириковим) відповідав підвищеному рівню забезпеченості, а на початку п'ятої ротачії – високому і дуже високому  $pH_{\text{сол.}}$  – 7,0–7,2. В досліді вивчали 17 систем удобрення, з яких для аналізування урожайності культур зерно-паро-просапної сівозміни (1972–2010 рр., I–IV ротачії сівозміни) відібрано варіанти удобрення, де на гектар сівозмінної площі вносили: органічна система удобрення – 7,8 т/га (Фон 1) та 12,1 т/га (Фон 2); мінеральна –  $N_{49}P_{42}K_{37}$ , органо-мінеральні –  $N_{31}P_{28}K_{24}$ +Фон 1;  $N_{31}P_{28}K_{24}$ +Фон 2;  $N_{49}P_{42}K_{37}$ +Фон 1;  $N_{49}P_{42}K_{37}$ +Фон 2. В наступних чотирьох ротачіях в якості органічного добрива заробляли в ґрунт вторинну продукцію культур сівозміни та масу сидеральних культур, що в середньому склало 8 т/га. По цьому фоні під кожну культуру вносили три різні дози азотних добрив (42,9; 85,7 та 128,6 кг/га) та повне мінеральне добриво з дозами фосфору та калію  $P_{21,4}K_{21,4}$  та  $P_{42,8}K_{42,8}$ . Отримані результати піддавалися математичній обробці із застосуванням комп'ютерної програми Microsoft Excel. **Результати.** Визначені оптимальні дози і види добрив для польових сівозмін з насиченістю зерновими культурами на рівні 57–62 %. Показано вплив мінеральних добрив на продуктивність сівозміни, окремих культур та мінливість врожайності. Проведено аналіз попередників озимої пшениці. **Висновки.** У восьмитильній сівозміні найбільш ефективними є органо-мінеральні системи удобрення (7,8 т ґною +  $N_{49}P_{42}K_{37}$ ), що збільшує її загальну продуктивність на 38,9 %; при використанні 12,1 т ґною +  $N_{31}P_{28}K_{24}$ , продуктивність сівозміни зростає на 40,5 %. При високій забезпеченості ґрунту доступними фосфором та калієм, за умови заробляння вторинної продукції культур сівозміни та використання сидерації, внесення  $N_{42,9}$  або  $N_{85,7}$  на фоні  $P_{21,4}K_{21,4}$  підвищує продуктивність зерно-парової сівозміни на 47,9 % та 66,2 %, врожаї пшениці озимої від 31,5 до 73,3 %, а ріпаку озимого – в 1,8–2,0 рази відповідно. В посушливих умовах Південного Степу України кращими попередниками пшениці озимої є пари (чорний та сидеральний), які забезпечують зростання врожайності проти стерньового попередника в 2,3 рази; кукурудзи МВС – в 1,8, ріпаку озимого – в 1,6 та гороху – 1,3 рази. За реакцією на погодні умови варіабельністю врожаїв основні зернові та технічні культури Південного Степу України розташовуються в наступний спадаючий ряд: горох > кукурудза > ріпак озимий > пшениця озима > соняшник, а ланка попередників за вказаною ознакою має таку послідовність: пшениця озима > кукурудза МВС > горох > ріпак озимий > пар сидеральний > чорний пар.

**Ключові слова:** добрива, дози, сівозміна, врожаї, мінливість

### Інформація про авторів:

Бурикiна Світлана Іванівна, канд. с.-г. наук, старший дослідник, завідувачка відд. агрохімії, ґрунтознавства та органічного виробництва, e-mail: burykina@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5197-6586>

Кривенко Анна Іванівна, доктор с.-г. наук, професор, завідувачка кафедри захисту, генетики та селекції рослин, e-mail: kryvenko35@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-2133-3010>

Сергєєв Леонід Аркадійович, канд. с.-г. наук, старший дослідник, директор, e-mail: sla80@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-4169-8938>

Когут Інна Миколаївна, канд. с.-г. наук, доцент, заступник директора з наукової роботи – учений секретар, e-mail: innakogut10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4418-5954>

Трандафір Ірина Василівна, аспірант, e-mail: irinatra27@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-9457-3527>

**Вступ.** Галузь рослинництва є основним джерелом формування і виробництва продовольчих ресурсів та запорукою економічної безпеки і незалежності держави. Україна відноситься до провідних виробників зерна світового рівня, експортний потенціал якої постійно нарощується. За даними Держстату та Держмитслужби, Україна за підсумками 2023/2024 маркетингового року експортувала 69,86 млн т зернових й олійних у тому числі пшениці 18,43 млн т, кукурудзи 29,41 млн т, насіння ріпаку 3,7 млн т, що проти 2022 р. більше на 9,0 %; 0,5 % та 8,7 %, відповідно, а у 2019/2020 маркетинговому році Україна експортувала пшениці 20,5 млн т, а кукурудзи – 30,3 млн т [1, 2]. Тобто, незважаючи на негативні наслідки воєнного стану, Україна відновлює свої позиції світового лідера.

Сільське господарство України знаходиться в дуже непростій ситуації обумовленої кліматичними змінами, воєнним станом, організаційним реформуванням, зростанням вартості виробництва. Все це потребує вдосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур з точки зору підвищення їх екологічності, прибутковості та адаптації до дедалі теплішого клімату. Слід взяти до уваги, що все-таки вчені відзначають зниження врожайності на тлі змін клімату, особливо в районах з недостатньою кількістю опадів, до яких відноситься і зона Південного Степу України [3].

Мінеральні та органічні добрива залишаються основою підвищення урожайності та якості продукції сільськогосподарських культур [4–6]. Однак, їх використання потребує докладного та ретельного аналізування результатів багаторічних довгострокових дослідів у межах ґрунтово-кліматичних зон, що було проведено в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу [7].

*Мета роботи* – Дослідити вплив різних систем удобрення на урожайності культур польової сівозміни в богарних умовах Південного Степу України.

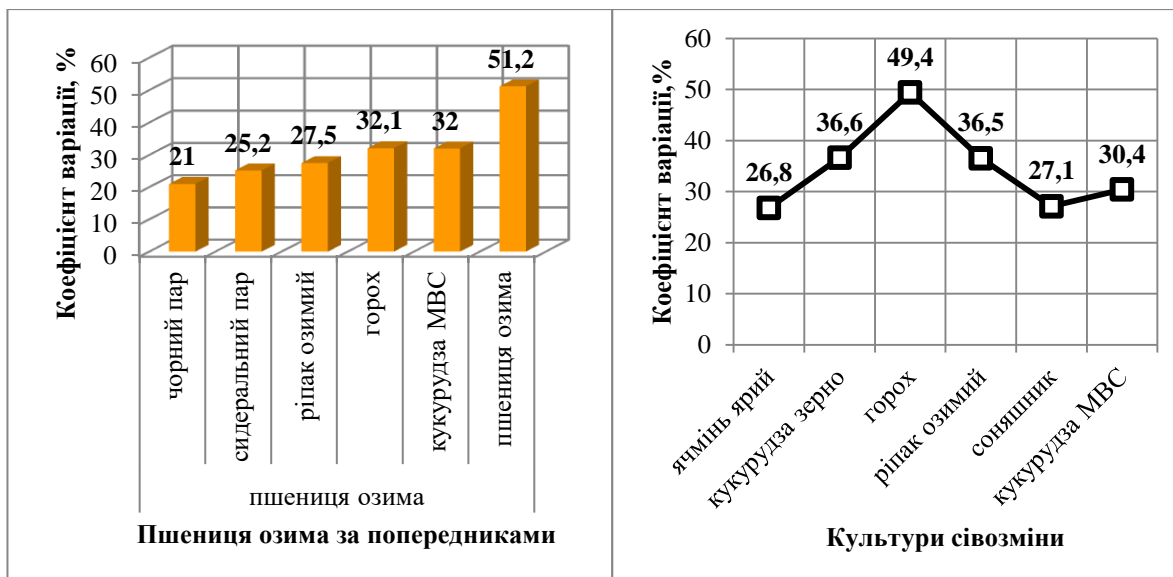
**Матеріали та методи.** Для досягнення поставленої мети було використано масив даних, що отримані в довгостроковому стаціонарному досліді, де вивчалися різні системи удобрення. Дослід «Встановити дію помірних та підвищених норм органічних та

мінеральних добрив на продуктивність польової сівозміни, якість врожаю та родючість ґрунту», закладався у 1972 р., зареєстровано в Українській базі стаціонарних дослідів у 2006 р. (атестат №038) та переєстровано у 2014 р. (атестат №80). Ґрунт – чорнозем південний малогумусний важко суглинковий з вмістом гумусу 2,91 % (ДСТУ 4289:2004). Початковий вміст рухомих сполук фосфору та калію (за Чириковим, ДСТУ 4115-2002) відповідав підвищеному рівню забезпеченості, а на початку п'ятої ротації – високому і дуже високому  $pH_{\text{сол.}}$  – 7,0–7,2 (ДСТУ ISO 10390:1994; ДСТУ 7910:2015). Розмір посівної ділянки 240 м<sup>2</sup>, облікової – 100 м<sup>2</sup>. На теперішній час пройшло вісім ротацій сівозмін: чотири зерно-паропросапної, з яких перша була десятипільна (чорний пар, пшениця озима, кукурудза зерно, горох, пшениця озима, кукурудза на зелений корм, соняшник, кукурудза МВС, ячмінь), друга-четверта – восьмипільні (чорний пар, пшениця озима, кукурудза зерно, горох, пшениця озима, кукурудза МВС, пшениця озима, соняшник) та ще чотири семипільних ротацій зерно-парової сівозміни (чорний пар, пшениця озима, ріпак озимий, пшениця озима, пар сидеральний, пшениця озима, пшениця озима). В досліді вивчали 17 систем удобрення, з яких для аналізування урожайності культур зерно-паропросапної сівозміни відібрано два варіанти органічної системи удобрення – гній 7,8 т/га (Фон 1) та 12,1 т/га (Фон 2); мінеральна – N<sub>49</sub>P<sub>42</sub>K<sub>37</sub>, органо-мінеральні – N<sub>31</sub>P<sub>28</sub>K<sub>24</sub>+Фон 1; N<sub>31</sub>P<sub>28</sub>K<sub>24</sub>+Фон 2; N<sub>49</sub>P<sub>42</sub>K<sub>37</sub>+Фон 1; N<sub>49</sub>P<sub>42</sub>K<sub>37</sub>+Фон 2 (I–IV ротації сівозміни). Дози добрив надано в розрахунку на гектар сівозмінної площі (га с.п). В наступних чотирьох ротаціях в якості органічного добрива заробляли в ґрунт вторинну продукцію культур сівозміни та масу сидеральних культур, що в середньому складало 8 т/га с.п. По цьому фоні під кожен культуру вносили одноосібно три дози азотних добрив (42,9; 85,7 та 128,6 кг/га с.п) і на двох рівнях фосфору та калію P<sub>21,4</sub>K<sub>21,4</sub> та P<sub>42,8</sub>K<sub>42,8</sub>. Додаткова кількість азоту на розкладання нетоварної продукції та біомаси сидеральної культури не вносились. Отримані результати піддавалися математичній обробці із застосуванням комп'ютерної програми Microsoft Excel.

**Результати та обговорення.** Погодні умови періоду досліджень були дуже різні і це дало можливість з максимальною вірогідністю оцінити вплив мінеральних добрив на урожайність культур сівозмін. Характерно, що впродовж перших чотирьох ротацій у 22 % випадках озимі культури потерпали від посухи в період сівба – сходи, а у 35 % – на продуктивність всіх культур сівозміни мала

вплив посуха весняного періоду; для періоду 2008–2024 рр., це складало 33 % та 40 %, відповідно. Досить жорсткі погодні умови Південного Степу, зокрема, Одеської області, не сприяли стабілізації рівня продуктивності культур, що вирощувалися, і впродовж всього періоду досліджень спостерігали високу варіабельність їх урожайності (рис. 1).

Максимальною мінливістю відзначалися



**Рис. 1** Середня варіабельність урожайності культур польових сівозмін в погодних умовах Південного Степу України (1972–2024 рр.).

врожаї гороху (49,4 %); коливання врожайності пшениці озимої залежали не тільки від погодних умов, але й від попередника. Мінімальний коефіцієнт варіації (21,0–25,2 %) був при вирощуванні цієї культури по парам: чорному та сидеральному; якщо попередником були горох, кукурудза МВС чи ріпак – відхилення в урожайності складали від 27,5 % до 32,1 %, а по стерні варіабельність досяга-

ла 51,2 %.

Мінливість врожаїв культур сівозміни залежала й від дози внесення азотних добрив, що особливо чітко простежується на посівах пшениці озимої: із збільшенням дози азоту з 42,9 кг/га с.п. до 128,6 кг/га с.п. коефіцієнт варіації зменшується залежно від попередника у 1,5–1,9 рази (табл. 1).

Тобто, з одного боку підвищення дози

**Таблиця 1.** Вплив попередника та дози внесення азотних добрив на мінливість урожаю зерна пшениці озимої (2007–2024 рр.)

Попередник	Доза внесення, кг/га с.п.			
	0	42,9	85,7	128,6
	Коефіцієнт варіації, %			
Пар чорний	21,6	17,7	11,9	11,4
Пар сидеральний	42,3	28,0	25,3	26,3
Ріпак озимий	34,3	29,7	23,2	22,8
Пшениця озима	63,2	54,5	46,0	40,9

використання мінеральних добрив, зокрема, азотних, сприяє стабілізації продуктивності, з іншого – висока концентрація добрив в умовах посухи може посилити стрес для ро-

слин. Останнє припущення логічне, оскільки зменшення кількості і доступності вологи в ґрунті, обмежує рухливість, а значить і доступність, поживних речовин. І, як показали

результати довгострокових досліджень, у особливо посушливі роки (прикладом, 2020 р.) урожаї пшениці озимої за дозами азотних добрив мало відрізнялися між собою на рівні 3–5 % (2,20–2,30 т/га), хоча й були вищі за неудобрений варіант у 1,9–2,1 рази. В оптимальні за зволоженням роки урожай зерна пшениці озимої зростав з 4,9 т/га (N<sub>50</sub>) до 7,1 т/га (N<sub>150</sub>) при урожайності на контролі 3,2 т/га. Залежність рівня врожайності пшениці від погодних умов та дози внесення добрива відмічали й інші дослідники [8].

Аналогічна ситуація спостерігалася і на таких зернових культурах, як кукурудза та

горох. За проаналізований період досліджень (52 роки) виявилося 10 років, коли за вегетацію кукурудзи випадало від 95 до 107 мм опадів і врожай зерна на варіанті без внесення добрив складав в середньому 1,45 т/га, при N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> – 1,86 т/га, а при внесенні N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 1,82 т/га. В той же період відмітили 6 років з опадами за вегетацію від 363 до 435 мм і врожайми зерна на рівні 5,8 т/га, 7,4 т/га та 8,7 т/га, відповідно. Показова залежність врожайності гороху від опадів вегетаційного періоду та дози використання добрив: (200 мм – 2013, 2016 та 2024 рр.; 120 мм – 2012 р. та 100 мм – 2014, 2018, 2019, 2020 рр.) (рис. 2).

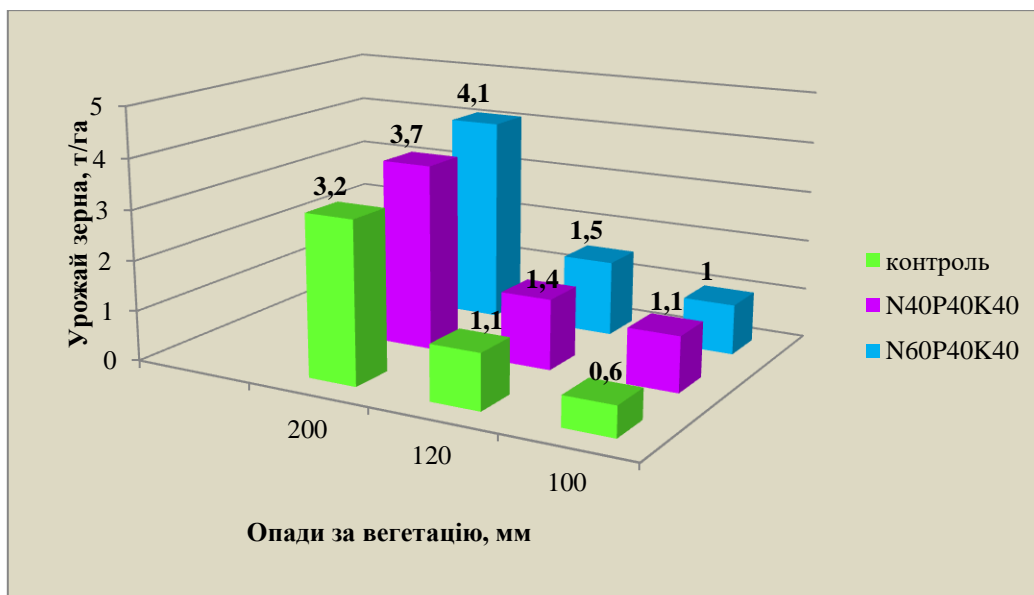


Рис. 2 Врожай зерна гороху за умовами зволоження вегетаційного періоду та дозою азоту у складі повного мінерального добрива (2012–2024 рр.).

Середні врожаї культур та інтервали коливань за період досліджень надано в таблиці 2.

Таблиця 2. Урожайність основних зернових і технічних культур за системами удобрення (1972–2024 рр.)

а) зерно - паро - просанна сівозміна (1972–2010 рр.)

Культура	озима пшениця			горох	кукурудза	ячмінь	соняшник
	чорний пар	горох	кукурудза МВС				
1	2	3	4	5	6	7	8
Система удобрення	Урожай, т/га						
	4,18	3,18	2,31	2,11	4,00	1,50	1,90
контроль	2,16–6,10	1,85–4,91	1,34–3,57	0,61–4,34	1,45–5,51	1,11–2,01	1,30–3,65
Гній–7,8- Фон 1	4,67	3,59	2,87	2,38	4,47	1,71	2,27
	2,27–6,61	2,03–5,88	1,87–4,27	0,75–4,62	1,54–6,14	1,13–2,23	1,50–4,23
Гній – 12,1- Фон 2	4,94	3,83	3,40	2,50	4,84	-	2,35
	2,20–7,13	2,26–6,37	1,86–6,03	0,92–5,27	1,80–7,08	-	1,57–3,40
N <sub>49</sub> P <sub>42</sub> K <sub>37</sub>	4,87	4,28	3,84	2,60	5,03	2,65	2,49
	2,21–6,53	2,14–6,84	1,83–6,45	0,87–5,69	1,83–7,67	1,76–3,50	1,27–3,76
Фон 1+ N <sub>49</sub> P <sub>42</sub> K <sub>37</sub>	4,91	4,40	4,10	2,77	5,20	3,01	2,62
	2,08–6,62	2,23–7,09	2,29–6,98	0,88–5,62	1,92–7,92	1,69–3,72	1,36–4,02

1	2	3	4	5	6	7	8
Фон 2+	4,95	4,41	4,18	2,80	5,29	2,92	2,76
N <sub>49</sub> P <sub>42</sub> K <sub>37</sub>	2,20–6,60	2,15–7,14	2,16–6,80	1,08–6,14	1,67–7,52	1,64–3,62	1,27–4,29
Фон 1+	4,94	4,38	3,85	2,70	5,09	2,29	2,56
N <sub>31</sub> P <sub>28</sub> K <sub>24</sub>	2,29–6,62	2,16–6,61	2,37–5,94	0,97–5,25	1,86–7,59	1,51–2,89	1,72–3,76
Фон 2+	4,96	4,31	4,11	2,79	5,37	2,93	2,68
N <sub>31</sub> P <sub>28</sub> K <sub>24</sub>	2,21–6,66	2,16–6,46	2,21–6,31	0,94–5,83	1,73–8,58	1,78–3,40	1,36–4,02

В чисельнику – середній показник за роки досліджень; в знаменнику – інтервал коливань

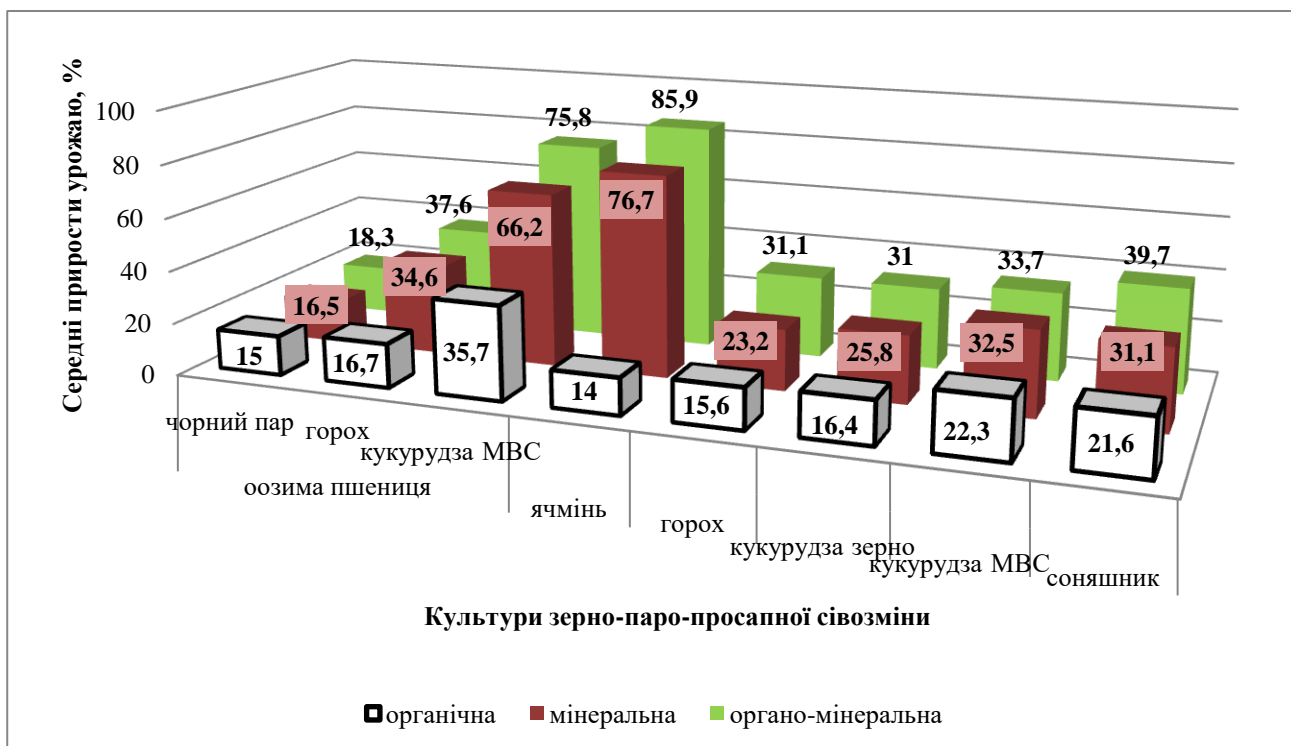
## б) зерно-парова сівозміна (2007–2024 рр.)

Культура	озима пшениця				ріпак озимий
	чорний пар	сидеральний пар	пшениця озима	ріпак озимий	
Система удобрення	Урожай, т/га				
контроль	4,63	3,78	1,84	2,55	1,03
	3,08–5,55	2,03–4,77	1,07–3,55	1,55–3,45	0,45–1,34
N <sub>42,9</sub>	5,38	4,10	2,85	3,73	1,73
	3,58–7,13	2,2–5,14	1,95–5,02	2,05–5,17	0,68–2,11
N <sub>85,7</sub>	6,21	4,89	3,32	4,63	2,81
	5,21–7,22	2,27–6,70	2,46–5,61	3,18–6,23	1,60–3,82
N <sub>128,6</sub>	6,61	5,23	3,77	4,89	2,96
	5,86–7,89	2,92–7,06	2,94–5,98	3,27–6,33	1,70–3,87
N <sub>42,9</sub> P <sub>21,4</sub> K <sub>21,4</sub>	5,72	4,27	2,98	3,99	2,95
	4,18–7,19	2,44–5,81	1,75–5,11	2,63–5,62	1,20–4,92
N <sub>85,7</sub> P <sub>21,4</sub> K <sub>21,4</sub>	6,39	4,90	3,44	4,46	3,25
	5,17–7,36	2,70–6,31	2,45–5,77	3,01–6,03	1,30–4,31
N <sub>128,6</sub> P <sub>21,4</sub> K <sub>21,4</sub>	6,86	5,29	3,77	4,81	2,98
	5,65–7,83	2,92–7,68	2,96–6,13	3,21–6,48	1,45–3,97
N <sub>42,9</sub> P <sub>42,8</sub> K <sub>42,8</sub>	5,96	4,48	3,26	4,45	2,58
	4,80–7,41	2,11–5,59	2,15–5,74	2,82–6,32	1,07–3,44
N <sub>85,7</sub> P <sub>42,8</sub> K <sub>42,8</sub>	6,67	5,07	3,42	4,81	2,96
	5,33–7,52	2,18–6,66	2,36–5,77	3,23–6,37	1,17–4,47
N <sub>128,6</sub> P <sub>42,8</sub> K <sub>42,8</sub>	7,14	5,51	3,72	5,10	3,33
	5,89–8,38	2,96–7,53	2,88–6,05	3,39–6,92	1,51–4,85

Аналіз врожаїв зерна пшениці озимої за весь період досліджень (1972–2024 рр.) на варіанті без внесення добрив дозволив розташувати попередники для цієї культури в ряд від кращого до гіршого: чорний пар (4,40 т/га) → сидеральний пар (3,78 т/га) → горох (3,18 т/га) → ріпак озимий (2,55 т/га) → кукурудза МВС (2,31 т/га) → пшениця озима (1,84 т/га). Застосування різних систем удобрення в сівозміні підвищували ці показники на наступні величини: органічна – на 15,0–35,7 %; мінеральна – 16,5–66,2 %; органічно-мінеральна – 18,3–75,8 % залежно від попередника (рис. 3).

Аналогічний порядок впливу систем удобрення на підвищення врожаїв спостерігали і при аналізуванні результатів інших культур: прирости від використання органічної системи удобрення коливалися в інтервалі від 14,0 % (ячмінь) до 22,3 % (кукурудза

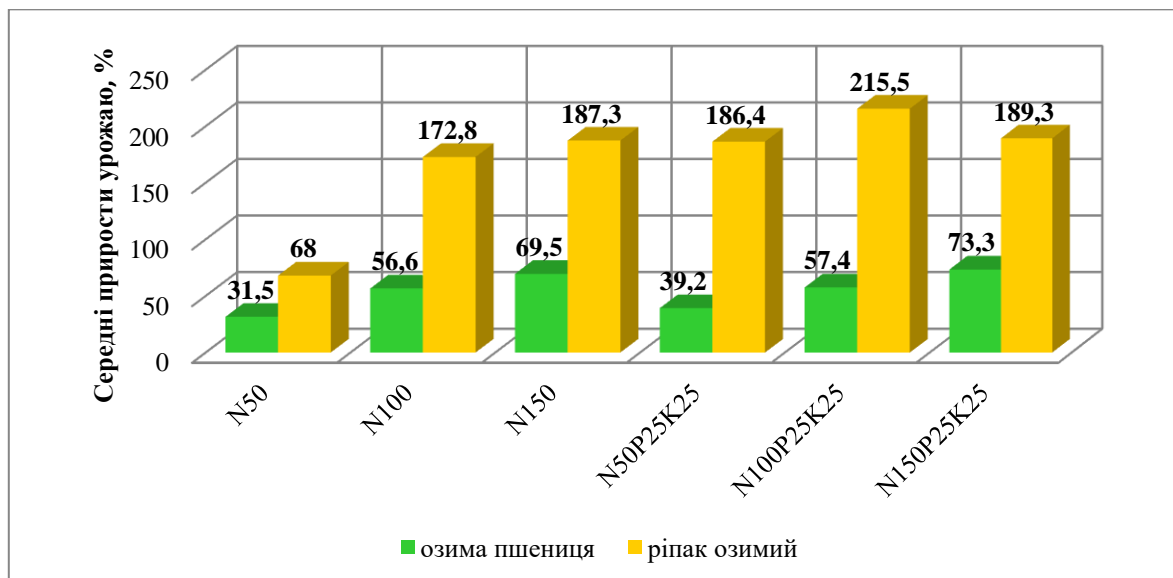
МВС), мінеральної – від 23,2 % (горох) до 76,7 % (ячмінь) та органічно-мінеральної – від 31,0 % (кукурудза зерно) до 85,9 % (ячмінь). Наші результати підтверджуються висновками, що отримані в зоні правобережного Лісостепу на базі стаціонарного дослідження: наведений авторами врожай зерна кукурудзи підвищувався за використання органічної системи удобрення в середньому на 39,0 %, мінеральної – 42,0 % та органічно-мінеральної – 44,0 % [9]. В наших посушливих умовах ці цифри для зерна кукурудзи склали 16,4 %, 25,8 та 31,0 %, відповідно. І за висновками Liu et al. тривале внесення добрив ефективно покращує врожайність сільськогосподарських культур, а одноразове внесення органічного добрива або поєднання органічних і азотних добрив може привести до обмеження доз мінерального азоту в посушливих і напівпосушливих районах [10].



**Рис. 3. Прирости врожаю культур зерно-паро-просапної сівозміни за системами удобрення (1972–2010 рр.).**

Формування рівня врожайності культур сівозміни визначалося й дозами добрив, що вносили безпосередньо під культуру. Прикладом, на рис. 4 показані прирости врожаю

пшениці озимої та ріпаку озимого при внесенні зростаючих доз азоту в чистому вигляді та у складі повного мінерального добрива. Як ми відмічали, на початку п'ятої ро-



**Рис. 4. Підвищення врожайів озимих культур за дозами внесення мінерального азоту (2007–2024рр.).**

тації сівозміни вміст рухливих форм фосфору та калію відповідав високому і дуже високому рівню забезпеченості, тому навіть одноосібне внесення азоту в дозах 50–150 кг/га

сприяло підвищенню врожайності пшениці озимої на 31,5–69,5 %, а ріпаку озимого – від 68 % до 1,9 рази. Їх використання на низькому фоні внесення фосфорних та калійних

добрив (P<sub>25</sub>K<sub>25</sub>) призвело до росту урожаїв пшениці озимої на 39,2–73,3 %, а ріпаку озимого на 186,4–215,5 %. Результати отримані на посівах пшениці озимої аналогічні результатам дослідів G. Adegnehu et al., де урожай пшениці зростає на 32–71 % залежно від дози добрив і властивостей ґрунту та W.

Jarecki, який при внесенні N<sub>150-200</sub> отримав найвищу врожайність, що на 13,9 % та 18,4 % перевищувало варіант з N<sub>100</sub> [11, 12].

Інтегральним показником ефективності систем удобрення є продуктивність сівозміни, яку ми розрахували в зернових одиницях (табл. 3).

**Таблиця 3. Продуктивність сівозмін в середньому за період досліджень**

Зерно-паро-просапна сівозміна							
Система удобрення	конт- роль	органічна	N <sub>49</sub> P <sub>42</sub> K <sub>37</sub>	Фон 1+ N <sub>49</sub> P <sub>42</sub> K <sub>37</sub>	Фон 2+ N <sub>49</sub> P <sub>42</sub> K <sub>37</sub>	Фон 1+ N <sub>31</sub> P <sub>28</sub> K <sub>24</sub>	Фон 2+ N <sub>31</sub> P <sub>28</sub> K <sub>24</sub>
з. од., т/га	25,7	30,8	34,3	35,7	36,3	34,5	36,1
+ % до конт.	-	19,8	33,5	38,9	41,2	34,2	40,5
Зерно-парова сівозміна							
Система удобрення	конт- роль	N <sub>42,9</sub>	N <sub>85,7</sub>	N <sub>128,6</sub>	N <sub>42,9</sub> P <sub>21,4</sub> K <sub>21,4</sub>	N <sub>85,7</sub> P <sub>21,4</sub> K <sub>21,4</sub>	N <sub>128,6</sub> P <sub>21,4</sub> K <sub>21,4</sub>
з. од., т/га	14,2	18,4	22,9	24,5	21,0	23,6	24,8
+ % до конт.	-	29,6	61,3	72,5	47,9	66,2	74,6

В зерно-паро-просапній сівозміні насиченість зерновими культурами складала 60,0–62,5 %, в зерно-паровій – 57,1 %. В середньому за 1972–2010 рр. досліджень, продуктивність сівозміни без внесення добрив складала 25,7 т з. од./га; органічна система перевищувала контроль на 19,8 %, органо-мінеральні при N<sub>49</sub>P<sub>42</sub>K<sub>37</sub> – на 38,9–41,2 %, а при N<sub>31</sub>P<sub>28</sub>K<sub>24</sub> – на 34,2–40,5 %.

Продуктивність зерно-парової сівозміни (2008–2024 рр.) за рахунок природної родючості була на рівні 14,2 т з. од./га; при одноосібному внесенні азоту вона підвищувалася пропорційно дозі на 29,6–72,5 %. При використанні повного мінерального добрива у співвідношенні N:P:K від 1:0,5:0,5 до 3:0,5:0,5 (1=50) продуктивність сівозміни зростає на 47,9–74,6 %.

**Висновки.** У восьмирічних сівозмінах найбільш ефективними є органо-мінеральні системи удобрення, де на гектар сівозмінної площі вноситься N<sub>49</sub>P<sub>42</sub>K<sub>37</sub> на тлі 7,8 т гною і це збільшує загальну продуктивність сівозміни на 38,9 %; використання 12,1 т гною + N<sub>31</sub>P<sub>28</sub>K<sub>24</sub> сприяє підвищенню проду-

ктивності сівозміни на 40,5 %.

При високій забезпеченості ґрунту доступними фосфором та калієм, за умови заробляння вторинної продукції культур сівозміни та використання сидерації, внесення N<sub>42,9</sub> або N<sub>85,7</sub> на фоні P<sub>21,4</sub>K<sub>21,4</sub> підвищує продуктивність зерно-парової сівозміни на 47,9 % та 66,2 %, врожаї пшениці озимої від 31,5 % до 73,3 %, а ріпаку озимого – в 1,8–2,0 рази відповідно.

В посушливих умовах Південного Степу України кращими попередниками пшениці озимої є пари (чорний та сидеральний), які забезпечують зростання врожайності проти стерньового попередника в 2,3 рази; кукурудзи МВС – в 1,8, ріпаку озимого – в 1,6 та 1,3 рази – проти гороху.

За реакцією на погодні умови варіабельністю врожаїв основні зернові та технічні культури Південного Степу України розташовуються в наступний спадаючий ряд: горох > кукурудза > ріпак озимий > пшениця озима > соняшник, а ланка попередників за вказаною ознакою має такий вид: пшениця озима > кукурудза МВС ≥ горох > ріпак озимий > пар сидеральний > чорний пар.

### Використана література

1. Кравченко В. Экспорт основных аграрных номенклатур з України в 2023/2024 маркетинговому році. URL: <https://mind.ua/publications/20275920-sezon-zaversheno-skilki-ukrayina-zarobila-na-eksporti-zerna-infografika> (дата звернення 05.10.2024р).
2. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 05.10.2024р).
3. Neupane, D.; Adhikari, P.; Bhattarai, D.; Rana, B.; Ahmed, Z.; Sharma, U.; Adhikari, D. Does Climate Change Affect the Yield of the Top Three Cereals and Food Security in the World? *Earth*. 2022. 3 (1). 45–71; <https://doi.org/10.3390/earth3010004>
4. Господаренко Г. М., Любич В. В., Притуляк Р. М.

- Ефективність застосування різних видів і доз добрив у польовій сівозміні. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 127. С. 27–32. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.3>
5. Черенков А. В., Гасанова І. І., Костирих І. В., Остапенко М. А., Білозір І. В. Вплив попередників, мінеральних добрив та способів сівби на урожайність і якість зерна пшениці озимої в південному Степу України. *Зернові культури*. 2018. Том 2. № 2. С. 237–244. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0031>
  6. Omics, I., Jeyasri, R., Muthuramalingam, P., Satish, L., Pandian, S. K. An Overview of Abiotic Stress in Cereal Crops: Negative impacts, regulation, biotechnology and integrated omics. *Plants*. 2021. 10 (7). 1472. <https://doi.org/10.3390/plants10071472>
  7. Демиденко О.В. Урожайність сільськогосподарських культур залежно від удобрення, способу обробітку ґрунту та типу сівозміни. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. Випуск 2 (12). С. 32–45. <https://doi.org/10.54651/agri.2024.02.05>
  8. Stulpinaite, U.; Tilvikiene, V.; Doyeni, M.O. Influence of Hemp Residues on Soil Chemical Parameters and Spring Wheat Productivity. *Agronomy*. 2024. № 14. 1829. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081829>
  9. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Садовський І. С. Структура врожаю кукурудзи залежно від систем удобрення в умовах Правобережного Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Випуск 1 (7). С. 26–37. [doi: 10.54651/agri.2023.01.04](https://doi.org/10.54651/agri.2023.01.04)
  10. Liu, Q.; Xu, H.; Yi, H. Impact of Fertilizer on Crop Yield and C:N:P Stoichiometry in Arid and Semi-Arid Soil. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021. Vol. 18. 4341. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084341>
  11. Agegnehu, G., Amede, T., Desta, G., Erkossa, T., Legesse, G., Gashaw, T., Rooyen, A. V., Harawa, R., Degefu, T., Mekonnen, K., Schulz, S. Improving fertilizer response of crop yield through liming and targeting to landscape positions in tropical agricultural soils. *Heliyon*. 2023. Volume 9. Issue 6. e17421. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17421>
  12. Jarecki, W. Response of Winter Wheat to Delayed Sowing and Varied Nitrogen Fertilization. *Agriculture*. 2024. 14. 121. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010121>

## References

1. Kravchenko, V. Eksport osnovnykh ahrarnykh nomenklatur z Ukrainy v 2023/2024 marketynhovomu rotsi [Export of the main agricultural products from Ukraine in the 2023/2024 marketing year]. URL: <https://mind.ua/publications/20275920-sezon-zaversheno-skilki-ukrayina-zarobila-na-eksporti-zema-infografika> (application date 05.10.2024p). [in Ukrainian]
2. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [Save Statistics Service of Ukraine]. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (application date 05.10.2024p). [in Ukrainian]
3. Neupane, D., Adhikari, P., Bhattarai, D., Rana, B., Ahmed, Z., Sharma, U., Adhikari, D. (2022). Does Climate Change Affect the Yield of the Top Three Cereals and Food Security in the World? *Earth*, 3 (1). 45–71; <https://doi.org/10.3390/earth3010004>
4. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Prytuliak, R. M. (2022). Effectiveness of different types and doses of fertilizers in field crop rotation. *Tavriyskiy naukoviy visnyk [Taurian Scientific Bulletin]*, 127. 27–32. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.3> [in Ukrainian]
5. Cherenkov, A. V., Gasanova, I. I., Kostyria, I. V., Ostapenko, M. A., Bilozor, I. V. (2018). Influence of predecessors, mineral fertilizers and sowing methods on yield and quality of winter wheat grain in the Southern Steppe of Ukraine. *Zernovi kultury [Grain Crops]*, 2 (2). 237–244. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0031> [in Ukrainian]
6. Omics, I., Jeyasri, R., Muthuramalingam, P., Satish, L., Pandian, S.K. (2021) An Overview of Abiotic Stress in Cereal Crops: Negative impacts, regulation, biotechnology and integrated omics. *Plants*, 10 (7). 1472. <https://doi.org/10.3390/plants10071472>
7. Demydenko, O.V. (2024). Dynamics of crop yields depending on fertilizer, cultivation method and crop rotation type. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriya i praktyka [Agriculture and crop production: theory and practice]*, 2 (12). 32–45. <https://doi.org/10.54651/agri.2024.02.05> [in Ukrainian]
8. Stulpinaite, U., Tilvikiene, V., Doyeni, M.O. (2024). Influence of Hemp Residues on Soil Chemical Parameters and Spring Wheat Productivity. *Agronomy*, 14, 1829. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081829>
9. Hospodarenko, H. M., Cherny, O. D., Lyubich, V. V., Sadovskiy, I. S. (2023). [Structure of maize yield depending on the fertilizer system in the conditions of the Right-Bank Forest Steppe. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriya i praktyka [Agriculture and crop production: theory and practice]*, 1 (7). 26–37. <https://doi.org/10.54651/agri.2023.01.04> [in Ukrainian]
10. Liu, Q., Xu, H., Yi, H. (2021). Impact of Fertilizer on Crop Yield and C:N:P Stoichiometry in Arid and Semi-Arid Soil. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18. 4341. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084341>
11. Agegnehu, G., Amede, T., Desta, G., Erkossa, T., Legesse, G., Gashaw, T., Rooyen, A. V., Harawa, R., Degefu, T., Mekonnen, K., Schulz, S. (2023). Improving fertilizer response of crop yield through liming and targeting to landscape positions in tropical agricultural soils. *Heliyon*, 9 (6). e17421. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17421>
12. Jarecki, W. (2024). Response of Winter Wheat to Delayed Sowing and Varied Nitrogen Fertilization. *Agriculture*, 14. 121. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010121>

UDC631.81(477.74)

<sup>1</sup>Burykina, S. I., <sup>2</sup>Kryvenko, A. I., <sup>1</sup>Serhieiev, L. A., <sup>1</sup>Kohut, I. N., <sup>2</sup>Trandafir, I.V. Yield of agricultural crops depending on fertilizer systems in the Southern Steppe of Ukraine. *Grain Crops*. 2024. 8 (2). 350–358.

<sup>1</sup>Odesa State Agricultural Experimental Station of the Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS of Ukraine, 24 Maiatska road St., Khllybodarske village, Odesa region, Odesa district, 67667, Ukraine

<sup>2</sup>Odesa State Agrarian University, 87 Kanatna St., Odesa, 65012, Ukraine

**Topicality.** Mineral and organic fertilisers are still the basis for increasing crop yields and quality, but optimising their application requires a detailed and in-depth analysis of the results of long-term trials in different climatic and soil zones. **Purpose.** To investigate the impact of different fertilisation systems in field crop rotation on crop yields in the rainfed conditions of the Southern Steppe of Ukraine. **Material and Methods.** The data array of the long-term stationary experiment for the period 1972–2024 was used. The soil was southern low-humus heavy loamy chernozem. The initial content of mobile phosphorus and potassium compounds (according to Chirikov's method) corresponded to an elevated level of availability, and at the beginning of the fifth rotation it was high and very high pH = 7.0–7.2. To analyse yields of crops in grain-fallow-row crop rotation (1972–2010, I–IV crop rotations), we studied 17 fertilisation systems, and selected fertilisation variants: organic fertilisation system – 7.8 t/ha (Background 1) and 12.1 t/ha (Background 2); mineral fertilisation system –  $N_{49}P_{42}K_{37}$ , organic-mineral fertilisation system –  $N_{31}P_{28}K_{24}$ +Background 1;  $N_{31}P_{28}K_{24}$ +Background 2;  $N_{49}P_{42}K_{37}$ +Background 1;  $N_{49}P_{42}K_{37}$ +Background 2. In the next four crop rotations, by-products of crops and green manure were introduced into the soil as organic fertiliser, which averaged 8 t/ha. Against this background, three different rates of nitrogen fertiliser (42.9, 85.7 and 128.6 kg/ha) and compound mineral fertiliser with phosphorus and potassium rates of  $P_{21.4}K_{21.4}$  and  $P_{42.8}K_{42.8}$  were introduced to each crop. The results of the study were subjected to mathematical processing using Microsoft Excel. **Results.** The optimal rates and types of fertilisers for field crop rotations with a grain crop saturation of 57–62 % were determined. The effect of mineral fertilisers on the productivity of crop rotation, individual crops and yield variability was revealed. Predecessors of winter wheat were analysed. **Conclusions.** In the eight-field crop rotation, the organic-mineral fertilisation system is the most effective, as the introduction of 7.8 tonnes of manure +  $N_{49}P_{42}K_{37}$  increased the overall productivity of the crop rotation by 38.9 %; in case of introduction of 12.1 tonnes of manure +  $N_{31}P_{28}K_{24}$ , the productivity of the crop rotation increased by 40.5 %. High soil availability of phosphorus and potassium with introduction of by-products of crops and green manure, the application of  $N_{42.9}$  or  $N_{85.7}$  on the background of  $P_{21.4}K_{21.4}$  increased the productivity of grain-fallow crop rotation by 47.9 % and 66.2 %, yields of winter wheat from 31.5 % to 73.3 %, and of winter rapeseed – by 1.8–2.0 times, respectively. In the arid conditions of the Southern Steppe of Ukraine, the best predecessors for winter wheat was fallow (black and green manure fallow), which provides an increase in yields by 2,3 times compared to the stubble predecessor; for maize for silage – by 1.8 times, for winter rapeseed – by 1.6 times and for peas – by 1.3 times. Variability of yields of the main grain and commercial crops in the Southern Steppe of Ukraine was affected by weather conditions, and the crops are arranged in the following descending order in terms of their response to weather conditions: peas > maize > winter rapeseed > winter wheat > sunflower, whereas the predecessor line according to this trait is as follows: winter wheat > maize for silage > peas > winter rapeseed > green manure fallow > black fallow.

**Key words:** fertilisers, rates, crop rotation, harvests, variability