

ЕКОНОМІЧНЕ АГРОХІМІЧНЕ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ ПІД СОРТИ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

Г. М. ГОСПОДАРЕНКО¹, доктор сільськогосподарських наук

В. В. ЛЮБИЧ¹, доктор сільськогосподарських наук

Т. В. СІЛФОНОВ¹, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

А. В. БАЛЯН², доктор економічних наук

¹ Уманський національний університет садівництва

² Національна академія аграрних наук України

У результаті проведених досліджень встановлено, що окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив залежить як від їх виду, так і від поєднання з іншими видами добрив. Так, окупність 1 кг добрив змінювалася в широких межах – від 6,7–10,5 кг у лінії Пріно до 14,6–17,2 кг зерна у сорту КВС Еміл. При цьому необхідно звернути увагу, що лінія Пріно на фосфорно-калійному тлі краще окуплює одиницю азоту зерном, ніж сорт КВС Еміл. Найвищий умовно чистий прибуток отримано за внесення $N_{75}P_{30}K_{40}$ – 39,2 тис. грн/га в сорту КВС Еміл. Чистий енергетичний дохід при цьому становить 21,4 ГДж/га, а окупність 1 кг NPK – 12,3 кг зерна. Умовно чистий прибуток за вирощування лінії Пріно менший і становить 24,9 тис. грн./га.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, сорт, системи удобрення, економічна, агрохімічна, енергетична ефективність.

Вступ. Економічний розвиток суспільства зазвичай розвивається завдяки ефективному використанню мінеральних носіїв енергії, у тому числі й мінеральних добрив. Водночас запаси їх обмежені та в майбутньому можуть бути вичерпані [1]. Для України – як країни-імпортера переважної більшості мінеральних добрив, це набуває особливого значення, тому що в умовах конкуренції навколо сировинних запасів, особливо фосфатної сировини, у майбутньому все тяжче буде досягти високої ефективності їх застосування [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах підвищення цін на енергоносії, стале підвищення їх вартості та нестабільність постачання, а також зміни клімату та наростання проблем пов'язаних із забрудненням довкілля все більше стає актуальним впровадження в аграрний сектор економіки нових енергоощадних технологій і розвиток альтернативних джерел енергії [3]. У першу чергу це повинно проходити завдяки впровадженню у виробництво нових сортів і гібридів сільськогосподарських культур та управління їх мінеральним живленням. Це в перспективі сприятиме значному зменшенню енергетичної залежності галузі рослинництва. Залежно від природно-кліматичних умов регіону оптимізація доз різних видів добрив і їх поєднань може принести значні економічні вигоди [4, 5].

На формування високої врожайності пшениці впливає комплекс багатьох природних та агротехнічних факторів і взаємних зв'язків (генотип культури, тип ґрунту, управління культурами, концентрація диоксиду в атмосфері та погодні умови) [6]. Абіотичні стреси, такі як екстремальні температури і дефіцит вологи через зміну клімату, можуть впливати на продуктивність зернових культур у всьому світі. Пшениця переважно росте за нижчих температур (оптимальна температура для росту 15–25 °C) [7]. Коливання температури під час вегетації можуть потенційно знизити продуктивність пшениці в певних регіонах. Серед основних сільськогосподарських культур пшениця є найбільш посухостійкою та найефективнішою у використанні води [8].

Нині пшениця є економічно важливою культурою, що вирощується в усьому світі. У 2018 році її вирощували на 214 млн га в світі [9]. Виробництво склало 734 млн т із середньою врожайністю близько 3,4 т/га. Пшениця є найбільш універсальним зерном серед зернових культур, що використовуються для харчування, постачаючи більше білків та енергії населенню, ніж будь-яка інша сільськогосподарська культура [10]. При цьому важливо оцінювати економічну та агрохімічну ефективність застосування добрив під пшеницю [11]. Тому проведення розрахунків ефективності внесення добрив є актуальним.

Мета статті – визначити економічну, агрохімічну та енергетичну ефективність застосування добрив під сорти пшениці м'якої озимої.

Методика досліджень. Польовий дослід закладений у 2011 р. в Уманському НУ з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно аналізувати врожайність всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Схема дослідження включає 11 варіантів комбінацій і окремого внесення мінеральних добрив і, в тому числі, контрольний варіант без удобрення (табл. 1).

Табл. 1. Схема тривалого (з 2010 р.) дослідження (атестат № 87 НААН)

Варіант дослідження: середня доза елементів живлення в сівозміні (кг д. р/га за рік)	Внесення добрив під культури сівозміни			
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	—	—	—	—
N ₅₅	N ₇₅	N ₈₀	N ₃₅	N ₃₀
N ₁₁₀	N ₁₅₀	N ₁₆₀	N ₇₀	N ₆₀
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	P ₆₀ K ₇₀	P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₅₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ K ₇₀	N ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₅₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	N ₇₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₆₀
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀

У варіанті досліду, де середня доза елементів живлення у сівозміні на гектар становить $N_{110}P_{60}K_{80}$, заплановано повне (100 %) компенсування добривами середньорічного господарського їх винесення культурами сівозміни. Схему досліду складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив без суттєвого зниження врожайності культур і родючості ґрунту. Розміщення варіантів у досліді послідовне. Повторення досліду триразове. Загальна площа дослідної ділянки 36 м^2 , облікова – 25 м^2 .

Фосфорні (суперфосфат гранульований) і калійні (калій хлористий) добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні (аміачна селітра) – під передпосівну культивуацію та в підживлення пшениці озимої. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишається на полі на добриво. Агрохімічне та енергетичне оцінювання проводили відповідно до методики [9]. Для розрахунку економічної ефективності використовували ціни 2024 р.

Результати досліджень. Застосування різних видів мінеральних добрив, їх доз і поєднань, а також сортові особливості пшениці озимої змінюють у широких межах агрохімічну ефективність їх застосування (табл. 2). Як видно з даних табл. 2, витрати добрив на формування однієї тонни приросту врожаю зерна залежно від сорту пшениці озимої та особливостей удобрення змінювалися від 58 до 636 кг д. р. У сорту КВС Еміл ці витрати були значно меншими, наприклад у варіанті досліду N_{75} – у два рази, а у виробничому контролі ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – в 1,5 рази. У варіантах досліду з внесення парних комбінацій основних складових живлення найменші витрати добрив на формування однієї тонни приросту врожаю зерна були в обох сортів пшениці озимої за внесення $N_{150}P_{60}$, а найбільші – $P_{60}K_{80}$.

Порівняно з цими варіантами досліду, кращі результати було отримано за внесення половинної дози повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – відповідно в сорту КВС Еміл 81 кг д. р./т зерна та 142 кг д. р./т зерна в лінії Пріно. У варіантах досліду зі зниженням дози внесення фосфорних і калійних добрив за цим показником найбільш ефективним був варіант досліду $N_{150}P_{30}K_{40}$ – у сорту КВС Еміл – 85 кг д. р./т зерна проти 105 кг д. р./т у виробничому контролі та у лінії Пріно – відповідно 142 проти 161 кг д. р./т зерна.

Окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив залежить як від їх виду, так і від поєднання з іншими видами добрив. Так, окупність 1 кг добрив змінювалася в широких межах – від 6,7–10,5 кг у лінії Пріно до 14,6–17,2 кг зерна у сорту КВС Еміл. При цьому необхідно звернути увагу, що лінія Пріно на фосфорно-калійному тлі краще окуплює одиницю азоту зерном, ніж сорт КВС Еміл. Так, у варіанті досліду $N_{150}P_{60}K_{80}$ порівняно з N_{150} окупність азоту добрив була вищою на 57 %, тоді як у сорту КВС Еміл – лише на 6 %.

Окупність діючої речовини фосфорних добрив залежала від дози їх внесення, поєднання з іншими видами добрив і сорту пшениці озимої та змінювалася у проведених дослідженнях від 3,5 до 11,0 кг зерна на 1 кг P_2O_5 . При цьому найвищу окупність фосфору добрив забезпечувала лінія Пріно у варіантах досліду $N_{150}P_{30}K_{80}$, тоді як у сорту КВС Еміл вона складала лише 5,0 кг зерна на 1 кг P_2O_5 .

Табл. 2. Агрохімічна ефективність застосування добрив під сорти пшениці м'якої озимої (у середньому за 2020–2022 рр.)

Варіант досліджу	Витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю зерна, кг д. р.	Окупність 1 кг д. р. добрив, кг зерна			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N + P ₂ O + K ₂ O
Сорт КВС Еміл					
N ₇₅	58	17,2	—	—	17,2
N ₁₅₀	68	14,6	—	—	14,6
P ₆₀ K ₈₀	326	—	—	—	3,1
N ₁₅₀ K ₈₀	93	—	—	3,6	10,8
N ₁₅₀ P ₆₀	82	—	6,0	—	12,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	81	—	—	—	12,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	105	15,5	3,5	2,6	9,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	85	—	—	—	11,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	92	—	—	4,0	10,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	99	—	5,0	—	10,1
Лінія Пріно					
N ₇₅	117	8,5	—	—	8,5
N ₁₅₀	150	6,7	—	—	6,7
P ₆₀ K ₈₀	636	—	—	—	1,6
N ₁₅₀ K ₈₀	176	—	—	3,9	5,7
N ₁₅₀ P ₆₀	144	—	7,7	—	7,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	142	—	—	—	7,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	161	10,5	8,2	4,3	6,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	142	—	—	—	7,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	145	—	—	6,8	6,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	159	—	11,0	—	6,3

Окупність калійних добрив, порівняно з азотними і фосфорними, була найнижчою – 2,6–6,8 кг зерна/кг K₂O. Найнижча окупність калійних добрив була сортом пшениці озимої КВС Еміл у варіанті досліджу з внесення повного мінерального добрива (N₁₅₀P₆₀K₈₀) – 2,6 кг зерна, а найвища – у варіанті N₁₅₀P₃₀K₄₀ лінією Пріно – 6,8 кг зерна. За внесення калійних добрив у дозі K₈₀ на тлі N₁₅₀ окупність 1 кг K₂O була в межах 3,6–3,9 кг зерна залежно від сорту пшениці озимої.

Окупність загальної дози 1 кг д. р. всіх видів мінеральних добрив, що вносилися у варіантах досліджу змінювалася в досить широких межах – від 1,6 до 17,2 кг зерна. Внесення під пшеницю озиму лише азотних добрив забезпечує найвищу окупність – 14,6–17,2 кг зерна/кг азоту в сорту КВС Еміл і 6,7–8,5 кг зерна/кг азоту у лінії Пріно. Фосфорні й калійні добрива у варіантах досліджу P₆₀K₈₀ мали найнижчу окупність – відповідно 3,1 і 1,6 кг зерна/кг д. р. Серед парних комбінацій складових живлення за цим показником найбільш

ефективним було поєднане внесення під обидва сорти пшениці озимої азотних і фосфорних добрив.

У варіантах досліду з внесенням повного мінерального добрива у різних поєднаннях основних складових живлення в обох сортів пшениці озимої найвищу окупність 1 кг N + P₂O + K₂O забезпечували варіанти досліду N₇₅P₃₀K₄₀ і N₁₅₀P₃₀K₄₀. При цьому показник окупності у сорту КВС Еміл порівняно з лінією Пріно був відповідно вищим на 76 і 69 %. При цьому необхідно зазначити, що в сорту КВС Еміл на ділянках досліду зі зниженням дози добрив із N₁₅₀P₃₀K₄₀ до N₇₅P₃₀K₄₀ окупність N + P₂O + K₂O підвищувалась на 4 %.

Отже, агрохімічна ефективність застосування мінеральних добрив під пшеницю озиму значно залежить від їх видів, доз внесення, поєднань і сортів пшениці озимої.

Показники енергетичної ефективності застосування добрив під пшеницю озиму залежали від її сорту та системи удобрення і змінювалися в широких межах (табл. 3). Енергоємність приросту врожаю зерна залежно від сорту пшениці озимої залежно від особливостей удобрення змінювалась від 3,6 до 44,6 ГДж/га або на 114 %. Найвищі її показники забезпечували системи удобрення з внесенням азотних і фосфорних добрив, менше калійних. Найвищу енергоємність урожаю зерна забезпечував сорт КВС Еміл у варіанті досліду N₁₅₀P₆₀K₈₀. При цьому, зі зменшенням дози фосфорних, калійних або обох цих видів мінеральних добрив у складі повного мінерального добрива енергоємність приросту врожаю знижувалась у сорту КВС Еміл на 2–6 %, а у лінії Пріно – на 4–14 %. Це свідчить, що лінія Пріно більш чутлива до збалансованого живлення основними елементами живлення.

Енерговитрати на застосування добрив залежали як від доз їх внесення, так і від поєднання в складі різних їх видів. Найбільш енергоємним є застосування азотних добрив, проте, як зазначалось вище, вони забезпечують і найліпшу окупність урожаю зерна пшениці озимої.

Показник чистого енергетичного доходу в більшій мірі змінювався від сорту пшениці озимої, ніж від удобрення. Так, у сорту КВС Еміл порівняно з лінією Пріно у варіанті досліду N₇₅ він був вищим у 3,7 рази, а у виробничому контролі (N₁₅₀P₆₀K₈₀) – у 2,2 рази. Коефіцієнт енергетично ефективності застосування добрив під пшеницю озиму сорту КВС Еміл був вище одиниці і становив 1,30–2,66 залежно від системи удобрення, тоді як у лінії Пріно лише у варіанті досліду N₇₅P₃₀K₄₀ він становив 1,09.

Енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна змінювалась в досліді від 4,5 до 14,0 ГДж. Найнижчий її показник був отриманий у сорту КВС Еміл у варіанті досліду N₇₅P₃₀K₄₀, це ж стосується і лінії Пріно. У варіанті досліду виробничого контролю (N₁₅₀P₆₀K₈₀) енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна в лінії Пріно порівняно із сортом КВС Еміл була вищою на 53 %. Зниження дози фосфорних і калійних добрив у складі повного мінерального добрива (варіант N₁₅₀P₃₀K₄₀) підвищувало цей показник порівняно з виробничим контролем (N₁₅₀P₆₀K₈₀) у лінії Пріно на 6 % і знижувало у сорту КВС Еміл на 3 %.

Табл. 3. Енергетична ефективність застосування добрив під сорти пшениці м'якої озимої (у середньому за 2020–2022 рр.)

Варіант досліджу	Енергоємність, ГДж/га		Чистий енергетичний дохід, ГДж/га	K _{ee}	Енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна, ГДж
	приросту врожаю зерна	застосування добрив			
Сорт КВС Еміл					
N ₇₅	21,2	6,5	14,7	2,27	5,0
N ₁₅₀	36,0	13,0	23,0	1,77	5,9
P ₆₀ K ₈₀	7,1	3,1	4,0	1,30	7,2
N ₁₅₀ K ₈₀	40,8	13,8	27,0	1,96	5,6
N ₁₅₀ P ₆₀	41,9	15,3	26,7	1,75	6,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	29,4	8,0	21,4	2,66	4,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	45,4	16,1	29,3	1,83	5,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	42,6	14,5	28,1	1,93	5,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	44,6	15,7	28,9	1,84	5,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	43,3	14,9	28,3	1,90	5,7
Лінія Пріно					
N ₇₅	10,5	6,5	4,0	0,62	10,1
N ₁₅₀	16,5	13,0	3,5	0,27	13,0
P ₆₀ K ₈₀	3,6	3,1	0,5	0,18	14,0
N ₁₅₀ K ₈₀	21,5	13,8	7,8	0,56	10,5
N ₁₅₀ P ₆₀	24,0	15,3	8,7	0,57	10,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	16,8	8,0	8,7	1,09	7,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	29,6	16,1	13,5	0,84	8,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	25,5	14,5	11,0	0,75	9,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	28,5	15,7	12,8	0,82	9,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	27,0	14,9	12,0	0,81	9,1

Розрахунок економічної ефективності застосування мінеральних добрив під сорти пшениці озимої показав значні відмінності в параметрах основних показників (табл. 4). Так, вартість отриманого приросту врожаю зерна в сорту КВС Еміл порівняно з лінією Пріно була вищою і становила 44000–62900 грн/га. При цьому вона була найвищою у варіанті досліджу N₁₅₀P₆₀K₈₀ і зменшувалась зі зниженням доз внесення фосфорних і калійних добрив удвічі лише на 400–1400 грн/га. Виробничому контролю за цим показником майже не поступався варіант досліджу без внесення калійних добрив – 61200 грн/га проти 62900 грн/га. Значно меншу вартість зерна з одиниці площі посіву пшениці озимої забезпечувала лінія Пріно. Наприклад, у виробничому контролі (N₁₅₀P₆₀K₈₀) це зниження становило 15800 грн/га або на 25 %.

Вартість додатково отриманого зерна пшениці озимої та витрати на її вирощування формують показник умовно чистого прибутку.

Табл. 4. Економічна ефективність застосування добрив під сорти пшениці м'якої озимої (у середньому за 2020–2022 рр.)

Варіант досліджу	Урожайність, т/га	Вартість зерна, тис. грн/га	Витрати на вирощування, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності за умовно чистим прибутком, %
Сорт КВС Еміл					
N ₇₅	6,29	50,9	12,7	38,2	301
N ₁₅₀	7,19	58,2	22,5	35,7	159
P ₆₀ K ₈₀	5,43	44,0	13,7	30,3	221
N ₁₅₀ K ₈₀	7,48	60,6	24,9	35,7	143
N ₁₅₀ P ₆₀	7,55	61,2	26,2	35,0	133
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	6,79	55,0	15,8	39,2	248
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	7,76	62,9	28,5	34,4	121
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	7,59	61,5	25,5	36,0	141
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	7,71	62,5	27,3	35,2	129
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	7,63	61,8	26,6	35,2	132
Лінія Пріно					
N ₇₅	4,65	37,7	12,7	25,0	197
N ₁₅₀	5,01	40,6	22,5	18,1	80
P ₆₀ K ₈₀	4,23	34,3	13,7	20,6	150
N ₁₅₀ K ₈₀	5,32	43,1	24,9	18,2	73
N ₁₅₀ P ₆₀	5,47	44,3	26,2	18,1	69
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	5,03	40,7	15,8	24,9	158
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	5,81	47,1	28,5	18,6	65
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	5,56	45,0	25,5	19,5	77
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	5,74	46,5	27,3	19,2	70
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	5,65	45,8	26,6	19,2	72

Як видно з даних табл. 4, найвищий умовно чистий прибуток за нинішніх цін на зерно та мінеральні добрива забезпечували варіанти досліджу з внесенням лише азотних добрив у дозі 75 кг д. р./га або повного мінерального добрива у дозі N₇₅P₃₀K₄₀. При цьому рівень рентабельності за умовно чистим прибутком у сорту КВС Еміл становив відповідно 301 і 248 %, а у лінії Пріно – 197 і 158 %.

Внесення повного мінерального добрива в дозі N₁₅₀P₆₀₋₃₀K₈₀₋₄₀ під сорт КВС Еміл знижувало рівень рентабельності застосування добрив під пшеницю озиму за умовно чистим доходом до 121–141 %, а під лінію Пріно – до 65–77 %.

Отже, застосування мінеральних добрив у польовій сівоzmіні під пшеницю озиму незалежно від сорту і системи їх застосування є економічно виправданим і забезпечує умовно чистий прибуток 18100–39200 грн/га з рівнем рентабельності за умовно чистим доходом 65–301 %.

Як видно з рис. 1, найвищий індекс комплексного оцінювання системи удобрення пшениці озимої сорту КВС Еміл забезпечували варіанти досліду з внесенням $N_{75}P_{30}K_{40}$ і N_{75} відповідно 1,02 і 0,99.

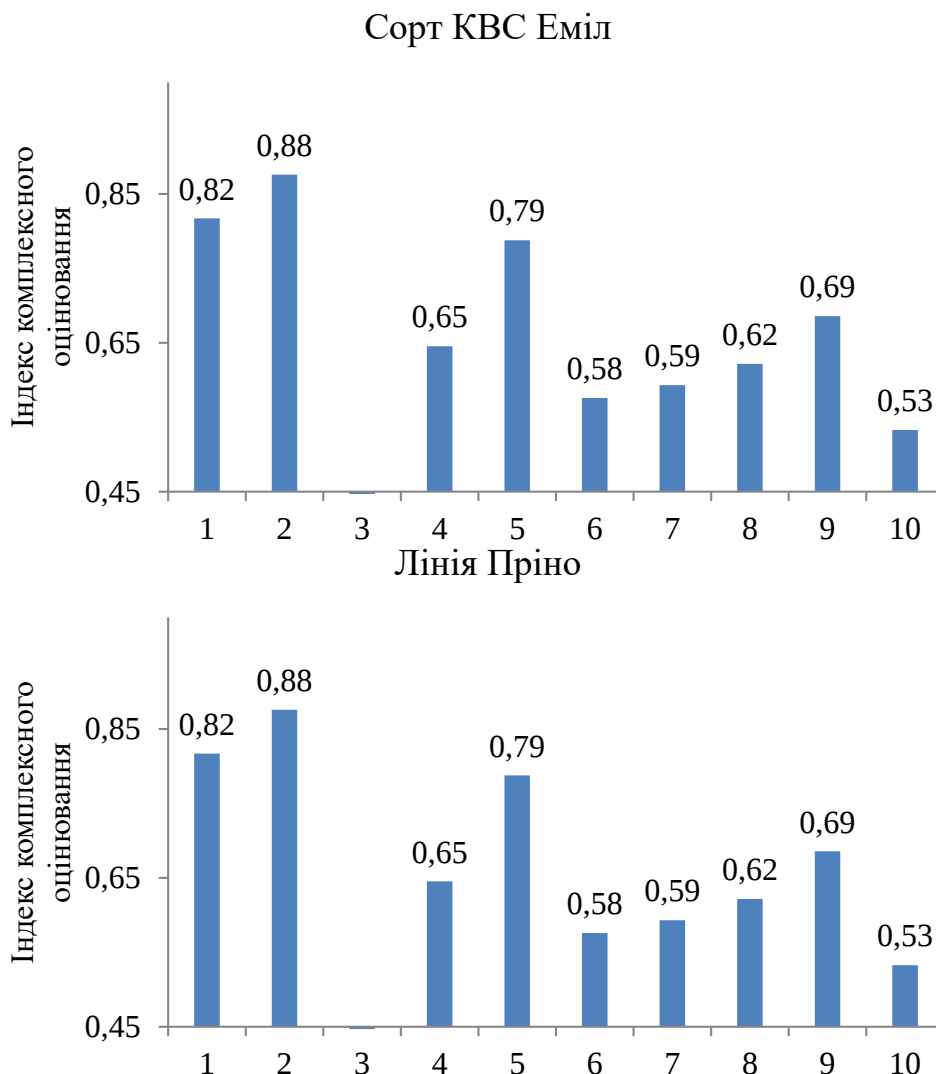


Рис. 1 Індекс комплексного оцінювання систем удобрення сортів пшениці м'якої озимої, 2020–2022 рр.: 1) N_{75} ; 2) N_{150} ; 3) $P_{60}K_{80}$; 4) $N_{150}K_{80}$; 5) $N_{150}P_{60}$; 6) $N_{75}P_{30}K_{40}$; 7) $N_{150}P_{60}K_{80}$; 8) $N_{150}P_{30}K_{40}$; 9) $N_{150}P_{60}K_{40}$; 10) $N_{150}P_{30}K_{80}$

Дещо їм поступались варіанти досліду з внесенням N_{150} , $N_{150}P_{60}$ і $N_{150}P_{60}K_{40}$. Ці варіанти досліду лише на 0,2 од. поступалися варіанту $N_{150}P_{30}K_{40}$, що свідчить про можливість застосування цих систем удобрення. Традиційна система удобрення ($N_{150}P_{60}K_{80}$) значно – на 0,22 одиниці поступалася варіанту досліду $N_{75}P_{30}K_{40}$. Найнижчий індекс комплексного оцінювання (0,55) був за внесення лише фосфорних і калійних добрив (варіант $P_{60}K_{80}$).

За індексом комплексного оцінювання лінія пшениці озимої Пріно дещо поступалася сорту КВС Еміл. При цьому необхідно зазначити, що він особливо знижувався за внесення лише азотних добрив у високій дозі (N_{150}) – до 0,72 (за показника у сорту КВС Еміл 0,94), а також за внесення азотних і калійних добрив ($N_{150} K_{80}$) – відповідно 0,81 і 0,93 од. Необхідно також зазначити, що варіант

досліді $N_{150}P_{60}K_{40}$ в обох сортів забезпечував майже однаковий індекс комплексного оцінювання – 0,93–0,94.

З огляду на численні публікації, питання ефективності застосування різних видів і доз мінеральних добрив з урахуванням підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, енергоощадження, економічної ефективності, дотримання екологічної рівноваги залишається малодослідженим. У зв'язку з цим, актуальним питанням є розробка теоретичних положень і практичних рекомендацій, що спрямовані на ефективне використання наявних і в перспективі можливих ресурсів мінеральних добрив з урахуванням природно-кліматичних особливостей регіону та сортової специфіки вирощування сільськогосподарських культур.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив залежить як від їх виду, так і від поєднання з іншими видами добрив. Так, окупність 1 кг добрив змінювалася в широких межах – від 6,7–10,5 кг у лінії Пріно до 14,6–17,2 кг зерна у сорту КВС Еміл. При цьому необхідно звернути увагу, що лінія Пріно на фосфорно-калійному тлі краще окуплює одиницю азоту зерном, ніж сорт КВС Еміл. Так, у варіанті досліді $N_{150}P_{60}K_{80}$ порівняно з N_{150} окупність азоту добрив була вищою на 57 %, тоді як у сорту КВС Еміл – лише на 6 %.

Найвищий умовно чистий прибуток отримано за внесення $N_{75}P_{30}K_{40}$ – 39,2 тис. грн/га в сорту КВС Еміл. Чистий енергетичний дохід при цьому становить 21,4 ГДж/га, а окупність 1 кг NPK – 12,3 кг зерна. Умовно чистий прибуток за вирощування лінії Пріно менший і становить 24,9 тис. грн./га.

Найвищий індекс комплексного оцінювання системи удобрення пшениці озимої сорту КВС Еміл забезпечували варіанти досліді з внесенням $N_{75}P_{30}K_{40}$ і N_{75} відповідно 1,02 і 0,99. Дещо їм поступалися варіанти досліді з внесенням N_{150} , $N_{150}P_{60}$ і $N_{150}P_{60}K_{40}$. Ці варіанти досліді лише на 0,2 од. поступалися варіанту $N_{150}P_{30}K_{40}$, що свідчить про можливість застосування цих систем удобрення.

Література:

1. Любич В. В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 95. С. 146–161.
2. Любич В. В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА*. 2017. №3. С. 18–24.
3. Господаренко Г. М., Рябовол Я. С., Черно О. Д., Любич В. В., Крижанівський В. Г. Ріст і розвиток пшениці озимої у весняно-літній період вегетації залежно від умов мінерального живлення в Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського НУС*. 2020. № 2. С. 3–8.
4. Chai Y., Chai Q., Han F., Li Y., Ma J., Li R., Cheng H., Chang L., Chai S. Increasing yields while reducing soil nutrient accumulation by straw strip mulching in the dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) cropping system of Northwest China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2022. Vol. 326. Article number 107797.
5. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств. Київ : КНЕУ, 2002. 624 с.
6. Калінчик М. В., Ільчук М. М., Калінчик М. Б. Економічне

обґрунтування норм внесення мінеральних добрив залежно від ціни на ресурси та продукцію. Київ : Нічлава, 2006. 43 с.

7. Hlisnikovský L., Vach M., Abrahám Z., Mensik L., Kunzová E. The effect of mineral fertilisers and farmyard manure on grain and straw yield, quality and economical parameters of winter wheat. *Plant Soil Environ.* 2020. Vol. 66. P. 249–256.

8. Любич В.В., Полянецька І.О., Климович Н.М. Ураження пшениці м'якої ярої листовими хворобами залежно від рівня азотного живлення. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 160–167.

9. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ: ТОВ «СІК ГРУПІ УКРАЇНА», 2020. 148 с.

10. Almaliev M., Kostadinova S., Panayotova G. Effect of fertilizing systems on the phosphorus efficiency indicators at durum wheat. *Agric. For.* 2014. Vol. 60. P. 127–134.

11. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.

References:

1. Liubych, V. V. (2017). Productivity of wheat varieties and lines depending on abiotic and biotic factors. *Bulletin of Agricultural Science of the Black Sea Region*, no. 95, pp. 146–161. [in Ukrainian].

2. Liubych, V. V. (2017). Influence of abiotic and biotic factors on the productivity of spelt wheat varieties and lines. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, no. 3, pp. 18–24. [in Ukrainian].

3. Hospodarenko, H. M., Riabovol, Ya. S., Chernov, O. D., Liubych, V. V., Kryzhanivskyi, V. H. (2020). Growth and development of winter wheat during the spring-summer vegetation period depending on mineral nutrition conditions in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, no. 2, pp. 3–8. [in Ukrainian].

4. Chai, Y., Chai, Q., Han, F., Li, Y., Ma, J., Li, R., Cheng, H., Chang, L., Chai, S. (2022). Increasing yields while reducing soil nutrient accumulation by straw strip mulching in the dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) cropping system of Northwest China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, no. 326, Article 107797.

5. Andriichuk, V. H. (2002). *Economics of agricultural enterprises*. Kyiv: KNEU. [in Ukrainian].

6. Kalinchuk, M. V., Ilchuk, M. M., Kalinchuk, M. B. (2006). *Economic justification for the rates of mineral fertilizer application depending on the prices of resources and products*. Kyiv: Nichlava. [in Ukrainian].

7. Hlisnikovský, L., Vach, M., Abrahám, Z., Mensik, L., Kunzová, E. (2020). The effect of mineral fertilisers and farmyard manure on grain and straw yield, quality and economical parameters of winter wheat. *Plant, Soil and Environment*, no. 66, pp. 249–256.

8. Liubych, V. V., Polianetska, I. O., Klymovych, N. M. (2022). Leaf disease infestation of spring soft wheat depending on nitrogen nutrition level. *Agrobiology*, no. 1, pp. 160–167. [in Ukrainian].

9. Hospodarenko, H. M. (2020). *Workshop on agrochemistry*. Kyiv: SIK GROUP UKRAINE LLC. [in Ukrainian].

10. Almaliev, M., Kostadinova, S., Panayotova, G. (2014). Effect of fertilizing systems on the phosphorus efficiency indicators at durum wheat. *Agriculture and Forestry*, no. 60, pp. 127–134.

11. Hospodarenko, H. M. (2022). *Fertilizer application system*. Kyiv: TROPEA LLC. [in Ukrainian].

Annotation

Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Silifonov T. V., Balian A. V.

Economic, Agrochemical and Energy Assessment of Fertilizer Efficiency for Winter Soft Wheat Varieties

Objective. To determine the economic, agrochemical, and energy efficiency of fertilizer application for winter soft wheat varieties.

Methods. Economic, agrochemical, energy, calculation-comparative, and analytical methods.

Results. Fertilizer input required to produce one ton of additional grain yield, depending on the wheat variety and fertilization conditions, ranged from 58 to 636 kg of active ingredient (a.i.). The KWS Emil variety required significantly less fertilizer – for instance, in the N_{75} treatment, the input was halved, and in the production control ($N_{150}P_{60}K_{80}$) it was reduced by 1.5 times. Compared to these treatments, better results were obtained with the half-rate of complete mineral fertilizer ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – 81 kg a.i./t grain for KWS Emil and 142 kg a.i./t grain for the Pryno line. In treatments with reduced phosphorus and potassium doses, the most efficient was $N_{150}P_{30}K_{40}$: 85 kg a.i./t grain for KWS Emil versus 105 kg a.i./t in the production control. Economic efficiency calculations showed significant differences in key parameters between wheat varieties. The value of the additional grain yield for KWS Emil was higher than for the Pryno line, ranging from UAH 44,000 to 62,900 per hectare. The highest return was under $N_{150}P_{60}K_{80}$, and reducing phosphorus and potassium inputs halved the cost by only UAH 400–1,400/ha. The treatment without potassium was nearly as effective as the production control – UAH 61,200/ha compared to 62,900/ha.

Conclusions. The return on 1 kg of active ingredient of mineral fertilizers depended on both the type of fertilizer and its combination with others. The return ranged widely – from 6.7–10.5 kg of grain for the Pryno line to 14.6–17.2 kg of grain for the KWS Emil variety. Notably, the Pryno line showed better nitrogen use efficiency under phosphorus-potassium background than KWS Emil. For example, in the $N_{150}P_{60}K_{80}$ treatment, nitrogen efficiency was 57% higher compared to N_{150} , whereas for KWS Emil, the increase was only 6%.

The highest conditional net profit was obtained from $N_{75}P_{30}K_{40}$ – UAH 39,200/ha for KWS Emil. The net energy return was 21.4 GJ/ha, and the return per 1 kg of NPK was 12.3 kg of grain. For the Pryno line, the conditional net profit was lower – UAH 24,900/ha. The highest integrated evaluation index of fertilizer systems for winter wheat was ensured by $N_{75}P_{30}K_{40}$ and N_{75} treatments—1.02 and 0.99, respectively. Slightly lower values were observed for N_{150} , $N_{150}P_{60}$, and $N_{150}P_{60}K_{40}$, which were only 0.2 units lower than $N_{150}P_{30}K_{40}$, confirming the feasibility of these fertilizer systems.

Key words: winter soft wheat, variety, fertilization systems, economic efficiency, agrochemical efficiency, energy efficiency.