

ЕКОНОМІЧНЕ, АГРОХІМІЧНЕ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ ПІД ПШЕНИЦЮ ТВЕРДУ ОЗИМУ

Г. М. ГОСПОДАРЕНКО¹, доктор сільськогосподарських наук

В. В. ЛЮБИЧ¹, доктор сільськогосподарських наук

А. В. БАЛЯН², доктор економічних наук

¹Уманський національний університет садівництва

²Національна академія аграрних наук України

Встановлено, що найвищу окупність 1 кг д. р. добрив забезпечує застосування N₇₅ – 8,3 кг зерна, чистий енергетичний дохід становить 3,7 ГДж/га за умовно чистого прибутку 27,7 тис. грн/га. Застосування N₇₅P₃₀K₄₀ забезпечує отримання чистого прибутку на рівні 26,4 тис. грн/га. З урахуванням агрохімічної та енергетичної ефективності і перспектив відновлення родючості ґрунту найкращим (ІКО = 0,91) є застосування N₇₅P₃₀K₄₀ за умови вирощування пшениці твердої озимої після сої у чотирипільній сівозміні.

Ключові слова: пшениця тверда озима, системи удобрення, економічна, агрохімічна, енергетична ефективність.

Вступ. Пшениця – важлива сільськогосподарська культура, оскільки є сировиною для виробництва низки продовольчих продуктів [1]. Важливим завданням науково-практичного сектору є підвищення її продуктивності. Основною складовою технології вирощування пшениці є застосування добрив, особливо, азотних [2, 3]. Підвищення економічного прибутку, ефективності використання енергії та ефективності застосування агрохімічних засобів є критично важливими для сталого виробництва пшениці. Результати дослідження [4] свідчать про високу ефективність застосування добрив за вирощування пшениці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною метою сучасного товарного виробництва чи надання певних послуг, є одержання прибутку. Тому підвищення економічно ефективності певного виробництва залежить від рівня формування двох його складових: 1) зменшення на одиницю виробленої продукції поточної і уречевленої праці; 2) реалізація її за цінами, що покривають витрати [5]. Виходячи з цього, основним завданням усіх досліджень в аграрному секторі економіки, пов'язаних із відновленням родючості ґрунту та виробництва сільськогосподарської продукції є конкурентна боротьба за зменшення її собівартості та підвищення окупності витрат.

Підвищення продуктивності та рентабельності вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі пшениці твердої озимої, як засвідчують літературні джерела, відбувається зазвичай завдяки додаткових

вкладів антропогенної енергії, яка матеріалізується у вигляді нових сортів, форм добрив і способів їх застосування [6, 7]. Особливо великі витрати на виробництво та застосування мінеральних добрив, тому встановлення економічно виправданих їх доз є одним з основних важелів підвищення ефективності їх застосування. Складність розрахунку економічної ефективності полягає у нестабільності цін на мінеральні добрива і продукцію рослинництва [8]. Тому нині виникає нагальна необхідність у всебічному обґрунтуванні як технології вирощування сільськогосподарських культур, так і її окремих складових, зокрема удобрення. Це викликано загальновідомим фактом, що удобрення є найсуттєвішим чинником підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. При цьому не викликає сумніву, що за обґрунтованої дози добрив забезпечуються найкращі економічні показники.

Мета статті – визначити економічну, агрохімічну та енергетичну ефективність застосування добрив під пшеницю тверду озиму.

Методика досліджень. Польовий дослід має географічні координати за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи, закладений у 2011 р. на дослідному полі Уманського НУС. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя).

Метою польового дослідження є встановлення ефективності дії різних видів, доз і поєднань мінеральних добрив на врожайність і якість зерна та насіння польових культур, родючість чорнозему опідзоленого. 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 дослідження, де середня доза елементів живлення у сівозміні на гектар становить N₁₁₀P₆₀K₈₀, 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 м², облікова – 25 м².

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 2023 р.

Результати досліджень. Розрахунки показали, що дози основних елементів живлення та їх поєднання в удобренні пшениці твердої озимої мали значний вплив на їх витрати на формування 1 т приросту врожаю зерна (табл. 2).

Табл. 2. Агрохімічна ефективність застосування добрив під пшеницю твердої озиму (в середньому за 2020–2022 рр.)

Варіант досліду	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 ₅ + K ₂ O
N ₇₅	121	8,3	–	–	8,3
N ₁₅₀	181	5,5	–	–	5,5
P ₆₀ K ₈₀	467	–	–	–	2,1
N ₁₅₀ K ₈₀	261	–	–	0,6	3,8
N ₁₅₀ P ₆₀	221	–	3,5	–	5,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	177	–	–	–	5,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	248	5,8	4,8	1,6	4,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	224	–	–	–	4,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	225	–	–	1,8	4,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	238	–	4,3	–	3,9

Як видно з даних табл. 1, найменші витрати добрив на формування 1 тонни зерна пшениці твердої озимої (121–181 кг д. р.) були у варіантах досліду N₇₅, N₁₅₀ і N₇₅P₃₀K₄₀. Інші варіанти досліду, за виключенням варіанту P₆₀K₈₀, не мали значної різниці – показник був у межах 221–268 кг/т зерна, тобто різниця була 21 %.

Важливим, з агрохімічного погляду, показником є окупність одиниці

діючої речовин добрив. Наявність у схемі досліду варіантів з внесенням лише різних доз азотних добрив, а також парних поєднань основних елементів живлення дозволяє розрахувати окупність приростом урожаю зерна як окремих елементів живлення, так і їх поєднання. Розрахунки показали, що окупність азоту добрив зі збільшенням дози його внесення з 75 до 150 кг/га зменшувались на 2,8 кг зерна на 1 кг азоту або на 34 %. При цьому необхідно зазначити, що внесення 150 кг/га азоту добрив на фосфорно-калійному тлі (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) сприяло підвищенню його ефективності на 5 %. Ефективність фосфорних добрив за цим показником також підвищувалась на 23–37 %, коли їх вносили у складі повного мінерального добрива, а не лише в поєднанні з азотними. Це ж стосується і калійних добрив. За їх внесення в складі повного мінерального удобрення ($N_{150}P_{60}K_{80}$ і $N_{150}P_{60}K_{40}$) їх окупність приростом урожаю відповідно підвищувалась на 166–200 %.

Окупність добрив також залежала від поєднання в удобренні пшениці озимої твердої окремих їх видів і доз їх внесення. Так, за парних поєднань основних елементів живлення в удобренні найбільша окупність 1 кг д. р. була у варіанті досліду з внесенням лише азотних і фосфорних добрив ($N_{150}P_{60}$) – 5,0 кг зерна. За внесення повного мінерального добрива з різним відношенням $N : P_2O : K_2O$ цей показник був від 3,9 у варіанті досліду $N_{150}P_{30}K_{80}$ до 5,7 кг у варіанті $N_{75}P_{30}K_{40}$. Це показує, що оптимізацією доз добрив і правильним поєднанням у них елементів живлення можна підвищити їх агрохімічну ефективність.

Постійне зростання цін на енергоносії і матеріали для енергонасичення збільшує втратну частину аграрного виробництва, що спонукає проведення досліджень і запровадження в агропромисловому комплексі поряд з агрохімічним і економічним, енергетичного аналізу. Такий аналіз дозволяє додатково оцінити можливість економії ресурсів і енергії (табл. 3).

Табл. 3. Енергетична ефективність застосування добрив під пшеницю тверду . озиму (в середньому за 2020–2022 рр.)

Варіант досліду	Енергоємність, ГДж/га		Чистий енергетичний дохід, ГДж/га	K_{ce}	Енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна, ГДж
	приросту врожаю зерна	застосування добрив			
N_{75}	10,2	6,5	3,7	0,57	10,5
N_{150}	13,7	13,0	0,7	0,05	15,7
$P_{60}K_{80}$	4,9	3,1	1,9	0,60	10,3
$N_{150}K_{80}$	14,5	13,8	0,7	0,05	15,7
$N_{150}P_{60}$	17,1	15,3	1,8	0,12	14,7
$N_{75}P_{30}K_{40}$	13,5	8,0	5,5	0,68	9,8
$N_{150}P_{60}K_{80}$	19,2	16,1	3,2	0,20	13,7
$N_{150}P_{30}K_{40}$	16,1	14,5	1,6	0,11	14,8
$N_{150}P_{60}K_{40}$	18,3	15,7	2,6	0,17	14,1
$N_{150}P_{30}K_{80}$	16,6	14,9	1,7	0,11	14,8

Розрахунки показали, що енергоємність приросту врожаю зерна пшениці твердої озимої в усіх варіантах дослідів була вищою, ніж енерговитрати на застосування добрив. При цьому, залежно від системи удобрення, чистий енергетичний дохід змінювався від 0,7 ГДж/га (у варіанті N₁₅₀) до 5,5 ГДж/га – за внесення половинної дози повного мінерального добрива (N₇₅P₃₀K₄₀).

Коефіцієнт енергетичної ефективності (К_{еє}), як відношення чистого енергетичного доходу до енерговитрат, у варіантах дослідів змінювався в широких межах – від 0,05 до 0,68 і був найвищим у варіанті дослідів N₇₅P₃₀K₄₀. За внесення N₁₅₀P₃₀₋₆₀K₄₀₋₈₀ цей показник був 0,11–0,20.

Енергетична собівартість зерна пшениці твердої озимої залежно від системи удобрення була 9,8–15,7 ГДж/т. Азотні добрива значно підвищували енерговитрати на одиницю приросту врожаю. Так, порівняно з фосфорно-калійним тлом у складі повного мінерального добрива це збільшення становило 3,4 ГДж/т, тоді як від фосфорних добрив – 2,0 і калійних – 1,0 ГДж/т. Найнижча енергетична собівартість зерна (9,8 ГДж/т) була у варіанті дослідів N₇₅P₃₀K₄₀ і підвищувалась за внесення N₁₅₀P₃₀₋₆₀K₄₀₋₈₀.

У технології вирощування сільськогосподарських культур значну частку матеріальних і трудових витрат займає застосування мінеральних добрив. Низка вчених і товаровиробників рекомендують за нинішніх умов господарювання значно зменшити застосування мінеральних добрив, або навіть повністю виключити їх з технології вирощування певних сільськогосподарських культур. Проте застосування таких рекомендацій потребує ретельного вивчення впливу на родючість ґрунту та продуктивність сільськогосподарських культур у певних ґрунтово-кліматичних умовах [10].

Для розрахунку витрат, пов'язаних із застосуванням мінеральних добрив, враховували не лише прямі витрати (вартість добрив, витрати на їх внесення), але й ті, які в процесі калькуляції собівартості продукції розподіляли пропорційно прямим витратам. Розрахунки проведено за фактичними витратами і отриманою врожайністю пшениці твердої озимої відповідно до вартості мінеральних добрив та послуг і зерно за цінами IV кварталу 2023 року.

Вартість 1 т зерна пшениці твердої озимої за вирощування на неудобрених ділянках приймали за 8100 грн, а за вирощування з добривами – 9100 грн, 1 т аміачної селітри – 19,5 тис. грн, 1 т суперфосфату гранульованого – 15,2 і 1 т калію хлористого – 20 тис. грн. За такого паритету цін економічна ефективність змінювалась залежно від системи удобрення пшениці твердої озимої (табл. 4). Вартість урожаю пшениці твердої озимої могла становити від 37,6 до 45,5 тис. грн/га.

Значну частку витрат на застосування мінеральних добрив становить вартість їх придбання. Ця величина змінюється залежно від видів і доз добрив. Так, у варіанті N₇₅P₃₀K₆₀ вартість азотних добрив становить 75 %, фосфорних – 15 і калійних 10 %. Найвищий умовно чистий прибуток забезпечувало застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив – 27,7 тис. грн/га. Застосування повного мінерального добрива (N₇₅P₃₀K₄₀) сприяло дещо меншому прибутку – 26,4 тис. грн/га.

Табл. 4. Економічна ефективність застосування добрив під пшеницю тверду озиму (в середньому за 2020–2022 рр.)

Варіант досліджу	Показник				
	Урожайність, т/га	Вартість продукції, тис. грн/га	Витрати на вирощування, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності за умовно чистим прибутком, %
Без добрив	3,8	30,8	4,5	22,8	185
N ₇₅	4,45	40,5	9,3	27,7	116
N _{15,0}	4,66	42,4	19,1	19,8	-12
P ₆₀ K ₈₀	4,13	37,6	10,3	23,8	72
N ₁₅₀ K ₈₀	4,71	42,9	21,5	17,9	-28
N ₁₅₀ P ₆₀	4,87	44,3	22,8	18	-32
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	4,65	42,3	12,4	26,4	66
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	5,00	45,5	25,1	16,9	-41
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	4,81	43,8	22,1	18,2	-29
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	4,94	45,0	23,9	17,6	-36
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	4,84	44,0	23,2	17,3	-35

Вважається, що ефективною системою удобрення є та, що забезпечує максимальний приріст урожаю сільськогосподарських культур. З економічного погляду це не завжди є доцільним, тому що ціни на мінеральні добрива ростуть більшими темпами, ніж на продукцію рослинництва. Тому систему удобрення необхідно оцінювати за комплексним показником, що враховує урожайності, прибутковості, енергоємності застосування добрив і можливі зміни родючості ґрунту за різної інтенсивності балансу елементів живлення. При цьому вважали що екологічно безпечна інтенсивність балансу азоту, фосфору і калію відповідно становить 120; 130 і 70 % [11].

Отже, за такого підходу було враховано такі показники: окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив; умовно чистий прибуток; чистий енергетичний прибуток; інтенсивність балансу азоту, фосфору й калію.

Встановлено, що індекс комплексного оцінювання (ІКО) змінювався від 0,65 до 0,97 залежно від системи удобрення (рис. 1). Найвищим цей показник був у варіанті досліджу N₁₁₀P₆₀K₄₀ – 0,97. Дещо йому уступали варіанти N₇₅P₃₀K₄₀, P₆₀K₈₀, N₁₁₀P₃₀K₈₀ і N₁₁₀P₆₀K₄₀. Найнижчий ІКО системи удобрення пшениці твердої озимої був у варіанті досліджу з внесенням найбільшої дози лише азотних добрив – 0,65. Отже, за показниками умовно чистого прибутку, інтенсивності балансу основних елементів живлення та окупності мінеральних добрив під пшеницю тверду озиму доцільно застосовувати N₇₅P₃₀K₄₀.

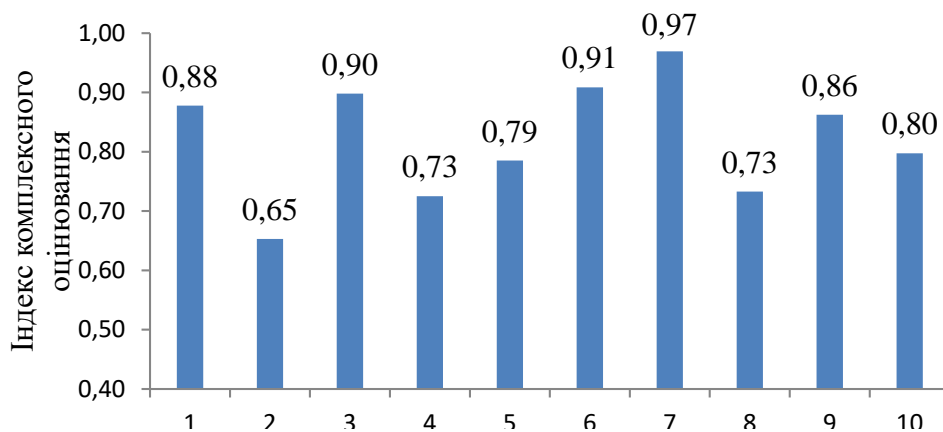


Рис. 1. Індекс комплексного оцінювання систем удобрення пшениці твердої озимої, 2020–2022 рр.: 1) N₇₅; 2) N₁₅₀; 3) P₆₀K₈₀; 4) N₁₅₀K₈₀; 5) N₁₅₀P₆₀; 6) N₁₅₀P₆₀K₈₀; 7) N₇₅P₃₀K₄₀; 8) N₁₅₀P₃₀K₄₀; 9) N₁₅₀P₆₀K₄₀; 10) N₁₅₀P₃₀K₈₀

Висновки. Найвищу окупність 1 кг д. р. добрив забезпечує застосування N₇₅ – 8,3 кг зерна, чистий енергетичний дохід становить 3,7 ГДж/га за умовно чистого прибутку 27,7 тис. грн/га. Застосування N₇₅P₃₀K₄₀ забезпечує отримання чистого прибутку на рівні 26,4 тис. грн/га. З урахуванням агрохімічної та енергетичної ефективності і перспектив відновлення родючості ґрунту найкращим (ІКО = 0,91) є застосування N₇₅P₃₀K₄₀ за умови вирощування пшениці твердої озимої після сої у чотирипільній сівозміні.

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 ГРУП 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 varieties and lines of wheat depending on abiotic and biotic factors. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*, no. 95, pp. 146–161. [in Ukrainian].

2. Liubych, V. V. (2017). The influence of abiotic and biotic factors on the productivity of varieties and spelled wheat lines. *Bulletin of Poltava SAA*, no. 3, pp. 18–24. [in Ukrainian].

3. Gospodarenko, G. M., Ryabovol, Y. S., Chernov, O. D., Lyubich, V. V., Kryzhanivskiy, V. G. (2020). Growth and development of winter wheat in the spring-summer vegetation period depending on the conditions of mineral nutrition in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Bulletin of the Uman State University*, 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 number 107797.

5. Andriyчук, V. G. (2002). Economics of agrarian enterprises. Kyiv: KNEU, 624 p. [in Ukrainian].

6. Kalinchuk, M.V., Ilchuk, M.M., Kalinchuk, M.B. (2006). Economic justification of mineral fertilizer application rates depending on the price of resources and products. Kyiv: Nichlava, 43 p. [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 Environ*, no. 66. pp. 249–256.

8. Lyubich, V. V., Polyanetska, I. O., Klymovych, N. M. (2022). Affection of soft spring wheat by foliar diseases depending on the level of nitrogen nutrition. *Agrobiology*, no. 1, pp. 160–167. [in Ukrainian].

9. Gospodarenko, G. M. (2020). Workshop on agrochemistry. Kyiv: SIK GROUP UKRAINE LLC, 148 p. [in Ukrainian].

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

11. Gospodarenko, G. M. (2022). Fertilizer application system. Kyiv: "TROPEA" LLC, 376 p. [in Ukrainian].

Annotation

Gospodarenko H. M., Lyubich V. V., Balyan A. V.

Economic, agrochemical and energetic evaluation of the effectiveness of fertilizer application for hard winter wheat

Goal. To determine the economic, agrochemical and energy efficiency of using fertilizers for hard winter wheat.

Methods. economic, agrochemical, energy, calculation and comparison, analysis.

The results. The profitability of fertilizers also depended on the combination of their individual types and the doses of their introduction in the fertilization of durum winter wheat. Thus, for paired combinations of the main nutrients in fertilizer, the highest return on 1 kg of yr was in the variant of the experiment with the introduction of only nitrogen and phosphorus fertilizers ($N_{150}P_{60}$) – 5.0 kg of grain. For the introduction of complete mineral fertilizer with different ratios of $N : P_2O : K_2O$, this indicator was from 3.9 in the $N_{150}P_{30}K_{80}$ version of the experiment to 5.7 kg in the $N_{75}P_{30}K_{40}$ version. This shows that by optimizing the doses of fertilizers and the correct combination of nutrients in them, it is possible to increase their agrochemical efficiency.

The energy cost of hard winter wheat grain, depending on the fertilization system, was 9.8–15.7 GJ/t. Nitrogen fertilizers significantly increased energy consumption per unit of crop growth. Thus, compared to the phosphorus-potassium background in the composition of complete mineral fertilizer, this increase was 3.4 GJ/t, while from phosphorus fertilizers – 2.0 and potash – 1.0 GJ/t. The lowest energy cost of grain (9.8 GJ/t) was in the experiment variant $N_{75}P_{30}K_{40}$ and increased with the addition of $N_{150}P_{30-60}K_{40-80}$. A significant part of the cost of using mineral fertilizers is the cost of their purchase. This value varies depending on the types and doses of fertilizers. So, in the $N_{75}P_{30}K_{60}$ version, the cost of nitrogen fertilizers is 75 %, phosphorus – 15 %, and potassium – 10 %. The highest conditionally net profit was ensured by the use of 75 kg/ha per year of nitrogen fertilizers – 27.7 thousand hryvnias/ha. The use of complete mineral fertilizer ($N_{75}P_{30}K_{40}$) contributed to a slightly lower profit – 26.4 thousand hryvnias/ha.

Conclusions. The highest return on 1 kg of fertilizers is provided by the use of N_{75} – 8.3 kg of grain, the net energy income is 3.7 GJ/ha for a conditional net profit of 27.7 thousand UAH/ha. The use of $N_{75}P_{30}K_{40}$ provides a net profit at the level of UAH 26.4 thousand/ha. Taking into account the agrochemical and energy efficiency and the prospects of restoring soil fertility, the best ($IQ = 0.91$) is the use of $N_{75}P_{30}K_{40}$ under the condition of growing hard winter wheat after soybeans in a four-field crop rotation.

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