

## ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ТА ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ ЗА РІЗНИХ ВИДІВ І ДОЗ ДОБРИВ

**В. О. КАЛАНТИР**, аспірант

**Г. М. ГОСПОДАРЕНКО**, доктор сільськогосподарських наук

**В. В. ЛЮБИЧ**, доктор сільськогосподарських наук

**О. Л. БУРЛЯЙ**, кандидат економічних наук

Уманський національний університет садівництва

*У статті наведено результати статистичного оброблення цифрових матеріалів щодо впливу застосування добрив у польовій сівозміні на формування якості та врожайності зерна пшениці твердої озимої. Встановлено що тривале застосування добрив, крім фосфорно-калійної системи, у польовій сівозміні достовірно впливає на формування врожаю пшениці твердої озимої (сорт Андромеда). Найвищу ефективність мають системи удобрення з азотною складовою. Фосфорно-калійні добрива найменше впливають на врожайність і якість зерна пшениці твердої озимої. Ефективність застосування добрив змінюється залежно від погодних умов вегетаційного періоду.*

**Ключові слова:** удобрення, продуктивність пшениці твердої озимої, вміст білка, збір білка, вміст клейковини.

Пшениця є однією з основних злакових культур у світі. За останні три роки світове виробництво пшениці досягло 671–713 млн т, що становить приблизно 26 % від загального виробництва зернових [1]. Пшениця також є основною злаковою культурою в Європі. Провідними виробниками пшениці, що становить близько 70 % виробництва пшениці в Європі, є росія, Франція, Німеччина, Великобританія, Україна та Польща [2]. Провідний статус Європи у виробництві пшениці можна пояснити великими площами під пшеницею, а також високим потенціалом урожайності. Середня врожайність пшениці в Європі на 20 % вища, ніж у Північній Америці та Азії, і на 40–45 % вища, ніж у Південній Америці та Африці [3]. Пшениця тверда озима – основна сировина для виробництва макаронних і круп'яних виробів [4]. Основним чинником збільшення виробництва пшениці є внесення добрив. Пшениця озима на 1 т зерна та відповідну кількість соломи поглинає 15–26 кг азоту, 2–7 – фосфору та 11–22 кг калію [5]. У виробництві сільськогосподарські культури можуть бути ефективно забезпечені вищевказаними кількостями елементів живлення лише за умови внесення в ґрунт добрив [6]. Тому розроблення системи удобрення пшениці озимої для підвищення її продуктивності є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Пшениця найкраще реагує на застосування азотної складової повного мінерального добрива. Застосування

азотних добрив істотно впливає на ріст і розвиток рослин пшениці [7]. Крім цього, добрива можуть змінювати стійкість рослин пшениці до ураження хворобами [8]. При цьому стійкість до хвороб може зростати, оскільки за поліпшення умов живлення покращується ріст рослин [9].

Ефективність застосування добрив і продуктивність пшениці істотно залежить від абіотичних і біотичних чинників навколишнього природного середовища [10]. При цьому застосування добрив може знижувати негативну дію окремих несприятливих чинників [11].

Найвищу ефективність має застосування азотних добрив у ґрунт [12]. Альтернативний метод, такий як позакореневе підживлення, ефективний лише для усунення дефіциту поживних речовин у рослині [13]. Основним прийомом забезпечення рослин мікроелементами може бути позакореневе підживлення. Позакореневе підживлення покращує доступність елементів живлення, зменшує витрати на підживлення, зменшує стікання добрив і мінімізує евтрофікацію, що є життєво важливим екологічним чинником в умовах скорочення біорізноманіття сільськогосподарських екосистем [14]. За нормальних сільськогосподарських умов позакореневе підживлення посівів пшениці макро- і мікроелементами підвищує врожайність зерна від 2–13 % [15] навіть до 30–40 % [16]. Проте в сільськогосподарській практиці позакореневі добрива зазвичай відрізняються за хімічним складом (макроелементи, мікроелементи), формою (хелати, солі) і кількістю застосувань.

У дослідженнях [17] підвищення інтенсивності технології вирощування пшениці озимої призвело до значного збільшення врожайності зерна та його якості. Зерно пшениці за високозатратною технологією характеризувалося більшою часткою фракцій гліадинів і глютенінів та їх субодиниць, без диференціації фракцій альбумінів і глобулінів. Зменшення сумарних опадів у період формування та досягання зерна призводило до зниження врожаю зерна та підвищення показників якості зерна.

Надмірна кількість опадів у напівзасушливих районах призводила до зниження еластичності глютену. Застосування азотних добрив збільшували вміст білка та зменшували масу тисячі зерен. Азотні добрива в умовах з достатньою кількістю опадів збільшували вміст білка та масу 1000 зерен. При цьому реалізація потенціалу продуктивності достовірно залежала від селекційно-генетичних особливостей сорту пшениці твердої [18].

Нині актуальним є вивчення питання оптимального строку застосування азотних добрив на посівах пшениці озимої. У зв'язку з цим проведено низку досліджень щодо застосування азотних добрив з інгібіторами нітрифікації. У центральній Італії рекомендований час для першого підживлення пшениці твердої азотом – між кінцем куціння і початком виходу рослин у трубку. Це тому, що диференціація першого ініційованого колоска починається до того, як перший вузол стає помітним. Коли стає видно подовження міжвузлів стебла, розмір колоска за кількістю колосків уже сформований [19]. Через зміну клімату сильніші та частіші опади можуть призвести до надмірного зволоження ґрунту, тому внесення добрив слід відкласти. Затримка внесення азотних

добрив може негативно вплинути на врожайність, перешкоджаючи деяким детермінантам врожайності на ранніх стадіях росту, таким як формування площі листків і кількість зерен на одиниці площі [20].

Ефективність використання азоту добрив залежить від дози. За умови застосування дози азотних добрив, що перевищує біологічну потребу, ефективність використання його буде низькою [21]. Проте за умови застосування азотних добрив з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і потенціалу сорту, ефективність їх може бути високою [22]. Отже, у системі удобрення пшениці озимої необхідно визначати ефективну дозу азотних добрив з урахуванням цілої низки чинників, які визначають ефективність їх внесення.

*Метою роботи* було вивчення формування урожайності та якості зерна пшениці твердої озимої за різних систем удобрення.

**Методика досліджень.** Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Правобережного Лісостепу України у стаціонарному польовому досліді з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи, закладеному у 2011 році на дослідному полі Уманського НУС упродовж 2020–2022 рр. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення досліді триразове. Площа облікової ділянки 25 м<sup>2</sup>. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, рН<sub>KCl</sub> – 5,7.

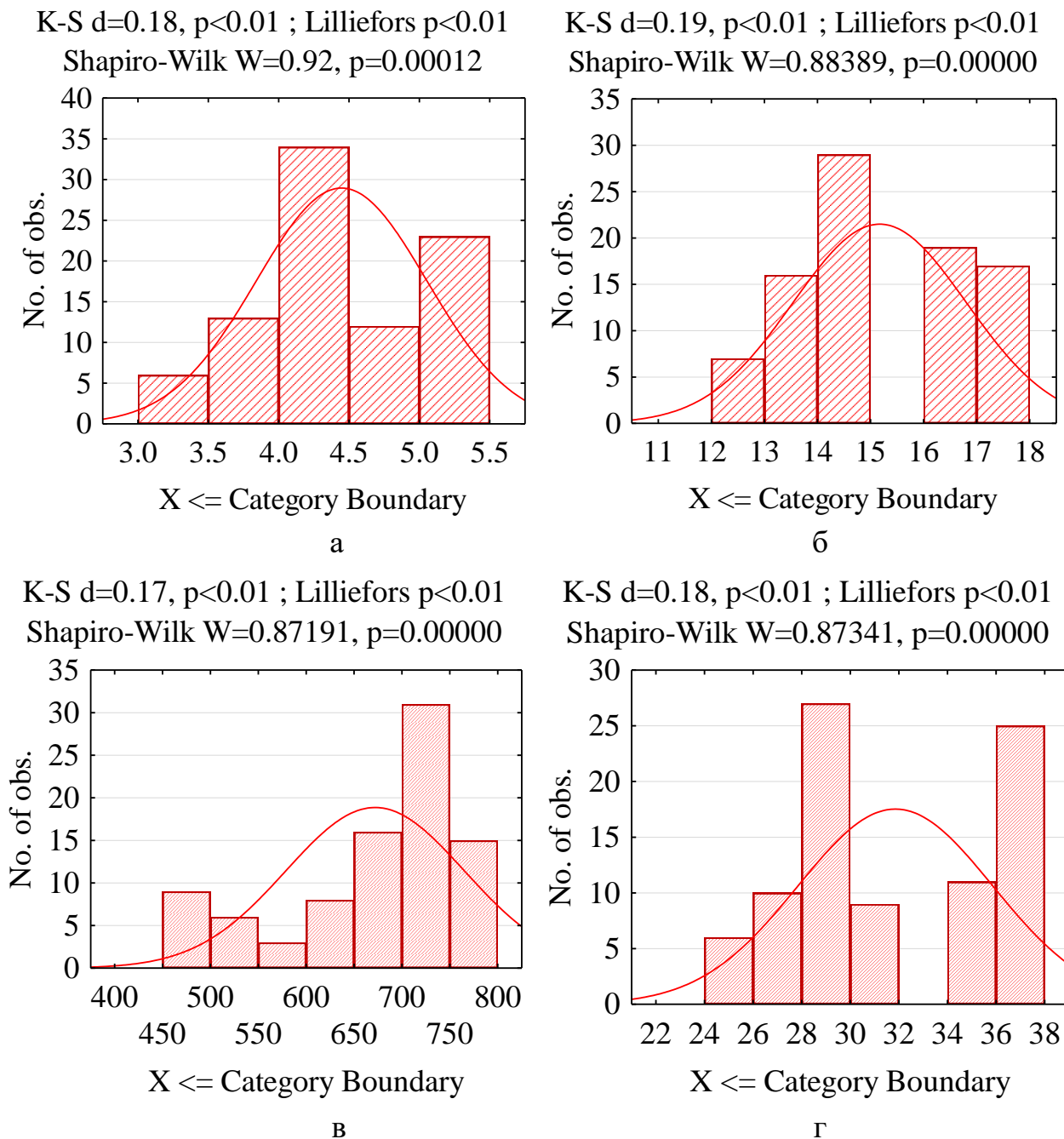
У варіанті досліді виробничого контролю (N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>) доза добрив розрахована за господарським винесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему досліді складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив і визначити оптимальне їх поєднання як у сівозміні, так і під окремі культури.

Схема застосування добрив у польовій сівозміні під пшеницю тверду озиму (сорт Андромеда) включала такі варіанти: без добрив (контроль), N<sub>75</sub>, N<sub>150</sub>, P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>, N<sub>150</sub>K<sub>80</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>, N<sub>75</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>30</sub>K<sub>80</sub>. Відповідно до схеми досліді фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивуацію та в підживлення. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишається на полі на добриво.

Урожайність визначали поділянковим прямим комбайнуванням, вміст білка та вміст клейковини – методом інфрачервоної спектроскопії за допомогою Infratec 1241 FOSS. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку використовували коефіцієнт детермінації за шкалою Чеддока: 0,1–0,3 – незначний зв'язок; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1 – функціональний. Статистичне оброблення даних здійснювали методом двофакторного дисперсійного аналізу польового досліді.

Дослідження мали три аналітичні повторення. Результати аналітичних повторювань обробляли методами описової статистики за допомогою програм Microsoft Excel 2010 та STATISTICA 10.

**Результати досліджень.** Первинне оброблення результатів має вирішальне значення, оскільки підвищується ймовірність отримання достовірних залежностей та закономірностей. Тільки за комплексного статистичного оброблення результатів досліджень можливо отримання якісного прогнозу, висновків і рекомендацій. Відповідно до комплексного аналізу, виявлено неправильний тип розподілення даних, що доведено тестами Колмагорова-Смірнова та графічним методом (рис. 1).



**Рис. 1.** Гістограми розподілення цифрових матеріалів: а – урожайність зерна, т/га; б – вміст протеїну, %; в – збір протеїну, кг/га; г – вміст клейковини

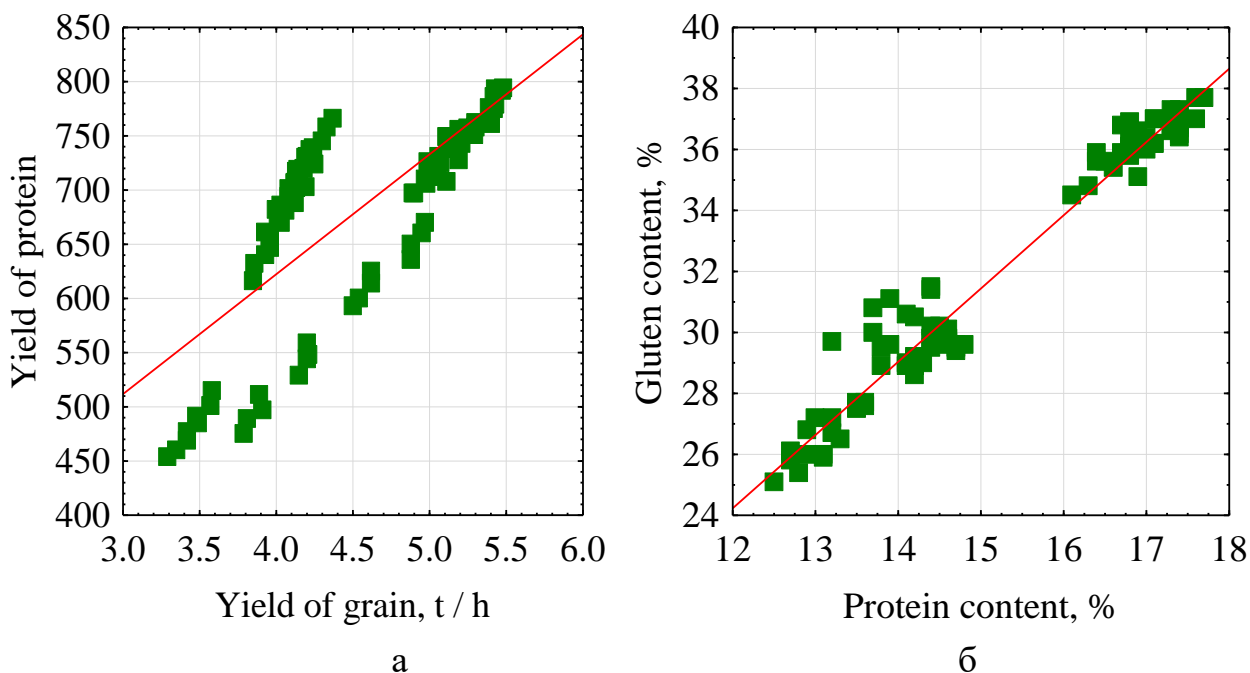
Оскільки данні мають ознаки неправильного розподілення, подальше оброблення здійснено методами непараметричної статистики. Між показниками якості було становлено достовірну кореляційну залежність (табл. 1).

**Табл. 1. Коефіцієнт Спірмана між урожайністю та показниками якості зерна пшениці твердої озимої**

Показник	Урожайність, т/га	Вміст білка, %	Збір білка, кг/га	Вміст клейковини, %
Урожайність, т/га	–	-0,098620*	0,784834*	-0,325410*
Вміст білка, %	-0,098620*	–	0,449089*	0,923328*
Збір білка, кг/га	0,784336*	0,449089*	–	0,241509*
Вміст клейковини, %	-0,325410*	0,923328*	0,241509*	–

Примітка: \* кореляція істотна за  $p < 0.05$

Сильні кореляційні зв'язки виявлено між збором білка та врожайністю зерна ( $r=0.78$ ); вмістом білка та вмістом клейковини ( $r=0.92$ ) (рис. 2).



**Рис. 2. Кореляційна залежність між показниками: а – збір білка та врожайність зерна; б – вміст білка та вміст клейковини**

Проміжні значення показників рекомендовано отримувати за залежностями 1–4.

$$\text{Збір білка, кг/га} = 179.9721 + 110.6256 \times \text{Урожайність, т/га} \quad (1)$$

$$\text{Вміст клейковини, \%} = -4.5967 + 2.4024 \times \text{Вміст білка, \%} \quad (2)$$

$$\text{Урожайність, т/га} = 1.2929 + 0.0047 \times \text{Збір білка, кг/га} \quad (3)$$

$$\text{Вміст білка, \%} = 2.4558 + 0.3992 \times \text{Вміст клейковини, \%} \quad (4)$$

Результати статистичного аналізування свідчать, що досліджені чинники достовірно ( $p \leq 0,05$ ) збільшували елементи продуктивності пшениці твердої озимої (табл. 2–5).

**Табл. 2. Однофакторні тести значущості, розмірів ефекту та сила впливу досліджених чинників на врожайність зерна пшениці твердої озимої**

Чинник	SS	Degr. of F	MS	F	p	Парціальний коефіцієнт
Удобрення	12,59	10,00	1,26	450,54	0,00	0,99
Рік	18,18	1,00	18,18	6507,59	0,00	0,99
Удобрення/рік	1,02	10,00	0,10	36,54	0,00	0,85
Помилка	0,184	66	0,003	–	–	–

Проте удобрення і погодні умови упродовж вегетаційного періоду мали різну силу впливу. Так, на врожайність зерна, вміст білка та вміст клейковини удобрення і погодні умови мали сильний вплив, оскільки парціальний коефіцієнт був на рівні 0,92–0,99. При цьому на збір білка застосування добрив впливало сильніше порівняно з погодними умовами. Очевидно, що застосування добрив сприяє збільшенню врожайності та підвищенню вмісту білка, що знижує вплив погодних умов на збір білка.

**Табл. 3. Однофакторні тести значущості, розмірів ефекту та сила впливу досліджених чинників на вміст білка зерні пшениці твердої озимої**

Чинник	SS	Degr. of F	MS	F	p	Парціальний коефіцієнт
Удобрення	69,49	10,00	6,95	76,70	0,00	0,92
Рік	144,59	1,00	144,59	1595,80	0,00	0,96
Удобрення/рік	12,01	10,00	1,20	13,26	0,00	0,67
Помилка	5,98	66,00	0,09	–	–	–

**Табл. 4. Однофакторні тести значущості, розмірів ефекту та сила впливу досліджених чинників на збір з урожаю зерна пшениці твердої озимої**

Чинник	SS	Degr. of F	MS	F	p	Парціальний коефіцієнт
Удобрення	714729,82	10,00	71472,98	333,99	0,00	0,98
Рік	12008,91	1,00	12008,91	56,12	0,00	0,46
Удобрення/рік	12665,09	10,00	1266,51	5,92	0,00	0,47
Помилка	14124,00	66,00	214,00	–	–	–

Результати досліджень свідчать, що всі системи удобрення, крім фосфорно-калійної, достовірно збільшували урожайність зерна пшениці твердої озимої порівняно з варіантом без добрив ( $p \leq 0,05$ ). Найнижчу ефективність удобрення встановлено в 2020 р.

**Табл. 5. Однофакторні тести значущості, розмірів ефекту та сила впливу досліджених чинників на вміст клейковини у зерні пшениці твердої озимої**

Чинник	SS	Degr. of F	MS	F	p	Парціальний коефіцієнт
Удобрення	280,54	10,00	28,05	96,64	0,00	0,94
Рік	1066,83	1,00	1066,83	3674,88	0,00	0,98
Удобрення/рік	30,05	10,00	3,01	10,35	0,00	0,61
Помилка	19,16	66,00	0,29	–	–	–

Так, урожайність зерна пшениці твердої озимої збільшувалась у 1,1–1,2 рази (3,9–4,1 т/га) за тривалого застосування лише азотних добрив (табл. 6).

**Табл. 6. Урожайність і якість зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення, 2020–2022 рр.**

Варіант досліджу	Показник			
	Урожайність, т/га	Вміст білка, %	Вміст клейковини, %	Збір білка з урожаю зерна, кг/га
Без добрив (контроль)	3,83	12,6	26,5	477
N <sub>75</sub>	4,45	14,2	30,1	627
N <sub>150</sub>	4,66	14,9	31,9	689
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	4,13	12,6	26,6	516
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	4,71	15,1	32,3	707
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	4,87	15,2	32,3	735
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	4,65	14,4	30,7	662
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	5,00	15,4	32,9	764
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	4,81	15,2	32,5	724
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	4,94	15,3	32,3	746
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	4,84	15,3	32,4	733

Тривале застосування повного мінерального добрива (N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>) достовірно впливало на врожайність зерна (4,3 т/га) порівняно з варіантом N<sub>150</sub>. Проте врожайність за такого сценарію удобрення була лише на 5 % більшою. Слід відзначити, що парні комбінації застосування добрив, а також тривале застосування систем удобрення з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив забезпечували отримання лише на 2–5 % меншу врожайність зерна порівняно з N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>.

У варіантах тривалого застосування добрив вона була більшою на 18–28 %. Урожайність збільшувалась у 1,2 рази за тривалого застосування N<sub>75</sub> і в 1,3 рази у варіанті з N<sub>150</sub>. Достовірно більшу врожайність (на 4–10 %) забезпечувало тривале застосування азотно-фосфорної системи і варіанти N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>30</sub>K<sub>80</sub> порівняно з тривалим застосуванням N<sub>150</sub>. Слід відзначити, що застосування N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> і N<sub>150</sub>P<sub>30</sub>K<sub>80</sub> за впливом на врожайність зерна було на рівні варіанту N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>. Парні комбінації застосування добрив за

ефективністю були на рівні тривалого застосування  $N_{150}P_{30}K_{40}$ . Застосування  $N_{75}P_{30}K_{40}$  забезпечувало формування лише на 4 % меншу врожайності зерна порівняно з  $N_{150}P_{30}K_{40}$ . Найменшу врожайність забезпечувало застосування фосфорно-калійної системи удобрення.

На вміст білка найбільше впливала азотна складова з повного мінерального добрива. Усі варіанти із застосуванням азотних добрив достовірно збільшували вміст білка в зерні. Так, цей показник зростав на 4–26 % порівняно з ділянками без добрив залежно від варіанту досліду. Так, усі системи удобрення, крім фосфорно-калійної, достовірно впливали на зростання вмісту білка в зерні пшениці твердої озимої. Слід відзначити, що застосування подвійної дози азотних добрив ( $N_{150}$ ) у складі повного мінерального добрива достовірно збільшувало вміст білка порівняно з тривалим застосуванням  $N_{75}$ . Вміст білка зростав на 18 % за внесення  $N_{75}$ , на 21 % за внесення  $N_{75}P_{30}K_{40}$ . Застосування  $N_{150}$  збільшувало вміст білка на 23 %, а варіанти з повним мінеральним добривом – на 25–26 % порівняно з ділянками без добрив.

Тривале застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні достовірно збільшувало збір білка з урожаю зерна пшениці твердої озимої порівняно з варіантом без добрив. Тривале застосування  $N_{75}$  збільшувало збір білка в 1,2 рази, а  $N_{75}P_{30}K_{40}$  – у 1,3 рази порівняно з контролем. За азотно-калійної та азотно-фосфорної системи удобрення збір білка був у 1,5 рази більшим. Застосування найбільшої дози азотних добрив на фосфорно-калійному тлі був у 1,5–1,6 рази більшим. Застосування фосфорно-калійної системи удобрення найменше впливало на збір білка з урожаю зерна пшениці твердої озимої.

Слід відзначити, що всі системи удобрення, які містили азотну складову, достовірно підвищували вміст клейковини у зерні впродовж років досліджень. У 2020 р. цей показник зростав на 17–19 % у варіантах застосування  $N_{75}$  порівняно з варіантом без добрив. У варіантах застосування найбільшої дози азотних добрив вміст клейковини зростав на 22–23 %. У 2021 р. цей показник зростав на 4–6 % за варіантах застосування  $N_{75}$ . У варіантах із застосуванням  $N_{150}$  вміст клейковини зростав на 14–15 %. Застосування фосфорно-калійної системи удобрення впливало на цей показник не достовірно.

Отже, внесення азотних добрив є ефективним способом підвищення якості зерна без зниження врожайності пшениці твердої озимої. Проте отримані результати можна застосовувати для умов, подібних Правобережному Лісостепу України. За умови зміни окремих елементів погоди вплив систем удобрення на продуктивність пшениці твердої озимої може змінюватись. Це необхідно враховувати для проведення досліджень в інших ґрунтово-кліматичних умовах. Крім цього, вирощування продуктивніших сортів цієї культури також буде змінювати ефективність застосування добрив.

**Висновки.** Тривале застосування добрив, крім фосфорно-калійної системи, у польовій сівозміні достовірно впливає на формування врожаю пшениці твердої озимої (сорт Андромеда). Найвищу ефективність мають системи удобрення з азотною складовою. Фосфорно-калійні добрива найменше впливають на врожайність і якість зерна пшениці твердої озимої. Ефективність



застосування добрив змінюється залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Так, у менш сприятливих умовах росту урожайність зростає від 3,4 до 3,5–4,3 т/га, а в кращих – від 3,9 до 4,2–5,5 т/га ( $p \leq 0,05$ ). В умовах високої температури повітря і меншої кількості опадів усі системи удобрення з азотною складовою достовірно впливали на вміст білка та клейковини у зерні. Вміст білка зростає від 13,8 до 16,3–17,4 % залежно від системи удобрення, а його збір від 465 до 636–750 кг/га ( $p \leq 0,05$ ). В умовах достатнього зволоження достовірний вплив мали системи удобрення із застосуванням  $N_{150}$ . Вміст білка за такого сценарію зростає від 12,8 до 14,4 %, а його збір від 493 до 785 кг/га ( $p \leq 0,05$ ). Тривале застосування фосфорно-калійних добрив достовірно не впливало на якість зерна пшениці твердої озимої. Вміст клейковини змінюється подібно до вмісту білка залежно від системи удобрення. Так, у 2020 р. вміст клейковини зростає від 30,2 до 35,2–37,1 %, а в 2021 р. – від 30,2 до 36,7–37,1 % ( $p \leq 0,05$ ) залежно від системи удобрення.

### Література

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed on 17 June 2021).
2. Jankowski K.J., Hulanicki P.S., Sokólski M., Hulanicki P., Dubis B. Yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to different systems of foliar fertilization. *J. Elem.* 2016. Vol. 21(3). P. 715–728.
3. Колібабчук Т.В., Кузьменко О.В., Зарва О.І., Любич В.В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 168–178.
4. Новак Ж. М., Полянецька І. О., Любич В. В. Порівняльна характеристика тетраплоїдних видів пшениці в Правобережному Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2022. №100. С. 215–224.
5. Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л., Притуляк Р. М. Агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за різних доз азотних добрив і їх поєднання з іншими видами мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 18–22.
6. Господаренко Г. М., Любич В. В., Олійник О.О. Анізотропні властивості питомої активності радіонуклідів ґрунту та зерна пшениці м'якої озимої за тривалого застосування добрив. *Збірник Уманського НУС*. 2022. Вип. 100. С. 242–252.
7. Любич В.В., Невлад В.І., Мартинюк А.Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 152–159.
8. Любич В. В. Хвороби і шкідники різних сортів пшениці твердої озимої. *Збірник Уманського НУС*. 2022. Вип. 100. С. 7–16.
9. 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.
10. Любич В. В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА*. 2017. №3. С. 18–24.
11. 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.

12. Fordoński G., Pszczółkowska A., Krzebietke S., Olszewski J., Okorski A. Yield and mineral composition of seeds of leguminous plants and grain of spring wheat as well as their residual effect on the yield and chemical composition of winter oilseed rape seeds. *J. Elem.* 2015. Vol. 20(4). P. 827–838.

13. Fageria N.K., Barbosa Filho M.P., Moreira A., Guimaraes C.M. Foliar fertilization of crop plants. *J. Plant Nutr.* 2009. Vol. 32. P. 1044–1064.

14. Любич В. В., Полянецька І. О. Оцінювання сортів пшениці твердої озимої за показниками росту та розвитку. *Агробіологія*. 2021. №1. С. 65–72.

15. Kosoń A. Foliar top dressing efficiency of winter wheat and rape of chosen fertilizers in optimal fertilization and soil moisture conditions. *Ann. UMCS, Sect. E.* 2009. Vol. 64(2). P. 23–28.

16. Woolfolk C. W., Raun W. R., Johnson G. V., Thomason W. E., Mullen R. W., Wynn K. J., Freeman K. W. Influence of late-season foliar nitrogen applications on yield and grain nitrogen in winter wheat. *Agron. J.* 2002. Vol. 94. P. 429–434.

17. Buczek J., Jarecki W., Jańczak-Pieniążek M., Bobrecka-Jamro D. Hybrid wheat yield and quality related to cultivation intensity and weather condition. *J. Elem.* 2020. Vol. 25(1). P. 71–83.

18. Bouacha O.D., Nouaigui S., Rezgui S. Effects of N and K fertilizers on durum wheat quality in different environments. *Journal of Cereal Science*. 2014. Vol. 59, Issue 1. P. 9–14.

19. Pampana S., Mariotti M. Durum Wheat Yield and N Uptake as Affected by N Source, Timing, and Rate in Two Mediterranean Environments. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Article number 1299.

20. Pampana S., Masoni A., Ercoli L., Mariotti M., Arduini I. Effects of nitrogen splitting and source on durum wheat. *Cereal Res. Commun.* 2013. Vol. 41. P. 338–347.

21. Giambalvo D., Ruisi P., Di Miceli G., Frenda A.S., Amato G. Nitrogen use efficiency and nitrogen fertilizer recovery of durum wheat genotypes as affected by interspecific competition. *Agron. J.* 2010. Vol. 102. P. 707–715.

22. Ercoli L., Masoni A., Pampana S., Mariotti M., Arduini I. As durum wheat productivity is affected by nitrogen fertilization management in Central Italy. *Eur. J. Agron.* 2013. Vol. 44. P. 38–45.

### References:

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed on 17 June 2021).

2. Jankowski, K. J., Hulanicki, P. S., Sokólski, M., Hulanicki, P., Dubis, B. (2016). Yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to different systems of foliar fertilization. *J. Elem.*, 2016, no. 21(3), pp. 715–728.

3. Kolibabchuk, T. V., Kuzmenko, O. V., Zarva, O. I., Lyubich, V. V. (2022). Yield and grain quality of soft winter wheat depending on the sowing rate. *Agrobiologia*, 2022, no. 1. pp. 168–178. (in Ukrainian).

4. Novak, Zh. M., Polyanetska, I. O., Lyubich, V. V. (2022). Comparative characteristics of tetraploid wheat species in the Right Bank Forest Steppe. *Collection of scientific works of the Uman National Academy of Sciences*, 2022, no. 100, pp. 215–224. (in Ukrainian).

5. Gospodarenko, G. M., Lyubich, V. V., Burlyai, O. L., Prytulyak, R. M. (2022). Agrochemical properties of podzolized chernozem with different doses of

nitrogen fertilizers and their combination with other types of mineral fertilizers. *Agrarian innovations*, 2022, no. 14, pp. 18–22. (in Ukrainian).

6. Gospodarenko, G. M., Lyubich, V. V., Oliynyk, O. O. (2022). Anisotropic properties of the specific activity of soil radionuclides and soft winter wheat grain during long-term fertilizer application. *Collection of the Uman NUS*, 2022, no. 100, pp. 242–252. (in Ukrainian).

7. Lyubich, V. V., Nevlad, V. I., Martyniuk, A.T. (2022). Productivity of spring triticale under different doses of nitrogen fertilizers. *Agrobiology*, 2022, no. 1, pp. 152–159. (in Ukrainian).

8. Lyubich, V. V. (2022). Diseases and pests of different varieties of hard winter wheat. *Collection of the Uman NUS*, 2022, no. 100, pp. 7–16. (in Ukrainian).

9. 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*, 2022, no. 1, pp. 160–167. (in Ukrainian).

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

11. Liubych, V. V. (2017). Productivity of varieties and lines of wheat depending on abiotic and biotic factors. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 2017, no. 95, pp. 46–161. (in Ukrainian).

12. Fordoński, G., Pszczółkowska, A., Krzebietke, S., Olszewski, J., Okorski, A. (2015). Yield and mineral composition of seeds of leguminous plants and grain of spring wheat as well as their residual effect on the yield and chemical composition of winter oilseed rape seeds. *J. Elem.*, 2015, no. 20(4), pp. 827–838.

13. Fageria, N. K., Barbosa Filho, M. P., Moreira, A., Guimaraes, C. M. (2009). Foliar fertilization of crop plants. *J. Plant Nutr.*, 2009, no. 32, pp. 1044–1064.

14. Lyubich, V. V., Polyanetska, I. O. (2021). Evaluation of durum winter wheat varieties according to growth and development indicators. *Agrobiology*, 2021, no. 1, pp. 65–72. (in Ukrainian).

15. Kocoń, A. (2009). Foliar top dressing efficiency of winter wheat and rape of chosen fertilizers in optimal fertilization and soil moisture conditions. *Ann. UMCS, Sect. E*, 2009, no. 64(2), pp. 23–28.

16. Woolfolk, C. W., Raun, W. R., Johnson, G. V., Thomason, W. E., Mullen, R. W., Wynn, K. J., Freeman, K. W. (2002). Influence of late-season foliar nitrogen applications on yield and grain nitrogen in winter wheat. *Agron. J.*, 2002, no. 94, pp. 429–434.

17. Buczek, J., Jarecki, W., Jańczak-Pieniążek, M., Bobrecka-Jamro, D. (2020). Hybrid wheat yield and quality related to cultivation intensity and weather condition. *J. Elem.*, 2020, no. 25(1), pp. 71–83.

18. Bouacha, O. D., Nouaigui, S., Rezgui, S. (2014). Effects of N and K fertilizers on durum wheat quality in different environments. *Journal of Cereal Science*, 2014, no. 59 (1), pp. 9–14.

19. Pampana, S., Mariotti, M. (2021). Durum Wheat Yield and N Uptake as Affected by N Source, Timing, and Rate in Two Mediterranean Environments. *Agronomy*, 2011, no. 11, Article number 1299.

20. Pampana, S., Masoni, A., Ercoli, L., Mariotti, M., Arduini, I. (2013). Effects of nitrogen splitting and source on durum wheat. *Cereal Res. Commun.*, 2013, no. 41, pp. 338–347.

21. Giambalvo, D., Ruisi, P., Di Miceli, G., Frenda, A. S., Amato, G. (2010). Nitrogen use efficiency and nitrogen fertilizer recovery of durum wheat genotypes as affected by interspecific competition. *Agron. J.*, 2010, no. 102, pp. 707–715.
22. Ercoli, L., Masoni, A., Pampana, S., Mariotti, M., Arduini, I. (2013). As durum wheat productivity is affected by nitrogen fertilization management in Central Italy. *Eur. J. Agron.*, 2013, no. 44, pp. 38–45.

### **Annotation**

***Kalantyr V. O., Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Burliy O. L.***  
***Formation of the quality and yield of durum winter wheat grain depending on different types and doses of fertilizers***

*Durum wheat grain is the main raw material for the production of high-quality macaroni products. The optimal dose of fertilizer should take into account the biological characteristics of the durum wheat variety and the planned level of its productivity, weather conditions and soil fertility, the level of agricultural technology, crop rotation, its saturation with fertilizers, and other factors.*

*The aim of the paper was to study the formation of yield capacity and quality of winter durum wheat using different fertilizer systems.*

*Methods.* The research was conducted in the conditions of stationary field experiment of Uman National University of Horticulture, located in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. The experiment was founded in 2011. The following crops are grown in the four-field crop rotation: winter wheat, corn, spring barley, soy. The scheme of the experiment includes 11 variants of combinations and separate application of mineral fertilizers and, including the control variant without fertilizer. Harvesting was performed by direct combining; protein content and gluten content were determined by the method of infrared spectroscopy using Infratek 1241. Statistical data processing was performed using STATISTICA 10.

*Results.* Yield capacity of winter durum wheat was significantly increased by fertilizers. However, the effectiveness of their application varied depending on the year of the study. Thus, in 2020 it increased by 1.1–1.2 times (3.9–4.1 t/ha) with long-term use of nitrogen fertilizers only. Long-term use of complete fertilizer ( $N_{150}P_{60}K_{80}$ ) significantly affected grain yield capacity (4.3 t/ha) compared to variant  $N_{150}$ . In 2021, grain yield capacity increased by 1.2–1.4 times, depending on the fertilizer system. It should be noted that the use of  $N_{150}P_{60}K_{40}$  and  $N_{150}P_{30}K_{80}$  in terms of impact on grain yield capacity was at the level of variant  $N_{150}P_{60}K_{80}$ . Pair combinations of fertilizer application were at the level of long-term use of  $N_{150}P_{30}K_{40}$  in terms of efficiency. Application of  $N_{75}P_{30}K_{40}$  ensured the formation of only 4% lower grain yield capacity compared to  $N_{150}P_{30}K_{40}$ . The protein content and gluten content were mostly influenced by the nitrogen component of the complete fertilizer.

*Conclusions.* Studies confirm the high response of durum wheat to the use of nitrogen fertilizers. The obtained results can be used to predict the productivity of winter durum wheat depending on soil fertility.

**Key words:** fertilizer, productivity of winter durum wheat, protein content, protein collection, gluten content.