

The analysis of the results of calculating the area of leaf surface of bushes per unit area showed that among the table varieties, the following varieties had the largest: Tairian – 9599.04 m<sup>2</sup> and Comet – 9576.82 m<sup>2</sup>. The smaller indicator was found in the varieties Perseus – 8307.60 m<sup>2</sup> and Zagadka 8154.74 m<sup>2</sup>, and even lower for the Original variety – 6100.16 m<sup>2</sup>. The lowest index was calculated for the varieties Kishmish Tairovsky and Kardyshakh Tairovsky – 3409.81 and 2575.08 m<sup>2</sup>. We have identified varieties that had a high coefficient of leaf surface area in relation to the feeding area of the bush. The highest coefficients were observed in Tairian – 96 %, Comet – 95.75 % and Perseus – 93.33 %. The coefficient was slightly lower in the varieties Zagadka – 81.56 %, Original – 78.22 %. The lowest coefficients were calculated for the varieties Kishmish Tairian and Kardyshakh Tairian – 50.89 % and 46.00 %, respectively.

Thus, Tairian, Kometa and Perseus stood out as having the highest photosynthetic potential among the new table varieties in the first years after planting. Among the technical varieties, the Zagrei variety should be highlighted. The rootstock of grape Kobera 5 BB (clone 211161) should be attributed to plants with high photosynthetic potential

**Key words:** new varieties of grape, square of leaf surface of grape, grape yield.

УДК: 664.64.016:633.112

DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-245-267

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ

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

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

**А. Т. МАРТИНЮК**, кандидат сільськогосподарських наук

**В. О. КАЛАНТИР**, доктор філософії

Встановлено, що оптимальний вміст білка та клейковини забезпечує застосування  $N_{150}$  незалежно від дози фосфорних і калійних добрив. З урахуванням вмісту білка, його збору та вмісту клейковини варіанти з тривалим застосуванням  $N_{150}P_{60}$ ,  $N_{150}P_{30}K_{40}$ ,  $N_{150}P_{60}K_{40}$  і  $N_{150}P_{30}K_{80}$  мають майже однакову ефективність порівняно з варіантом  $N_{150}P_{60}K_{80}$ .

**Ключові слова:** вміст білка, вміст клейковини, натура зерна, технологічна якість макаронів, оптимізація технологічних параметрів якості зерна.

**Вступ.** Тверда пшениця (*Triticum durum* L.) є другим за значимістю культивованим видом пшениці після пшениці м'якої [1]. Зерно пшениці твердої використовують для приготування низки традиційних страв, таких як ін'єра (ферментовані млинці), кінче (варена пшениця грубого помелу) і ніфро (варене цільне зерно) [2]. Крім цього, її зерно використовують для виробництва високоякісних макаронних і круп'яних виробів [3]. Невеликі обсяги і низька якість зерна пшениці твердої змушують підприємства з виробництва макаронних

виробів імпортувати необхідну сировину [4]. Встановлено, що незбалансоване або недооцінене внесення азотних добрив і не оптимальна норма висіву є ключовими чинниками, які призводять до значного зниження кінцевої якості пшениці твердої [5, 6]

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Азот є ключовим фактором якості зерна пшениці [7]. Технологічні властивості значною мірою залежать від вмісту білка в зерні пшениці. Незважаючи на те, що вміст білка в зерні є генотиповою ознакою пшениці, на нього сильно впливає забезпечення ґрунту рухомими сполуками азоту [8]. За оцінками, не оптимальні норми висіву призводять до зниження врожайності приблизно на 24 %, а вмісту білка в зерні – на 8,7 % [9]. Умови вирощування відіграють важливу роль у підвищенні врожайності та покращенні якості зерна пшениці [10]. Наприклад, раціональне використання азотних добрив має важливе значення для підвищення продуктивності, одночасно зменшуючи втрати азоту в навколишнє природне середовище [11, 12]. Зокрема, вміст білка в зерні є функцією загального поглинання та розподілу азоту та сухої речовини у зерні [13].

Азотні добрива істотно сприяють підвищенню вмісту білка, особливо, коли норми добрив задовольняють потреби як урожайності, так і синтезу білка [14]. При цьому добавляння азоту в фазу колосіння може підвищити вміст білка в зерні без зниження врожайності [15]. Застосування азотних добрив необхідне для оптимізації параметрів якості [16]. Fuertes-Mendizábal, T. et al. [17] повідомили про збільшення глютеніну та субодиноць глютеніну з високою молекулярною масою зі збільшенням дози азотних добрив, що пов'язано зі збільшенням міцності клейковини.

Отже, оптимізація дози внесення азотних добрив є пріоритетним складником в агротехнології для підвищення виробництва пшениці твердої з високими показниками якості зерна для задоволення внутрішнього попиту.

**Мета** статті – визначити формування технологічних параметрів формування якості зерна пшениці твердої озимої.

**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 дослідів 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 дослідів 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 дослідів складено так, щоб за результатами проведених дослідів 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 досліду 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.

Вміст білка, клейковини, крохмалю, твердість зерна, індекс седиментації, силу борошна та натуру зерна – методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117:2007. Готування макаронів та їх оцінювання проводили відповідно до методики [18]. 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 цифрового матеріалу здійснювали методом польового однофакторного дисперсійного аналізу польового досліду. Оброблення даних також проводили за використання спеціалізованого програмного забезпечення Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA).

**Результати досліджень.** Тривале застосування різних систем удобрення впливало на формування показників якості зерна пшениці твердої озимої. Так, системи удобрення, які містили 150 кг/га д. р. азотних добрив, знижували натуру зерна (табл. 1).

**Табл. 1. Натура зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення, г/л**

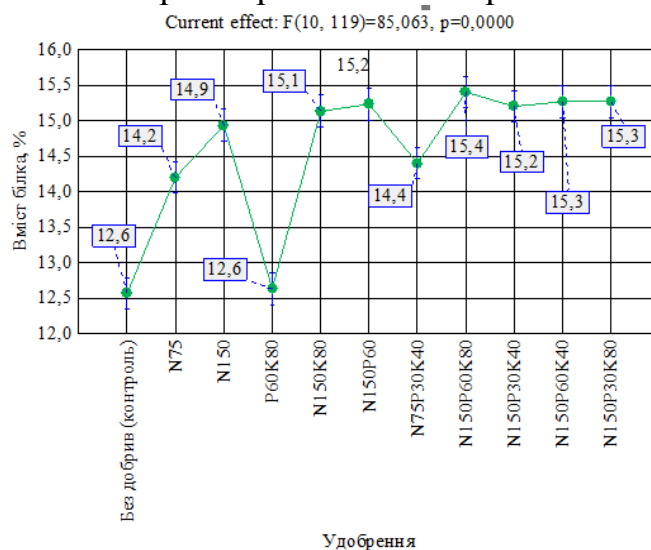
Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	788	782	844	805
N <sub>75</sub>	783	785	850	806
N <sub>150</sub>	771	786	838	798
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	782	784	850	805
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	777	786	833	799
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	770	788	835	798
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	780	790	848	806
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	768	783	837	796
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	771	787	834	797
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	770	788	835	798
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	775	786	831	797
<i>НІР<sub>05</sub></i>	38	39	41	–

Застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив окремо, так і фосфорних й калійних добрив натуру зерна не змінювали. Так, у варіанті без добрив цей показник становив 805 г/л, за внесення N<sub>75</sub> – 806 г/л, а за внесення P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> – 805 г/л. У решти варіантів досліду натура зерна була на 1 % нижчою порівняно з

ділянками без добрив.

Найменшу натуру зерна було отримано в 2020 і 2021 рр. – 770–786 г/л, а в 2022 р. цей показник був найвищим – 782–790 г/л. Причиною формування вищої натури зерна в 2022 р. може бути вміст крохмалю. Так, між цими показниками встановлено прямий дуже високий кореляційний зв'язок – 0,91–0,97. У 2020 і 2021 рр. вміст крохмалю був нижчим, а в 2022 р. – вищим. Відомо, що для пшениці натура зерна  $\geq 785$  г/л – дуже висока, 764–785 – висока, 725–764 – середня,  $\leq 724$  г/л – низька. Отже, дуже високу натуру зерна отримано з урожаю 2022 р., а в 2020 і 2021 рр. цей показник був високим і дуже високим.

Результати аналізу свідчать, що в середньому за три роки досліджень застосування усіх систем удобрення, які містили азотну складову достовірно збільшували вміст білка в зерні порівняно з контрольним варіантом (рис. 1).

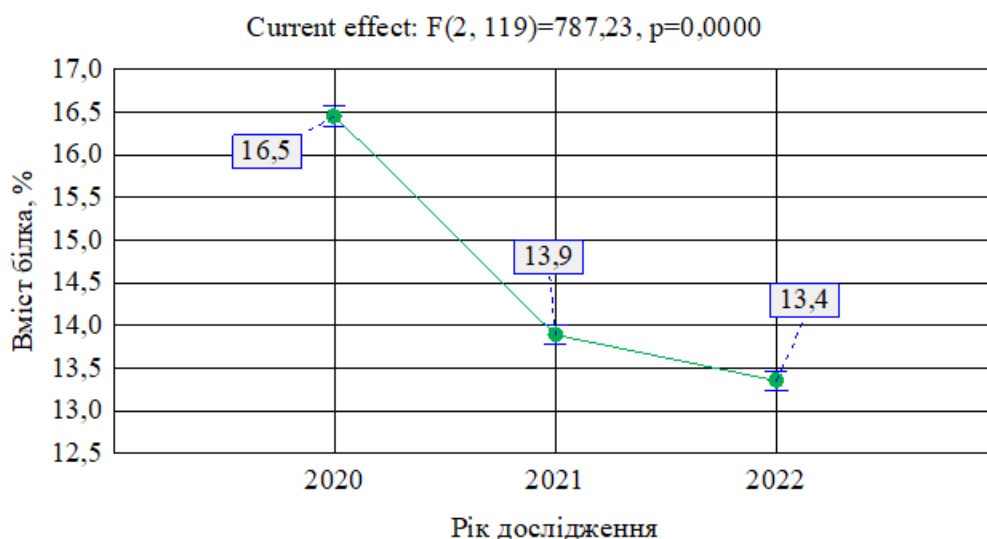


**Рис. 1. Вміст білка в зерні пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), %**

Винятком була лише фосфорно-калійна система удобрення, яка достовірно не впливала на вміст білка. Тривале застосування N<sub>75</sub> збільшувало вміст білка на 13 % порівняно з неудобреними ділянками. Застосування подвійної дози азотних добрив підвищувало його на 18 % порівняно з контролем і на 5 % порівняно з N<sub>75</sub>. Необхідно зазначити, що застосування азотно-фосфорно-калійних добрив достовірно не збільшувало вміст білка порівняно з азотними системами удобрення.

Вплив погодних умов також був високим, оскільки вміст білка змінювався від 13,4 % у 2022 р. до 16,5 % у 2020 р. (рис. 2). Вміст білка в зерні пшениці твердої озимої у 2020 р. був у 1,2 рази вищим порівняно з 2021 і 2022 роками.

В умовах меншої кількості опадів у період досягання зерна пшениці твердої озимої і вищої температури повітря в 2020 р. вміст білка був вищим порівняно з 2021 і 2022 рр. на 8–21 %. Так, усі системи удобрення, крім фосфорно-калійної, достовірно впливали на зростання вмісту білка в зерні пшениці твердої озимої.



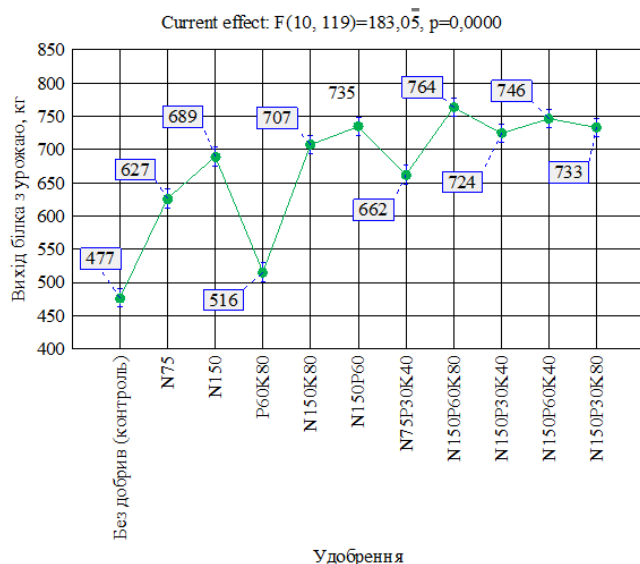
**Рис. 2 Вміст білка в зерні пшениці твердої озимої залежно від року проведення дослідження, %**

Необхідно зазначити, 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.

У 2021 р. вміст білка у варіантах із застосуванням  $N_{75}$  зростав на 4 %, а застосування  $N_{150}$  збільшувало його на 12–13 %. Вміст білка за фосфорно-калійної системи удобрення був на рівні варіанту без добрив, оскільки достовірно не перевищував його. У варіантах з неповним поверненням фосфору й калію з добривами вміст білка був на рівні азотної системи удобрення. Вміст білка в 2022 р. зростав від 11,1 до 13,0 % за внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив або на 17 %. Застосування подвійної дози азотних добрив сприяло зростанню вмісту білка до 13,5 % або на 22 %. Тенденція формування вмісту білка в зерні пшениці твердої озимої за інших систем удобрення була подібною до 2020 і 2021 рр.

Результати досліджень інших вчених [19] свідчать, що застосування азотних добрив підвищує вміст білка в зерні пшениці озимої. За умови меншої врожайності зерна вміст білка може бути вищим порівняно з роками, де формувалась більша врожайність зерна. Тому в наших дослідженнях за врожайності 3,9–4,3 т/га вміст білка був на рівні 16,3–17,4 %, а за врожайності 4,6–5,5 т/га його вміст був лише 13,3–14,4 %. Проте застосування азотних добрив не лише збільшувало врожайність зерна, а й підвищувало вміст білка.

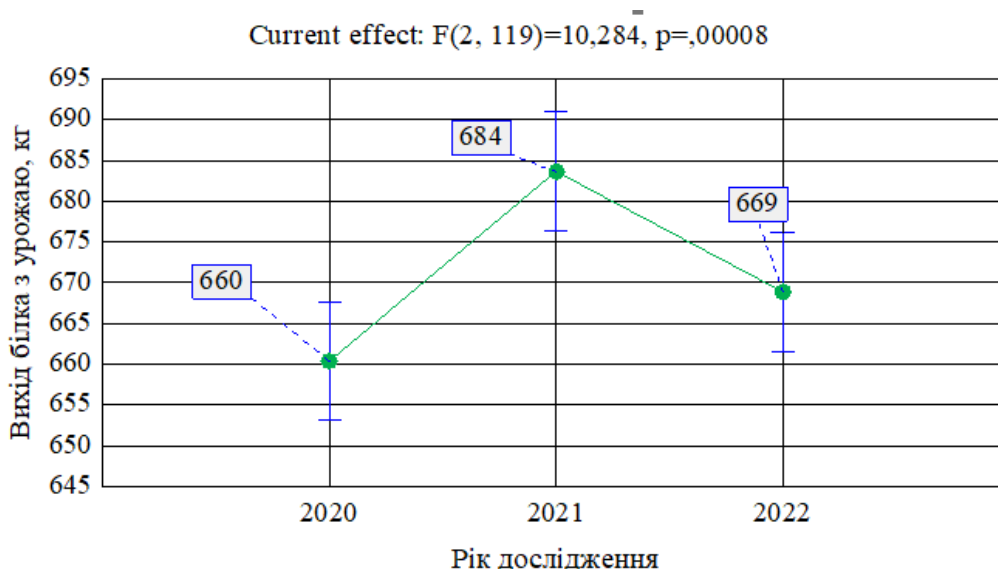
Тривале застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні достовірно збільшувало вихід білка з урожаю зерна пшениці твердої озимої порівняно з варіантом без добрив (рис. 3). У середньому за три роки досліджень вихід білка збільшувався від 477 до 627 кг/га за внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив, а за внесення подвійної дози – до 689 кг/га.



**Рис. 3. Вихід білка з урожаю зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), кг/га**

Застосування  $N_{75}P_{30}K_{40}$  забезпечувало цей показник до 662 кг/га або більше на 6 % порівняно з азотною системою удобрення. У варіанті  $N_{150}P_{60}K_{80}$  вихід білка становив 764 кг/га, що було більше на 11 % порівняно з азотною системою удобрення.

Вихід білка з урожаю зерна врожаю 2021 р. був на 6–8 % більшим порівняно з 2020 р., крім варіантів застосування  $N_{75}$  (рис. 4).



**Рис. 4. Вихід білка з урожаю зерна пшениці твердої озимої залежно від року проведення дослідження, кг/га**

Найвищий вихід білка отримано в 2021 р. – 684 кг/га, а найменший – в 2020 і 2022 рр. Тривале застосування  $N_{75}$  збільшувало вихід 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 вихід білка був у 1,5 рази більшим. Застосування найбільшої дози азотних добрив на фосфорно-калійному тлі був у 1,5–1,6 рази

більшим. Подібно змінювався вихід білка в 2020 і 2022 рр. Застосування фосфорно-калійної системи удобрення найменше впливало на вихід білка з урожаю зерна пшениці твердої озимої. Незважаючи на більшу врожайність зерна пшениці твердої озимої в 2021 р., варіанти з тривалим застосуванням N<sub>75</sub> і N<sub>75</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> забезпечили вищий вихід білка в 2020 р. Показник збору білка зумовлений формуванням вищого його вмісту в 2020 р.

Результати досліджень свідчать, що індекс твердості зерна пшениці твердої озимої достовірно зростав за внесення азотних добрив (табл. 2).

**Табл. 2. Індекс твердості зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення, од. п.**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	67,3	68,0	61,7	65,7
N <sub>75</sub>	76,8	72,5	69,4	72,9
N <sub>150</sub>	80,7	75,6	71,3	75,9
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	65,3	68,8	67,9	67,3
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	80,4	76,1	74,5	77,0
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	80,1	76,8	74,9	77,3
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	77,1	73,0	69,7	73,3
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	81,2	76,7	72,9	76,9
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	80,7	76,5	71,9	76,4
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	80,4	76,6	71,7	76,2
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	80,4	76,5	71,1	76,0
<i>HIP</i> <sub>05</sub>	3,4	2,1	3,7	–

Так, у середньому за три роки досліджень цей показник зростав від 55,7 до 62,9–66,9 од. п. за систем, які містили азотну складову. Найменше на індекс твердості впливало застосування фосфорно-калійної системи удобрення.

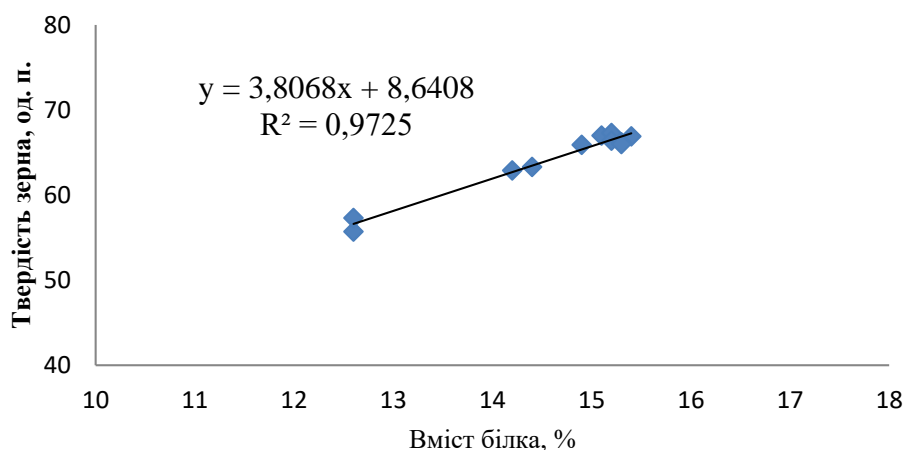
Вважається, що за індексу твердості  $\geq 60$  од. п. зерно відноситься до твердозерного типу, 54–60 – середньотвердозерного,  $\leq 54$  од. п. – м'якозерного типу. Отже, зерно пшениці твердої озимої, вирощене на різних системах удобрення, було твердозерного типу незалежно від погодних умов та удобрення.

Індекс твердості зерна змінювався залежно від вмісту білка. Результати проведених досліджень показали, що між індексом твердості зерна та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої існує дуже високий кореляційний зв'язок ( $r = 0,98$ ) (рис. 5). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

$$y = 3,8068x + 8,6408,$$

де  $y$  – індекс твердості зерна, од. п. ;

$x$  – вміст білка, %.



**Рис. 5. Кореляційна залежність між твердістю зерна та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої**

Дослідженнями встановлено, що індекс седиментації зерна пшениці твердої озимої найбільше змінювався від застосування азотних добрив (табл. 3).

**Табл. 3. Індекс седиментації зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення, см<sup>3</sup>**

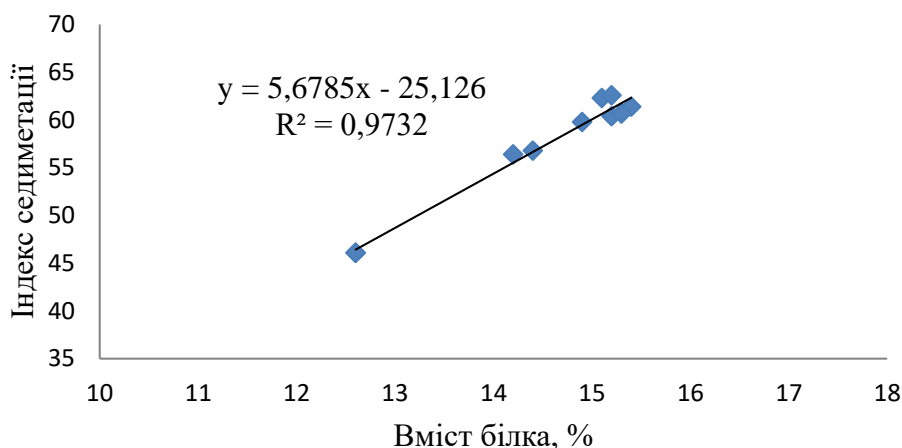
Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	57,1	46,3	34,8	46,1
N <sub>75</sub>	65,6	51,6	51,9	56,4
N <sub>150</sub>	67,4	59,5	52,6	59,8
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	57,1	48,3	33,0	46,1
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	67,9	59,9	54,2	60,7
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	67,9	60,9	54,9	61,2
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	66,4	51,9	52,0	56,8
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	68,2	60,5	55,5	61,4
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	67,3	59,6	54,2	60,4
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	67,4	59,8	54,9	60,7
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	67,6	59,6	54,9	60,7
<i>НІР<sub>05</sub></i>	3,4	3,1	2,9	—

Так, у середньому цей показник збільшувався від 46,1 см<sup>3</sup> у варіанті без добрив до 56,4 см<sup>3</sup> за внесення N<sub>75</sub> і до 59,8 см<sup>3</sup> за N<sub>150</sub>, а у варіанті з повним мінеральним добривом (N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>) зростав на 33 %. Застосування половинної дози повного добрива (N<sub>75</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub>) підвищувало індекс седиментації до 56,8 см<sup>3</sup> або на 23 % порівняно з контролем. У варіантах досліджу із застосуванням парних комбінацій азотних і калійних, азотних і фосфорних і з половинними дозами фосфорних і калійних добрив цей показник становив 60,4–61,4 см<sup>3</sup>.

Відомо, що за показника  $\geq 60$  см<sup>3</sup> індекс седиментації вважається дуже високим, 40–60 – високим, 20–40 – середнім і  $\leq 20$  см<sup>3</sup> – низьким. Отже, в 2020 р.



індекс седиментації у варіантах досліду без добрив і на фосфорно-калійному тлі був високим, а в решти варіантах удобрення – дуже високим. У 2022 р. відповідно середнім і високим, а в 2021 р. в усіх варіантах досліду рівень індексу седиментації відповідав високому рівню. Індекс седиментації значно змінювався залежно від років проведення досліджень. Тенденція змінювалась подібно до вмісту білка. Так, результати проведених досліджень показали, що між індексом седиментації та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої існує дуже високий кореляційний зв'язок ( $r = 0,99$ ) (рис. 6).



**Рис. 6. Кореляційна залежність між індексом седиментації та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої**

У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

$$y = 5,6785x - 25,126,$$

де  $y$  – індекс седиментації,  $\text{cm}^3$ ;

$x$  – вміст білка, %.

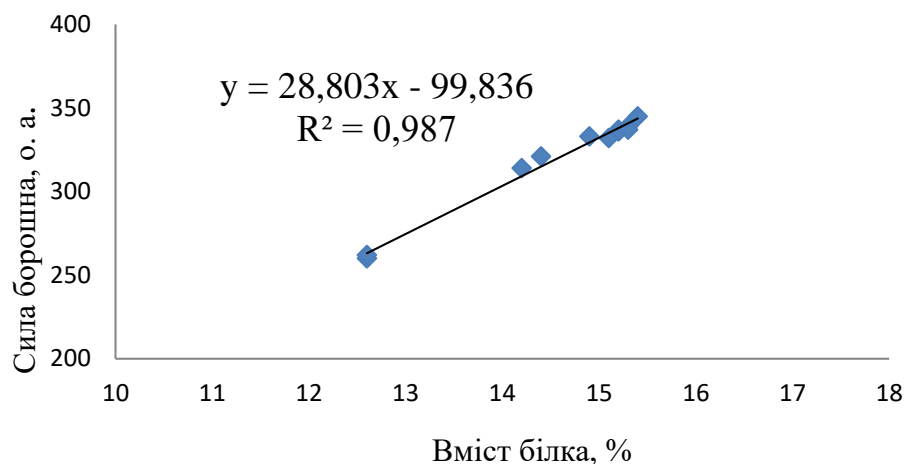
Встановлено, що сила борошна пшениці твердої також істотно змінювалась від доз, видів мінеральних добрив та їх поєднань у сівозміні й безпосереднього внесення під культуру (табл. 4). Так, за внесення  $N_{75}$  цей показник зростав до 314 од. а. або на 20 %, а за подвійної дози азотних добрив ( $N_{150}$ ) – до 333 од. а. або на 28 % порівняно з ділянками без добрив (260 од. а.). Найбільшу силу борошна отримано за внесення повного мінерального добрива ( $N_{150}P_{60}K_{80}$ ) – 345 од. а. або на 33 % більше контролю. Найменше на цей показник впливало застосування лише фосфорних і калійних добрив – 262 од. а.. Застосування азотних і калійних та азотних і фосфорних добрив істотно не змінювало сили борошна порівняно з повним мінеральним добривом. У варіантах досліду з половинними дозами фосфорних і калійних добрив сила борошна пшениці твердої озимої становила 321–339 од. а.

Для пшениці сила борошна  $\geq 400$  од. а. – дуже висока, 301–399 – висока, 221–300 – середня, 181–220 – низька,  $\leq 180$  – дуже низька. У 2020 р. за показником сили борошна зерно, отримане у варіантах без добрив,  $N_{75}$  і  $N_{75}P_{30}K_{40}$  відповідало високий її рівень, а варіанти, які включали внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив забезпечували дуже високу силу борошна. У 2021 р. сила борошна була відповідно середньою та високою, а в 2022 р. – низька та середня.

**Табл. 4. Сила борошна зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення, од. а.**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	317	274	189	260
N <sub>75</sub>	386	293	262	314
N <sub>150</sub>	413	313	274	333
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	319	281	185	262
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	412	310	274	332
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	418	319	270	336
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	391	301	270	321
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	421	322	292	345
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	416	315	279	337
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	417	319	281	339
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	415	312	284	337
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	21	15	13	–

Результати проведених обрахунків показали, що між силою борошна та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої існує дуже високий кореляційний зв'язок ( $r = 0,99$ ) (рис. 7).



**Рис. 7 Кореляційна залежність між силою борошна та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої**

У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

$$y = 28,803x - 99,836,$$

де  $y$  – сила борошна, од. а. ;

$x$  – вміст білка, %.

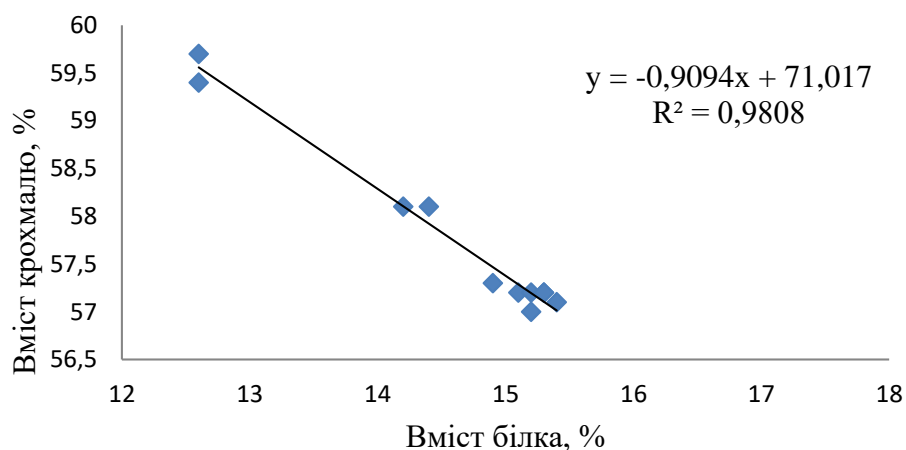
Застосування різних видів добрив впливало на вміст крохмалю в зерні пшениці твердої озимої (табл. 5). Дослідженнями встановлено, що найвищий вміст крохмалю в зерні пшениці твердої озимої був за вирощування на ділянках без добрив і за внесення лише фосфорних і калійних добрив – відповідно 59,7 і 59,4 %.

**Табл. 5. Вміст крохмалю в зерні пшениці твердої озимої залежно від удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	59,0	59,3	60,8	59,7
N <sub>75</sub>	56,7	58,8	58,9	58,1
N <sub>150</sub>	56,1	57,6	58,3	57,3
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	58,0	59,0	61,3	59,4
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	56,0	57,6	57,9	57,2
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	55,9	57,4	57,8	57,0
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	56,3	59,0	58,9	58,1
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	56,0	57,6	57,6	57,1
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	56,5	57,3	57,8	57,2
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	56,0	57,7	57,9	57,2
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	56,2	57,8	57,7	57,2
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	2,7	2,8	2,8	–

Застосування азотних добрив достовірно знижувало цей показник до 57,3–58,1 % у варіантах застосування 75 і 150 кг/га д. р. азотних добрив та до 57,0–58,1 % за поєднання їх з фосфорними й калійними добривами.

Результати проведених досліджень показали, що між вмістом крохмалю та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої існує обернений дуже високий кореляційний зв'язок ( $r = -0,97$ ) (рис. 8).



**Рис. 8. Кореляційна залежність між вмістом крохмалю та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої**

У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

$$y = -0,9094x + 71,017,$$

де  $y$  – вміст крохмалю, %;

$x$  – вміст білка, %.

Найбільший вихід крохмалю забезпечувало застосування повного мінерального

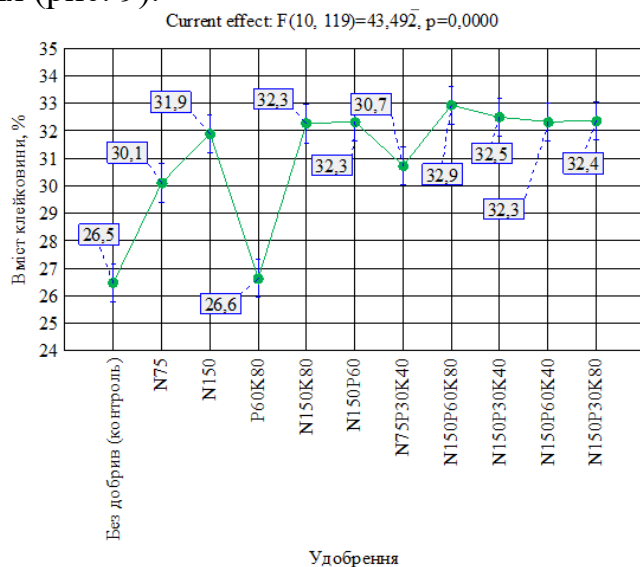
добрива (N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>) – 2859 кг/га (табл. 6).

**Табл. 6. Вихід крохмалю з урожаю зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	1988	2283	2590	2287
N <sub>75</sub>	2211	2687	2880	2593
N <sub>150</sub>	2278	2851	2892	2674
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	2047	2472	2863	2461
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	2307	2892	2889	2696
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	2337	3002	3000	2780
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	2241	2903	2980	2708
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	2414	3139	3024	2859
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	2333	2922	3006	2754
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	2341	3122	3022	2828
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	2338	3023	2966	2776

Застосування половини дози мінеральних добрив знижувало вихід крохмалю лише на 6 % (2708 кг/га). Вихід крохмалю значно змінювався впродовж років досліджень. Так, у 2021–2022 рр. вихід крохмалю був більшим порівняно з 2020 р.

Вміст клейковини у зерні пшениці твердої озимої достовірно зростає під впливом удобрення (рис. 9).

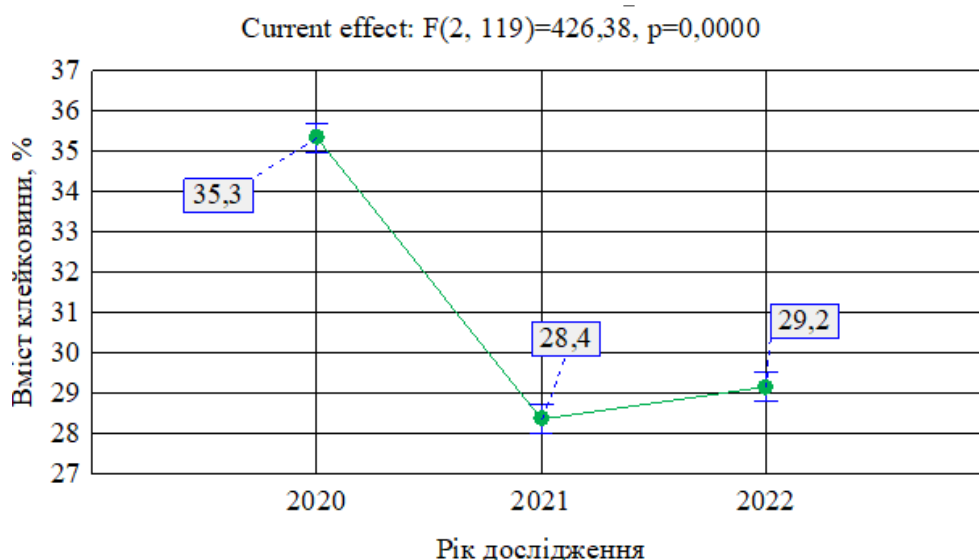


**Рис. 9. Вміст клейковини у зерні пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), %**

Так, застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив підвищувало цей показник до 30,1 % або на 14 % порівняно з варіантом без добрив (26,5 %). Підживлення пшениці твердої озимої азотними добривами дозою 150 кг/га д. р. забезпечило

зростання цього показника на 20 %. Застосування лише фосфорних і калійних добрив найменше впливало на формування клейковини. За такого сценарію удобрення цей показник зростав лише на 1 %. У варіанті досліду з повним мінеральним добривом вміст клейковини зростав до 32,9 % або на 24 %. Парне поєднання азотних з фосфорними і азотних з калійними добривами мало подібну ефективність до застосування лише азотних добрив. У варіантах досліду з половинними дозами фосфорних і калійних добрив вміст клейковини у зерні пшениці твердої озимої становив 32,3–32,5 %. Необхідно зазначити, що тривале застосування фосфорно-калійних добрив достовірно не збільшувало вмісту клейковини.

Тенденція впливу тривалого застосування добрив у польовій сівозміні на вміст клейковини була подібною до вмісту білка в зерні. Крім цього, на вміст клейковини впливали погодні умови років проведення досліджень (рис. 10). У 2021–2022 рр. вміст клейковини був на 21–24 % нижчим порівняно з 2020 р.



**Рис. 10. Вміст клейковини у зерні пшениці твердої озимої залежно від року проведення дослідження, %**

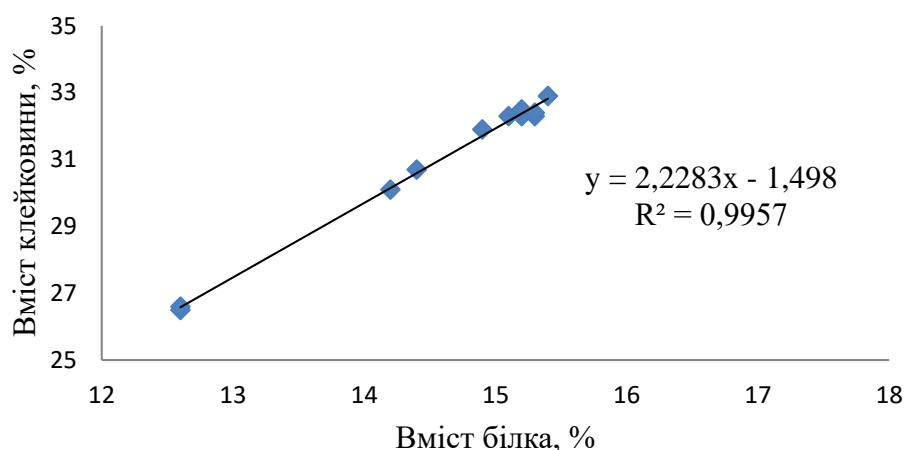
Слід відзначити, що всі системи удобрення, які містили азотну складову, достовірно підвищували вміст клейковини у зерні впродовж обох років досліджень. У 2021 р. вміст клейковини на ділянках без добрив був на 17 % нижчим порівняно з 2020 р. У варіантах застосування добрив цей показник був на 25–30 % нижчим. У 2020 р. вміст клейковини 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 % у варіантах застосування  $N_{75}$ . У варіантах із застосуванням  $N_{150}$  вміст клейковини зростав на 14–15 %. У 2022 р. Застосування фосфорно-калійної системи удобрення впливало на цей показник не достовірно.

Для пшениці дуже високим вважається вміст клейковини > 36 %, високим – 31–36, середнім – 26–31, низьким – 21–26 і дуже низьким < 21 %. Отже, у варіантах без добрив із застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив 2020 р. вміст

клейковини у зерні був високим, а в решти варіантів досліджу – дуже високим. У 2021–2022 рр. цей показник був низьким у варіантах без добрив і за фосфорно-калійної системи удобрення, а в решти варіантах досліджу – середнім.

Формування вмісту клейковини у зерні пшениці озимої значно змінюється від погодних умов вегетаційного періоду, особливо в період його досягання [20]. Вплив азотних добрив на ці показники також змінюється від погодних умов. Зазвичай випадання опадів у цей період знижує вміст клейковини. Крім цього, збільшення врожайності зерна зумовлює формування нижчого вмісту клейковини, оскільки зменшується кількість азоту мінеральних сполук у ґрунті, внесеного з добривами, яка може використовуватись для її синтезу. За умови зменшення кількості продуктивних стебел надлишок азоту мінеральних сполук рослини пшениці можуть використати для синтезу клейковини [21]. У наших дослідженнях дефіцит вологи у період молочної стиглості зерна пшениці твердої озимої в 2020 р. зумовив формування вищого вмісту білка та клейковини у зерні порівняно з 2021 р. Крім цього, врожайність зерна в 2020 р. була найменшою. Проте в 2021 р. за врожайності зерна 5,2–5,5 т/га вміст клейковини був на рівні 29,3–29,6 %.

Результати проведених досліджень показали, що між вмістом клейковини і вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої існує дуже високий кореляційний зв'язок ( $r = 0,99$ ) (рис. 11).



**Рис. 11. Кореляційна залежність між вмістом клейковини і вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої**

У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

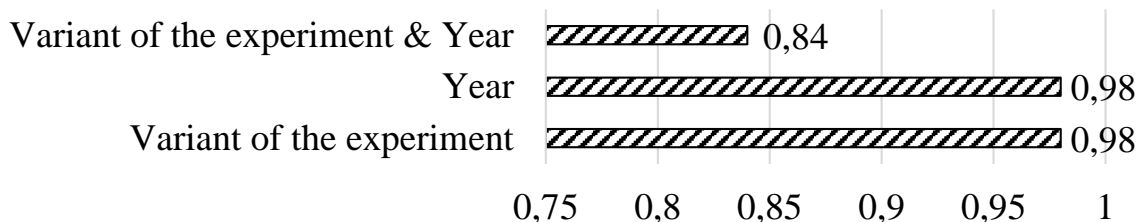
$$y = 2,2283x - 1,498,$$

де  $y$  – вміст клейковини, %;

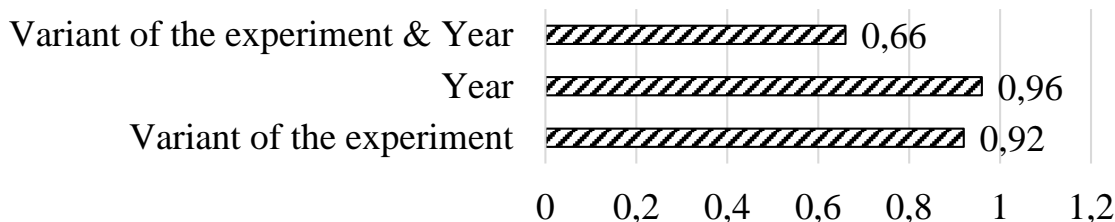
$x$  – вміст білка, %.

Статистично достовірно ( $p \leq 0,05$ ), що досліджені чинники (система удобрення, рік) впливали на формування врожаю і якість зерна пшениці твердої озимої (рис. 12). Сила впливу була високою для обох чинників. Вплив цих чинників на врожайність і вміст білка в зерні пшениці твердої озимої був майже однаковим. Це свідчить про те, що ефективність удобрення пшениці твердої озимої залежить від погодних умов вегетаційного періоду та удобрення.

### Урожайність зерна



### Вміст білка



**Рис. 12. Парціальний коефіцієнт впливу досліджених чинників на врожайність і вміст білка в зерні пшениці твердої озимої**

Необхідно зазначити, що такий висновок стосується лише трьох років досліджень (2020–2022 рр.) або для років з подібними параметрами погодних умов.

Застосування азотних добрив окремо та сумісно з фосфорними і калійними поліпшувало якість макаронів (табл. 7).

**Табл. 7. Фізико-хімічні та органолептичні показники якості макаронів з пшениці твердої озимої залежно від удобрення, 2020–2022 рр.**

Варіант досліду	Коефіцієнт розварювання за		Колір	Консистенція
	масою	об'ємом		
Без добрив (контроль)	2,55	1,71	кремовий	розсипчаста
N <sub>75</sub>	2,45	1,69	кремовий	розсипчаста
N <sub>150</sub>	2,23	1,66	кремовий	еластична
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	2,56	1,72	кремовий	розсипчаста
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	2,20	1,66	кремовий	еластична
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	2,21	1,67	кремовий	еластична
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	2,40	1,67	кремовий	еластична
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	2,22	1,64	кремовий	еластична
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	2,23	1,65	кремовий	еластична
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	2,20	1,64	кремовий	еластична
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	2,20	1,64	кремовий	еластична

Так, консистенція їх з розсипчастої поліпшувалась до еластичної. При цьому колір макаронів не змінювався і був кремовим. Коефіцієнти розварювання

знижувались: за масою – на 2–15 %, а за об’ємом – на 1–4 % порівняно з варіантом без добрив. Необхідно відзначити, що фосфорні й калійні добрива достовірно не впливали на ці показники якості макаронів.

Незважаючи на зниження коефіцієнтів розварювання макаронів з пшениці твердої, кулінарна оцінка їх у балах не змінювалась (рис. 13, табл. 8).



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>

**Рис. 13. Макарони з пшениці твердої озимої залежно від удобрення**

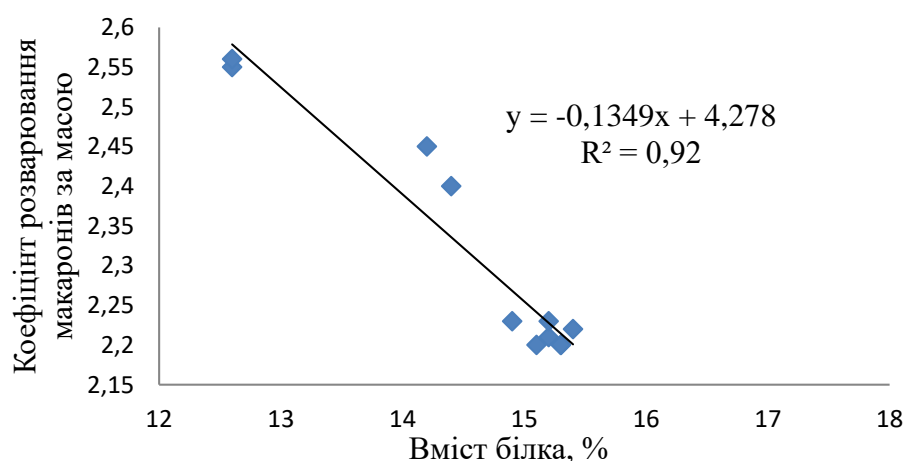


**Табл. 8. Фізико-хімічні та органолептичні показники якості макаронів з пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), бал**

Варіант досліджу	Коефіцієнт розварювання за		Колір	Загальна оцінка	
	масою	об'ємом		бал	%
Без добрив (контроль)	9	9	7	8,3	92
N <sub>75</sub>	9	9	7	8,3	92
N <sub>150</sub>	9	9	7	8,3	92
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	9	9	7	8,3	92
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	9	9	7	8,3	92
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	9	9	7	8,3	92
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	9	9	7	8,3	92
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	9	9	7	8,3	92
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	9	9	7	8,3	92
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	9	9	7	8,3	92
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	9	9	7	8,3	92
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0,4</i>	–

При цьому вона була найвищою і становила 9 бала. Кулінарна оцінка макаронів відповідала 7 бала. Загальна оцінка макаронів з пшениці твердої була високою – 8,3 бала або 92 % від максимального її рівня.

Результати проведених досліджень показали, що між коефіцієнтом макаронів за масою та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої існує обернений дуже високий кореляційний зв'язок ( $r = 0,94$ ) (рис. 14).



**Рис. 14. Кореляційна залежність між коефіцієнтом розварювання макаронів за масою і вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої**

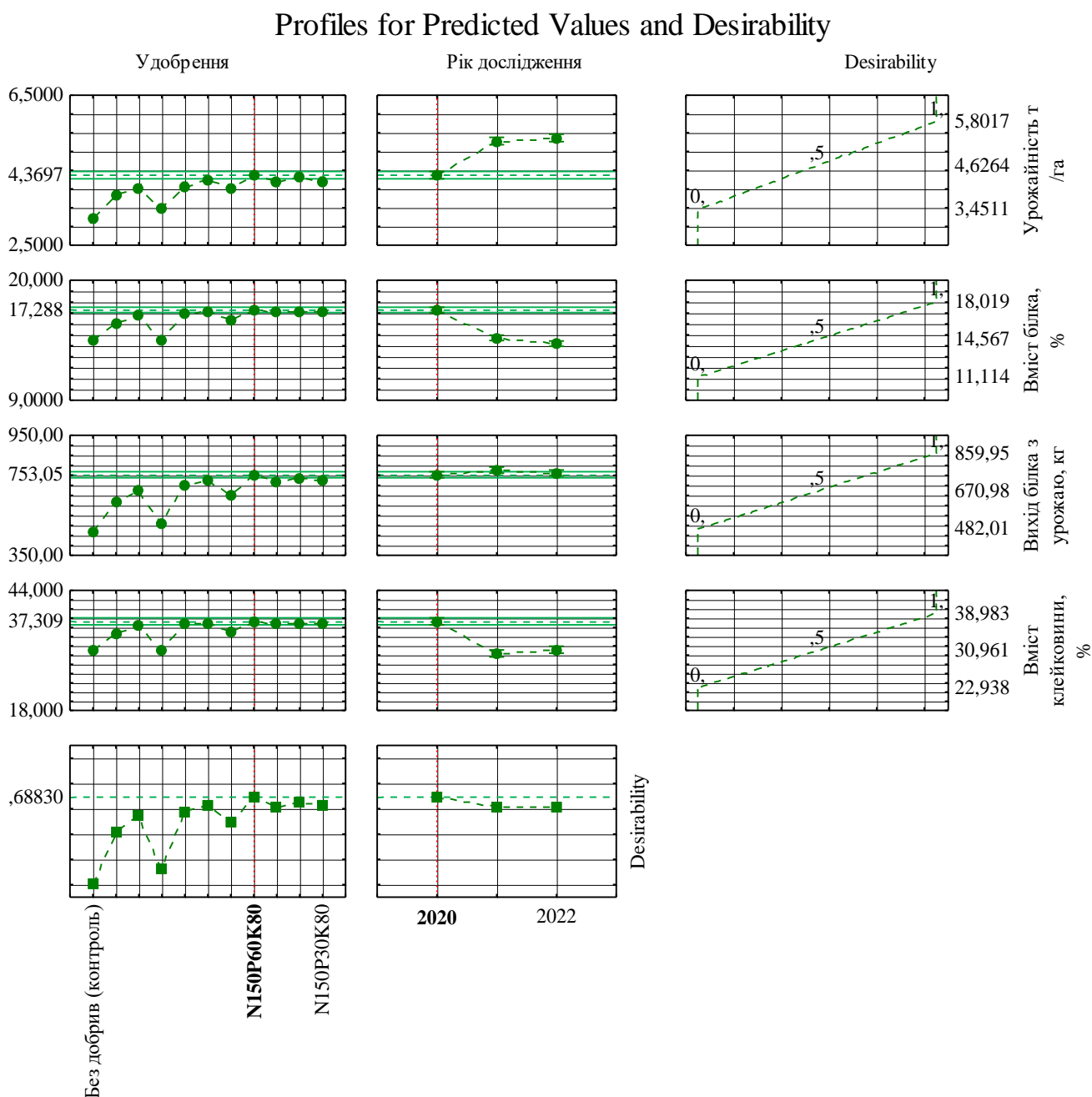
У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

$$y = -0,1249x + 4,278,$$

де  $y$  – коефіцієнт розварювання макаронів за масою;

$x$  – вміст білка, %.

Результати статистичного оброблення експериментальних даних підтверджують, що парні комбінації і варіанти з неповним поверненням у ґрунт фосфору й калію з добривами на тлі застосування  $N_{150}$  впливають майже однаково порівняно з тривалим застосуванням  $N_{150}P_{60}K_{80}$  (рис. 15).



**Рис. 15. Узагальнена функція бажаності системи удобрення пшениці твердої озимої за показниками урожайності зерна, вмістом білка та клейковини**

Оптимальний вміст білка та клейковини забезпечує застосування  $N_{150}$  незалежно від дози фосфорних і калійних добрив. З урахуванням урожайності зерна, вмісту білка, його збору та вмісту клейковини варіанти з тривалим застосуванням  $N_{150}P_{60}$ ,  $N_{150}P_{30}K_{40}$ ,  $N_{150}P_{60}K_{40}$  і  $N_{150}P_{30}K_{80}$  мають майже однакову ефективність порівняно з варіантом  $N_{150}P_{60}K_{80}$ .

Отже, внесення азотних добрив є ефективним способом підвищення якості зерна без зниження врожайності пшениці твердої озимої. Тривале застосування азотних, азотно-калійних, азотно-фосфорних і азотно-фосфорно-калійних систем удобрення в польовій сівозміні достовірно впливає на формування врожаю пшениці твердої озимої. Проте отримані результати можна застосовувати для умов, подібних Правобережному Лісостепу України. За умови зміни окремих складових 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.

Отримані результати дослідження можна використовувати для сорту пшениці твердої озимої Андромеда або сортів такого типу. Крім цього, отримані результати можна використовувати для чотирипільної сівозміни, де пшеницю твердо озиму вирощують після сої. За умови інших сценарії агротехнології необхідно проводити додаткові дослідження.

**Висновки.** Пшениця тверда озима добре реагує на застосування азотних добрив, оскільки вміст білка зростає від 12,6 до 14,2–15,4 % ( $p \leq 0,05$ ), а вміст клейковини від 26,5 до 30,1–32,9 % ( $p \leq 0,05$ ) залежно від системи удобрення. Найбільше на вміст білка впливає застосування азотної складової у складі повного мінерального добрива. Тривале застосування лише фосфорних і калійних добрив достовірно не впливало на азотовмісну складову зерна пшениці твердої озимої.

Реакція пшениці твердої озимої на удобрення значно змінюється від погодних умов вегетаційного періоду. Так, в умовах високої температури повітря і меншої кількості опадів усі системи удобрення з азотною складовою достовірно впливають на вміст білка зерні. Він 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 мають системи удобрення із застосуванням  $N_{150}$ . Вміст білка за такого сценарію зростає від 11,1 до 14,4 %, а його збір від 493 до 785 кг/га ( $p \leq 0,05$ ).

Вміст клейковини змінюється подібно до вмісту білка залежно від системи удобрення. Так, у 2020 р. вміст клейковини зростав від 30,2 до 35,2–37,1 %, а в 2022 р. – від 23,4 до 28,1–32,4 % ( $p \leq 0,05$ ) залежно від системи удобрення. Встановлено високий вплив чинників система удобрення і погодних умов на врожайність, вміст білка та вміст клейковини у зерні пшениці твердої озимої.

Твердість зерна, індекс седиментації, сила борошна пшениці твердої озимої змінюються від удобрення подібно до вмісту білка. При цьому між ними встановлено прямий дуже високий кореляційний зв'язок. Натура зерна найбільше змінюється від погодних умов року дослідження, ніж від застосування добрив. Кулінарна якість макаронів пшениці твердої озимої дуже висока, проте не змінюється від удобрення і становить 8,3 бала.

На основі статистичного оброблення отриманих даних встановлено, що оптимальний вміст білка та клейковини забезпечує застосування  $N_{150}$  незалежно

від дози фосфорних і калійних добрив. З урахуванням вмісту білка, його збору та вмісту клейковини варіанти з тривалим застосуванням  $N_{150}P_{60}$ ,  $N_{150}P_{30}K_{40}$ ,  $N_{150}P_{60}K_{40}$  і  $N_{150}P_{30}K_{80}$  мають майже однакову ефективність порівняно з варіантом  $N_{150}P_{60}K_{80}$ . Це дає можливість зробити висновок про можливість тимчасового застосування лише азотних добрив або неповного повернення в ґрунт фосфору й калію з добривами на тлі 150 кг/га д. р. азотних добрив.

### Література:

1. Assefa A., Derebe B., Gebrie N., Shibabaw A., Getahun W., Beshir O., Worku A. Grain yield and quality responses of durum wheat to nitrogen and phosphorus rate in Yielmana Densa area, Western Amhara. *Amhara Agric Res Inst.* 2023. Vol. 113. P. 526–530.
2. Feyisa D. S., Jiao X., Mojo D. Wheat Yield Response to Chemical Nitrogen Fertilizer Application in Africa and China: A Meta-analysis. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 2024. P. 1–13.
3. 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.
4. Господаренко Г. М., Любич В. В., Балян А. В. Економічне, агрохімічне та енергетичне оцінювання ефективності застосування добрив під пшеницю тверду озиму. *Збірник наукових праць Уманського НУС.* 2024. Вип. 104. С. 201–209.
5. Любич В. В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА.* 2017. №3. С. 18–24.
6. Haile T. A., Walkowiak S., N'Diaye A., Clarke J. M., Hucl P. J., Cuthbert R. D., Knox R. E., Pozniak C. J. Genomic prediction of agronomic traits in wheat using different models and cross-validation designs. *Theoretical and Applied Genetics.* 2021. Vol. 134. P. 381–398.
7. Любич В. В. Селекційна цінність нових сортів тритикале ярого. *Збірник Уманського НУС.* 2021. Вип. 97. С. 3–11.
8. Giuliani M. M., Giuzio L., A. De Caro, Flagella Z. Relationships between Nitrogen Utilization and Grain Technological Quality in Durum Wheat: II. Grain Yield and Quality. *Agron. J.* 2011. Vol. 103. P. 1668–1675.
9. Moayed S., Elias E. M., Manthey F. A. Effect of Weather on Grain Quality Traits of Durum Wheat Grown in the Northern Plains of USA. *American Journal of Plant Sciences.* 2021. Vol. 12. P. 1894–1911.
10. Любич В. В. Ураження пшениці м'якої озимої кореневими гнилями за різних доз добрив. *Збірник наукових праць Уманського НУС.* 2022. Вип. 101. Ч. 1. С. 129–144.
11. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського НУС.* 2023. №2. С. 74–82.
12. Negisho K., Shibru S., Pillen K., Ordon F., Wehner G. Genetic diversity of Ethiopian durum wheat landraces. *Plos One.* 2021. Vol. 16(2). Article number e0247016.
13. Любич В. В., Невлад В. І., Мартинюк А. Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія.* 2022. №1. С. 152–159.
14. Господаренко Г. М., Любич В. В. Реакція сортів тритикале ярого на рівень азотного живлення. *Збірник наукових праць Уманського національного*

університету садівництва. 2010. Вип. 72. С. 21–30.

15. Wan C., Dang P., Gao L., Wang J., Tao J., Qin X., Feng B., Gao J. How does the environment affect wheat yield and protein content response to drought? A meta-analysis. *Frontiers in plant science*. 2022. Vol. 13. P. 896–905.

16. Любич В. В. Фізичні властивості зерна та білково-протеїназний комплекс тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2023. Вип. 102. С. 142–154.

17. Fuertes-Mendizábal T., Aizpuru A., González-Moro M. B., Estavillo J. M. Improving wheat breadmaking quality by splitting the N fertilizer rate. *European journal of agronomy*. 2010. Vol. 33(1). P. 52–61.

18. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / За ред. Ткачик С. О. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД». 2021. 160 с.

19. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В. Вплив різних видів і доз добрив на формування структури урожаю пшениці м'якої озимої сорту КВС Еміл і лінії 'Пріно'. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. Т. 20. № 2. С. 104–110.

20. Господаренко Г. М., Любич В. В., Гавриленко В. С., Приходько В. О., Крикун С. П., Худолій Л. В., Товстенко Я. Ю. Технологічні параметри формування якості зерна ячменю ярого голозерного. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2024. Вип. 104. С. 315–324.

21. Motzo R., Fois S., Giunta F. Relationship between grain yield and quality of durum wheats from different eras of breeding. *Euphytica*. 2004. Vol. 140. P. 147–154.

#### References:

1. Assefa, A., Derebe, B., Gebrie, N., Shibabaw, A., Getahun, W., Beshir, O., Worku, A. (2023). Grain yield and quality responses of durum wheat to nitrogen and phosphorus rate in Yielmana Densa area, Western Amhara. *Amhara Agric Res Inst.*, no. 113, pp. 526–530.

2. Feyisa, D. S., Jiao, X., Mojo, D. (2024). Wheat Yield Response to Chemical Nitrogen Fertilizer Application in Africa and China: A Meta-analysis. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, pp. 1–13.

3. 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].

4. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Balian, A. V. (2024). Economic, agrochemical and energy evaluation of the effectiveness of fertilizer application for durum winter wheat. *Collection of scientific works of Uman NUH*, iss. 104, pp. 201–209. [in Ukrainian].

5. 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].

6. Haile, T. A., Walkowiak, S., N'Diaye, A., Clarke, J. M., Hucl, P. J., Cuthbert, R. D., Knox, R. E., Pozniak, C. J. (2021). Genomic prediction of agronomic traits in wheat using different models and cross-validation designs. *Theoretical and Applied Genetics*, no. 134, pp. 381–398.

7. Lyubich, V. V. (2021). Selection value of new varieties of spring triticales. *Collection of scientific works of Uman NUH*, no. 97, pp. 3–11. [in Ukrainian].

8. Giuliani, M. M. Giuzio L., A. De Caro, Flagella Z. (2011). Relationships

between Nitrogen Utilization and Grain Technological Quality in Durum Wheat: II. Grain Yield and Quality. *Agron. J.*, no. 103, pp. 1668–1675.

9. Moayedi, S., Elias, E. M., Manthey, F. A. (2021). Effect of Weather on Grain Quality Traits of Durum Wheat Grown in the Northern Plains of USA. *American Journal of Plant Sciences*, no. 12, pp. 1894–1911.

10. Lyubich, V. V. (2022). Affection of soft winter wheat by root rot at different doses of fertilizers. *Collection of scientific works of Uman NUH*, no. 101, pp. 129–144. [in Ukrainian].

11. Lyubich, V. V. (2023). Technological parameters of spring triticale grain production grown under different doses of nitrogen fertilizers. *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, no. 2, pp. 74–82. [in Ukrainian].

12. Negisho, K., Shibru, S., Pillen, K., Ordon, F., Wehner, G. (2021). Genetic diversity of Ethiopian durum wheat landraces. *Plos One*, no. 16(2), Article number e0247016.

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

14. Hospodarenko, H. M., Lyubich, V. V. (2010). Reaction of spring triticale varieties to the level of nitrogen nutrition. *Collection of scientific works of Uman NUH*, no. 72, pp. 21–30. [in Ukrainian].

15. Wan, C., Dang, P., Gao, L., Wang, J., Tao, J., Qin, X., Feng, B., Gao, J., (2022). How does the environment affect wheat yield and protein content response to drought? A meta-analysis. *Frontiers in plant science*, no. 13, pp. 896–905.

16. Liubych, V. V. (2023). Physical properties of grain and protein-proteinase complex of spring triticale at different doses of nitrogen fertilizers. *Collection of scientific works of Uman NUH*, no. 102, pp. 142–154. [in Ukrainian].

17. Fuertes-Mendizábal, T., Aizpurua, A., González-Moro, M. B., Estavillo, J. M. (2010). Improving wheat breadmaking quality by splitting the N fertilizer rate. *European journal of agronomy*, no. 33(1), pp. 52–61.

18. Methodology of state scientific and technical examination of plant varieties. Methods for determining quality indicators of plant products (2021). Eds. Tkachyk S. O. Vinnytsia: TOV «Nilan-LTD», 160 p. [in Ukrainian].

19. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Silifonov, T. V. (2024). The influence of different types and doses of fertilizers on the formation of the yield structure of soft winter wheat of the KVS Emil variety and the ‘Prino’ line. *Plant Varieties Studying and Protection*, no. 20 (2), pp. 104–110. [in Ukrainian].

20. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Havrylenko, V. S., Prykhodko, V. O., Krykun, S. P., Khudolii, L. V., Tovstenko, Ya. Iu. (2024). Technological parameters of the formation of the quality of spring bare-grain barley grain. *Collection of scientific works of Uman NUH*, no. 104, pp. 315–324. [in Ukrainian].

21. Motzo, R., Fois, S., Giunta, F. (2004). Relationship between grain yield and quality of durum wheats from different eras of breeding. *Euphytica*, no. 140, pp. 147–154.

## Annotation

**Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Martyniuk A. T., Kalantyr V. S.**

### **Technological parameters of formation of grain quality of durum winter wheat**

**Purpose.** To determine the formation of technological parameters for the formation of the quality of durum winter wheat grain.

**Methods.** Field, measurement, calculation and comparative, analysis, statistical.

**Results.** Durum winter wheat responds well to the application of nitrogen fertilizers, since the protein content increases from 12.6 to 14.2–15.4% ( $p \leq 0.05$ ), and the gluten content from 26.5 to 30.1–32.9% ( $p \leq 0.05$ ) depending on the fertilization system. The protein content is most affected by the use of the nitrogen component in the composition of complete mineral fertilizer. Long-term use of only phosphorus and potassium fertilizers did not significantly affect the nitrogen-containing component of durum winter wheat grain.

The gluten content changes similarly to the protein content depending on the fertilization system. Thus, in 2020, the gluten content increased from 30.2 to 35.2–37.1 %, and in 2022 – from 23.4 to 28.1–32.4% ( $p \leq 0.05$ ) depending on the fertilization system. A high influence of the factors of the fertilization system and weather conditions on the yield, protein content and gluten content in durum winter wheat grain was established.

Grain hardness, sedimentation index, flour strength of durum winter wheat change from fertilization similarly to the protein content. At the same time, a direct very high correlation was established between them. The nature of the grain changes most from the weather conditions of the year of the study than from the use of fertilizers. The culinary quality of durum winter wheat pasta is very high, but does not change from fertilization and is 8.3 points.

**Conclusions.** Based on statistical processing of the obtained data, it was established that the optimal content of protein and gluten is provided by the use of  $N_{150}$  regardless of the dose of phosphorus and potassium fertilizers. Taking into account the content of protein, its collection and gluten content, the options with long-term use of  $N_{150}P_{60}$ ,  $N_{150}P_{30}K_{40}$ ,  $N_{150}P_{60}K_{40}$  and  $N_{150}P_{30}K_{80}$  have almost the same efficiency compared to the option  $N_{150}P_{60}K_{80}$ . This makes it possible to conclude that it is possible to temporarily use only nitrogen fertilizers or incomplete return to the soil of phosphorus and potassium with fertilizers against the background of 150 kg/ha d. r. of nitrogen fertilizers.

**Key words:** protein content, gluten content, grain nature, technological quality of pasta, optimization of technological parameters of grain quality.