

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

КАЛАНТИР ВЯЧЕСЛАВ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 631.559+664.64.016]:633.113:631.816

ДИСЕРТАЦІЯ

**ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ
ЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ
УКРАЇНИ**

201 – Агрономія

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне

джерело



Вячеслав КАЛАНТИР

Науковий керівник – Господаренко Григорій Миколайович, доктор сільськогосподарських наук, професор

Умань – 2023

АНОТАЦІЯ

Калантур В. О. Формування продуктивності пшениці твердої озимої за різного удобрення у Правобережному Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (20 – Аграрні науки та продовольство). – Уманський національний університет садівництва, Умань, 2023.

За даними Євростату в світі валове виробництво зерна пшениці становить близько 765 млн т, з яких майже 5 % припадає на пшеницю тверду. Зерно пшениці твердої є основною сировиною для виготовлення високоякісних макаронних виробів і круп'яних продуктів. Пшениця тверда вимогливіша до умов вирощування порівняно з пшеницею м'якою. Тому розроблення ефективної системи удобрення, що забезпечує формування високого врожаю зерна із високим вмістом білка є актуальним.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні науково-прикладних завдань та виявленні загальних закономірностей формування продуктивності пшениці твердої озимої залежно від удобрення в чотирипільній сівозміні. Вперше встановлено різний вплив тривалого застосування добрив у чотирипільній сівозміні на поживний режим ґрунту, показники росту та розвитку рослин пшениці твердої озимої. Виявлено особливості засвоєння основних елементів живлення рослинами пшениці твердої озимої, уточнено кількісні та відносні показники їх винесення з урахуванням різних систем удобрення. Розраховано баланс основних елементів живлення та його інтенсивність з урахуванням різного удобрення та застосування соломи. Встановлено, що найбільшу врожайність (4,31–5,45 т/га) забезпечує застосування $N_{150}P_{60}K_{80}$. За умови неповного повернення фосфорних і калійних добрив – 4,13–5,41 т/га. Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ забезпечує врожайність зерна на рівні 3,98–5,06 т/га. Оцінено комплекс технологічних показників якості зерна

пшениці твердої озимої.

Найвищий вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті був у період весняного кушіння пшениці твердої озимої. Так, цей показник збільшується від 17,3 до 43,2 мг/кг ґрунту за внесення 75 кг/га д. р. і до 70,4 мг/кг ґрунту за внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив. У період вегетації пшениці озимої вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті знижується – це стосується як нітратів, так і амонійного азоту. У фазу повної стиглості зерна його вміст змінюється від 7,6 до 17,6 мг/кг ґрунту залежно від системи удобрення.

Залежно від дії і післядії удобрення, фази росту та розвитку пшениці озимої, вміст рухомих сполук фосфору змінюється від 75 до 129 мг/кг ґрунту. Найвищий вміст рухомих фосфатів у ґрунті формується у варіанті дослід з внесенням лише фосфорних і калійних добрив. Значне достовірне зниження їх вмісту в ґрунті проходить за внесення лише азотних і калійних або лише азотних добрив. Внесення калійних добрив у дозі 40 і 60 кг/га д. р. сприяє підвищенню вмісту рухомих сполук калію в ґрунті у фазу кушіння пшениці озимої відповідно на 17 і 20 %, а перед збиранням урожаю – на 15 і 17 %.

На тривалість вегетаційного періоду впливають погодні умови. Так, у менш сприятливих умовах 2019–2020 с.-г. р. він становить 177 діб, а в сприятливіших умовах – 243–244 доби. Перед збиранням урожаю рослини пшениці твердої озимої заввишки 69–87 см залежно від умов року проведення досліджень та удобрення. Незначну різницю у висоті рослин можна пояснити генетичними особливостями сорту. Так, не удобрених ділянках рослини мають висоту 69–75 см, тоді як на тлі внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$ – 77–87 см, тобто різниця становить 12–16 %.

Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу посіву пшениці озимої у роки проведення досліджень також залежить як від погодних умов, так і від удобрення. Найкращі умови для його формування мали умови росту й розвитку пшениці озимої у 2021–2022 с.-г. році. Вже у фазу ВВСН 20 він становить 120–126 тис. $m^2/(га \cdot діб)$, тоді як у 2020–2021 с.-г.

році лише 32–34 тис. $\text{м}^2/(\text{га}\cdot\text{діб})$ залежно від варіанту досліду. В цілому найбільше ФПП нарастає в міжфазний період ВВСН 20–ВВСН 30 у всі роки проведення досліджень, але з різною ефективністю.

Тривале застосування систем удобрення сприяє збільшенню кількості продуктивних стебел пшениці твердої озимої. Найбільше на цей показник впливає азотна складова повного мінерального добрива. Так, кількість продуктивних стебел зростає від 239–370 шт/ м^2 до 251–486 шт/ м^2 за внесення N_{75} і до 304–542 шт/ м^2 за внесення N_{150} залежно від погодних умов вегетаційного періоду пшениці твердої озимої. Тенденція впливу різних систем удобрення та погодних умов на коефіцієнт продуктивного кущіння подібна.

Вплив систем удобрення на складові продуктивності колоса змінювався залежно від погодних умов. Так, маса зерна з одного колоса за менш сприятливих погодних умов знижувалась від застосування азотних добрив. У сприятливіших за погодними умовами роками маса зерна з одного колосу збільшувалась. Кількість зерен в одному колосі за менш сприятливих умов збільшується лише від застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив. У роки зі сприятливішими умовами усі системи удобрення сприяють зростанню цього показника. При цьому маса 1000 зерен зменшувалась від удобрення незалежно від погодних умов року дослідження.

Тривале застосування добрив, крім фосфорні й 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. Тривале застосування $\text{N}_{150}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$ збільшує її від 3,83 до 5,00 т/га ($p \leq 0,05$). Застосування половини дози повного мінерального добрива забезпечує отримання 4,5 т/га ($p \leq 0,05$). Варіанти з неповним поверненням фосфору й калію, а також парні комбінації з азотною складовою забезпечують формування 4,71–4,94 т/га зерна. Азотні системи удобрення збільшують урожайність зерна до 4,45–4,66 т/га залежно від дози добрива.

Ефективність застосування добрив змінюється залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Так, у менш сприятливих умовах росту врожайність зростає від 3,37 до 3,90–4,31 т/га, а в кращих – від 4,26 до 4,89–5,45 т/га ($p \leq 0,05$).

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 повного мінерального добрива. Тривале застосування фосфорних і калійних добрив достовірно не впливало на азотовмісну складову зерна пшениці твердої озимої.

За високого рівня азотного живлення, що створений внесенням азотних добрив у дозі 150 кг/га азоту на фосфорно-калійному тлі, сприяє підвищенню вмісту азоту в зерні пшениці твердої озимої з 2,21 до 2,70 % на суху масу, тобто на 22 %, тоді як фосфорні у дозі 60 кг/га д. р. підвищують вміст фосфору на 2 %, а калійні в дозі 80 кг/га д. р. – вміст калію лише на 1 %. Підвищенню вмісту азоту в соломі пшениці твердої озимої сприяє внесення азотних добрив – на 20 %, тоді як фосфорних – лише на 4 %, а за внесення калійних добрив відмічена тенденція до зниження його вмісту – з 0,49 до 0,48 % на суху масу.

На господарське винесення азоту пшеницею твердою озимою найбільше впливає застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних (P_{30-60}) – на 9,6–15,3 і калійних добрив (K_{40-80}) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту дослідження. Азотні добрива сприяють також підвищенню винесення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту дослідження.

Частка азоту від суми $N + P_2O_5 + K_2O$ в урожаї зерна становить 63–68 %, фосфору – 18–22 і калію 13–15 % залежно від варіанту дослідження. При цьому в урожаї соломи ці показники різняться – відповідно 26–31 %, 14–18 і 53–59 % залежно від варіанту дослідження.

Коефіцієнт використання азоту пшеницею твердою озимою з добрив

був найвищим у варіанті $N_{75}P_{30}K_{40}$ – 59,2 % і знижувався до 35,9–46,4 % в інших варіантах досліду, а фосфору – 18,8 % і підвищувався до 31,7 % у варіанті $N_{150}P_{30}K_{80}$. Ефективність використання калію з добрив значно залежить від дози калійних і особливо азотних добрив. Найвищий коефіцієнт використання калію з добрив був за повного удобрення і внесення його в дозі 40 кг/га – 34,8–51,5 %.

Для розрахунку балансу елементів живлення в ґрунті і доз добрив під пшеницю тверду озиму за вирощування на чорноземі опідзоленому в умовах Правобережного Лісостепу необхідно брати такі показники винесення на 1 т зерна та відповідної кількості соломи, кг: азоту – 37,3, P_2O_5 – 13,7 і K_2O – 28,6.

За умови залишення врожаю соломи пшениці твердої озимої на полі на добриво і внесення азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. баланс азоту складається додатним – +15,0...28,4 кг/га залежно від варіанту досліду. Додатний баланс фосфору з показником +18,5 кг/га у варіанті досліду $N_{150}P_{60}K_{80}$ забезпечує внесення фосфорних добриву дозі 60 кг/га д. р., тоді як калію – + 12,8 кг/га у варіанті $N_{150}P_{60}K_{40}$.

Найвищу окупність 1 кг д. р. добрив забезпечує застосування N_{75} – 8,3 кг зерна, чистий енергетичний дохід становить 3,7 ГДж/га за умовно чистого прибутку 31,2 тис. грн/га. Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ забезпечує отримання чистого прибутку на рівні 29,9 тис. грн/га.

З урахуванням агрохімічної та енергетичної ефективності і перспектив відновлення родючості ґрунту найкращим (ІКО = 0,91) є застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ за умови вирощування пшениці твердої озимої після сої у чотирипільній сівозміні.

Ключові слова: пшениця тверда озима, дози мінеральних добрив, ріст і розвиток рослин, структура врожаю, врожайність, технологічні властивості, господарське винесення, відносне винесення, елементи живлення, баланс елементів живлення.

ABSTRACT

Kalantyr V. O. Optimizing the lentil fertilization system on podzolized chernozem of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the Philosophy Doctor degree in 201 "Agronomy" speciality (20 – Agricultural sciences and food). – Uman National University of Horticulture, Uman, 2023.

According to Eurostat, the gross production of wheat grain in the world is about 765 million tons of which almost 5 % is durum wheat. Durum wheat grain is the main raw material for the production of high-quality macaroni and cereal products. Durum wheat is more demanding on growing conditions compared to soft one. Therefore, the development of an effective fertilization system that would ensure the formation of a high grain yield with a high protein content is relevant.

The scientific novelty of the obtained results lies in the solution of scientific and applied tasks and the identification of general regularities in the formation of the productivity of durum winter wheat depending on fertilizer in a four-field crop rotation. For the first time, the different effects of long-term application of fertilizers in a four-field crop rotation on the nutrient regime of the soil, indicators of growth and development of durum winter wheat plants were established. The peculiarities of the basic nutrient absorption by plants of durum winter wheat were revealed, the quantitative and relative indicators of their removal were clarified taking into account different fertilization systems. The balance of the main nutrients and its intensity were calculated, taking into account various fertilizers and the use of straw. It was established that the application of $N_{150}P_{60}K_{80}$ (4.31–5.45 t/ha) ensures the highest yield. Under the condition of incomplete return of phosphorus-potassium fertilizers, the yield is 4.13–5.41 t/ha. Application of $N_{75}P_{30}K_{40}$ ensures grain yield at the level of 3.98–5.06 t/ha. The technological indicators complex of the quality of durum winter

wheat grain was evaluated.

The highest nitrogen content of mineral compounds was during spring tillering of durum winter wheat. Thus, this indicator increases from 17.3 to 43.2 mg/kg of soil with the application of 75 kg/ha of active ingredient and up to 70.4 mg/kg of soil with the application of 150 kg/ha of active ingredient of nitrogen fertilizers. During the winter wheat growing season, the nitrogen content of mineral compounds in the soil decreases – this applies to both nitrates and ammonium nitrogen. In the stage of full grain maturity, its content varies from 7.6 to 17.6 mg/kg of soil, depending on the fertilization system.

Depending on the effect and aftereffect of fertilization, the stage of growth and development of winter wheat, the amount of mobile phosphorus compounds varies from 75 to 129 mg/kg of soil. The highest content of mobile phosphates in the soil is formed in the experiment variant with the introduction of only phosphorus and potassium fertilizers. A significant and reliable decrease in their content in the soil occurs when only nitrogen and potassium or only nitrogen fertilizers are applied. Application of potassium fertilizers at a dose of 40 and 60 kg/ha per year helps to increase the content of mobile potassium compounds in the soil during winter wheat tillering stage by 17 and 20 %, respectively, and before harvesting by 15 and 17 %.

The duration of the growing season is affected by weather conditions. So, in the less favorable 2019–2020 year, it is 177 days, and in more favorable conditions – 243–244 days. Before harvesting, durum winter wheat plants 69–87 cm tall, depending on the conditions of the year of research and fertilization. The slight difference in plant height can be explained by the genetic characteristics of the variety. So, in non-fertilized areas, the plants are 69–75 cm tall, while against the background of $N_{150}P_{60}K_{80}$ application it is 77–87 cm, i. e. the difference is 12–16 %.

The dynamics of growth of the photosynthetic potential of winter wheat sowing in the years of research also depends on both weather conditions and fertilization. The best conditions for its formation were the growth and

development conditions of winter wheat in 2021–2022. In BBCH 20 stage, it is already 120–126 thousand $\text{m}^2/(\text{ha}\cdot\text{day})$, while in 2020–2021 year only 32–34 thousand $\text{m}^2/(\text{ha}\cdot\text{day})$ depending on the experiment variant. In general, the greatest amount of PPS increases in the interphase period BBCH 20–BBCH 30 in all years of research but with different efficiency.

Long-term use of fertilization systems helps to increase the number of productive stems of durum winter wheat. This indicator is most affected by the nitrogen component of the complete mineral fertilizer. Thus, the number of productive stems increases from 239–370 pieces/ m^2 to 251–486 pieces/ m^2 when applying N_{75} and up to 304–542 pieces/ m^2 when applying N_{150} depending on the weather conditions of the growing season of durum winter wheat. The tendency of the effect of different fertilization systems and weather conditions on the productive tillering coefficient is similar.

The effect of fertilization systems on elements of ear productivity varied depending on weather conditions. Thus, grain weight of one ear in less favorable weather conditions decreased due to the application of nitrogen fertilizers. In years with more favorable weather conditions, this indicator increased. The number of grains in one ear in a less favorable year increases only from the application of 75 kg/ha of nitrogen fertilizers per year. In more favorable years, all fertilization systems contribute to the growth of this indicator. At the same time, thousand grain weight decreased from fertilization regardless of the weather conditions of the research year.

Long-term use of fertilizers, except for phosphorus-potassium system, in field crop rotation reliably affects the formation of the durum winter wheat crop (Andromeda variety). Fertilizer systems with a nitrogen component are the most effective. Phosphorus-potassium fertilizers have the least effect on the yield and grain quality of durum winter wheat. Long-term application of $\text{N}_{150}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$ increases it from 3.83 to 5.00 t/ha ($p\leq 0.05$). The use of half a dose of complete mineral fertilizer provides 4.5 t/ha ($p\leq 0.05$). Variants with incomplete return of phosphorus-potassium fertilizers, as well as paired combinations with a nitrogen

component provide the formation of 4.71–4.94 t/ha of grain. Nitrogen fertilization systems increase grain yield to 4.45–4.66 t/ha depending on the fertilizer dose.

Fertilizer use efficiency varies depending on the weather conditions of the growing season. Thus, in less favorable growing conditions, the yield increases from 3.37 to 3.90–4.31 t/ha, and in the best – from 4.26 to 4.89–5.45 t/ha ($p \leq 0.05$).

Durum winter wheat responds well to the use of nitrogen fertilizers, as 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 of complete mineral fertilizer. Long-term application of phosphorus-potassium fertilizers did not reliably affect the nitrogen-containing component of durum winter wheat grain.

At a high level of nitrogen nutrition, created by the introduction of nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha of nitrogen against phosphorous-potassium background, it helps to increase nitrogen content in durum winter wheat grains from 2.21 to 2.70 % by dry weight, i. e. by 22 %, while phosphorous at a dose of 60 kg/ha of active ingredient increases the phosphorus content by 2, and potassium at a dose of 80 kg/ha of active ingredient increases potassium content by only 1 %. Nitrogen content in durum winter wheat straw is promoted by the application of nitrogen fertilizers – by 20 %, while phosphorus – by only 4 %, and with the application of potassium fertilizers, a tendency to decrease its content is noted – from 0.49 to 0.48 % by dry weight.

The use of nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha of active ingredient has the greatest effect on the economic removal of nitrogen by durum winter wheat, increasing it by 53.8–72.0 kg/ha, while phosphorus (P_{30-60}) – by 9.6–15.3 and potassium fertilizers (K_{40-80}) – by 2.2–5.6 kg/ha depending on the experiment variant. Nitrogen fertilizers also contribute to an increase in the removal of phosphorus by 9.1–11.3 kg/ha and potassium by 17.6–23.6 kg/ha

depending on the experiment variant.

The share of nitrogen from the sum of $N + P_2O_5: K_2O$ in the grain yield is 63–68 %, phosphorus – 18–22 %, and potassium 13–15 % depending on the experiment variant. At the same time, in the straw harvest, these indicators differ – respectively 26–31 %, 14–18 and 53–59 % depending on the experiment variant.

The coefficient of nitrogen use by durum winter wheat from fertilizers was the highest in $N_{75}P_{30}K_{40}$ variant – 59.2 % and decreased to 35.9–46.4 % in other experiment variants, and phosphorus – 18.8 % and increased to 31.7 % with $N_{150}P_{30}K_{80}$ variant. The efficiency of potassium use from fertilizers depends significantly on the dose of potassium and especially nitrogen fertilizers. The highest coefficient of use of potassium from fertilizers was with complete fertilization and its introduction at a dose of 40 kg/ha – 34.8–51.5 %.

In order to calculate the balance of nutrients in the soil and the doses of fertilizers for durum winter wheat for cultivation on podzolized chernozem in the conditions of the Right-Bank Forest Steppe, it is necessary to take the following indicators of removal per 1 ton of grain and the corresponding amount of straw, kg: nitrogen – 37.3, P_2O_5 – 13.7 and K_2O – 28.6.

Under the condition of leaving the straw crop of durum winter wheat on the field for fertilizer and applying nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha of active ingredient, the nitrogen balance is positive – +15.0...28.4 kg/ha depending on the experiment variant. A positive balance of phosphorus with an indicator of +18.5 kg/ha in $N_{150}P_{60}K_{80}$ experiment variant ensures the application of phosphorus fertilizers at a dose of 60 kg/ha of active ingredient, while potassium is + 12.8 kg/ha in $N_{150}P_{60}K_{40}$ variant.

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 UAH 31.2 thousand/ha. The use of $N_{75}P_{30}K_{40}$ ensures a net profit of 29.9 thousand UAH/ha.

Taking into account 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 durum winter wheat after soybeans in a four-field crop rotation.

Key words: durum winter wheat, doses of mineral fertilizers, plant growth and development, crop structure, yield, technological properties, economic yield, relative removal, nutrients, balance of nutrients.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України

Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л. Формування якості та врожайності зерна пшениці твердої озимої за різних видів і доз добрив. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2022. Вип. 101. Ч. 1. С. 94–105.

Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Желєзна В. В. Індекси продуктивності пшениці твердої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 122. С. 34–40.

Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Желєзна В. В. Формування індивідуальної продуктивності пшениці твердої озимої за її структурними складовими залежно від системи удобрення. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 65–74.

Калантир В. О. Господарський винос пшеницею твердою озимою і баланс основних елементів живлення за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 57–61.

Калантир В. О. Вміст основних елементів живлення у зерні та соломі пшениці твердої озимої залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 132. С. 332–337.

Матеріали науково-практичних конференцій

Господаренко Г. Н., Любич В. В., Калантир В. В. Вплив різних видів і доз добрив на врожайність зерна пшениці твердої озимої. *Актуальні питання аграрної науки: матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Умань. 2020. С. 12–14.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Вміст крохмалю і клейковини у зерні пшениці твердої озимої залежно від видів і доз добрив. The XXII International Science Conference «Interaction of society and science: prospects and problems» (April 20–23, 2021). London. 2021. P. 23–26.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Седиментація і сила борошна пшениці твердої озимої залежно від видів і поєднань добрив. The XXI International Science Conference «Problems of practical application of innovations, methodology and experience» (April 15–16, 2021). Lisbon. 2021. P. 9–12.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Перспективи використання зерна пшениці твердої озимої. The XV International Science Conference «The world science of modernity. Problems and prospects of development» (March 25–26, 2021). Paris. 2021. P. 15–17.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Вміст білка в зерні пшениці твердої озимої і його збір залежно від удобрення. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, присвячена 150-річчю заснування кафедри землеробства ім. О. М. Можейка. Харків: Друкарня Мадрид. 2021. С. 37–38.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від погодних умов. *Інноваційні зернопродукти і технології: матеріали Всеукраїнської інтернет-конференції*. Умань. 2021. С. 32–35.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Структура врожаю пшениці твердої озимої за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. The 9th International scientific and practical conference

«International scientific innovations in human life» (March 16–18, 2022). Manchester. 2022. P. 15–23.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Структура врожаю пшениці твердої озимої залежно від удобрення. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників (18 травня 2022 р.). Умань: ВПЦ «Візаві», 2022. С. 16.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Формування врожайності та якості зерна пшениці твердої озимої за різних систем удобрення в польовій сівозміні. *Інноваційні зернопродукти і технології: тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції (21 лютого 2022 р.)*. Умань. 2022. С. 35–36.

Любич В. В., Калантир В. О. Формування якості зерна пшениці твердої озимої за різного поєднання добрив у польовій сівозміні. *Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату: матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції молодих учених (26–27 жовтня 2022 р.)*. Харків: Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва. 2022. С. 25–29.

Любич В. В., Калантир В. О. Формування балансу основних елементів живлення під посівами пшениці твердої озимої за тривалого застосування мінеральних добрив. *Інновації у сучасному агропромисловому виробництві: збірник матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. (21–22 вересня 2023 р.)*. Одеса. 2023. С. 59–63.

Любич В. В., Калантир В. О. Ефективність застосування різних видів і доз добрив під пшеницю тверду озиму. *Ґрунтово-агрохімічні дослідження як імператив для розвитку аграрного виробництва та розбудови України: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (24 травня 2023 р.)*. Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського». 2023. С. 73–75.

ЗМІСТ

	стор.	
	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	17
	ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1	ОСОБЛИВОСТІ УДОБРЕННЯ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ (огляд літератури)	24
1.1	Значення пшениці твердої	24
1.2	Вплив удобрення на показники росту та розвитку рослин	27
1.3	Урожайність і якість зерна пшениці твердої залежно від родючості ґрунту та удобрення	29
РОЗДІЛ 2	УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	40
2.1	Ґрунтово-кліматичні та погодні умови	40
2.2	Методика проведення досліджень	43
РОЗДІЛ 3	ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ ТА ПОКАЗНИКИ РОСТУ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	47
3.1	Поживний режим ґрунту	47
3.2	Тривалість вегетаційного періоду та висота рослин	52
3.3	Фотосинтезувальна система рослин	56
РОЗДІЛ 4	ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	68
4.1	Структура врожаю	68
4.2	Індекси продуктивності пшениці твердої озимої	78
4.3	Урожайність зерна та соломи	82
4.4	Технологічні показники якості зерна	87
РОЗДІЛ 5	ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ	115

	ПШЕНИЦЕЮ ТВЕРДОЮ ОЗИМОЮ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	
5.1	Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі	115
5.2	Винесення основних елементів живлення з урожаєм і баланс їх у ґрунті	119
РОЗДІЛ 6	АГРОХІМІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ ПІД ПШЕНИЦЮ ТВЕРДУ ОЗИМУ	131
	ВИСНОВКИ	139
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	143
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	144
	ДОДАТКИ	166

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

RGS – відношення соломи до зерна

RSG – відношення зерна до соломи

SGEG – частка зерна в полові

SI – збиральний індекс

AI – індекс атракції

Mic – індекс мікророзподілу

SI – індекс інтенсивності

SPI – індекс потенційної продуктивності

FSI – фіно-скандинавський індекс

MI – мексиканський індекс

IP – індекс перспективності

BI – білоцерківський індекс

PI – полтавський індекс

LHDI – індекс лінійної щільності колоса

ФПП – фотосинтетичний потенціал посіву

K_{ec} – коефіцієнт енергетичної ефективності

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. За даними Євростату (FAOSTAT, 2022) в світі валове виробництво зерна пшениці становить близько 765 млн т, з яких майже 5 % припадає на пшеницю тверду (*Triticum durum* Desf.). Зерно пшениці твердої є основною сировиною для виготовлення високоякісних макаронних виробів і круп'яних продуктів. Виробництво цінних зернопродуктів із пшениці можливе завдяки використанню високобілкового зерна. Для отримання високоякісних макаронів необхідне борошно пшениці твердої, яке формує міцне тісто з високим опором до розривів і деформації у процесі приготування. Такі показники борошна отримують із високобілкового зерна пшениці твердої. Проте, пшениця тверда вимогливіша до умов вирощування порівняно з пшеницею м'якою. Тому розроблення ефективної системи удобрення, що забезпечує формування високого врожаю зерна із високим вмістом білка є актуальним.

Продуктивність сільськогосподарських культур досить мінливий інтегральний показник їх життєдіяльності, в якому акумулюється генетичний потенціал, родючість ґрунту, погодні умови і складові технології вирощування. Одним із найдієвіших чинників, який впливає на підвищення врожайності та поліпшення якості зерна є застосування добрив.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основу дисертації становлять матеріали науково-дослідної роботи, які входили у ПНД НААН 1 «Ґрунтові ресурси України: інформаційне забезпечення, раціональне використання, менеджмент, технології» 01.03.02.01. Ф. «Удосконалити теоретичне підґрунтя інформаційно-методичного забезпечення сталого управлінням азотним, фосфорним і калійним живленням сільськогосподарських культур» за темою «Розробити систему удобрення пшениці твердої озимої для умов

Правобережного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0121U107666), а також до програми наукових досліджень Уманського НУС «Збалансоване використання, прогноз і управління природним та ресурсним потенціалом агроecosystem України» (2021–2025 рр., номер державної реєстрації 0121U112521) за тематикою кафедри агрохімії і ґрунтознавства «Забезпечення раціонального використання ґрунтових ресурсів та управління мінеральним живленням сільськогосподарських культур».

Мета і завдання досліджень. Метою дослідження було вдосконалення системи удобрення пшениці твердої озимої за вирощування в чотирьохпільній сівозміні встановленням оптимальної системи удобрення для отримання високого і якісного врожаю на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу.

Для досягнення мети поставлено такі **завдання**:

- встановити вплив удобрення на поживний режим чорнозему опідзоленого;
- визначити вплив удобрення на показники росту та розвитку рослин пшениці твердої озимої;
- встановити вплив удобрення на формування індивідуальної продуктивності рослин пшениці твердої озимої;
- з'ясувати вплив тривалого застосування мінеральних добрив на формування врожайності та якості зерна пшениці твердої озимої;
- розрахувати винесення основних елементів живлення пшеницею твердою озимою залежно від системи удобрення;
- провести агрохімічне, енергетичне й економічне оцінювання ефективності застосування добрив у чотирьохпільній сівозміні під пшеницю тверду озиму.

Об'єкт досліджень – вплив різних систем удобрення на поживний режим ґрунту, показники росту та розвитку рослин, урожайність та якість зерна та баланс основних елементів живлення в ґрунті.

Предмет дослідження – удосконалення системи удобрення пшениці твердої озимої в умовах Правобережного Лісостепу за різних видів і доз мінеральних добрив у чотирипільній сівозміні.

Методи досліджень. Для реалізації визначених завдань дослідження використано комплекс загальноприйнятих і спеціальних методів, спрямованих на отримання об'єктивних результатів: польові (визначення параметрів показників росту рослин і врожайності зерна, відбирання зразків ґрунту та рослин), лабораторні (підготовка досліджуваного матеріалу для аналізування, визначення вмісту в ґрунті азоту мінеральних сполук, рухомих сполук фосфору та калію, основних елементів живлення в зерні та соломі, біохімічної складової зерна), аналітичні (аналіз процесу формування продуктивності пшениці твердої озимої залежно від удобрення та взаємозв'язків між ними), інформаційні (огляд досліджуваних заходів у науковій літературі, оброблення і поширення наукової інформації), статистичні (дисперсійний аналіз для визначення достовірності отриманих результатів досліджень, кореляційний і регресійний аналіз), а також економічний, агрохімічний та енергетичний. Хімічні та фізико-хімічні аналізи проводили стандартизованими і загальноприйнятими методами з використанням сертифікованих приладів в атестованій лабораторії масових аналізів Уманського НУС (№ РЯ0078/21 від 02.11.2021 р.).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні науково-прикладного завдання з виявлення загальних закономірностей формування продуктивності пшениці твердої озимої залежно від удобрення в чотирипільній сівозміні.

Уперше встановлено різний вплив тривалого застосування добрив у чотирипільній сівозміні на поживний режим ґрунту, показники росту та розвитку рослин пшениці твердої озимої. Виявлено особливості засвоєння основних елементів живлення рослинами пшениці твердої озимої, уточнено кількісні та відносні показники їх винесення з урахуванням різних систем удобрення. Встановлено баланс основних елементів

живлення та його інтенсивність з урахуванням різного удобрення та застосування соломи. Встановлено, що найбільшу врожайність (4,31–5,45 т/га) забезпечує застосування $N_{150}P_{60}K_{80}$, а за неповного повернення фосфору й калію – 4,13–5,41 т/га. Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ забезпечує врожайність зерна на рівні 3,98–5,06 т/га. Оцінено комплекс технологічних показників якості зерна пшениці твердої озимої.

Удосконалено технологічні параметри системи удобрення пшениці твердої озимої за вирощування після сої у чотирипільній польовій сівозміні.

Дістало подальшого розвитку можливість зниження доз фосфорних і калійних добрив за вирощування пшениці твердої озимої в чотирипільній польовій сівозміні.

Практичне значення отриманих результатів полягає в уточненні системи удобрення пшениці твердої озимої. Встановлено, що за умов вирощування пшениці твердої озимої після сої в чотирипільній сівозміні система удобрення включає застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$. Фосфорні й калійні добрива застосовують під основний обробіток ґрунту, азотні – в підживлення напровесні. За такого сценарію удобрення врожайність зерна може становити 4,00–5,10 т/га за вмісту білка 13,2–16,7 % залежно від погодних умов. Уточнені показники відносного винесення основних елементів живлення рекомендується використовувати для встановлення доз добрив.

Основні результати дослідження впроваджено в ФГ «Поляна лісова» с. Доброводи Уманського району Черкаської області на площі 22 га (акт від 24.11.2023 р.), в Дослідній станції тютюнництва ННЦ «Інститут землеробства НААН» на площі 13 га (акт від 24.11.2023 р.), а також впроваджено в навчальний процес Уманського НУС (акт від 13.11.2023 р.).

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, що виносяться на захист дисертації, отримано в процесі науково-дослідної роботи здобувача. Особистий внесок полягає у формуванні мети і завдань досліджень,

узагальненні відомостей з наукової літератури, виконанні лабораторних досліджень, аналізі та статистичній обробці отриманих результатів, розрахунках економічної ефективності, підготуванні матеріалів під час написання наукових праць, а також у формуванні висновків і пропозицій виробництву та їх практичному випробуванні. Публікації за темою дисертації підготовлено одноосібно та в співавторстві, де здобувачу належить фактичний матеріал і основний творчий доробок. Внесок здобувача в публікаціях складає 80–100 %.

Апробація результатів дисертації. Основні результати виконаних досліджень доповідались і обговорювались на наукових конференціях науково-педагогічних працівників Уманського НУС (Умань, 2020–2023), Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції, присвяченій 150-річчю заснування кафедри землеробства ім. О. М. Можейка (Харків, 2021), Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату» (Харків, 2022), Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації у сучасному агропромисловому виробництві» (Одеса, 2023), Міжнародній науково-практичній конференції «Ґрунтово-агрохімічні дослідження як імператив для розвитку аграрного виробництва та розбудови України» (Харків, 2023), The XXII International Science Conference «Interaction of society and science: prospects and problems» (London, 2021), The XXI International Science Conference «Problems of practical application of innovations, methodology and experience», (Lisbon, 2021), The XV International Science Conference «The world science of modernity. Problems and prospects of development», (Paris, 2021), The 9th International scientific and practical conference «International scientific innovations in human life», (Manchester, 2022).

Публікації. Результати досліджень дисертаційної роботи опубліковано в 17 наукових працях, з яких 5 статей у фахових виданнях України і 12 праць у матеріалах науково-практичних конференцій.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 178

сторінках комп'ютерного набору, в тому числі 126 – основного тексту, що включає вступ, шість розділів, висновки, рекомендації виробництву. Містить 26 таблиць, 14 рисунків і 22 додатки (таблиці, рисунки, відомості про апробацію результатів дисертації). Список використаних джерел включає 198 найменувань, з яких 82 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ УДОБРЕННЯ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ (огляд літератури)

Ефективність вирощування пшениці – це комплекс багатьох природних та агротехнологічних чинників і їх взаємних зв'язків (генотип культури, тип ґрунту, погодні умови тощо) [174, 177]. Абіотичні стреси, такі як екстремальні температури і нестача води через зміну клімату, можуть вплинути на продуктивність зернових культур у всьому світі [118]. Пшениця росте за температури 15–25 °С) [161]. Серед основних сільськогосподарських культур пшениця є найбільш посухостійкою та найефективнішою у використанні води [162]. Однак посуха також може знижувати її урожай [129].

У всьому світі виробничі системи значно відрізняються не тільки залежно від погодних умов, але й від рівня родючості ґрунту. В усіх сільськогосподарських системах існує потреба в застосуванні добрив [63]. За вирощування пшениці озимої – найбільше азотних. Мінеральні добрива відіграють значну роль у заповненні дефіциту поживних речовин для рослин, збільшенні врожайності та поліпшенні якості зерна [75].

1.1 Значення пшениці твердої

Зерно пшениці твердої використовують для отримання семоліни (борошно), з якої виготовляють високоякісні продукти: макарони, печиво, булгур, чапатті [152]. Крім цього, зерно цієї культури використовують для отримання круп'яних продуктів (крупна ціла, подрібнена, плющена, крупи, що не потребують варіння, здуті зерна), добавляють до хлібопекарського борошна, рецептур крупів високої поживності тощо [119]. Проте найбільше борошна використовують для виробництва високоякісних макаронів [12]. Нині в Україні найбільше вирощують пшениці твердої ярої,

оскільки зерно має вищі показники якості. Пшеницю тверду озиму вирощують менше, тому що рослини вимагають кращого азотного живлення [150]. Крім цього, цю культуру необхідно вирощувати після парових попередників. Необхідно зазначити, що пшениця тверда вирощується не незначних площах, оскільки урожайність зерна поступається пшениці м'якій [28].

Макарони з семоліни пшениці твердої зазвичай є джерелом складних вуглеводів. Використання обойного борошна пшениці твердої у технології макаронів знижують кулінарну якість [151]. Проте вони характеризуються низьким глікемічним індексом і глікемічним навантаженням [138]. Нижча швидкість вивільнення цукрів із крохмалю макаронних виробів пояснюється компактністю структури макаронних виробів, що забезпечує дуже тісну білкову ґратку, яка капсулює гранули крохмалю, що затримує атаку α -амілази і взаємодію з такими компонентами, як харчові волокна. Глікемічний індекс макаронів з пшениці твердої виявився відносно низьким порівняно з хлібом, отриманого з борошна вищого сорту та ячменем [187].

Тверда пшениця (*Triticum durum* Desf.) є основною сировиною для виготовлення булгура, завдяки його природним властивостям жовтого кольору, твердості, низького бубнявіння (з високим вмістом амілози) крохмалю та високим вмістом білка (понад 13 %) [160]. Проте булгур може виготовлятися з твердої і м'якої пшениці або їх сумішей. Булгур (булгор, булгур, бургул, браул і бургул) упродовж багатьох століть є основним цільозерновим злаковим продуктом у дієтах країн Близького Сходу, а також популярний як здорове харчування в Західній Європі, особливо в Німеччині [167]. Якісний булгур повинен бути жовтим, твердим і мати високий вміст білка. Високий вміст білка, амілози і твердість булгура завдяки процесу кип'ятіння та сушіння сприяють високій стійкості крохмалю до гідролізу. Булгур містить багато харчових волокон (близько 12 %) і є джерелом вітамінів і мінеральних елементів [180].

У дослідженнях учених [184] обґрунтовано застосування харчових волокон у технології макаронних виробів. Встановлено, що добавляння харчових волокон не змінювало витрат енергії на виробництво продукту, проте біологічна цінність була вищою порівняно з макаронами без них.

Застосування продуктів переробки пшениці твердої у рецептурі макаронів сприяє поліпшенню їх кулінарної якості. Так, добавляння 10–30 % висівок пшениці твердої у макаронах зменшує ступінь втрати білка під час варіння та ступінь мікротріщин (дрібні тріщини на поверхні макаронних виробів, які можуть призвести до механічних втрат). Проте тривалість формування тіста при цьому збільшувалось зі ступенем добавляння висівок, твердість зменшувалась, втрати під час варіння збільшувались, а маса зварених макаронних виробів зменшувалась. Усі макаронні вироби, що містять висівки, істотно поступаються сенсорним оцінкам текстури, смаку та кольору [134].

Вироби з макаронних виробів виготовляють майже виключно з сеголіни, яку отримують з пшениці твердої. Цей продукт є єдиною сировиною, дозволеною для виробництва макаронних виробів національним законодавством Італії, Франції та Греції. Спеціальні макаронні вироби також виробляються добавлянням різноманітних інших інгредієнтів (наприклад, свіжих, заморожених або порошкоподібних яєць, соєвого білка, пшеничної клейковини, молочного білка тощо). Білок сеголіни містить дисульфідні, водневі й гідрофобні зв'язки, що утворює матрицю, яка надає вареним макаронам в'язкопружні властивості. Вміст білка в зерні пшениці твердої може становити від 9 до 18 %. Як вміст білка, так і властивості клейковини зазвичай вважаються основними чинниками, що впливають на властивості тіста та якість приготування макаронних виробів. Хороша стійкість клейковини дозволяє утримувати гранули крохмалю всередині структури макаронних виробів і зменшує липкість. Це також дозволяє модулювати поглинання води під час приготування їжі, запобігає надмірному розширенню макаронних виробів і

надавання їй належної стійкості. Хоча якість і кількість глютену семоліни є найважливішими чинниками, що впливають на якість приготування їжі, крохмаль та інші складові (розчинні й нерозчинні пентозани, ліпопротеїни, ферменти, продукти ферментної взаємодії, також беруть участь) [35].

Отже, для виробництва високоякісних макаронних виробів необхідно використовувати зерно з високим вмістом білка. Тому в агротехнології пшениці твердої повинно бути достатнє забезпечення рослин азотом.

1.2 Вплив удобрення на показники росту та розвитку рослин

Урожайність пшениці твердої озимої може бути 5,70–6,50 т/га. Одним із основних чинників реалізації її продуктивності є мінеральне живлення, особливо азотне [156]. Проблема з живленням частково може бути вирішена розміщенням посівів пшениці твердої озимої після парових попередників [33]. За таких умов проходить накопичення в ґрунті достатньої кількості азоту мінеральних сполук. Проте площа, яку займають парові попередники незначна. Крім цього, після них зазвичай розміщують пшеницю м'яку озиму. У 2020 р. в Україні горох вирощували на площі 280 тис. га, ріпак – 1,1 млн, сою – 1,4, кукурудзу – 5,4, соняшник – на 6,2 млн га [81]. Тому озимину приходиться розміщувати після непарових попередників. Вирощування пшениці твердої навіть після гороху не забезпечує формування високої продуктивності. Дослідженнями встановлено [20], що рослинні рештки сої мають високу алелопатичну здатність на насінні властивості зерна пшениці. Одним зі способів поліпшення умов її живлення після непарових попередників є застосування азотних добрив [70]. Вивчення питання щодо формування складових продуктивності пшениці важливе для визначення ефективності застосування добрив [163].

Пшениця тверда озима добре реагує на поліпшення умов мінерального живлення [125]. Так, за вирощування її після соняшнику

врожайність зерна становила 5,02 т/га, а після чистого пару – 6,48 т/га. Важливою складовою наукових досліджень щодо продуктивності рослин є визначення можливих резервів її підвищення [141]. Підвищення продуктивності пшениці твердої можливе завдяки збільшенню індивідуальної продуктивності рослини [145]. Встановлено, що зі збільшенням урожайності пшениці твердої маса зерна в одному колосі зменшується. При цьому геометричні параметри зернівки не змінюються. У колосі збільшується кількість зернівок з меншою масою [130]. Проте складові структури урожаю можуть збільшуватись синхронно за умови поліпшення азотного живлення на тлі зрошення [149]. Так, в умовах Степу України пшениця тверда озима може формувати 362–420 шт/м² продуктивних стебел на неудобрених ділянках. Застосування N₁₂₀P₆₀K₃₀ збільшувало їх кількість до 515–626 шт/м² залежно від сорту. Маса зерна в одному колосі при цьому збільшувалась від 0,91 до 1,00–1,02 г, кількість зерен – від 21,9–22,2 до 22,3–23,6 шт., а маса 1000 зерен – від 40,9–41,5 до 43,5–44,9 г [4]. Вчені пояснюють це тим, що після припинення осінньої вегетації пшениця озима цілком забезпечена поживними речовинами для формування зародкового колосу, кількості стебел та їхнього виявлення у продуктивні стебла, а також високою реалізацією продуктивних показників колосу.

У дослідженнях інших учених [172] маса 1000 зерен зменшувалась з поліпшенням азотного живлення рослин пшениці твердої. Проте врожайність при цьому не зменшувалась. Очевидно, що вона збільшувалась завдяки іншим складовим індивідуальної продуктивності [178].

У дослідженнях встановлено [126], що застосування азотних добрив достовірно впливало на складові структури урожаю пшениці озимої. Застосування N_{60–90} сприяло збільшенню маси зерен одного колоса на 47–75 % порівняно з ділянками без добрив.

Сортові особливості та умови вирощування мають значний вплив на формування складових структури урожаю [196, 173]. Отриманню високого

урожаю пшениці твердої озимої забезпечує оптимальна структура агроценозу посіву [144]. Вчені вважають [120], що врожай пшениці твердої озимої формується завдяки таким складовим: густоти продуктивного стеблостою, кількості зерен у колосі та їх маси. При цьому зазначається [136, 185], що для створення високопродуктивних посівів необхідно цілеспрямовано формувати кожен складову структури урожаю. Важливо також дотримуватися синхронного розвитку стебел, колосків та інших складових структури [190]. Чим синхронніше та інтенсивніше проходять ростові процеси на кожному етапі органогенезу, тим вища реальна їх продуктивність [66].

Отже, на формування продуктивності пшениці твердої впливає низка чинників. Вплив їх взаємодії на цей процес складний, тому вимагає проведення детальніших досліджень. Азотне живлення рослин є одним із вирішальних чинників формування високої продуктивності цієї культури. Управління ним необхідне для запобігання азотного дефіциту, уникнення втрат урожаю і якості зерна та забруднення навколишнього природного середовища.

1.3 Урожайність і якість зерна пшениці твердої залежно від родючості ґрунту та удобрення

Пшениця тверда має підвищені вимоги до родючості ґрунту, менш стійка проти ґрунтової посухи, коренева система розвивається слабше, ніж у пшениці м'якої, для проростання зерна їй потрібно більше вологи [117]. Пшениця тверда більш вимогливіша до щільності ґрунту, стійка до високих температур. Цим пояснюється її значне поширення в центральних і східних регіонах. Зате вона більш схильна до кореневої гнилі, пошкодження клопом черепашкою, нематодою та більш вимоглива до попередників [179, 132].

Пшениця тверда займає друге місце за виробництвом зерна після

пшениці м'якої. Нині валове виробництво зерна пшениці м'якої становить близько 765 млн т, з яких майже 5 % припадає на пшеницю тверду [2]. Зерно пшениці твердої – основна сировина для виробництва високоякісних макаронних виробів. Пшениця – джерело вуглеводів, білків, мінеральних елементів і клітковини [159]. Пшеничну солому можна використовувати як підстилку, у сумішах з органічними добривами або як органічне добриво. Крім цього, має перспективу для використання в біоенергетичних цілях [189]. Проте врожайність зерна пшениці та її якість є основною проблемою виробників, оскільки ці показники визначають економічну ефективність [149]. Для досягнення максимально можливого врожаю та якості зерна сільськогосподарські підприємства можуть застосовувати і комбінувати широкий спектр агротехнологічних заходів. До ефективних заходів відносять застосування добрив [192].

Пшениця тверда потребує азоту впродовж усього періоду росту [55]. Азотне живлення повинно бути збалансованим з вмістом рухомих сполук фосфору та калію у ґрунті [83]. Сучасні сорти пшениці твердої мають високий продуктивний потенціал, але реалізують його в умовах високого агрофону [170].

Якість зернопродуктів залежить від вмісту білка та клейковини у зерні. Нині пшеницю озиму зазвичай розміщують після непарових попередників, що негативно впливає на формування вмісту білка і клейковини у зерні [135]. Крім цього, пшениця тверда сильніше знижує врожайність зерна від несприятливих чинників навколишнього природного середовища порівняно з пшеницею м'якою [147]. Одним із способів підвищення якості зерна пшениці в таких умовах є застосування азотних добрив [164]. В агротехнології зернових культур застосування добрив – основна складова, яка забезпечує формування високого врожаю високоякісного зерна [140]. Азотні добрива найбільше підвищують продуктивність пшениці в сучасних системах землеробства [171]. Проте відомо, що дуже високі дози азотних добрив можуть забруднювати

навколишнє природне середовище не використаною рослинами діючою речовиною [87]. Ефективність удобрення пшениці твердої озимої залежить від багатьох чинників, із них найсильніше впливають погодні умови і реакція сорту цієї культури [198].

У сучасних умовах важливо не лише здійснювати заходи щодо підвищення врожайності сільськогосподарських культур, але й зниження собівартості, тобто збільшувати виробництво конкурентоспроможної продукції [181]. Тому необхідно максимально задіювати маловитратні прийоми в агротехнологіях. Зниження собівартості продукції можна досягти використанням високопродуктивних сортів пшениці [159]. Встановлено [148], що за систематичного застосування добрив, одержання високої врожайності сільськогосподарських культур можливе за внесення значно менших доз, що пояснюється післядією добрив, внесених під попередні культури сівозміни. У системі застосування добрив під пшеницю тверду необхідно також враховувати родючість ґрунту. За умови більшого вмісту азоту мінеральних сполук, дозу азотних добрив необхідно знижувати, щоб не було їх перевитрат [157]. Тривале внесення добрив підвищує радіоактивність ґрунту завдяки збільшенню вмісту ^{40}K і ^{226}Ra , проте це випромінювання є безпечним для здоров'я людини [183]. Крім цього, застосування добрив покращує якість зерна, що важливо для виробництва високоякісних продуктів [142].

Під пшеницю найбільше застосовують азотні, фосфорні, калійні та сірчані добрива, в меншій мірі мікродобрива. Проте пшениця – азотофільна культура, тому основна частина досліджень присвячена вивченню ефективності азотних добрив [112]. Встановлено, що застосування N_{90} під пшеницю тверду збільшувало врожайність зерна в середньому від 5,10 т/га у варіанті без добрив до 7,01 т/га. Застосування N_{180} збільшувало її лише до 7,75 т/га, застосування N_{240} – до 8,09 т/га, а N_{300} не сприяло достовірному приросту врожайності (8,05 т/га). Крім цього, ефективність удобрення достовірно змінювалась залежно від погодних

умов. Так, урожайність пшениці твердої від застосування N_{90} змінювалась від 6,25 до 8,21 т/га [153].

У дослідженнях [166] ефективним було застосування N_{80-120} . Урожайність пшениці твердої озимої за такого сценарію удобрення була на рівні 5,30 т/га. Чеські вчені [139] встановили, що пшениця озима добре реагує на застосування добрив, проте їх ефективність змінюється від погодних умов. Так, на ділянках без добрив урожайність змінювалась від 2,89 до 6,99 т/га залежно від року дослідження. За несприятливих погодних умов урожайність зерна була на рівні варіанту без добрив (2,78–2,86 т/га). Застосування мінеральних добрив ($N_{120}P_{26}K_{50}$) на фоні післядії гною (40 т/га) була найефективнішою. За такого сценарію урожайність зерна пшениці озимої в середньому збільшувалась до 8,10 т/га проти 5,73 т/га у контрольному варіанті. Проте в цих дослідженнях відсутні варіанти із застосуванням менших і більших доз азотних добрив. За такої схеми досліду ефективною буде лише один варіант досліду – $N_{120}P_{26}K_{50}$. Крім цього, азотні добрива застосовували у три строки – перед сівбою, напровесні та в період колосіння пшениці озимої. В умовах Правобережного Лісостепу за умови дефіциту вологи і високої температури така система удобрення ймовірно буде малоефективною. Необхідно зазначити, що дослідження проводили з пшеницею м'якою, система удобрення якої відрізняється від пшениці твердої.

Застосування N_{60} збільшувало врожайність зерна пшениці твердої озимої від 3,77 до 4,19 т/га, за внесення N_{120} – до 4,80 т/га, а застосування N_{180} знижувало її до 4,62 т/га. Ефективність застосування азотних добрив змінювалась залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Внесення N_{60} забезпечувало отримання врожайності пшениці від 3,36 до 4,71 т/га залежно від року проведення дослідження [170]. В інших дослідженнях [169] урожайність зерна пшениці твердої озимої змінювалась від 2,10 т/га за менш сприятливих погодних умов року до 5,51 т/га у сприятливіших. Застосування мінеральної системи удобрення збільшувало врожайність

пшениці твердої озимої від 2,88–4,61 до 3,46–5,67 т/га залежно від погодних умов року дослідження [186]. Проте в цих дослідженнях ефективність застосування азотних добрив вивчали без поєднання з фосфорними і калійними. Крім цього, азот – біогенний елемент, вміст якого в ґрунті визначається діяльністю його мікроорганізмів і ризосфери [143].

Застосування фосфорних і калійних добрив менш ефективно порівняно з азотними. У дослідженнях [191] застосування P_{30} збільшувало врожайність зерна пшениці озимої від 1,28 до 1,76 т/га. Збільшення дози до P_{45} забезпечило врожайність на рівні 1,96 т/га. Вищу ефективність фосфорних і калійних добрив забезпечує застосування азотних [139]. Так, застосування $N_{50}P_{30}$ забезпечило отримання 3,18 т/га зерна пшениці озимої [191]. Проте ці дослідження проведено з пшеницею м'якою озимою. З урахуванням недостатнього вивчення питання оптимального удобрення пшениці твердої озимої, поставлена мета є актуальною.

Адекватне глобальне постачання продовольства важко підтримувати без застосування добрив [123]. Впровадженням точного внесення азотних добрив, можливо підвищити ефективність удобрення і зменшити непотрібні витрати для виробників зерна [154]. У будь-якому випадку внесення азотних добрив має бути завжди добре збалансованим із вмістом потенційно допустимих сполук фосфору й калію у ґрунті [121].

Застосування азотних добрив без урахування його балансу може негативно впливати на навколишнє природне середовище. Крім цього, буде знижуватись ефективність азотних добрив [21, 48].

Збалансоване застосування добрив є одним із найважливіших факторів підвищення врожайності сільськогосподарських культур [69]. Оптимальні дози азотних добрив для пшениці озимої значно змінюються залежно від ґрунтово-кліматичних і погодних умов [133]. Необхідно відзначити, що вчені роблять висновок про необхідність постійного встановлення ефективної дози азотних добрив. При цьому не проводять аналізування господарського винесення і балансу азоту в ґрунті за

виращування пшениці озимої.

Вчені [197, 165] вважають, що застосування 60–90 кг/га д. р. азотних добрив є оптимальним у більшості ґрунтово-кліматичних умовах. Проте необхідно враховувати запаси азоту мінеральних сполук перед сівбою пшениці та погодні умови вегетаційного періоду. Тому такий висновок не можна поширювати на всі ґрунтово-кліматичні зони.

У дослідженнях [170] застосування P_{80} забезпечувало приріст урожайності зерна пшениці твердої озимої 0,26 т/га, за P_{120} – 0,38, за P_{160} – 0,16 т/га. Проте застосування N_{120} збільшувало його до 1,36–2,81 т/га зерна. Необхідно зазначити, що приріст урожайності зерна значно змінювався залежно від погодних умов року. Так, за внесення $N_{120}P_{80}$ приріст урожайності зерна змінювався від 2,13 до 4,04 т/га залежно від року дослідження. Проте в цих дослідженнях зовсім не вивчали ефективності застосування калійних добрив, дози фосфорних і калійних добрив були високими. Крім цього, це було короткотривале застосування добрив, що значно відрізняється від тривалого застосування в польовій сівозміні, коли проявляється їх післядія.

Слід відзначити, що тривале застосування добрив має перевагу порівняно з короткотривалим. За тривалого застосування добрив невисокими дозами може мати ефективність на рівні одноразового внесення високих доз. Це явище зумовлено післядією добрив, внесених під попередні культури сівозміни [182].

Окупність 1 кг азоту приростом зерна змінювалась від 8,2 до 17,7 кг. У середньому за внесення N_{60} вона становила 14,3 кг, за N_{120} – 14,0 кг і N_{180} – 10,7 кг, тобто спостерігається закономірне зниження окупності з підвищенням дози їх внесення. Аналогічна закономірність спостерігалась і за внесення цих доз азоту у складі повного мінерального добрива [155, 122].

Азот, фосфор і калій є важливими елементами для росту культур. Поглинання, накопичення та розподіл цих елементів живлення впливає не

тільки на ріст і врожайність, але й на якість зерна пшениці [71].

Встановлено, що вміст елементів живлення в рослинах визначається низкою чинників, найважливішими з яких є генетичний та екологічний [128]. Генетичний чинник обумовлюється пристосованістю рослинного виду до певних умов вирощування. Зазвичай рослини поглинають необхідні їм поживні речовини. Проте хімічний їх склад досить сильно залежить від складу ґрунту, на якому він вирощується [194]. Тому значення цього чинника у формуванні хімічного складу рослин зазвичай визначається поживним режимом ґрунту і реакцією на нього рослинного організму [127]. Попередніми дослідженнями було встановлено, що вміст основних елементів живлення, особливо азоту, в різних органах пшениці навіть на одному ґрунті (чорноземі опідзоленому важкосуглинковому) суттєво залежить від удобрення [124].

Вирішення проблеми продовольчого зерна нерозривно пов'язано зі збільшенням зерновиробництва пшениці м'якої озимої. За узагальненими даними провідних наукових установ доведено, що якість зерна пшениці залежить насамперед від ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей сорту та технології вирощування [98]. Україна є провідним експортером пшениці, проте якість її ще залишається досить низькою [115].

До середини минулого століття вміст білка в зерні вітчизняної пшениці (Дніпропетровська, Харківська та Запорізька обл.) становив 18,5 %, до 1958 р. вміст білка знизився спочатку до 15,5 %, а пізніше – до 13,4 % [61]. Нині в Україні виробляють 10–12 % продовольчої пшениці. Лише до 20–30 % загальної кількості зерна належить до 2-3-го класів, а решта йде на фуражні цілі [5]. Навіть в умовах півдня України нині лише 8 % зерна пшениці м'якої озимої мали оптимальні для хлібопекарної промисловості показники [97]. Тому підвищення виробництва зерна пшениці з високою якістю – завдання державного рівня.

Основні причини отримання зерна низької якості є зменшення доз

азотних добрив [5]. Без внесення добрив сформувати конкурентоспроможне зерно неможливо навіть на чорноземних ґрунтах після найкращих попередників. Для забезпечення конкурентоспроможності вітчизняного зерна слід отримувати врожайність пшениці озимої на рівні 5,0 т/га. Екологічна межа врожайності становить 7,0–9,0 т/га. Для отримання 8,0 т/га пшениці із вмістом білка в зерні 15 % потрібно вносити 220 кг/га д. р. азотних добрив. Зазвичай рівень продуктивності пшениці озимої напряму залежить від забезпеченості азотним живленням. Так, на чорноземі типовому Харківської області приріст урожаю пшениці озимої на 88 % визначався дією азотних добрив, а дія калійних добрив була неістотною [97].

Ґрунтово-кліматичний потенціал України дозволяє зробити виробництво зерна високоефективним і конкурентоздатним, адже рівень родючості ґрунтів нашої країни значно вищий, ніж у сусідніх державах [37]. Національний рекорд врожайності пшениці озимої перетнув межу 13 т/га, а потенційна врожайність кращих вітчизняних сортів вийшла на рубіж 14 т/га. В той же час за даними Держстату, середня врожайність пшениці озимої в Україні становить лише 3,26 т/га. До того ж ринкові умови змушують до ефективного використання ресурсів. Тобто, з одиниці площі необхідно одержати максимальний економічний ефект. При цьому високий урожай не завжди співпадає з одержанням високого прибутку [107]. Показовим є той факт, що останнім часом частка продовольчої пшениці (3-4-го класів) у багатьох регіонах України не перевищує 25 %. А за офіційними даними, частка продовольчої пшениці в загальному обсязі зерна цієї культури становить 54 %, або близько 6 млн т [42]. Низькою є якість і фуражного зерна, що призводить до перевитрат кормів [18].

На абіотичні фактори людина ще не може впливати, в той же час біотичні чинники можна контролювати, впливати й планувати. І це насамперед стосується добрив, які є одним з найважливіших чинників підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Встановлено,

що близько 50 % приросту врожаю одержують від застосування добрив [113, 77]. Кожен кілограм діючої речовини NPK дає приріст зерна пшениці на богарі, в середньому, 3–5 кг, а на зрошенні – 10–12 кг [9]. Тому першочерговим є вирішення питання встановлення оптимальних доз і співвідношень елементів живлення внесених добрив.

Внесення мінеральних добрив не лише позитивно впливає на підвищення врожайності пшениці, але й істотно покращує якість зерна. Різні елементи живлення рослин неоднаково впливають на вміст білка в зерні. Так, при внесенні в основне удобрення азоту (N_{60}), вміст білка підвищувався на 1,98 абс. %. Застосування лише фосфорних і калійних добрив знижувало вміст білка на 0,3 абс. %. При застосуванні парних комбінацій NP і NK вміст білка збільшувався відповідно на 1,4 і 0,9 абс. %, а повного мінерального добрива – на 1,0 абс. % [96]. Тому аналіз даних інформації, що отримана в стаціонарних і короткотермінових дослідках стосовно закономірностей змін показників родючості ґрунтів, дасть можливість розробити і втілити у практику системи застосування добрив, які побудовані на засадах охорони ґрунтових ресурсів, посилення процесів саморегуляції, відновлення сталого функціонування агроєкосистем. У поширених нині короткоротаційних сівозмінах зі значним насиченням зерновими культурами вплив попередників і систем удобрення на врожай та якість зерна пшениці озимої вивчений недостатньо [65]. Особливо це стосується пшениці твердої озимої. Система удобрення цього виду пшениці також вивчена недостатньо.

Внесення мінеральних добрив не лише позитивно впливає на підвищення врожайності пшениці, але й істотно покращує якість зерна. Різні елементи живлення рослин неоднаково впливають на вміст білка в зерні. Мінеральна система удобрення, яка включала азотну складову найбільше впливала на формування вмісту білка в зерні пшениці твердої озимої. Так, у дослідженнях [186] встановлено, що вміст білка зростав від 11,1 % у варіанті без добрив до 11,7 % за внесення повного мінерального

добрива. Вчені зазначають значні зміни вмісту білка від погодних умов – від 10,5 до 12,4 %.

Якість зерна пшениці твердої озимої формується в результаті від комплексного впливу абіотичних і біотичних чинників. Вміст білка і вміст клейковини найбільше залежить від погодних умов у період досягання зерна та застосування азотних добрив [169].

Дослідженнями [176] підтверджено значний вплив погодних умов на формування вмісту білка, який змінювався від 7,5 до 12,7 %. Необхідно зазначити, що в цих дослідженнях за врожайності 3,60 т/га вміст білка в зерні пшениці твердої озимої був на рівні 9,7 %, 3,11 т/га – 7,5 %, а за 1,37 т/га – 12,7 %. Зменшення врожайності зерна сприяє зростанню вмісту білка в зерні. Очевидно це зумовлено можливістю рослин реутилізувати азот з вегетативної маси для синтезу білка в зерні.

Тенденція впливу азотних добрив на вміст білка може бути іншою. Так, цей показник зростав від 10,5 % у варіанті без добрив до 11,9 % за N_{90} , а на тлі застосуванні N_{300} – до 14,4 %. Вміст білка при цьому також достовірно змінювався залежно від погодних умов. Так, у варіанті застосування N_{90} цей показник змінювався від 10,2 до 12,4 % [153]. Проте умови, у яких проводили такі дослідження відрізняються від Правобережного Лісостепу України. Кращі ґрунтово-кліматичні умови сприяли формуванню вищої врожайності зерна порівняно з нашими дослідженнями.

Отже, ефективність застосування добрив у першу чергу залежить від доз їх внесення. Оптимальна доза добрив повинна враховувати біологічні особливості сорту пшениці твердої і запланований рівень її урожайності, погодні умови і родючість ґрунту, рівень агротехнології, розміщення культур у сівозміні та насичення її добривами, форми добрив, строки і способи їх внесення та інші чинники. Тому визначення доз добрив і поєднання в них основних елементів живлення є одним зі складних питань сучасної агрономічної науки і практики.

Висновки до розділу 1

Аналіз наукової літератури підтверджує важливу роль застосування азотних добрив в агротехнології пшениці твердої озимої. Встановлено велике коливання їх ефективності залежно від погодних умов. Проте дослідження зазвичай включають застосування лише азотних добрив, що негативно впливає на баланс рухомих сполук фосфору та калію в ґрунті. Крім цього, дослідження проводили у короткотривалих дослідах, що не дає можливості встановити реальну продуктивність пшениці твердої озимої за різної родючості ґрунту. Тому аналіз даних інформації, що отримані в стаціонарних дослідах стосовно закономірностей впливу систем удобрення з різним поверненням елементів живлення дасть можливість розробити і втілити у практику системи застосування добрив, які побудовані на засадах охорони ґрунтових ресурсів, посилення процесів саморегуляції, відновлення сталого функціонування агроєкосистем. У поширених нині короткоротаційних сівозмінах зі значним насиченням зерновими культурами вплив попередників і систем удобрення на врожай та якість зерна пшениці твердої озимої вивчений недостатньо.

Викладені в розділі результати досліджень опубліковано в працях [26, 74].

Опубліковані результати за матеріалами розділу

1. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Перспективи використання зерна пшениці твердої озимої. The XV International Science Conference «The world science of modernity. Problems and prospects of development» (March 25–26, 2021). Paris. 2021. P. 15–17.

2. Любич В. В., Калантир В. О. Формування якості зерна пшениці твердої озимої за різного поєднання добрив у польовій сівозміні. *Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату*: матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції молодих учених (26–27 жовтня 2022 р.). Харків: Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва. 2022. С. 25–29.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматичні та погодні умови

Дослідження проводили у стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва впродовж 2020–2022 рр. «Агрохімічна ефективність різного співвідношення видів мінеральних добрив у зерно-просапній сівозміні» (атестат НААН № 87) [102]. Рельєф дослідного поля, де закладений польовий дослід, являє собою вирівняне, підвищене плато вододілу. Воно має пологі (2–3°) схили південно-східної та північно-західної експозицій. Підземні води не впливають на властивості і будову ґрунту тому, що залягають на глибині 22–24 м [85, 39].

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важко суглинкового гранулометричного складу на лесі з умістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) низький (105 мг/кг), рухомих сполук фосфору та калію (за методом Чирикова, екстракція 0,5 м CH_3COOH) – відповідно підвищений (106 мг/кг) і високий (132 мг/кг), $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,7$.

Чорноземи опідзолені в межах Лісостепу України залягають на площі 2,02 млн га, в тому числі орних – 1,75 млн га. Для профілю цього ґрунту характерне об'єднання генетичних ознак, що властиві чорноземам типовим і темно-сірим лісовим ґрунтам [8, 38].

У Правобережному Лісостепу всі пори року виражені чітко. Весняний сезон настає порівняно швидко – з переходом середньодобової температури повітря через 0 °С. Він може тривати до двох місяців. Танення снігу відбувається зазвичай поступово. В результаті цього інтенсивного та значного стікання талих вод не спостерігається. Всі ці чинники сприяють поглинанню більшої частини талих вод ґрунтом і накопиченню вологи у кореневмісному шарі.

За переходу середньодобової температури повітря через 15 °С настає літо. Воно характеризується високими й стійкими температурами і триває до середини вересня. Середня температура літнього періоду становить 19 °С. Проте можливі відхилення в окремі роки – до 17 і 22 °С. Тепла та порівняно волога погода в літній період позитивно впливає на проходження вегетації культур помірної поясу.

В окремі роки влітку може спостерігатися посуха. Вона спричиняє зменшення надходження вологи з опадами. Це призводить до значних втрат ґрунтових запасів вологи. Влітку також можуть спостерігатися часті та інтенсивні зливові дощі, значна частина води яких не встигає поглинатися ґрунтом, що сприяє формуванню значних поверхневих стоків.

Настання осіннього періоду характеризується пониженням температури повітря, але осінь зазвичай тепла, сонячна. Іноді вона може бути тривалою. Перехід температури повітря нижче 10 °С настає зазвичай з середини жовтня. У кінці жовтня – на початку листопада встановлюється похмура та дощова погода. Пізня осінь характеризується мінливою температурою з періодичним випаданням дощу та мокрою снігу, які сприяють накопиченню вологи у ґрунті. Це також позитивно впливає на зменшення щільності та підвищення пористості ґрунту.

Зима характеризується переважно теплою і хмарною погодою. Бувають часто відлиги. У найхолодніший зимовий період температура повітря може знижуватися до $-5...-7$ °С. Під час відлиги вона може підніматися до позначки $+10...+12$ °С. Це зумовлює розмерзання ґрунту та поглинання ним частини талої води [76, 103].

У період проведення досліджень погодні умови відрізнялись розподілом опадів і температурою повітря (табл. 2.1). У 2020 р. за березень–квітень випало 44,9 мм опадів, а в 2020 р. в 1,8 рази більше (82,3 мм). Проте восени 2019 р. опадів не було, а загальна їх кількість становила 376,6 мм, що в 1,6 рази менше багаторічного показника (586 мм). Температура повітря в 2022 і 2021 рр. в березні та квітні була нижчою порівняно з 2020 р.

Таблиця 2.1

Погодні умови у роки проведення досліджень (за даними метеостанції Умань)

Сільськогосподарський рік	Всього за рік/середнє за рік	Місяць											
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сума опадів, мм													
Середньобагаторічна	586,0	43	43	40	38	34	36	41	52	81	68	49	61
2019/2020		10,3	14,0	45,7	12,7	50,5	23,9	21,0	101,0	70,4	21,4	17,1	27,4
2020/2021	655,7	81,5	19,4	32,6	59,7	43,2	32,4	49,9	56,4	107,7	89,8	69,9	16,2
2021/2022	452,0	7,0	21,2	91,2	23,9	7,2	13,4	57,7	22,4	36,3	28,1	44,4	99,2
Середня температура повітря, °С													
Середньобагаторічна	8,8	8,3	2,8	-1,8	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	20,1	14,5
2019/2020		10,0	5,5	2,2	-4,7	0,5	4,5	9,6	17,0	23,4	20,0	20,7	15,6
2020/2021	9,2	12,7	3,7	0,0	-2,3	-3,8	2,0	7,4	14,0	19,8	23,2	20,3	13,0
2021/2022	10,5	19,8	4,7	-1,0	-1,3	1,8	2,0	8,6	14,5	20,5	21,0	21,8	13,1
Відносна вологість повітря, %													
Середньобагаторічна	78	81	87	88	85	84	81	70	67	72	73	73	75
2019/2020		80	84	88	85	78	65	46	73	70	64	59	62
2020/2021	79	83	88	93	89	83	77	71	73	73	71	71	74
2021/2022	73	70	85	88	80	76	67	68	59	64	63	71	79

Слід відзначити, що рослини пшениці твердої озимої були пошкоджені заморозками у першій декаді травня 2020 р. Внаслідок дефіциту вологи восени 2019 р. сходи пшениці твердої озимої було отримано лише в січні 2020 р. Тому врожайність та якість зерна значно змінювались залежно від погодних умов року дослідження, що детальніше проаналізовано в результатах проведених досліджень.

2.2 Методика проведення 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. 2.2).

У варіанті дослідження, де середня доза елементів живлення у сівозміні на гектар становить $N_{110}P_{60}K_{80}$, заплановано повне (100 %) компенсування добривами середньорічного господарського їх винесення культурами сівозміни. Схему дослідження 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 дослідження 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, стебеління) залишається на полі на добриво.

Таблиця 2.2

Схема тривалого (з 2010 р.) дослід (атестат № 87 НААН)

Варіант дослід: 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

Урожайність визначали подільською прямим комбайнуванням, показники росту та розвитку, складові структури врожаю – за методиками [47, 79]. Вміст нітратного та амонійного азоту визначали за ДСТУ 4729:2007 [46], рухомих сполук фосфору та калію – за ДСТУ 4405:2005 [45]. Вміст білка, клейковини, крохмалю, твердість зерна, індекс седиментації, силу борошна та натуру зерна – методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117:2007 [44]. Вміст азоту, фосфору та калію в зерні та соломі – за МВВ 31-497058-019-2005 [78]. Готування макаронів та

їх оцінювання проводили відповідно до методики [80].

На основі основних елементів живлення в зерні та соломі розраховували господарське їх винесення. Для спрощення розрахунків балансу елементів живлення скоротили кількість статей. Так, кількість азоту, яка надходить у ґрунт з атмосфери опадами, насінням і фіксується вільноіснуючими мікроорганізмами прирівнювали до його сумарних втрат від вимивання, ерозії і звітрювання. Сумарну кількість фосфору й калію, що надходять з атмосфери та з насінням прирівняли до втрат від ерозії і вимивання. Тому в підсумку, до прибуткової частини балансу включали лише внесення елементів живлення з мінеральними добривами.

Відношення соломи до зерна (RGS) та зерна до соломи (RSG) і частку зерна в полові (SGEG) визначали методом пробного снопа з ділянки. Обраховували такі індекси продуктивності: збиральний індекс (SI) – частка зерна в загальній фітомасі рослин, %; атракції (AI) – відношення маси зерна з стебла до його маси; мікророзподілу (Mic) – відношення маси зерна з колосу до маси полови колосу; інтенсивності (SI) – відношення маси стебла до його висоти, г/см; потенційної продуктивності (SPI) – відношення маси зерна з колосу до маси стебла із зерном. Крім цього, оцінювали селекційні індекси – фіно-скандинавський (FSI) – відношення кількості зерен з колосу до довжини стебла, шт/см; мексиканський (MI) – відношення маси зерна з одного колосу до довжини стебла, г/см; перспективності (IP) – відношення маси 1000 зерен до довжини стебла, г/см; білоцерківський (BI) – відношення маси зерна з колосу до довжини другого зверху міжвузля, г/см; полтавський (PI) – відношення маси зерна з колосу до довжини верхнього міжвузля, г/см; лінійної щільності колоса (LHDI) – відношення кількості зерен з колосу до його довжини, шт/см [10].

Агрохімічне та енергетичне оцінювання проводили відповідно до методики [13]. Для розрахунку економічної ефективності використовували ціни 2023 р.

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 дослідження [47]. Оброблення даних також проводили за використання спеціалізованого програмного забезпечення Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA).

Індекс стабільності визначали за формулою

$$SE = \frac{HE}{LE},$$

де HE – найбільше проявлення ознаки;

LE – найменше проявлення ознаки.

РОЗДІЛ 3

ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ ТА ПОКАЗНИКИ РОСТУ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

3.1 Поживний режим ґрунту

Вміст у ґрунті рухомих сполук елементів живлення формує режим мінерального живлення рослин, що в свою чергу впливає на їх ріст і розвиток та визначає біологічну продуктивність. Значний вплив на поживний режим ґрунту має система застосування добрив.

У структурі азотного фонду чорнозему опідзоленого доступним для живлення рослин є азот мінеральних сполук – нітратний і амонійний. Їх вміст у ґрунті динамічний, тому за ними зазвичай оцінюють його здатність забезпечувати рослини азотом. Амонійний азот обмінно та необмінно поглинається ґрунтом, але залишається доступним рослинам, а нітратні сполуки залишаються в ґрунтовому розчині. Тому нітрати є більш доступним джерелом азоту для рослин.

Дослідженнями встановлено, що дози основних елементів живлення та їх поєднання в удобренні має значний вплив на формування азотного режиму ґрунту під посівами пшениці озимої (табл. 3.1). У фазу весняного кушіння пшениці озимої вміст азоту нітратів змінювався в широких межах – від 5,4 до 19,5 мг/кг ґрунту. При цьому на тлі внесення лише фосфорних і калійних добрив не спостерігалось істотного підвищення вмісту нітратів, тоді як їх внесення разом з азотними добривами спостерігалось зниження їх вмісту (варіант N₁₅₀P₆₀) або тенденцію до зниження (варіант N₁₅₀K₈₀). Це можна пояснити засвоєнням їх рослинами з поліпшенням фосфорного й калійного живлення. Проте ця закономірність не стосується вмісту в ґрунті амонійного азоту, що свідчить про краще засвоєння рослинами нітратів на чорноземі опідзоленому.

У період вегетації пшениці озимої вміст азоту мінеральних сполук у

грунті знижувався – це стосується як нітратів, так і амонійного азоту. Зменшення вмісту цих сполук пояснюється засвоєнням рослинами і мікроорганізмами, звітрюванням і необмінною фіксацією амонію.

Таблиця 3.1

Динаміка вмісту азоту мінеральних сполук у шарі ґрунту 0–20 см під пшеницею твердою озимою залежно від удобрення (2020–2022 рр.), мг/кг

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин								
	ВВСН 20			ВВСН 50			ВВСН 93		
	$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	N_{min}	$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	N_{min}	$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	N_{min}
Без добрив (контроль)	5,4	11,9	17,3	4,3	12,0	16,3	1,5	6,1	7,6
N_{75}	8,3	32,1	40,4	5,0	13,3	18,3	4,6	8,2	12,8
N_{150}	19,6	50,8	70,4	5,7	20,5	26,2	7,1	11,3	18,4
$P_{60}K_{80}$	5,7	12,1	17,8	4,2	14,3	18,5	1,1	6,2	7,3
$N_{150}K_{80}$	19,1	51,2	70,3	5,8	32,9	38,7	6,8	11,5	18,3
$N_{150}P_{60}$	18,7	50,1	68,8	5,9	35,4	41,3	6,2	11,4	17,6
$N_{75}P_{30}K_{40}$	9,0	34,2	43,2	4,9	18,3	23,2	4,2	8,1	12,3
$N_{150}P_{60}K_{80}$	19,5	50,8	70,3	5,9	37,7	43,6	5,1	11,6	16,7
$N_{150}P_{30}K_{40}$	19,0	50,7	69,7	6,0	34,9	40,9	5,2	11,5	16,7
$N_{150}P_{60}K_{40}$	19,2	50,6	69,8	5,9	38,2	44,1	5,0	11,7	16,7
$N_{150}P_{30}K_{80}$	18,9	50,9	69,8	5,8	35,3	41,1	5,4	11,5	16,9
HIP_{05}	0,8	2,2	–	0,1	1,6	–	0,1	0,4	–

У фазу колосіння пшениці озимої вміст азоту нітратів у ґрунті в різних варіантах досліджу вирівнювався (4,3–6,0 мг/кг), що, на нашу думку, свідчить про значне засвоєння рослинами. При цьому різниця у вмісті амонійного азоту була суттєвішою. Так, і варіанті досліджу $N_{150}P_{60}K_{80}$ його вміст був більшим у три рази порівняно з абсолютним контролем, а вміст

азоту мінеральних сполук – у 2,7 рази.

У кінці вегетації пшениці озимої порівняно з фазою її колосіння особливо значне зниження спостерігалось амонійного азоту. Залежно від варіанту дослідів його вміст знижувався до 6,1–11,7 мг/кг ґрунту. Особливо суттєве зниження проходило у варіантах дослідів з внесенням високих доз азотних добрив. Так, у контрольному варіанті зниження було в 2,0 рази, тоді як у варіанті дослідів $N_{150}P_{60}K_{80}$ – у 4,4 рази порівняно з показниками, визначеними у фазу весняного кушіння пшениці озимої. Така ж закономірність простежувалась і щодо вмісту азоту мінеральних сполук.

Отже, азотний режим чорнозему опідзоленого важкосуглинкового гранулометричного складу в період вегетації пшениці озимої є досить динамічним, що стосується як нітратної, так і амонійної його складової. Він добре піддається регулюванню внесенням азоту з мінеральними добривами.

Результати проведених досліджень показали, що між вмістом азоту мінеральних сполук і врожайністю зерна пшениці твердої озимої існує високий кореляційний зв'язок ($r=0,83$) (рис. 3.1). У результаті отримано таке рівняння регресії цієї залежності:

$$y = 2,0275x + 3,7471,$$

де y – врожайність зерна, т/га;

x – вміст азоту мінеральних сполук у шарі ґрунту 0–20 см, мг/кг.

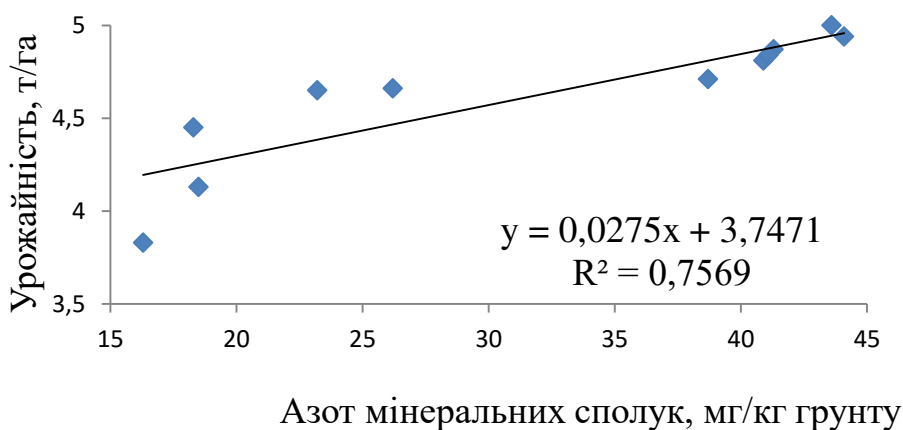


Рис. 3.1 Кореляційна залежність між вмістом азоту мінеральних сполук у шарі ґрунту 0–20 см і врожайністю зерна, 2020–2022 рр.

У живленні пшениці озимої важливе значення має фосфор. Дослідження динаміки вмісту у ґрунті рухомих його сполук встановлено, що вона в меншій мірі залежить від засвоєння рослинами та інших чинників (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Динаміка вмісту рухомих сполук фосфору (P_2O_5) у шарі ґрунту 0–20 см під пшеницею твердою озимою залежно від удобрення (2020–2022 рр.), мг/кг

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин		
	ВВСН 20	ВВСН 50	ВВСН 93
Без добрив (контроль)	86	76	78
N ₇₅	84	74	73
N ₁₅₀	80	72	68
P ₆₀ K ₈₀	129	118	115
N ₁₅₀ K ₈₀	81	72	67
N ₁₅₀ P ₆₀	118	108	105
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	98	89	84
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	123	106	102
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	96	82	78
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	127	111	107
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	95	80	75
<i>НІР₀₅</i>	6	5	4

Залежно від дії і післядії удобрення, фази росту та розвитку пшениці озимої, вміст рухомих сполук фосфору змінювався від 75 до 129 мг/кг ґрунту. Найвищий вміст рухомих фосфатів у ґрунті формувався у варіанті досліджу з внесенням лише фосфорних і калійних добрив. Значне достовірне зниження їх вмісту в ґрунті проходить за внесення лише азотних і калійних, або лише азотних добрив.

Зниження в динаміці вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунті пояснюється

як засвоєнням їх росинами, так і трансформацією у важкорозчинні форми. Незначне зниження їх вмісту в ґрунті від стадії ВВСН 50 до стадій ВВСН 93 пшениці озимої пояснюється уповільненням засвоєння їх рослинами.

У цілому необхідно зазначити, що згідно прийнятої шкали, ґрунт у різні стадії вегетації пшениці озимої мав середню та підвищену, залежно варіанту досліду, здатність забезпечувати рослини фосфором. Це пояснюється тим, що дози фосфорних добрив у досліді були розраховані на компенсацію винесення фосфору врожаєм і можливості часткового зниження доз їх внесення.

Дослідженнями встановлено, що вміст рухомих сполук калію в ґрунті та його динаміка повторює, але з меншими змінами, фосфатний режим цього ґрунту (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Динаміка вмісту рухомих сполук калію (K_2O) в шарі ґрунту 0–20 см під пшеницею твердою озимою залежно від удобрення (2020–2022 рр.), мг/кг

Варіант досліді	Фаза росту й розвитку рослин		
	ВВСН 20	ВВСН 50	ВВСН 93
Без добрив (контроль)	103	99	94
N_{75}	100	95	92
N_{150}	103	92	90
$P_{60}K_{80}$	135	126	121
$N_{150}K_{80}$	130	123	118
$N_{150}P_{60}$	109	90	86
$N_{75}P_{30}K_{40}$	126	119	113
$N_{150}P_{60}K_{80}$	124	114	110
$N_{150}P_{30}K_{40}$	120	111	106
$N_{150}P_{60}K_{40}$	120	112	108
$N_{150}P_{30}K_{80}$	125	116	111
<i>HIP₀₅</i>	7	6	4

Як видно з даних табл. 3.3, ґрунт у різних варіантах досліджу мав підвищену здатність забезпечувати рослини пшениці озимої калієм. Щодо вмісту рухомих сполук калію, то порівняно з азотом і фосфором, необхідно звернути увагу на певні особливості. Так, навіть за внесення лише азотних, або їх поєднання з фосфорними добривами відбувається незначне зниження його вмісту – на 2–4 мг/кг ґрунту в кінці вегетації пшениці озимої. Це свідчить про здатність ґрунту відновлювати вміст у ґрунті обмінного калію завдяки іншим формам.

Внесення калійних добрив у дозі 40 і 60 кг/га д. р. сприяло підвищенню вмісту рухомих сполук калію в ґрунті у фазу кушіння пшениці озимої відповідно на 17 і 20 %, а перед збиранням урожаю – на 15 і 17 %. Це свідчить про засвоєння рослинами калію добрив, а також перехід його в необмінні форми.

3.2 Тривалість вегетаційного періоду та висота рослин

Потепління клімату спричиняє зміни температурного режиму та інших складових погоди, що в свою чергу впливало на особливості й тривалість вегетаційного періоду пшениці твердої озимої. Як видно з даних табл. 3.4, погодні умови і вологозабезпеченість у роки проведення досліджень значно впливали на строки сівби пшениці озимої – від 27 вересня до 30 жовтня, тобто різниця більше місяця. Це відповідно впливало на морфогенез рослин в осінній період вегетації, який найбільше залежав від температури. Відомо, що вегетація рослин в умовах короткого світлового дня за низьких температур сприяє накопиченню сухих речовин і підвищенню зимо- та морозостійкості посівів пшениці озимої.

Встановлено, що тривалість осінньої вегетації рослин пшениці озимої змінювалась у роки проведення досліджень, а сходи з'являлись тривалий період часу. Поява сходів була досить різною – від 20 жовтня до 25 січня наступного року. Найбільша тривалість періоду «сівба–сходи» була у

2019–2020 с.-г. році. Умови 2021–2022 с.-г. року виявилися сприятливішими. Сходи вдалося отримати раніше, ніж у попередньо осінь. До їх появи пшениці озимій потребувалось менше часу. Осіння вегетація до стадії ВВСН 10 тривала до 20 жовтня 2021–2022 с.-г. року і до 25 січня у 2019–2020 с.-г. році. За цей період у рослин повністю сформувалися два листки і почав з'являтися третій, а також почали закладатися бруньки бічних пагонів.

Таблиця 3.4

Тривалість вегетаційного періоду пшениці твердої озимої

Рік урожаю	Строк сівби, збирання врожаю та початок фаз росту й розвитку рослин						
	Сівба	ВВСН 10	ВВСН 20	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 73	Збирання врожаю
Календарні дати							
2020	17.10.19	25.01	25.02	01.05	05.06	20.06	15.07
2021	30.10.20	20.11	13.04	10.05	06.06	20.06	22.07
2022	27.09.21	20.10	25.02	27.04	27.05	15.06	20.07
Тривалість стадії, діб							
2020	–	31 ¹	65	36	14	31	177 ²
2021	–	144	27	27	14	32	244
2022	–	98	60	30	19	36	243

Примітки: 1 – тривалість стадії «сходи–кущіння»; 2 – тривалість вегетаційного періоду, діб.

Стадія ВВСН 20 у пшениці озимої у 2021 році порівняно з іншими роками проведення досліджень наступила на 48 діб пізніше, проте колосіння почалося 6 червня, тобто так, як і в попередньому році.

Молочна стиглість зерна (стадія ВВСН 73) наставала в період з 15 по 20 червня залежно від року проведення дослідження, тобто практично в один час. Упродовж одного тижня також проводилося збирання врожаю.

Розрахунки показують (див. табл. 3.4), що тривалість міжстадійних періодів розвитку рослин пшениці озимої залежала від строків сівби і погодних умов. Так, період «сходи–кущіння» тривав залежно від погодних умов року проведення досліджень 31–144 доби, «кущіння–вихід у трубку» – 27–65 діб. Інші міжстадійні періоди були майже однаковими і різнилися на 5–7 діб.

Вегетаційний період пшениці твердої озимої тривав 35 тижнів, за виключенням 2019–2020 с.-г. року. Це пояснюється пізніми сходами рослин за порівняно теплих умов осінньо-зимового періоду. Вплив погодних умов на проходження етапів органогенезу пшениці твердої озимої змінювало умови формування їх продуктивності.

Поживний режим ґрунту, що формувався під впливом удобрення та погодних умов, а також температура довкілля та вологозабезпеченість впливали на формування висоти рослин пшениці озимої (табл. 3.5). Як видно з даних табл. 3.5, на стадії кущіння та виходу в трубку рослин значної різниці між варіантами дослідів і роками проведення досліджень за деякими виключеннями, не було відмічено. Так, у фазу кущіння найнижчими рослини були у 2020–2021 с.-г. році – 4,6–4,8 см, тоді як у 2021–2022 с.-г. році висота рослин була 5,4–5,5 см. Достовірно нижчими були рослини у 2021–2022 с.-г. році у варіанті дослідів з внесенням високих доз мінеральних добрив ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – 4,6 см порівняно з варіантом $N_{150}P_{60}$ – 4,8 см. У фазу виходу в трубку рослини були заввишки 19–24 см і їх висота більше залежала від умов року проведення досліджень, ніж удобрення.

Найбільше за висотою рослини пшениці озимої різнилися у фази колосіння та повної стиглості зерна. Так, під час колосіння висота рослин змінювалася від 40 до 59 см. При цьому удобрення в усі роки проведення досліджень сприяло ліпшому росту рослин у висоту. Особливо ефективно впливало поліпшення азотного живлення рослин, тоді як вплив фосфорних і калійних добрив на цей показник був незначним.

Таблиця 3.5

Динаміка висоти рослин пшениці твердої залежно від удобрення, см

Варіант досліджу	Фаза росту рослин			
	Кущіння	Вихід у трубку	Колосіння	Повна стиглість зерна
2020 р.				
Без добрив (контроль)	5,1	19	40	75
N ₇₅	5,1	19	44	80
N ₁₅₀	5,1	20	49	83
P ₆₀ K ₈₀	5,1	19	40	76
N ₁₅₀ K ₈₀	5,1	20	49	83
N ₁₅₀ P ₆₀	5,1	20	50	83
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	5,1	19	45	81
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	5,1	20	49	84
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	5,1	20	50	83
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	5,1	20	50	84
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	5,1	20	50	84
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>4</i>
2021 р.				
Без добрив (контроль)	4,7	21	43	76
N ₇₅	4,7	22	46	83
N ₁₅₀	4,7	23	51	85
P ₆₀ K ₈₀	4,7	21	43	78
N ₁₅₀ K ₈₀	4,7	23	51	85
N ₁₅₀ P ₆₀	4,8	23	51	85
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	4,7	23	47	84
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	4,6	23	52	87
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	4,8	23	51	85
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	4,7	23	51	86
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	4,7	23	52	85
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>4</i>
2022 р.				
Без добрив (контроль)	5,5	23	51	69
N ₇₅	5,5	23	52	74
N ₁₅₀	5,5	24	58	76
P ₆₀ K ₈₀	5,4	23	51	70
N ₁₅₀ K ₈₀	5,5	24	58	76
N ₁₅₀ P ₆₀	5,4	24	59	76
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	5,4	23	54	75
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	5,5	24	59	77
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	5,5	24	59	76
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	5,5	24	59	77
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	5,5	24	59	77
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>

Перед збиранням урожаю рослини пшениці твердої озимої були заввишки 69–87 см залежно від умов року проведення досліджень та удобрення. Незначну різницю у висоті рослин можна пояснити генетичними особливостями сорту. Так, не удобрених ділянках рослини мали висоту 69–75 см, тоді як на тлі внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$ – 77–87 см, тобто різниця становила 12–16 %.

Отже, пшениця тверда озима сорту Андромеда генетично досить стабільна за показником висоти рослин щодо погодних умов і удобрення.

3.3 Фотосинтезувальна система рослин

Величина врожаю пшениці твердої озимої, як й інших сільськогосподарських культур визначається продуктивністю роботи фотосинтетичного апарату. Структурною фотосинтетичною одиницею, яка забезпечує рослини продуктами асиміляції, в найбільшій мірі є листок. Продуктивність фотосинтетичної роботи насамперед визначається площею листової поверхні та часом її роботи [92].

За даними [67] відмінності в площі листків удобрених і не удобрених посівів пшениці всіх сортів спостерігались вже від періоду кушіння і до молочної стиглості зерна, що дуже важливо для формування врожаю. Удобрення в сукупності з погодними чинниками створюють різні умови для вегетації пшениці озимої, що впливає на динаміку формування площі листової поверхні та надземної маси рослин. Реалізація біологічного потенціалу сучасних сортів пшениці озимої істотно залежить від умов весняно-літньої вегетації. У цей період проходять основні етапи органогенезу рослин, що зумовлюють формування врожаю та його якості. При цьому створюється близько 95 % органічної речовини [82].

Як показали проведені дослідження, площа листків пшениці озимої та її динаміка залежала як від погодних умов, такі від удобрення (табл. 3.6). Найменша площа листків формувалася в умовах 2019–2020 с.-г. року як на початку, так і впродовж усього вегетаційного періоду.

Таблиця 3.6

Площа листків пшениці твердої озимої залежно від удобрення, тис. м²/га

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин			
	ВВСН 20	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 73
2020 р.				
Без добрив (контроль)	2,7	9,4	9,8	11,3
N ₇₅	2,8	10,9	12,0	13,6
N ₁₅₀	2,9	12,4	14,8	16,4
P ₆₀ K ₈₀	2,7	9,7	10,0	11,6
N ₁₅₀ K ₈₀	2,9	12,5	14,9	16,8
N ₁₅₀ P ₆₀	2,9	12,5	15,2	17,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,8	11,0	12,4	14,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,9	12,6	15,4	17,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,9	12,6	15,4	17,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,9	12,5	15,1	16,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	2,9	12,5	15,0	16,7
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,1</i>	<i>0,6</i>	<i>0,7</i>	<i>0,9</i>
2021 р.				
Без добрив (контроль)	2,4	14,7	19,9	16,8
N ₇₅	2,5	17,1	21,1	18,2
N ₁₅₀	2,5	21,2	25,5	22,5
P ₆₀ K ₈₀	2,4	15,2	20,3	17,3
N ₁₅₀ K ₈₀	2,5	21,4	26,0	22,9
N ₁₅₀ P ₆₀	2,5	21,2	26,5	23,6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,5	18,0	22,6	19,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,5	21,7	26,9	23,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,6	21,5	26,1	23,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,5	21,5	26,8	23,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	2,5	21,5	26,6	23,6
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,1</i>	<i>1,1</i>	<i>1,3</i>	<i>1,4</i>
2022 р.				
Без добрив (контроль)	4,0	22,1	29,3	25,3
N ₇₅	4,1	26,4	39,7	33,5
N ₁₅₀	4,2	30,9	44,9	37,6
P ₆₀ K ₈₀	4,0	22,4	29,8	25,7
N ₁₅₀ K ₈₀	4,2	31,0	45,7	37,6
N ₁₅₀ P ₆₀	4,1	30,9	45,6	37,6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	4,1	26,7	40,9	34,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	4,2	31,4	46,8	38,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	4,1	31,2	46,2	38,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	4,2	31,3	46,5	38,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	4,2	31,2	46,6	38,3
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,2</i>	<i>1,4</i>	<i>2,3</i>	<i>1,7</i>

Так, у фазу ВВСН 20 і ВВСН 50 на ділянках без добрив вона була відповідно на 32 і 67 % меншою порівняно з показниками 2021–2022 с.-г. року. За внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) ці показники були меншими відповідно на 29 і 67 %.

У динаміці формування листкового апарату пшениці озимої простежувалось збільшення його площі до фази ВВСН 50, потім спостерігалось її зменшення. Це пояснюється всиханням листків нижніх ярусів. Проте з цієї закономірності виділялись рослини пшениці озимої в умовах 2019–2020 с.-г. року, коли площа листків рослин продовжувала збільшуватися і після фази ВВСН 50. Порівняно з попереднім роком, у 2020–2021 с.-г. році пшениця озима краще нарощувала асиміляційний листковий апарат з фази ВВСН 30. Найінтенсивніше він формувався в умовах 2021–2022 с.-г. року і вже у фазу ВВСН 50 у варіантах досліду з внесенням повного мінерального добрива досягав оптимальної величини – 40,9–46,8 тис. $m^2/га$.

Добрива суттєво впливали на інтенсивність і динаміку розвитку листкового апарату пшениці озимої вже з фази ВВСН 30. У фазі ВВСН 20 різниця порівняно з контролем у його прирості спостерігалась у варіантах досліду з внесенням високих доз мінеральних добрив, у першу чергу азотних.

Види і дози мінеральних добрив та їх поєднання по-різному впливали на формування площі листків пшениці озимої. Так, внесення лише азотних добрив у дозі 75 і 150 кг/га д. р. сприяло її збільшенню порівняно з контролем у фазу ВВСН 50 відповідно на 35 і 53 %. При цьому внесення лише фосфорних і калійних добрив істотно не впливало на формування площі листової поверхні. Навіть внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. на азотно-калійному тлі ($N_{150}K_{80}$) не сприяло достовірному збільшенню площі листків пшениці озимої у фазі ВВСН 50 у всі роки проведення досліджень. Аналогічна дія була і калійної складової повного мінерального добрива. Зниження доз фосфорних і калійних добрив у його складі в усі роки проведення досліджень достовірно не знижувало площу листків у фазу ВВСН 73. Проте за зниження дози повного мінерального

добрива вдвічі – до $N_{75}P_{30}K_{40}$ достовірно знижувало площу листків у цю фазу – на 11–19 % залежно від року проведення досліджень.

У пшениці озимої листки різних ярусів мають неоднакове значення у формуванні врожаю. Вважають, що в утворенні та перерозподілі асимілянтів у врожаї зерна верхівковому листку належить 45 %, підверхівковому – 35, колосу 20 % [69]. У разі видалення верхівкового листка зерно стає щуплими, що зменшує його масу в колосі на 15–20 %.

Як видно з даних табл. 3.7, площа верхівкових листків пшениці озимої, як загальна площа листкового апарату суттєво залежала від погодних умов вегетаційного періоду.

Таблиця 3.7

**Площа верхівкових листків пшениці твердої озимої у фазу
ВВСН 50 залежно від удобрення, тис. м²/га**

Варіант досліджу	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	3,1	4,3	6,4	4,6
N_{75}	4,2	5,4	9,2	6,3
N_{150}	5,2	6,8	10,8	7,6
$P_{60}K_{80}$	3,2	4,4	6,5	4,7
$N_{150}K_{80}$	5,4	6,9	10,9	7,7
$N_{150}P_{60}$	5,4	7,2	10,8	7,8
$N_{75}P_{30}K_{40}$	4,4	6,0	9,5	6,6
$N_{150}P_{60}K_{80}$	5,6	7,3	11,2	8,0
$N_{150}P_{30}K_{40}$	5,4	7,0	11,1	7,8
$N_{150}P_{60}K_{40}$	5,3	7,2	11,1	7,9
$N_{150}P_{30}K_{80}$	5,3	7,2	11,1	7,9
<i>НІР₀₅</i>	0,2	0,3	0,5	–

Найліпше вони склалися у 2021–2022 с.-г. році, їх площа становила 6,4–11,2 тис. м²/га, тоді як в умовах 2019–2020 с.-г. році лише 3,1–5,6 тис. м²/га

залежно від варіанту удобрення. Удобрення також мало значний вплив на формування верхівкового листка. При цьому найбільший вплив мало поліпшення азотного живлення рослин, тоді як фосфорні добрива у дозі 60 кг/га д. р. сприяли збільшенню їх площі в середньому за три роки проведення досліджень лише на 4 %, а калійні в дозі 80 кг/га д. р. – на 3 %. Зменшення дози мінеральних добрив удвічі (варіант $N_{75}P_{30}K_{40}$) знижувало площу верхівкових листків на 18 %. У цілому, залежно від доз повного мінерального добрива, площа верхівкових листків порівняно з контролем підвищувався на 44–74 %. Найбільше це проявлялося в умовах 2021–2022, а найменше – 2021–2022 с.-г. року.

Отже, управлінням умов живлення можна регулювати темпи формування, розмір і тривалість функціонування листкового апарату пшениці твердої озимої.

Вважається, що сільськогосподарські культури близько 95 % своєї фітомаси формують завдяки фотоасиміляції вуглекислого газу у процесі фотосинтезу [114]. Основним джерелом підвищення коефіцієнта корисної дії фотосинтезу є інтенсифікація роботи асиміляційного апарату завдяки збільшенню концентрації фотосинтетичних пігментів. В умовах агроценозів фотосинтез – це складний і багатогранний процес, який змінюється під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників. До того ж між інтенсивністю фотосинтезу та накопиченням біомаси рослинами не завжди існує пряма залежність, тобто не завжди від сформованої надземної маси залежить продуктивність рослин. Особливо це спостерігається за посушливих умов вегетації. Нестача вологи, високі температури і суховії у період цвітіння та наливу зерна негативно впливають на формування врожаю [60].

Вважається, що основним показником, що характеризує продуктивну роботу рослин, є фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП). Проведеними дослідженнями встановлено, що динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу посіву пшениці озимої у роки проведення досліджень залежала як від погодних умов, так і від удобрення (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

**Фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) пшениці твердої озимої
залежно від удобрення, тис. м²/(га·дів)**

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин				Сумарний ФПП
	ВВСН 20	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 73	
2020 р.					
Без добрив (контроль)	85	346	148	175	754
N ₇₅	88	412	179	211	890
N ₁₅₀	91	490	218	254	1054
P ₆₀ K ₈₀	85	355	151	180	771
N ₁₅₀ K ₈₀	91	493	222	260	1067
N ₁₅₀ P ₆₀	91	499	225	264	1079
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	88	421	185	217	911
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	91	504	229	268	1092
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	91	504	228	265	1088
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	91	497	223	260	1072
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	91	495	222	259	1067
<i>HIP₀₅</i>	4	24	11	12	53
2021 р.					
Без добрив (контроль)	32	467	257	269	1025
N ₇₅	34	516	275	291	1116
N ₁₅₀	34	630	336	360	1360
P ₆₀ K ₈₀	32	479	263	277	1052
N ₁₅₀ K ₈₀	34	640	342	366	1382
N ₁₅₀ P ₆₀	34	644	351	378	1406
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	34	548	298	318	1198
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	34	656	355	381	1426
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	35	643	344	368	1389
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	34	652	354	381	1421
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	34	649	351	378	1412
<i>HIP₀₅</i>	2	31	17	18	70
2022 р.					
Без добрив (контроль)	120	771	519	455	1865
N ₇₅	123	992	695	603	2413
N ₁₅₀	126	1137	784	677	2724
P ₆₀ K ₈₀	120	783	527	463	1893
N ₁₅₀ K ₈₀	126	1151	791	677	2745
N ₁₅₀ P ₆₀	123	1148	790	677	2738
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	123	1014	712	612	2461
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	126	1173	809	691	2800
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	123	1161	802	688	2773
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	126	1167	807	691	2791
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	126	1167	807	689	2789
<i>HIP₀₅</i>	6	55	34	29	124

Найкращі умови для його формування мали умови росту й розвитку пшениці озимої у 2021–2022 с.-г. році. Вже у фазу ВВСН 20 він був 120–126 тис. $\text{м}^2/(\text{га}\cdot\text{діб})$, тоді як у 2020–2021 с.-г. році лише 32–34 тис. $\text{м}^2/(\text{га}\cdot\text{діб})$ залежно від варіанту досліду. В цілому найбільше ФПП наростав у міжфазний період ВВСН 20–ВВСН 30 у всі роки проведення досліджень, але з різною ефективністю.

Найбільше на формування ФПП впливало поліпшення азотного живлення рослин. При цьому він інтенсивніше наростав на початку вегетації пшениці озимої. Поліпшення фосфорного живлення рослин внесенням P_{60} у середньому за роки проведення досліджень сприяло підвищенню ФПП на азотно калійному тлі ($\text{N}_{150}\text{K}_{80}$) і калійних на азотно-фосфорному ($\text{N}_{150}\text{P}_{60}$) – лише на 2 %, тобто спостерігалась лише тенденція поліпшення.

Як уже зазначалось, основою продуктивності рослин є фотосинтез. Теоретичні розрахунки показують, що оптимальна робота фотосинтетичного апарату на різних рівнях його організації може підвищити продуктивність зернових культур на 10–60 % [60]. Формування біологічного врожаю залежить не тільки від інтенсивності фотосинтезу в листках, але і від їх площі, швидкості їх формування і тривалості функціонування, особливо в другу половину вегетації.

Інтенсивне формування та функціонування листкового апарату пшениці озимої впливали на інтенсивність його роботи (табл. 3.9). Як видно з даних табл. 3.9, за різних погодних умов і режимів живлення рослин у розрахунку на 1 м^2 площі листків формувалось 1,82–4,58 г зерна. Найефективніше листковий апарат працював в умовах 2019–2020 с.-г. року, де цей показник становив 3,80–4,58 г залежно від варіанту досліду. Це можна пояснити малою площею листків на одиницю площі поля, що запобігало їх самозатіненню та сприяло поліпшенню ефективності роботи. Цим можна пояснити і низькі показники (у межах 1,82–2,28 $\text{г}/\text{м}^2$) в умовах 2021–2022 с.-г. року.

У середньому за три роки проведення досліджень показник формування маси зерна пшениці озимої змінювався в межах 3,11–3,68 г/м², або на 18 %. Найбільшим він був на фосфорно-калійному тлі, а найбільше наближався до нього показник у варіанті з половинною дозою внесення мінеральних добрив (N₇₅P₃₀K₄₀) – 3,51 г/м².

Внесення азотних, фосфорних і калійних добрив на тлі їх парних комбінацій знижувало показник зернової продуктивності листкового апарату від азоту на 13 %, тоді як від фосфору підвищувало на 4 %. На тлі калійних добрив спостерігалась лише тенденція поліпшення цього показника.

Таблиця 3.9

**Формування врожаю зерна пшениці твердої озимої залежно від
удобрення, г/м² площі листків**

Варіант досліджу	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	4,47	3,76	2,28	3,50
N ₇₅	4,38	4,09	2,03	3,50
N ₁₅₀	3,85	3,64	1,82	3,10
P ₆₀ K ₈₀	4,58	3,98	2,47	3,68
N ₁₅₀ K ₈₀	3,86	3,63	1,82	3,10
N ₁₅₀ P ₆₀	3,87	3,72	1,90	3,16
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	4,37	4,11	2,06	3,51
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	3,95	3,82	1,88	3,21
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	3,80	3,67	1,88	3,11
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	3,90	3,81	1,87	3,19
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	3,90	3,70	1,84	3,15
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,19</i>	<i>0,17</i>	<i>0,11</i>	–

У варіантах досліджу зі зменшенням дози фосфорних і калійних добрив, або їх обох у середньому за три роки проведення досліджень була

відмічена лише тенденція зниження зернової продуктивності листкового апарату пшениці озимої – на $0,02\text{--}0,10\text{ г/м}^2$ площі листків.

Результати проведених досліджень показали, що між фотосинтетичним потенціалом посіву та врожайністю зерна пшениці твердої озимої існує дуже високий кореляційний зв'язок ($r=0,93$) (рис. 3.2).

У результаті отримано таке рівняння регресії цієї залежності:

$$y = 0,0021x + 1,8892,$$

де y – урожайність зерна, т/га;

x – фотосинтетичний потенціал посіву, тис. $\text{м}^2/(\text{га}\cdot\text{діб})$.

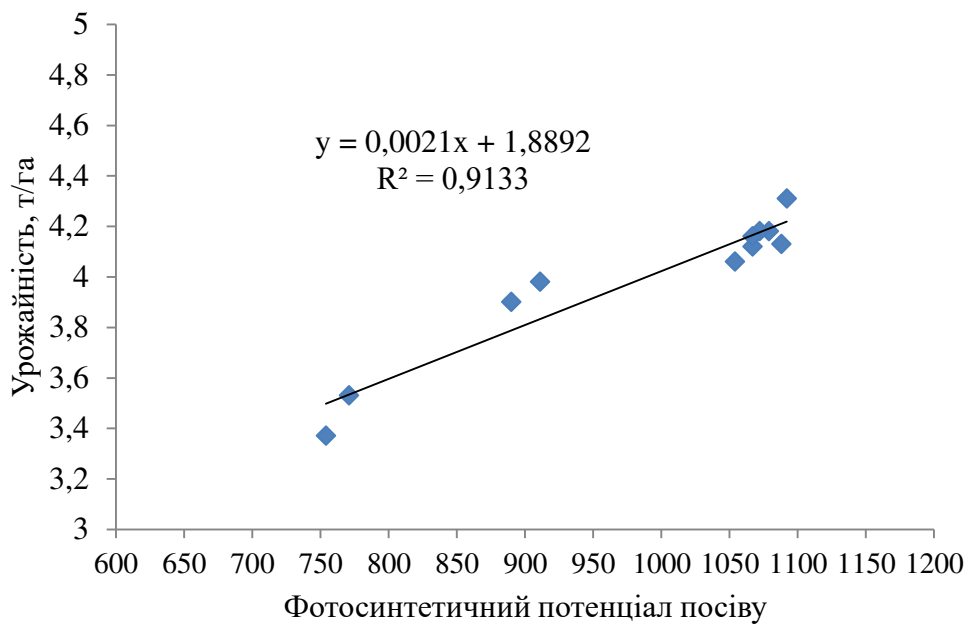


Рис. 3.2 Кореляційна залежність між фотосинтетичним потенціалом посіву пшениці твердої озимої і врожайністю зерна

Отже, умови вирощування пшениці твердої озимої у роки проведення досліджень і умови мінерального живлення рослин, створені дозами, видами добрив і їх поєднанням, мають значний вплив на формування та ефективність функціонування листкового апарату пшениці твердої озимої.

Висновки до розділу 3

1. Найвищий вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті формується в період весняного кущіння пшениці твердої озимої. Так, цей показник збільшується від 17,3 до 43,2 мг/кг ґрунту за внесення 75 кг/га д. р. і до 70,4 мг/кг ґрунту за внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив. У період вегетації пшениці озимої вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті знижується – це стосується як нітратів, так і амонійного азоту. У фазу повної стиглості зерна його вміст змінюється від 7,6 до 17,6 мг/кг ґрунту залежно від системи удобрення.

2. Залежно від дії і післядії удобрення, фази росту та розвитку пшениці озимої, вміст рухомих сполук фосфору змінюється від 75 до 129 мг/кг ґрунту. Найвищий вміст рухомих фосфатів у ґрунті формується у варіанті дослідів з внесенням лише фосфорних і калійних добрив. Значне достовірне зниження їх вмісту в ґрунті проходить за внесення лише азотних і калійних або лише азотних добрив. Внесення калійних добрив у дозі 40 і 60 кг/га д. р. сприяє підвищенню вмісту рухомих сполук калію в ґрунті у фазу кущіння пшениці озимої відповідно на 17 і 20 %, а перед збиранням урожаю – на 15 і 17 %. Це свідчить про засвоєння рослинами калію добрив, а також перехід його в необхідні форми.

3. На тривалість вегетаційного періоду впливають погодні умови. Так, за менш сприятливих умов 2019–2020 с.-г. р. він становить 177 діб, а в сприятливіших умовах – 243–244 доби. Перед збиранням урожаю рослини пшениці твердої озимої заввишки 69–87 см залежно від умов року проведення досліджень та удобрення. Незначну різницю у висоті рослин можна пояснити генетичними особливостями сорту. Так, на неудобрених ділянках рослини мають висоту 69–75 см, тоді як на тлі внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$ – 77–87 см, тобто різниця становить 12–16 %.

4. Площа листків пшениці озимої та її динаміка залежить як від погодних умов, так і від удобрення. Найменша площа листків формується в умовах 2019–2020 с.-г. року як на початку, так і впродовж усього

вегетаційного періоду. Так, у фазу ВВСН 20 і ВВСН 50 на ділянках без добрив вона відповідно на 32 і 67 % менша порівняно з показниками 2021–2022 с.-г. року. За внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) ці показники менші відповідно на 29 і 67 %. Види і дози мінеральних добрив та їх поєднання по-різному впливають на формування площі листків пшениці твердої озимої. Так, внесення лише азотних добрив у дозі 75 і 150 кг/га д. р. сприяє її збільшенню порівняно з контролем у фазу ВВСН 50 відповідно на 35 і 53 %. При цьому внесення лише фосфорних і калійних добрив істотно не впливає на формування площі листової поверхні. Зниження доз фосфорних і калійних добрив у його складі достовірно не знижує площу листків у фазу ВВСН 73. Проте за зниження дози повного мінерального добрива вдвічі – до $N_{75}P_{30}K_{40}$ достовірно знижує площу листків у цю фазу – на 11–19 % залежно від року проведення досліджень.

5. Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу посіву пшениці озимої залежить як від погодних умов, так і від удобрення. Найкращі умови для його формування мали рослини пшениці озимої у 2021–2022 с.-г. році. Вже у фазу ВВСН 20 він становить 120–126 тис. $m^2/(га \cdot діб)$, тоді як у 2020–2021 с.-г. році лише 32–34 тис. $m^2/(га \cdot діб)$ залежно від варіанту досліду. В цілому найбільше ФПП нарастає в міжфазний період ВВСН 20–ВВСН 30 у всі роки проведення досліджень, але з різною ефективністю.

Результати досліджень було висвітлено в наукових працях [53, 72].

Опубліковані результати за матеріалами розділу

1. Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Желєзна В. В. Формування індивідуальної продуктивності пшениці твердої озимої за її структурними складовими залежно від системи удобрення. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 65–74.

2. Любич В. В., Калантир В. О. Ефективність застосування різних видів і доз добрив під пшеницю тверду озиму. *Ґрунтово-агрохімічні*

дослідження як імператив для розвитку аграрного виробництва та розбудови України: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (24 травня 2023 р.) Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського». 2023. С. 73–75.

РОЗДІЛ 4

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

4.1 Структура врожаю

Пшениця найкраще реагує на азотну складову повного мінерального добрива. Застосування азотних добрив істотно впливає на ріст і розвиток рослин пшениці [4]. Крім цього, добрива можуть змінювати стійкість рослин пшениці до ураження хворобами [144].

Ефективність застосування добрив та продуктивність пшениці істотно залежить від абіотичних і біотичних чинників навколишнього природного середовища. При цьому застосування добрив може знижувати негативну дію окремих несприятливих чинників [137].

Густота пшениці твердої озимої змінювалась від фази росту та розвитку рослин, удобрення та погодних умов (табл. 4.1). Найбільшу кількість стебел рослини пшениці твердої озимої формували у 2022 р., що зумовлено сприятливішими погодними умовами. Так, у фазу виходу рослин у трубку цей показник у варіанті без добрив становив 686 шт/м² і зростав до 766 шт/м² або на 12 % у варіанті N₇₅. За умови застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив кількість стебел зростала до 865 шт/м² або на 26 %. У фазу колосіння кількість стебел була в 1,6–1,8 рази меншою порівняно з виходом рослин у трубку. Кількість продуктивних стебел зростала від 370 до 480 шт/м² або на 30 % за внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив, а за внесення N₁₅₀ – до 533 шт/м² або на 44 %. За умови застосування повного мінерального добрива (N₁₅₀P₆₀K₈₀) кількість продуктивних стебел зростала до 542 шт/м² або на 46 % порівняно з ділянками без добрив, або лише на 2 % більше порівняно з варіантом N₁₅₀. Кількість непродуктивних стебел при цьому була в межах 16–38 шт/м² залежно від варіанту досліду.

Таблиця 4.1

Густота пшениці твердої озимої залежно від удобрення, шт/м²

Варіант досліджу	Фаза росту та розвитку рослин				
	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 93		
			1	2	3
2020 р.					
Без добрив (контроль)	541	301	300	291	9
N ₇₅	554	343	342	338	4
N ₁₅₀	554	406	405	397	8
P ₆₀ K ₈₀	541	302	300	295	5
N ₁₅₀ K ₈₀	554	409	408	404	4
N ₁₅₀ P ₆₀	554	416	414	408	6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	554	351	350	346	4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	554	418	417	415	2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	554	419	418	410	8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	554	412	410	404	6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	554	410	409	401	8
<i>HIP₀₅</i>	26	19	18	16	1
2021 р.					
Без добрив (контроль)	413	255	254	239	15
N ₇₅	439	264	263	251	12
N ₁₅₀	535	313	312	304	8
P ₆₀ K ₈₀	422	259	257	245	12
N ₁₅₀ K ₈₀	538	319	318	310	8
N ₁₅₀ P ₆₀	535	325	324	318	6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	462	282	280	274	6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	540	328	327	320	7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	538	319	318	310	8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	540	328	326	319	7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	538	326	325	317	8
<i>HIP₀₅</i>	27	16	16	15	1
2022 р.					
Без добрив (контроль)	686	389	386	370	16
N ₇₅	766	508	505	480	25
N ₁₅₀	865	566	562	533	29
P ₆₀ K ₈₀	690	395	393	375	18
N ₁₅₀ K ₈₀	866	571	567	532	35
N ₁₅₀ P ₆₀	865	570	566	531	35
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	770	521	519	486	33
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	869	582	580	542	38
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	867	578	577	539	38
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	868	581	579	542	37
<i>HIP₀₅</i>	41	24	23	21	2

Примітка. кількість стебел: 1 – загальна, 2 – продуктивних, 3 – непродуктивних.

Незважаючи на затримання сходів до 25 січня в 2020 р., кількість стебел була вищою порівняно з 2021 р. Так, у фазу виходу рослин у трубку вона збільшувалась від 541 на контролі до 554 шт/м² у варіантах досліду з внесенням азотних добрив. Упродовж вегетаційного періоду кількість стебел зменшувалась. У фазу колосіння на неудобрених ділянках вона становила 301 шт/м² та збільшувалась до 343–350 – за внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив і до 406–419 шт/м² у варіанті досліду з тривалим застосуванням 150 кг/га д. р. азотних добрив. Необхідно зазначити, що тривале застосування P₆₀K₈₀ істотно не впливало на формування густоти стебел пшениці твердої озимої. Проте на їх тлі азотні добрива сприяли збільшенню кількості стебел. Так, кількість продуктивних стебел збільшувалась від 291 шт/м² у варіанті без добрив до 338 шт/м² або на 16 % за тривалого застосування N₇₅ і до 397 шт/м², або на 36 % за внесення N₁₅₀. У варіанті з тривалим застосуванням у сівозміні N₇₅P₃₀K₄₀ цей показник був на 19 %, а за внесення N₁₅₀P₆₀K₈₀ – на 43 % більшим порівняно з неудобреними ділянками. Тривале застосування азотно-калійної та азотно-фосфорної системи удобрення було на рівні варіанту внесення N₁₅₀. Кількість продуктивних стебел у варіантах з неповним поверненням у ґрунт винесеного з урожаєм фосфору і калію була на рівні варіанту з повним мінеральним добривом, а непродуктивних стебел зменшувалась від 9 шт/м² у варіанті без добрив до 2–8 шт/м² залежно від системи удобрення в сівозміні.

У 2021 р. густина пшениці твердої озимої була меншою порівняно з 2020 р. упродовж усього вегетаційного періоду. Тенденція впливу різних систем удобрення при цьому була подібною до 2020 р. Кількість продуктивних стебел збільшувалась від 239 шт/м² у варіанті без добрив до 251–320 шт/м² за тривалого застосування добрив у сівозміні. Проте цей показник був на 18–23 % меншим порівняно з 2020 р.

Найвищим коефіцієнт кушіння був у фазу виходу рослин у трубку – 2,00–2,63 (табл. 4.2). До закінчення вегетації він знижувався.

Таблиця 4.2

Коефіцієнти кущіння пшениці твердої озимої залежно від удобрення

Варіант досліджу	Фаза росту та розвитку рослин			
	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 93	
			1	2
2020 р.				
Без добрив (контроль)	2,03	1,13	1,12	1,09
N ₇₅	2,07	1,28	1,28	1,27
N ₁₅₀	2,07	1,52	1,52	1,49
P ₆₀ K ₈₀	2,03	1,13	1,12	1,10
N ₁₅₀ K ₈₀	2,07	1,53	1,53	1,51
N ₁₅₀ P ₆₀	2,07	1,56	1,55	1,53
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,07	1,31	1,31	1,30
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,07	1,57	1,56	1,55
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,07	1,57	1,57	1,54
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,07	1,54	1,54	1,51
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	2,07	1,54	1,53	1,50
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,11</i>	<i>0,07</i>	<i>0,07</i>	<i>0,06</i>
2021 р.				
Без добрив (контроль)	2,12	1,31	1,30	1,23
N ₇₅	2,25	1,35	1,35	1,29
N ₁₅₀	2,74	1,61	1,60	1,56
P ₆₀ K ₈₀	2,16	1,33	1,32	1,26
N ₁₅₀ K ₈₀	2,76	1,64	1,63	1,59
N ₁₅₀ P ₆₀	2,74	1,67	1,66	1,63
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,37	1,45	1,44	1,41
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,77	1,68	1,68	1,64
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,76	1,64	1,63	1,59
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,77	1,68	1,67	1,64
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	2,76	1,67	1,67	1,63
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,13</i>	<i>0,07</i>	<i>0,07</i>	<i>0,06</i>
2022 р.				
Без добрив (контроль)	2,08	1,18	1,17	1,12
N ₇₅	2,32	1,54	1,53	1,45
N ₁₅₀	2,62	1,72	1,70	1,62
P ₆₀ K ₈₀	2,09	1,20	1,19	1,14
N ₁₅₀ K ₈₀	2,62	1,73	1,72	1,61
N ₁₅₀ P ₆₀	2,62	1,73	1,72	1,61
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,33	1,58	1,57	1,47
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,63	1,76	1,76	1,64
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,63	1,75	1,75	1,63
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,63	1,76	1,75	1,64
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,11</i>	<i>0,05</i>	<i>0,04</i>	<i>0,03</i>

Примітка. Коефіцієнт кущіння: 1 – загальний, 2 – продуктивний.

Найнижчим був коефіцієнт продуктивного кушіння у фазу повної стиглості зерна – 1,09–1,64 залежно від системи удобрення. Тенденція впливу застосування добрив на цей показник була подібною до густоти стебел. необхідно зазначити, що в 2020 р. було 267 шт/м² рослин, у 2021 р. – 195 шт/м², а в 2022 р. – 330 шт/м². Тому коефіцієнт кушіння в 2020 р. був нижчим порівняно з 2021 р. У 2021–2022 рр. коефіцієнт кушіння у фазу виходу рослин у трубку був вищим порівняно з 2020 р. – 2,08–2,77 або на 4–34 %. Коефіцієнт продуктивного кушіння збільшувався від 1,23 у варіанті без добрив до 1,09–1,64 залежно від системи удобрення та року дослідження або на 5–33 %.

У середньому за три роки проведених досліджень встановлено, що маса зерна в одному колосі збільшувалась від 1,30 г у варіанті без добрив до 1,41 г або на 8 % за тривалого застосування N₇₅ (табл. 4,3). За внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив була на рівні варіанту без добрив – 1,33 г. Тривале застосування N₇₅P₃₀K₄₀ у польовій сівозміні не впливало на цей показник порівняно з варіантом внесення лише 75 кг/га д. р. азотних добрив. У варіанті N₁₅₀P₆₀K₈₀ маса зерна в одному колосі була на 5 % більшою порівняно з контролем. У варіантах з неповним поверненням у ґрунт винесеного з урожаєм фосфору і калію вона була на 2–3 % більшою порівняно з варіантом без добрив. необхідно зазначити, що тривале застосування фосфорних і калійних добрив у сівозміні збільшувало масу зерна в одному колосі лише на 3 %. Індекс стабільності при цьому знижувався від 1,99 до 1,61–1,74 залежно від системи удобрення.

Несприятливі погодні умови 2020 р. (низька температура повітря у фазу виходу рослин у трубку, мінусові температури повітря під час росту рослин у фазу ВВСН 33, менша кількість опадів упродовж вегетаційного періоду – 218 мм) знижували урожайність пшениці твердої озимої. Тому маса зерна в одному колосі була від 1,13 до 1,33, проте застосування азотних добрив істотно зменшувало її. Сприятливіша температура повітря і більша кількість опадів у вегетаційний період 2021 р. (243,4 мм) сприяли

формуванню більшої маси зерна в одному колосі на 34–57 % залежно від варіанту дослідження. Формування більшої кількості продуктивних стебел у 2022 р. сприяло формуванню найменшої маси зерна з одного колоса. Застосування різних систем удобрення в сівозміні істотно збільшували цей показник за тривалого внесення N_{75} , а в решти варіантах він не змінювався порівняно з контролем.

Таблиця 4.3

Маса зерна в одному колосі пшениці твердої озимої залежно від удобрення, г

Варіант дослідження	Рік дослідження			Середнє за три роки	Індекс стабільності
	2020	2021	2022		
Без добрив (контроль)	1,29	1,73	0,87	1,30	0,50
N_{75}	1,27	1,98	0,99	1,41	0,50
N_{150}	1,14	1,75	1,09	1,33	0,62
$P_{60}K_{80}$	1,33	1,87	0,81	1,34	0,43
$N_{150}K_{80}$	1,14	1,74	1,08	1,32	0,62
$N_{150}P_{60}$	1,14	1,81	1,02	1,32	0,56
$N_{75}P_{30}K_{40}$	1,27	1,96	0,97	1,40	0,49
$N_{150}P_{60}K_{80}$	1,16	1,85	1,07	1,36	0,58
$N_{150}P_{30}K_{40}$	1,13	1,77	1,06	1,32	0,60
$N_{150}P_{60}K_{40}$	1,15	1,83	1,05	1,34	0,57
$N_{150}P_{30}K_{80}$	1,16	1,77	1,07	1,33	0,60
<i>HIP₀₅</i>	0,06	0,09	0,04	–	–

Тенденція формування кількості зерен в одному колосі була подібною до показника маси зерна в одному колосі. Так, у середньому за три роки проведених досліджень вона збільшувалась від 29,7 до 33,3 шт. або на 12 % за тривалого застосування лише 75 кг/га д. р. азотних добрив (табл. 4.4). Внесення найбільшої дози азотних добрив на тлі фосфорних і калійних збільшувало кількість зерен в одному колосі до 31,7–32,6 шт.,

індекс стабільності при цьому становив 0,39–0,58.

Таблиця 4.4

Кількість зерен в одному колосі пшениці твердої озимої залежно від удобрення, шт.

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє за три роки	Індекс стабільності
	2020	2021	2022		
Без добрив (контроль)	29,7	40,7	18,7	29,7	0,46
N ₇₅	30,6	47,8	21,5	33,3	0,45
N ₁₅₀	27,6	42,9	24,6	31,7	0,57
P ₆₀ K ₈₀	30,2	43,2	16,9	30,1	0,39
N ₁₅₀ K ₈₀	27,1	42,5	24,8	31,5	0,58
N ₁₅₀ P ₆₀	26,9	44,8	23,9	31,9	0,53
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	30,2	47,8	21,4	33,1	0,45
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	27,3	45,9	24,7	32,6	0,54
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	26,9	43,7	24,5	31,7	0,56
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	27,1	45,2	24,3	32,2	0,54
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	27,5	43,7	24,9	32,0	0,57
<i>НІР₀₅</i>	<i>1,4</i>	<i>2,3</i>	<i>1,3</i>	–	–

За сприятливіших погодних умов 2021 р. кількість зерен в одному колосі збільшувалась від 40,7 до 47,8 шт. за внесення N₇₅ або на 17 % і до 42,9 шт. у варіанті досліджу N₁₅₀, або на 5 %. У варіантах застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив на тлі фосфорних і калійних їх було 43,7–45,9 шт. або на 5–13 % більше порівняно з контролем. За погодних умов 2020 р. застосування лише 75 кг/га д. р. азотних добрив сприяло істотному збільшенню кількості зерен в одному колосі – до 30,6 шт. або на 3 %, а в решти варіантах застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив їх кількість істотно зменшувався до 26,9–27,3 шт. Необхідно зазначити, що тривале застосування в сівозміні P₆₀K₈₀ без азотних добрив не зменшувало

кількості зерен в одному колосі порівняно з неудобреними ділянками і було на рівні – 30,2–43,2 шт. залежно від року проведення дослідження.

Маса 1000 зерен пшениці твердої озимої як у середньому, так і за роки проведення досліджень зменшувалась, проте індекс стабільності був на рівні 0,90–0,95 (табл. 4.5). На неудообрених ділянках вона була 44,1 г, а за внесення азотних добрив – 41,8–43,0 г залежно від варіанту досліду. Необхідно зазначити, що тривале застосування лише фосфорних і калійних добрив не зменшувало цього показника. У 2022 р. маса 1000 зерен була більшою – 42,6–46,5 г, тоді як у 2021 р. – 40,3–42,6 г залежно від варіанту досліду.

Таблиця 4.5

Маса 1000 зерен пшениці твердої озимої залежно від удобрення, г

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє за три роки	Індекс стабільності
	2020	2021	2022		
Без добрив (контроль)	43,3	42,6	46,5	44,1	0,92
N ₇₅	41,5	41,5	45,9	43,0	0,90
N ₁₅₀	41,3	40,7	44,1	42,0	0,92
P ₆₀ K ₈₀	43,9	43,4	48,1	45,1	0,90
N ₁₅₀ K ₈₀	42,1	40,9	43,2	42,1	0,95
N ₁₅₀ P ₆₀	42,3	40,3	43,1	41,9	0,94
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	42,2	41,1	45,3	42,9	0,91
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	42,6	40,3	42,7	41,9	0,94
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	42,0	40,6	42,8	41,8	0,95
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	42,5	40,4	42,9	41,9	0,94
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	42,3	40,6	42,6	41,8	0,95
<i>НІР₀₅</i>	<i>2,1</i>	<i>1,9</i>	<i>2,0</i>	–	–

Для пшениці дуже високою вважається маса 1000 зерен > 35 г, високою, якщо цей показник знаходиться в межах – 30–35, середньою – 27–30, низькою < 27 г [95]. Отже, маса 1000 зерен пшениці твердої озимої

була дуже високою як у середньому, так і за роками проведення досліджень.

У середньому за три роки досліджень довжина колоса пшениці твердої озимої зростала від 5,4 см у варіанті без добрив до 6,2 см за внесення N_{75} або на 15 % і до 6,6 см за внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив, або на 22 % (табл. 4.6). Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ збільшувало цей показник до 6,4 см або на 19 % порівняно з ділянками без добрив, або лише на 2 % порівняно з варіантом N_{75} . Найдовшим був колос за внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$ – 6,9 см, що було на 28 % більшим порівняно з контролем. При цьому цей показник був лише на 5 % більшим порівняно з азотною системою удобрення. Індекс стабільності довжини колоса майже не змінювався залежно від удобрення.

Таблиця 4.6

Довжина колоса пшениці твердої озимої залежно від удобрення, см

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє за три роки	Індекс стабільності
	2020	2021	2022		
Без добрив (контроль)	4,3	5,9	6,0	5,4	0,72
N_{75}	5,0	6,9	6,8	6,2	0,72
N_{150}	5,6	6,9	7,4	6,6	0,76
$P_{60}K_{80}$	4,4	6,2	6,0	5,5	0,71
$N_{150}K_{80}$	5,8	7,0	7,4	6,7	0,78
$N_{150}P_{60}$	5,7	7,0	7,4	6,7	0,77
$N_{75}P_{30}K_{40}$	5,2	7,1	6,8	6,4	0,73
$N_{150}P_{60}K_{80}$	6,0	7,2	7,5	6,9	0,80
$N_{150}P_{30}K_{40}$	5,7	7,0	7,4	6,7	0,77
$N_{150}P_{60}K_{40}$	5,8	7,2	7,5	6,8	0,77
$N_{150}P_{30}K_{80}$	5,8	7,0	7,5	6,8	0,77
<i>НІР₀₅</i>	0,3	0,4	0,4	–	–

Кількість колосків у колосі пшениці твердої озимої достовірно збільшувалась від застосування удобрення, особливо від азотної складової (табл. 4.7). Так, у середньому за три роки досліджень кількість колосків зростала від 13,6 до 14,5–15,3 шт. залежно від варіанту досліду. Індекс стабільності при цьому був у межах 0,75–0,84. Найменше на цей показник впливало застосування фосфорно-калійної системи удобрення.

Таблиця 4.7

**Кількість колосків у колосі пшениці твердої озимої залежно від удобрення,
шт.**

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє за три роки	Індекс стабільності
	2020	2021	2022		
Без добрив (контроль)	12,3	14,7	13,7	13,6	0,84
N ₇₅	12,8	16,3	14,3	14,5	0,79
N ₁₅₀	13,2	17,3	14,8	15,1	0,76
P ₆₀ K ₈₀	12,5	14,9	13,7	13,7	0,84
N ₁₅₀ K ₈₀	13,3	17,5	14,8	15,2	0,76
N ₁₅₀ P ₆₀	13,3	17,8	14,8	15,3	0,75
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	12,9	16,7	14,4	14,7	0,77
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	13,5	17,8	14,9	15,4	0,76
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	13,2	17,4	14,8	15,1	0,76
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	13,4	17,6	14,9	15,3	0,76
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	13,4	17,5	14,8	15,2	0,77
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,7</i>	<i>0,9</i>	<i>0,8</i>	–	–

Отже, найбільше на формування елементів структури урожаю пшениці твердої озимої впливає азотна складова повного мінерального добрива.

4.2 Індекси продуктивності пшениці твердої озимої

У виробничих умовах коефіцієнт використання рослинами елементів живлення зазвичай є нижчим потенційно можливих значень. Вчені трактують ефективність використання елементів живлення як здатність генотипів давати високий урожай на ґрунтах, у яких доступність елементів живлення є обмеженим для стандартного генотипу. Зазвичай дослідження з ефективності удобрення не завжди містять інформацію про особливості формування продуктивності стебла рослин. Дослідження в цьому аспекті дадуть можливість визначити не використані резерви підвищення продуктивності пшениці твердої озимої [67].

Дослідження свідчать, що індекси продуктивності пшениці твердої озимої істотно змінювались залежно від тривалого застосування різних видів і доз добрив у польовій сівозміні (табл. 4.8). Так, відношення маси соломи до зерна зростало від 2,2 у варіанті досліду без добрив до 2,4 у варіантах із найбільшою дозою азотних добрив у 2020 р. Застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив підвищувало його до 2,3. Відношення маси зерна до соломи знижувалось від 0,45 до 0,42–0,43 залежно від варіанту досліду. Збиральний індекс також знижувався від 31,3 до 29,4 %. Проте частка зерна в полові зростала від 72,7 до 74,0 % у варіанті з половинною дозою азотних добрив і до 75,9 % за внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив. Індекс мікророзподілу зростав від 4,0 до 4,7, що свідчить про збільшення частки полові у зерновій масі зерна у варіантах із застосуванням азотних добрив.

Відношення маси стебла до його висоти у пшениці твердої озимої істотно знижувалось з поліпшенням азотного живлення рослин. Так, на неудобрених ділянках цей показник становив 0,049 і знижувався до 0,041–0,047 у варіантах із застосуванням азотних добрив. Висока частка соломи у загальній масі рослин підтверджується індексом потенційної продуктивності, який знижувався від 0,35 у варіанті без добрив до 0,33 на тлі застосування азотних добрив. Атракція також була низькою і знижувалась відповідно від 0,51 до 0,46–0,48.

**Індекси продуктивності пшениці твердої озимої залежно від
удобрення**

Варіант досліджу	Індекс							
	RSG	RGS	SI	SGEG	Міс	II	SPI	AI
2020 р.								
Без добрив (контроль)	2,2	0,45	31,3	72,7	4,0	0,049	0,35	0,51
N ₇₅	2,3	0,43	30,3	74,0	4,2	0,048	0,33	0,48
N ₁₅₀	2,4	0,42	29,4	75,9	4,6	0,042	0,33	0,47
P ₆₀ K ₈₀	2,2	0,45	31,2	72,3	4,0	0,050	0,35	0,51
N ₁₅₀ K ₈₀	2,4	0,42	29,4	75,9	4,6	0,042	0,33	0,47
N ₁₅₀ P ₆₀	2,4	0,42	29,4	75,9	4,6	0,042	0,33	0,46
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,3	0,43	30,3	73,9	4,2	0,047	0,34	0,48
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,4	0,42	29,4	76,0	4,6	0,042	0,33	0,47
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,4	0,42	29,4	76,0	4,7	0,041	0,33	0,47
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,4	0,42	29,4	76,0	4,6	0,042	0,33	0,46
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	2,4	0,42	29,4	75,9	4,6	0,042	0,33	0,47
2021 р.								
Без добрив (контроль)	2,0	0,50	33,3	75,6	4,4	0,064	0,36	0,54
N ₇₅	2,1	0,48	32,3	76,2	4,6	0,068	0,35	0,52
N ₁₅₀	2,2	0,45	31,3	76,7	4,6	0,061	0,34	0,49
P ₆₀ K ₈₀	2,0	0,50	33,3	75,6	4,5	0,066	0,36	0,55
N ₁₅₀ K ₈₀	2,2	0,45	31,3	76,7	4,6	0,061	0,34	0,49
N ₁₅₀ P ₆₀	2,2	0,45	31,2	76,7	4,8	0,062	0,34	0,50
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,1	0,48	32,3	76,2	4,6	0,066	0,35	0,52
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,2	0,45	31,3	76,7	4,6	0,063	0,34	0,49
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,2	0,45	31,3	76,7	4,7	0,062	0,34	0,49
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,2	0,45	31,3	76,7	4,7	0,063	0,34	0,49
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	2,2	0,45	31,2	76,7	4,7	0,062	0,34	0,49
2022 р.								
Без добрив (контроль)	1,8	0,58	32,1	75,1	4,3	0,061	0,35	0,51
N ₇₅	1,9	0,54	32,2	75,8	4,5	0,062	0,33	0,53
N ₁₅₀	2,0	0,50	30,9	76,0	4,5	0,060	0,33	0,47
P ₆₀ K ₈₀	1,8	0,59	32,2	75,2	4,3	0,064	0,36	0,50
N ₁₅₀ K ₈₀	2,0	0,49	30,8	75,9	4,7	0,060	0,33	0,47
N ₁₅₀ P ₆₀	2,0	0,50	30,9	75,8	4,7	0,061	0,33	0,47
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	1,9	0,54	32,5	75,9	4,5	0,063	0,33	0,54
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,0	0,49	30,8	75,9	4,7	0,062	0,33	0,47
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,0	0,51	30,7	75,8	4,8	0,061	0,33	0,47
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,0	0,49	30,9	75,9	4,8	0,061	0,33	0,47
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	2,0	0,49	30,9	75,8	4,8	0,060	0,33	0,47

За погодних умов 2021 і 2022 рр. відношення соломи до зерна було меншим порівняно з 2020 р. – 1,8–2,2 залежно від удобрення. Завдяки формуванню більшої урожайності зерна решта індексів продуктивності в 2021–2022 р. були вищими. Описана тенденція була подібною в роки проведення досліджень. При цьому необхідно відзначити, що тривале застосування фосфорних і калійних добрив у польовій сівозміні достовірно не змінювало індекси продуктивності пшениці твердої озимої порівняно з варіантами досліду з азотною складовою.

Встановлено, що застосування азотних добрив також знижувало селекційні індекси пшениці твердої озимої (табл. 4.9). Застосування фосфорних і калійних добрив сприяло зростанню білоцерківського та полтавського індексів, а показники решти індексів істотно не змінювались порівняно з варіантом без добрив.

У 2020 р. кількість зерен на 1 см довжини стебла (фіноскандинавський індекс) пшениці твердої озимої зменшувалась від 0,40, до 0,32–0,38 шт. у варіантах досліду з внесенням азотних добрив. Маса зерна з одного колоса при цьому зменшувалась від 0,017 до 0,014–0,016 г, а маса 1000 зерен – від 0,577 до 0,498–0,521 г залежно від варіанту досліду. Білоцерківський індекс був меншим на 24 % у варіанті N₇₅ і на 35 % – у варіанті досліду N₁₅₀. Застосування фосфорних і калійних добрив із азотними істотно не впливало на ці показники. Маса зерна з одного колоса на 1 см верхнього міжвузля (полтавський індекс) зменшувалась від 0,036 до 0,031–0,035 г залежно від варіанту досліду. Індекс лінійної щільності колоса також знижувався з поліпшенням азотного живлення рослин. Так, у варіанті без добрив він був 6,9 шт/см колоса. Застосування лише азотних добрив зменшувало цей показник на 12–29 %, а за повного мінерального добрива – на 16–33 % порівняно з ділянками без добрив.

Збільшення врожайності зерна пшениці твердої озимої в 2021–2022 рр. також сприяло підвищенню селекційних індексів, що зумовлено сприятливішими погодними умовами порівняно з 2020 р.

Таблиця 4.9

Селекційні індекси пшениці твердої озимої залежно від удобрення

Варіант досліду	Індекс					
	FSI	MI	IP	BI	PI	GEGI
2020 р.						
Без добрив (контроль)	0,40	0,017	0,577	0,115	0,036	6,9
N ₇₅	0,38	0,016	0,519	0,087	0,035	6,1
N ₁₅₀	0,33	0,014	0,498	0,075	0,030	4,9
P ₆₀ K ₈₀	0,40	0,018	0,578	0,121	0,041	6,9
N ₁₅₀ K ₈₀	0,33	0,014	0,507	0,079	0,031	4,7
N ₁₅₀ P ₆₀	0,32	0,014	0,510	0,077	0,031	4,7
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	0,37	0,016	0,521	0,088	0,035	5,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	0,33	0,014	0,507	0,077	0,032	4,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	0,32	0,014	0,506	0,075	0,031	4,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	0,32	0,014	0,506	0,077	0,032	4,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	0,33	0,014	0,504	0,077	0,032	4,7
2021 р.						
Без добрив (контроль)	0,54	0,023	0,561	0,126	0,046	6,9
N ₇₅	0,58	0,024	0,500	0,124	0,050	6,9
N ₁₅₀	0,50	0,021	0,479	0,101	0,042	6,2
P ₆₀ K ₈₀	0,55	0,024	0,556	0,144	0,055	7,0
N ₁₅₀ K ₈₀	0,50	0,020	0,481	0,102	0,044	6,1
N ₁₅₀ P ₆₀	0,53	0,021	0,474	0,108	0,048	6,4
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	0,57	0,023	0,489	0,130	0,050	6,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	0,53	0,021	0,463	0,116	0,046	6,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	0,51	0,021	0,478	0,107	0,044	6,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	0,53	0,021	0,470	0,114	0,046	6,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	0,51	0,021	0,478	0,109	0,045	6,2
2022 р.						
Без добрив (контроль)	0,51	0,020	0,562	0,125	0,042	6,5
N ₇₅	0,54	0,021	0,503	0,122	0,048	6,4
N ₁₅₀	0,47	0,019	0,478	0,100	0,040	6,0
P ₆₀ K ₈₀	0,51	0,021	0,559	0,141	0,052	6,6
N ₁₅₀ K ₈₀	0,47	0,018	0,482	0,100	0,041	6,0
N ₁₅₀ P ₆₀	0,50	0,019	0,471	0,105	0,044	6,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	0,55	0,021	0,487	0,127	0,047	6,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	0,51	0,019	0,460	0,113	0,042	6,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	0,51	0,018	0,475	0,104	0,042	6,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	0,52	0,019	0,468	0,111	0,043	6,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	0,52	0,019	0,476	0,106	0,041	6,0

На нашу думку, індекси продуктивності можна застосовувати для

прогнозування рівня врожайності зерна пшениці твердої озимої. Збільшення кількості продуктивних стебел зумовлювало зменшення його маси, проте продуктивність пшениці твердої озимої при цьому зростала. Найбільше знижувало індекси продуктивності застосування азотних добрив, оскільки найсильніше впливало на збільшення врожаю зерна.

4.3 Урожайність зерна та соломи

Встановлено, що в середньому за три роки досліджень урожайність зерна пшениці твердої озимої за тривалого застосування $N_{150}P_{60}K_{80}$ збільшувалась у 1,3 рази (5,0 т/га) порівняно з варіантом без добрив (3,8 т/га) (рис. 4.1). У варіантах з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив цей показник був меншим лише на 2–6 % порівняно з повним мінеральним добривом, проте достовірно. Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ збільшувало врожайність у 1,2 рази (4,7 т/га) порівняно з ділянками без добрив. За такого сценарію удобрення врожайність була лише на 6 % меншою порівняно з тривалим застосуванням $N_{150}P_{60}K_{80}$.

Ефективність азотно-фосфорних і азотно-калійних систем удобрення була на рівні варіантів з неповним поверненням фосфору й калію з добривами. Проте врожайність була достовірно меншою порівняно з повним мінеральним добривом. Тривале застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив збільшувало врожайність зерна в 1,2 рази порівняно з неудобреними ділянками. Цей показник був достовірно меншим порівняно з варіантом $N_{75}P_{30}K_{40}$. Застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив збільшувало врожайність у 1,2 рази порівняно з контролем. Ефективність такої системи удобрення була на рівні варіанту $N_{75}P_{30}K_{40}$. Проте врожайність була достовірно меншою порівняно з варіантами, де застосовували азотно-фосфорно-калійні добрива.

Найменше на врожайність пшениці твердої озимої впливало застосування фосфорно-калійної системи удобрення. За такої системи

удобрення вона збільшувалась лише на 8 % порівняно з варіантом без добрив і була достовірно меншою порівняно з варіантами, які включали азотну складову.

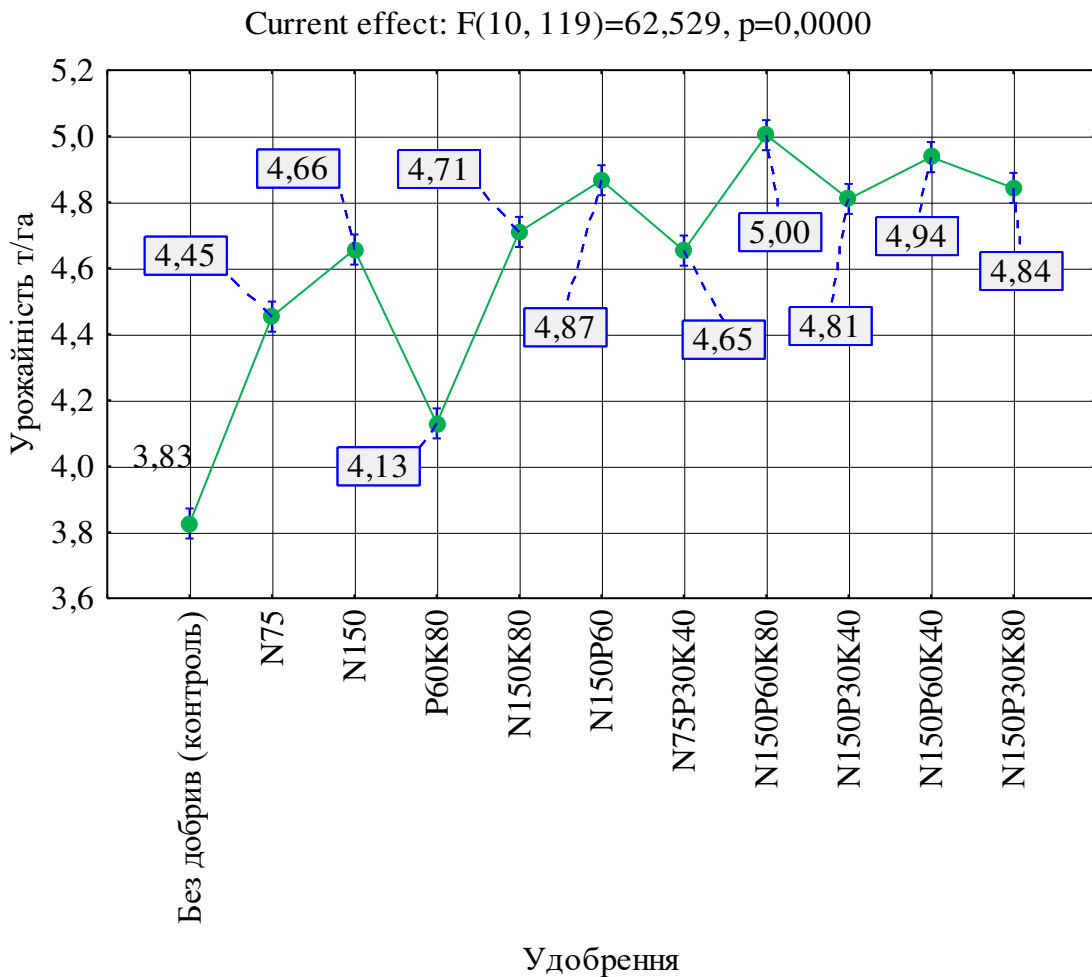


Рис. 4.1 Урожайність зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), т/га

Результати статистичного аналізу підтверджують достовірний вплив погодних умов на формування врожайності зерна пшениці твердої озимої (рис. 4.2). Так, сприятливіші погодні умови 2021 і 2022 рр. забезпечують отримання на 23–25 % більшу врожайність зерна порівняно з погодними умовами 2020 року.

Крім цього, ефективність удобрення залежала від погодних умов вегетаційного періоду (додаток А 4.1). Так, у кращому за розподілом опадів 2021 р. приріст урожайності зерна від застосування повного

мінерального добрива становив 1,60 т/га, а в 2020 і 2022 рр. лише 0,94–0,99 т/га.

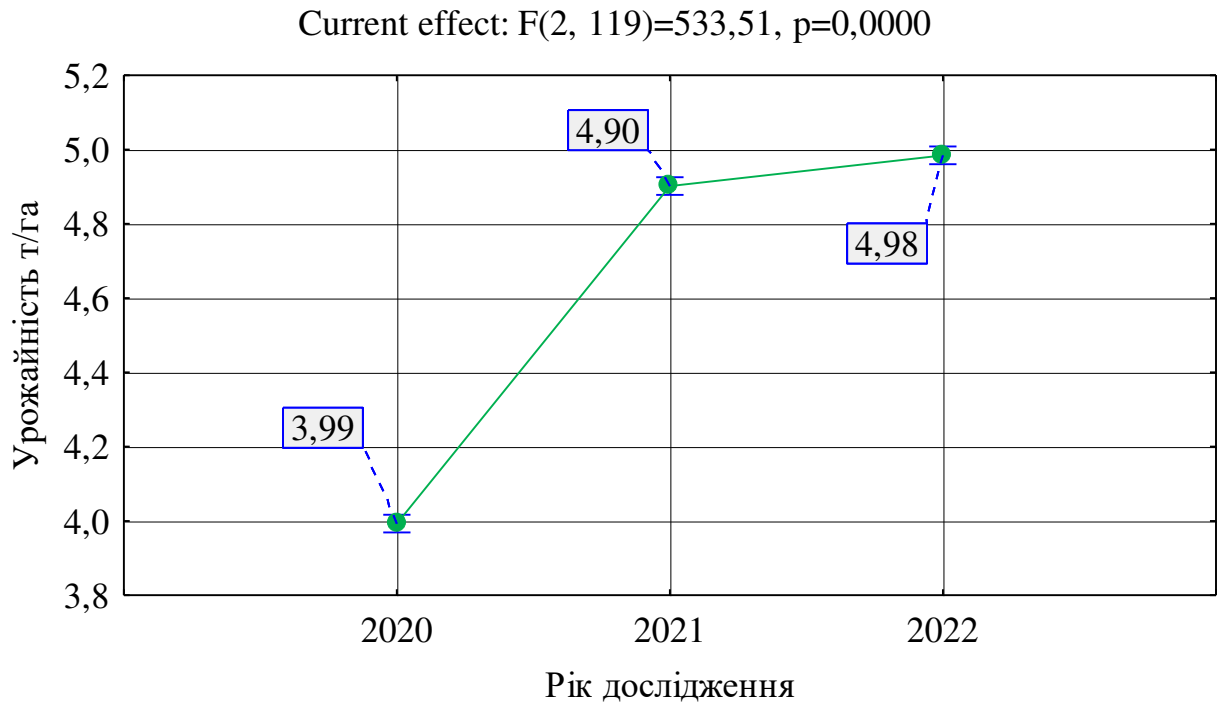


Рис. 4.2 Урожайність зерна пшениці твердої озимої залежно від року дослідження, т/га

Погодні умови 2021 р. були типовими для Правобережного Лісостепу України. У 2020 р. за вегетаційний період випало лише 187,5 мм опадів, що в 1,5 рази менше порівняно з 2021 р. (281,7 мм). Це означає, що рослини пшениці твердої озимої в 2020 р. перебували в умовах стресу від дефіциту вологи, що вплинуло на формування меншого врожаю зерна. Доведено, що зниження рівня врожайності зерна пшениці твердої озимої в умовах стресу зумовлено формуванням меншої кількості продуктивних стебел, маси зерна та їх кількості в одному колосі [41]. В інших дослідженнях [49] застосування N_{25-75} у сприятливішому році збільшувало врожайність зерна пшениці озимої від 5,97 т/га до 9,62 т/га, тоді як у менш сприятливому році – від 4,52 т/га до 6,89 т/га. Ці результати підтвердили роль кількості та розподілу опадів у вегетаційний період для формування врожайності пшениці в умовах Правобережного Лісостепу України.

Ефективність застосування систем удобрення залежала від азотної складової повного мінерального добрива, оскільки пшениці – азотофільна культура [58, 59]. Тому великого зменшення врожайності зерна пшениці твердої озимої від неповного повернення фосфорних і калійних добрив не було. Тривале застосування (з 2011 р.) $N_{75}P_{30}K_{40}$ за ефективністю було на рівні тривалого застосування N_{150} . Це підтвердило висновки про високу ефективність невисоких доз добрив за тривалого їх застосування [68].

Урожайність соломи пшениці твердої озимої також змінювалась залежно від удобрення та погодних умов років досліджень (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

**Урожайність соломи пшениці твердої озимої залежно від
удобрення, т/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє за три роки	На 1 т зерна соломи
	2020	2021	2022		
Без добрив (контроль)	7,41	7,70	6,89	7,33	1,91
N_{75}	8,97	9,60	8,46	9,01	2,02
N_{150}	9,74	10,89	9,32	9,98	2,14
$P_{60}K_{80}$	7,77	8,38	7,43	7,86	1,90
$N_{150}K_{80}$	9,89	11,04	9,42	10,12	2,15
$N_{150}P_{60}$	10,03	11,51	9,74	10,43	2,14
$N_{75}P_{30}K_{40}$	9,15	10,33	8,84	9,44	2,03
$N_{150}P_{60}K_{80}$	10,34	11,99	10,00	10,78	2,16
$N_{150}P_{30}K_{40}$	9,91	11,22	9,62	10,25	2,13
$N_{150}P_{60}K_{40}$	10,03	11,90	9,88	10,60	2,15
$N_{150}P_{30}K_{80}$	9,98	11,51	9,68	10,39	2,15
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,49</i>	<i>0,51</i>	<i>0,48</i>	–	–

Тенденція впливу різних видів добрив на врожайність соломи була

подібною до врожайності зерна. У середньому за три роки досліджень цей показник збільшувався від 7,33 до 10,78 т/га за внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$. При цьому на 1 т зерна кількість соломи зростала від 1,91 до 2,16 т.

Відношення маси соломи до зерна пшениці твердої озимої у середньому за три роки досліджень зростало від 2,0 у варіанті без добрив до 2,1–2,2 за внесення добрив з азотною складовою (табл. 4.11). На цей показник не впливала фосфорно-калійна система удобрення. При цьому відношення маси соломи до зерна значно змінювалось залежно від року дослідження. Так, найвищим воно було в 2020 р. – 2,2–2,4, а найнижчим – у 2022 р. – 1,8–2,0.

Таблиця 4.11

Відношення маси соломи до зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	2,2	2,0	1,8	2,0
N_{75}	2,3	2,1	1,9	2,1
N_{150}	2,4	2,2	2,0	2,2
$P_{60}K_{80}$	2,2	2,0	1,8	2,0
$N_{150}K_{80}$	2,4	2,2	2,0	2,2
$N_{150}P_{60}$	2,4	2,2	2,0	2,2
$N_{75}P_{30}K_{40}$	2,3	2,1	1,9	2,1
$N_{150}P_{60}K_{80}$	2,4	2,2	2,0	2,2
$N_{150}P_{30}K_{40}$	2,4	2,2	2,0	2,2
$N_{150}P_{60}K_{40}$	2,4	2,2	2,0	2,2
$N_{150}P_{30}K_{80}$	2,4	2,2	2,0	2,2

Отже, тривале застосування добрив, крім фосфорно-калійної системи удобрення, у польовій сівозміні достовірно впливає на формування врожаю пшениці твердої озимої (сорт Андромеда). Найвищу ефективність

мають системи удобрення з азотною складовою. Фосфорні та калійні добрива найменше впливають на врожайність і якість зерна пшениці твердої озимої. Ефективність застосування добрив змінюється залежно від погодних умов вегетаційного періоду.

4.4 Технологічні показники якості зерна

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. 4.12).

Таблиця 4.12

Натура зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення, г/л

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	788	782	844	805
N ₇₅	783	785	850	806
N ₁₅₀	771	786	838	798
P ₆₀ K ₈₀	782	784	850	805
N ₁₅₀ K ₈₀	777	786	833	799
N ₁₅₀ P ₆₀	770	788	835	798
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	780	790	848	806
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	768	783	837	796
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	771	787	834	797
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	770	788	835	798
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	775	786	831	797
<i>НІР₀₅</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>41</i>	–

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_{75} – 806 г/л, а за внесення $P_{60}K_{80}$ – 805 г/л. У решти варіантів дослідів 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 ≥ 785 г/л – дуже висока, 764–785 – висока, 725–764 – середня, ≤ 724 г/л – низька [95]. 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. 4.3). Винятком була лише фосфорно-калійна система удобрення, яка достовірно не впливала на вміст білка. Тривале застосування N_{75} 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_{75} . 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. 4.4) 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 % (додаток А 4.2). Так, усі системи удобрення, крім фосфорно-калійної, достовірно впливали на зростання вмісту білка в зерні пшениці твердої озимої. 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.

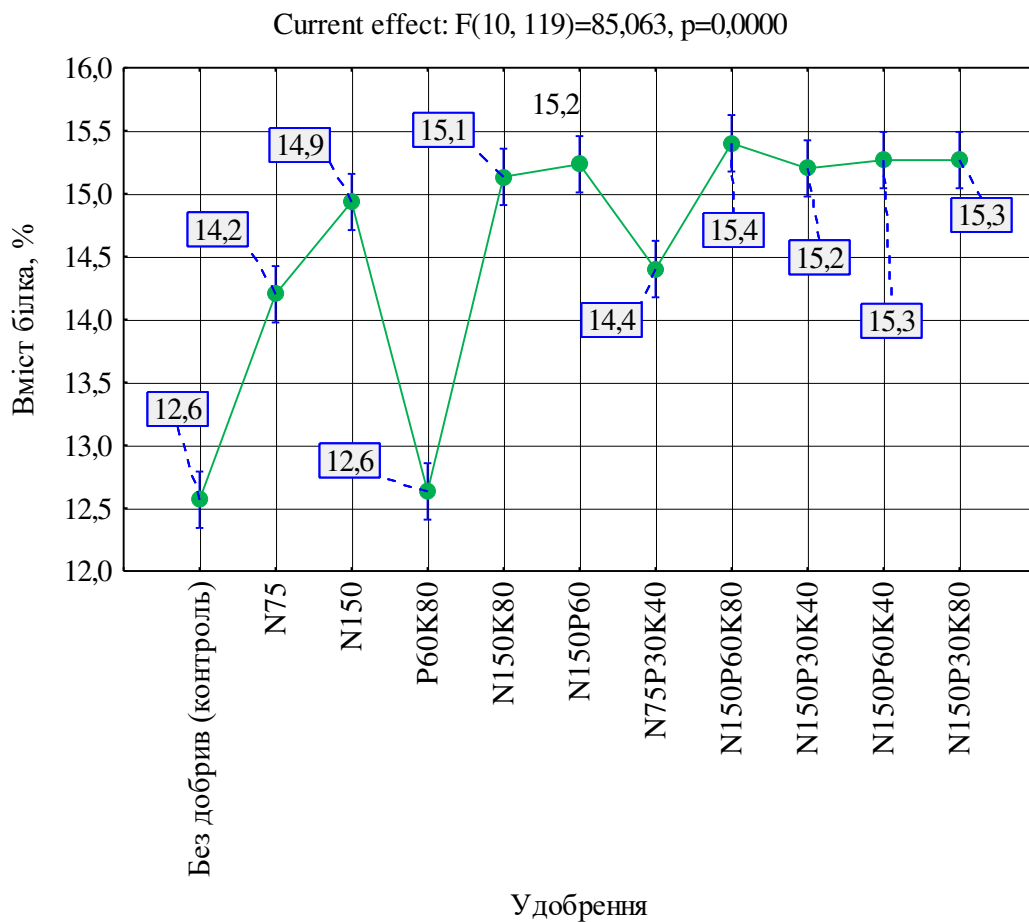


Рис. 4.3 Вміст білка в зерні пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), %

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.

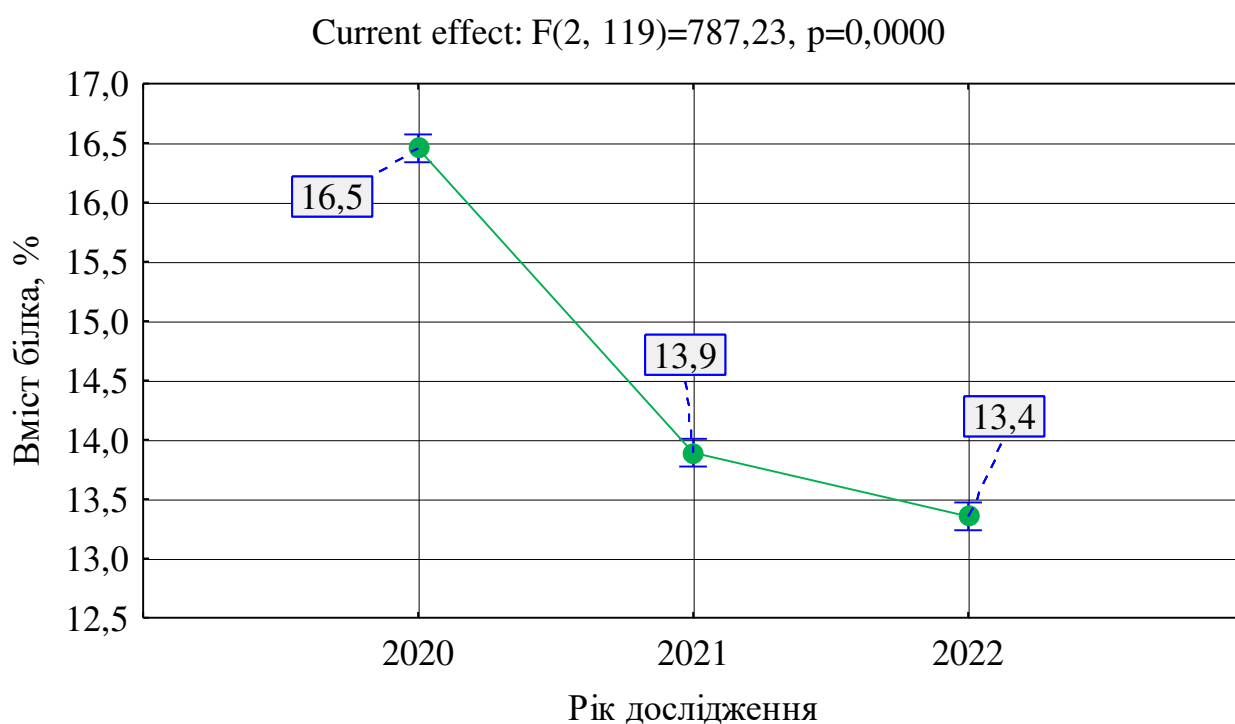


Рис. 4.4 Вміст білка в зерні пшениці твердої озимої залежно від року проведення дослідження, %

Результати досліджень інших вчених [172] 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. 4.5). 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. 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.

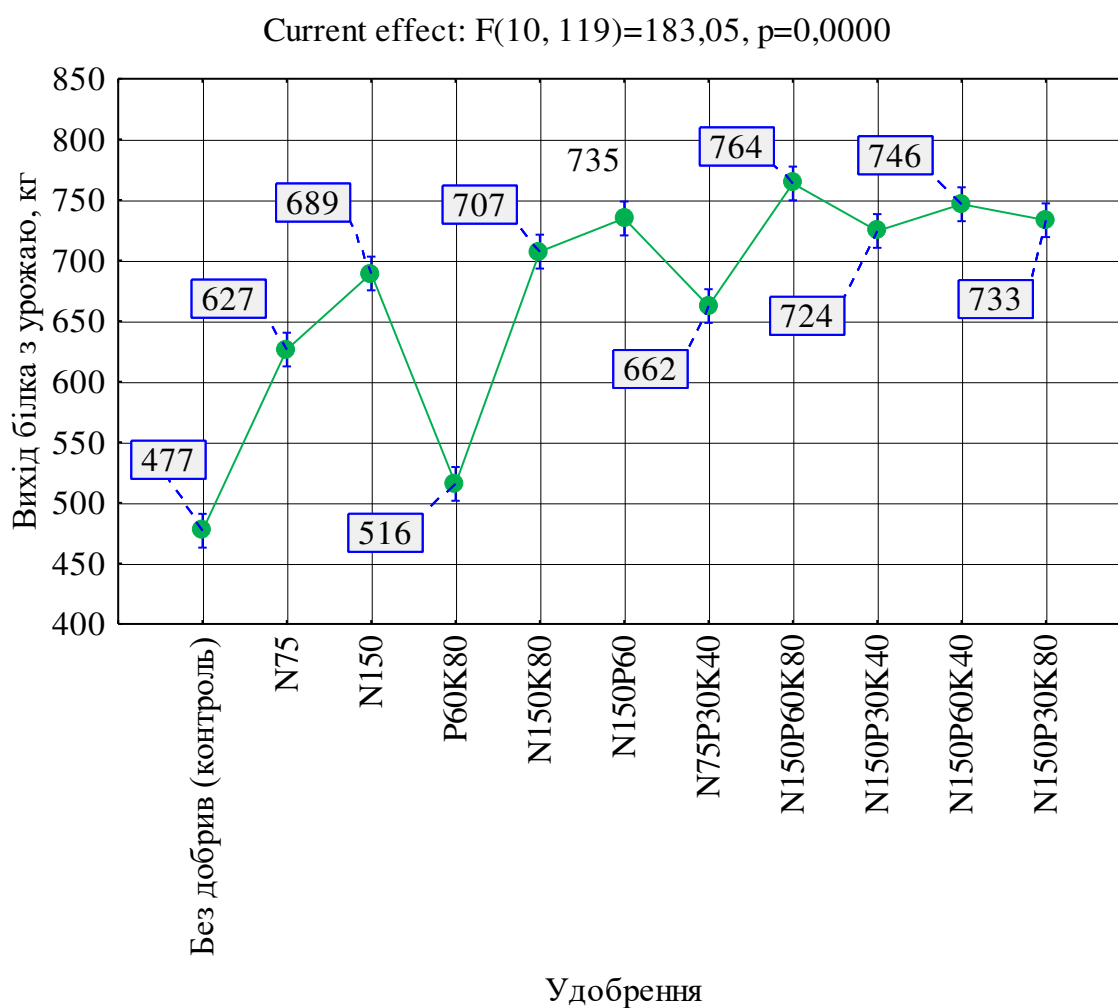


Рис. 4.5 Вихід білка з урожаю зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), кг/га

Вихід білка з урожаю зерна врожаю 2021 р. був на 6–8 % більшим порівняно з 2020 р., крім варіантів застосування N_{75} (рис. 4.6). 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 (додаток А 4.3). 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_{75} і $N_{75}P_{30}K_{40}$ забезпечили вищий вихід білка в 2020 р. Показник збору білка зумовлений формуванням вищого його вмісту в 2020 р.

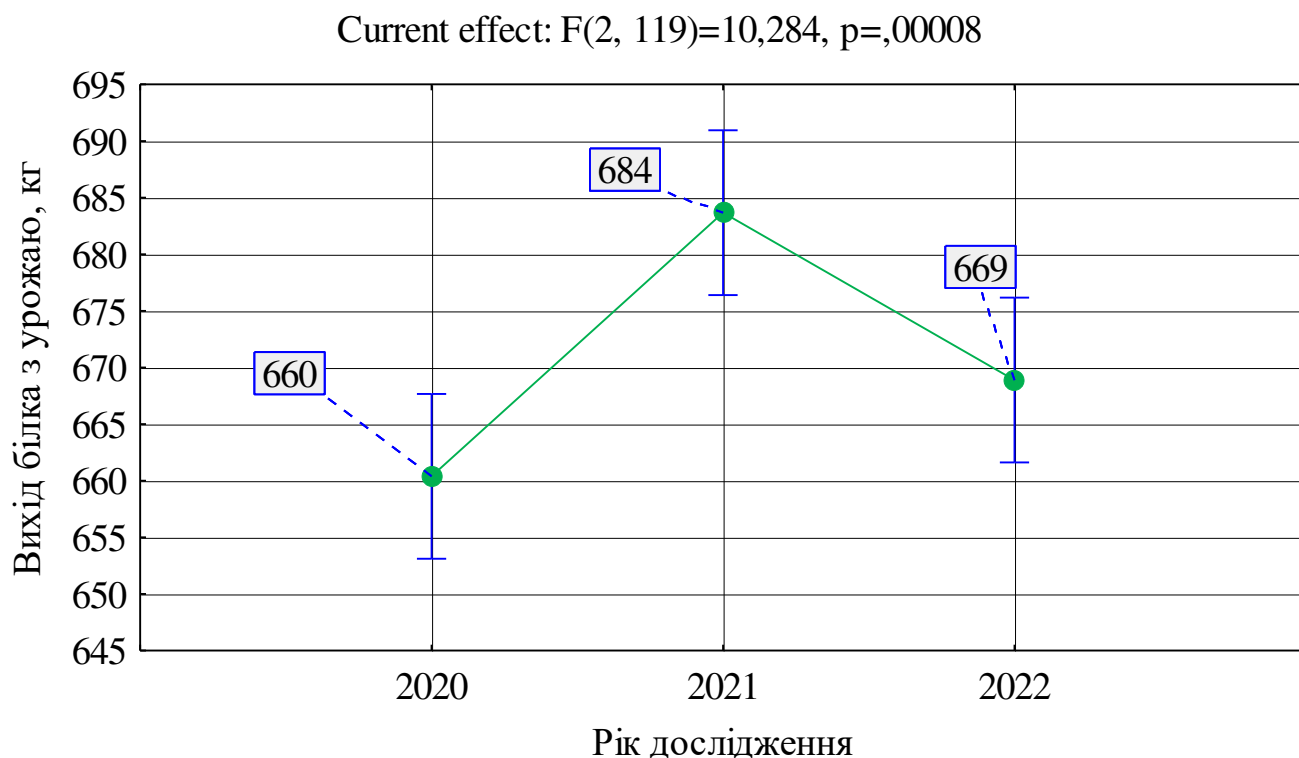


Рис. 4.6 Вихід білка з урожаю зерна пшениці твердої озимої залежно від року проведення дослідження, кг/га

Результати досліджень свідчать, що індекс твердості зерна пшениці твердої озимої достовірно зростав за внесення азотних добрив (табл. 4.13). 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.

Таблиця 4.13

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

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	67,3	68,0	61,7	65,7
N ₇₅	76,8	72,5	69,4	72,9
N ₁₅₀	80,7	75,6	71,3	75,9
P ₆₀ K ₈₀	65,3	68,8	67,9	67,3
N ₁₅₀ K ₈₀	80,4	76,1	74,5	77,0
N ₁₅₀ P ₆₀	80,1	76,8	74,9	77,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	77,1	73,0	69,7	73,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	81,2	76,7	72,9	76,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	80,7	76,5	71,9	76,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	80,4	76,6	71,7	76,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	80,4	76,5	71,1	76,0
<i>НІР₀₅</i>	3,4	2,1	3,7	–

Вважається, що за індексу твердості ≥ 60 од. п. зерно відноситься до твердозерного типу, 54–60 – середньотвердозерного, ≤ 54 од. п. – м'якозерного типу [95]. 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. 4.7). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

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

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

x – вміст білка, %.

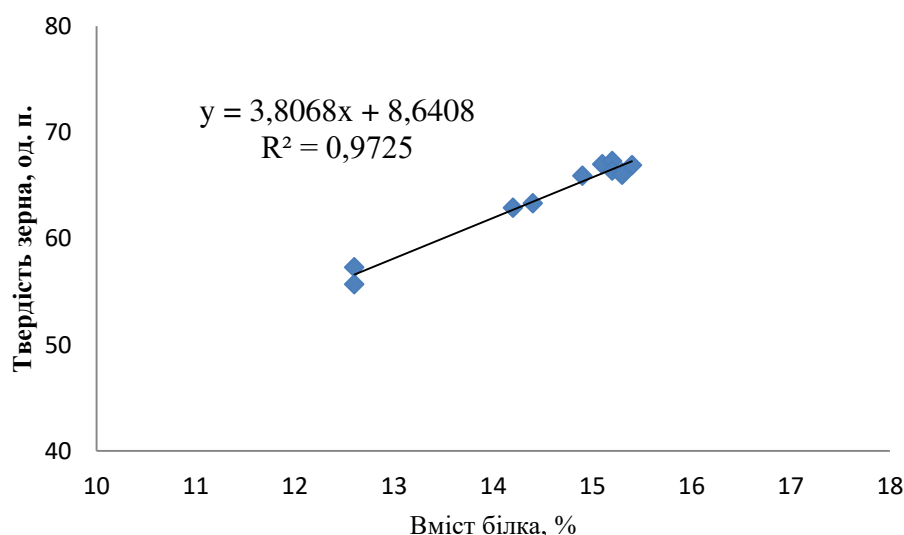


Рис. 4.7 Кореляційна залежність між твердістю зерна та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої

Дослідженнями встановлено, що індекс седиментації зерна пшениці твердої озимої найбільше змінювався від застосування азотних добрив (табл. 4.14). Так, у середньому за три роки досліджень цей показник збільшувався від $46,1 \text{ см}^3$ у варіанті без добрив до $56,4 \text{ см}^3$ за внесення N_{75} і до $59,8 \text{ см}^3$ за N_{150} , а у варіанті з повним мінеральним добривом ($N_{150}P_{60}K_{80}$) зростав на 33 %. Застосування половинної дози повного добрива ($N_{75}P_{30}K_{40}$) підвищувало індекс седиментації до $56,8 \text{ см}^3$ або на 23 % порівняно з контролем. У варіантах дослідження із застосуванням парних комбінацій азотних і калійних, азотних і фосфорних і з половинними дозами фосфорних і калійних добрив цей показник становив $60,4\text{--}61,4 \text{ см}^3$.

Відомо, що за показника $\geq 60 \text{ см}^3$ індекс седиментації вважається дуже високим, 40–60 – високим, 20–40 – середнім і $\leq 20 \text{ см}^3$ – низьким [95]. 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.

Таблиця 4.14

**Індекс седиментації зерна пшениці твердої озимої залежно від
удобрення, см^3**

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	57,1	46,3	34,8	46,1
N ₇₅	65,6	51,6	51,9	56,4
N ₁₅₀	67,4	59,5	52,6	59,8
P ₆₀ K ₈₀	57,1	48,3	33,0	46,1
N ₁₅₀ K ₈₀	67,9	59,9	54,2	60,7
N ₁₅₀ P ₆₀	67,9	60,9	54,9	61,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	66,4	51,9	52,0	56,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	68,2	60,5	55,5	61,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	67,3	59,6	54,2	60,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	67,4	59,8	54,9	60,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	67,6	59,6	54,9	60,7
<i>НІР₀₅</i>	3,4	3,1	2,9	–

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. 4.8). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

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

де y – індекс седиментації, см^3 ;

x – вміст білка, %.

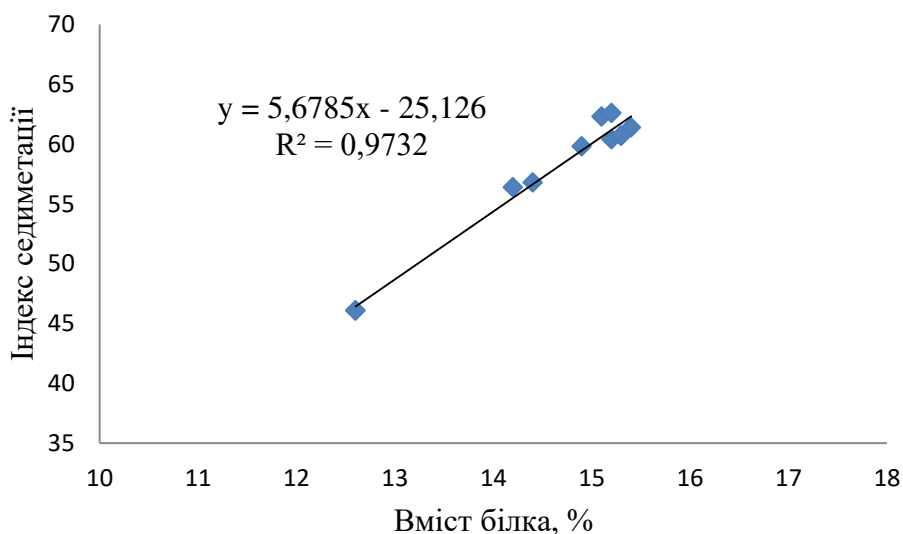


Рис. 4.8 Кореляційна залежність між індексом седиментації та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої

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. 4.15). 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 дослід з половинними дозами фосфорних і калійних добрив сила борошна пшениці твердої озимої становила 321–339 од. а.

Для пшениці сила борошна ≥ 400 од. а. – дуже висока, 301–399 –

висока, 221–300 – середня, 181–220 – низька, ≤ 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.

Таблиця 4.15

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

Варіант дослідження	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	317	274	189	260
N_{75}	386	293	262	314
N_{150}	413	313	274	333
$P_{60}K_{80}$	319	281	185	262
$N_{150}K_{80}$	412	310	274	332
$N_{150}P_{60}$	418	319	270	336
$N_{75}P_{30}K_{40}$	391	301	270	321
$N_{150}P_{60}K_{80}$	421	322	292	345
$N_{150}P_{30}K_{40}$	416	315	279	337
$N_{150}P_{60}K_{40}$	417	319	281	339
$N_{150}P_{30}K_{80}$	415	312	284	337
<i>НІР₀₅</i>	<i>21</i>	<i>15</i>	<i>13</i>	–

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. 4.9). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

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

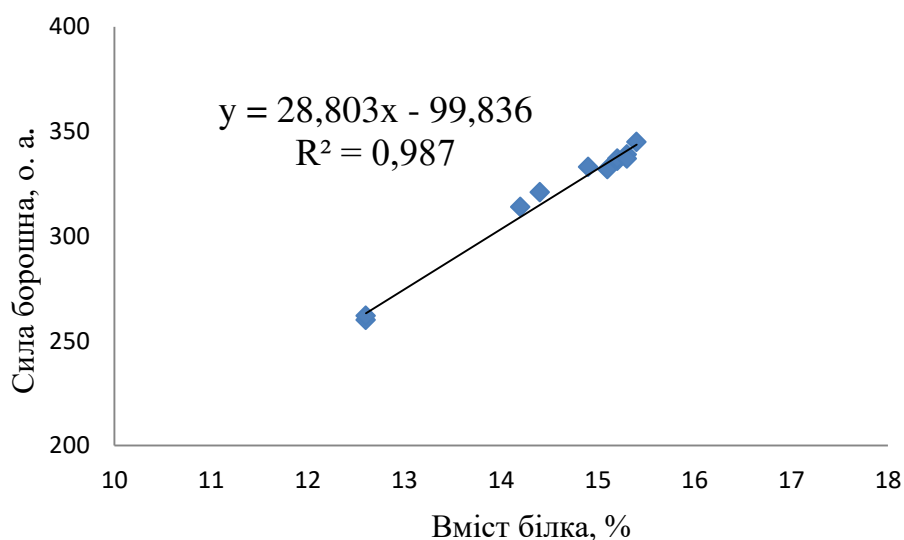


Рис. 4.9 Кореляційна залежність між силою борошна та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої

Застосування різних видів добрив впливало на вміст крохмалю в зерні пшениці твердої озимої (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

Вміст крохмалю в зерні пшениці твердої озимої залежно від удобрення, %

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

де y – сила борошна, од. а. ;

x – вміст білка, %.

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 %. 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. 4.10). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

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

де y – вміст крохмалю, %;

x – вміст білка, %.

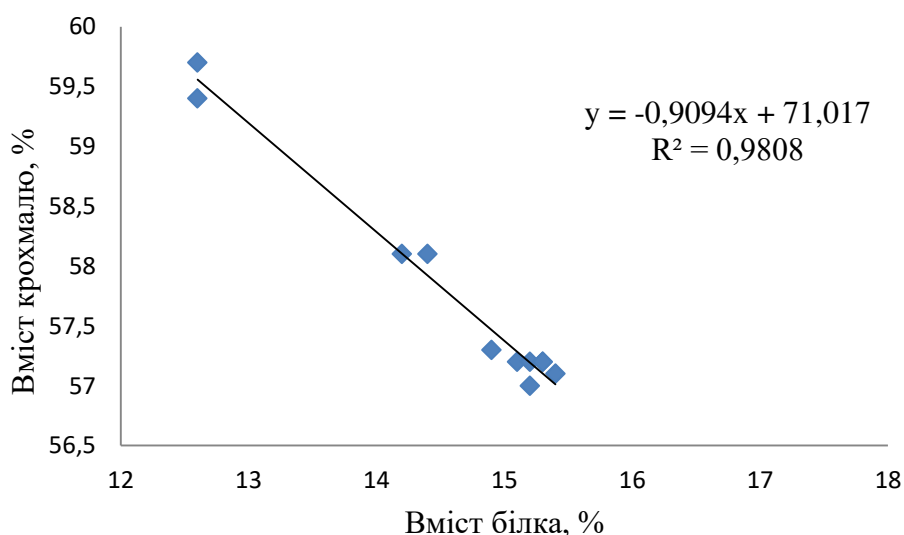


Рис. 4.10 Кореляційна залежність між вмістом крохмалю та вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої

Найбільший вихід крохмалю забезпечувало застосування повного

мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – 2859 кг/га (табл. 4.17). 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.

Таблиця 4.17

Вихід крохмалю з урожаю зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення, кг/га

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	1988	2283	2590	2287
N_{75}	2211	2687	2880	2593
N_{150}	2278	2851	2892	2674
$P_{60}K_{80}$	2047	2472	2863	2461
$N_{150}K_{80}$	2307	2892	2889	2696
$N_{150}P_{60}$	2337	3002	3000	2780
$N_{75}P_{30}K_{40}$	2241	2903	2980	2708
$N_{150}P_{60}K_{80}$	2414	3139	3024	2859
$N_{150}P_{30}K_{40}$	2333	2922	3006	2754
$N_{150}P_{60}K_{40}$	2341	3122	3022	2828
$N_{150}P_{30}K_{80}$	2338	3023	2966	2776

Вміст клейковини у зерні пшениці твердої озимої достовірно зростав під впливом удобрення (рис. 4.11). 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 досліджу 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.

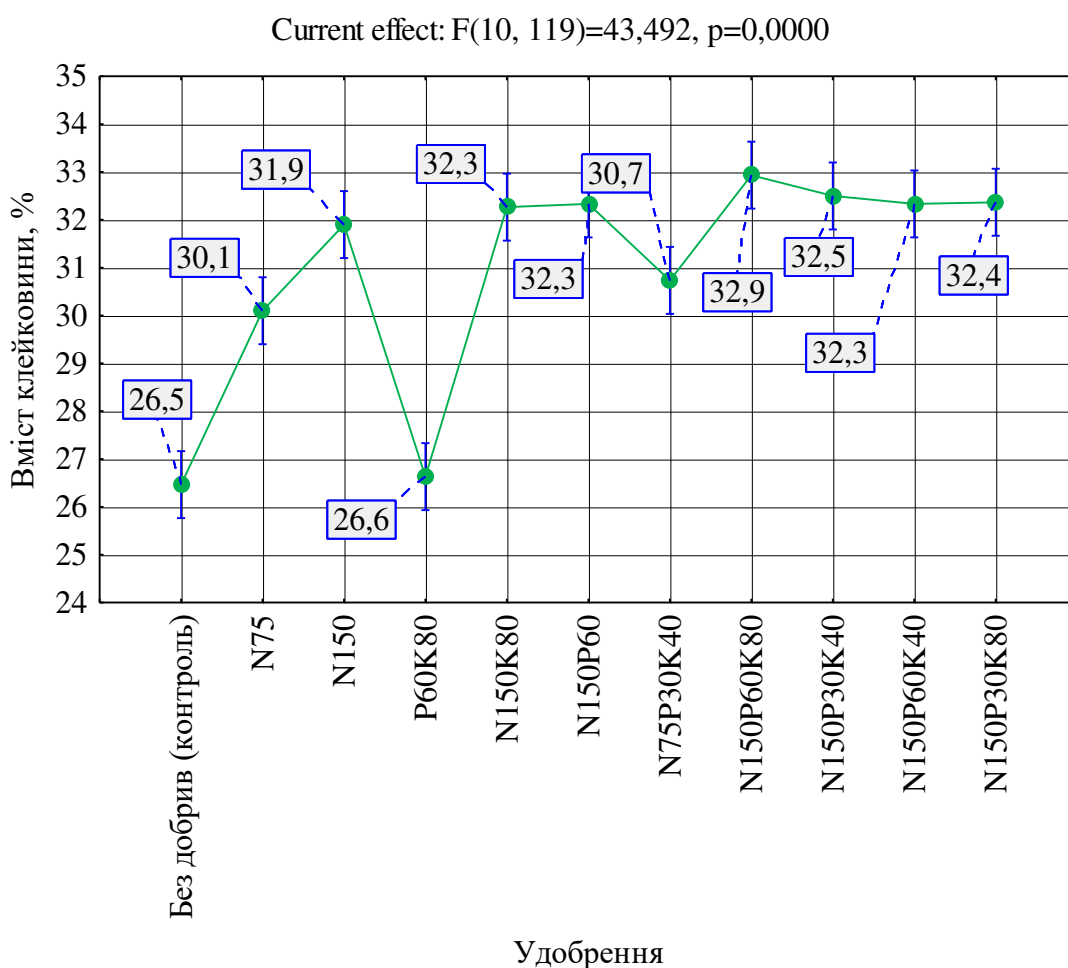


Рис. 4.11 Вміст клейковини у зерні пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), %

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. 4.12). У 2021–2022 рр. вміст клейковини був на 21–24 % нижчим

порівняно з 2020 р.

Слід відзначити, що всі системи удобрення, які містили азотну складову, достовірно підвищували вміст клейковини у зерні впродовж обох років досліджень (додаток А 4.4). 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.

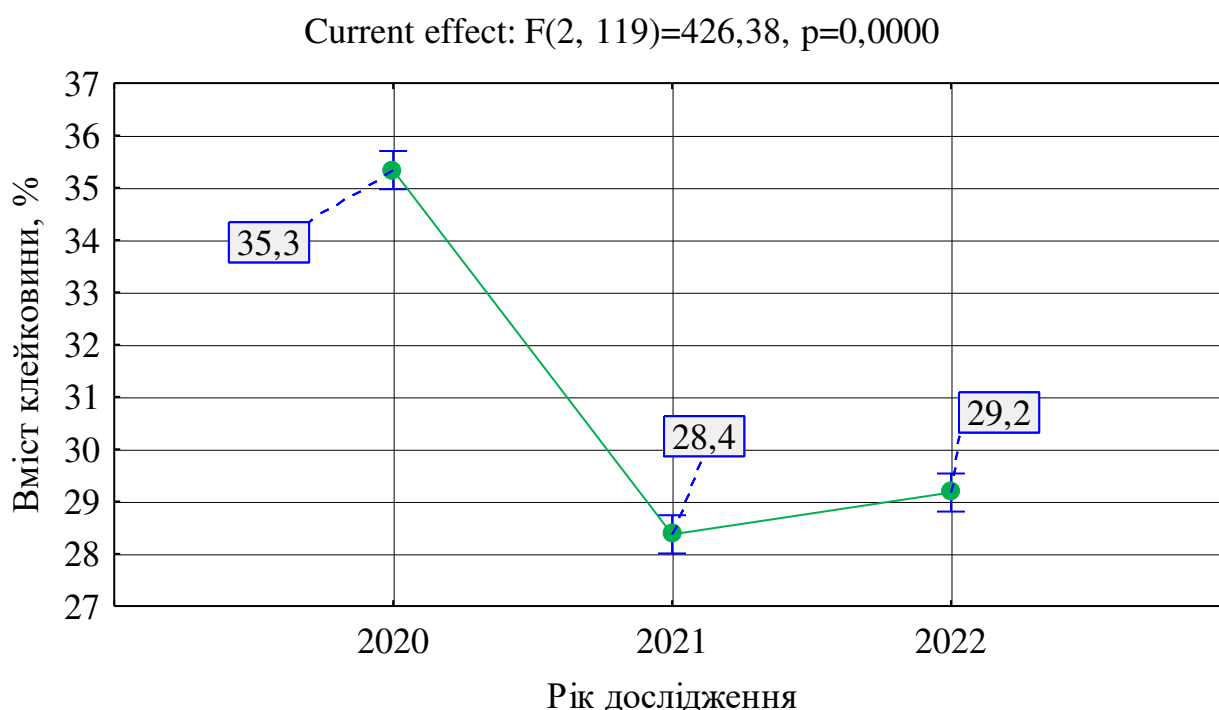


Рис. 4.12 Вміст клейковини у зерні пшениці твердої озимої залежно від року проведення дослідження, %

Для пшениці дуже високим вважається вміст клейковини $> 36 \%$,

високим – 31–36, середнім – 26–31, низьким – 21–26 і дуже низьким < 21 % [95]. 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 досліду – дуже високим. У 2021–2022 рр. цей показник був низьким у варіантах без добрив і за фосфорно-калійної системи удобрення, а в решти варіантах досліду – середнім.

Формування вмісту клейковини у зерні пшениці озимої значно змінюється від погодних умов вегетаційного періоду, особливо в період його досягання [126]. 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 [196]. 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. 4.13). 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. 4.14). Сила впливу була високою для обох чинників. Вплив цих чинників на врожайність і вміст білка в зерні пшениці твердої озимої був майже однаковим.

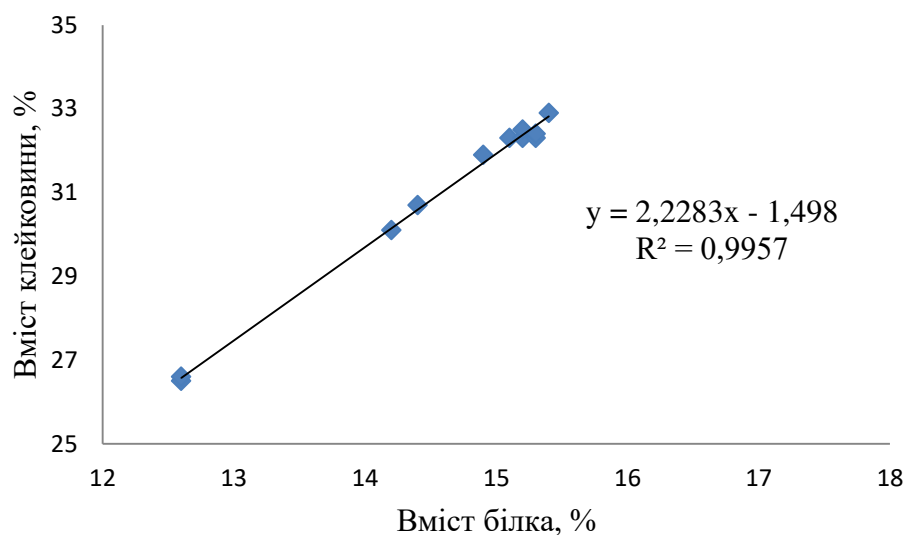
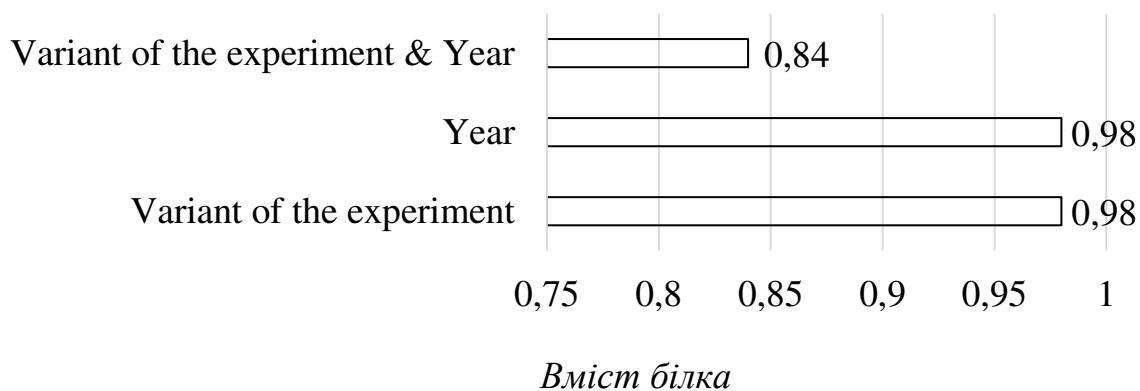


Рис. 4.13 Кореляційна залежність між вмістом клейковини і вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої

Урожайність зерна



Вміст білка



Рис. 4.14 Парціальний коефіцієнт впливу досліджених чинників на врожайність і вміст білка в зерні пшениці твердої озимої

Це свідчить про те, що ефективність удобрення пшениці твердої озимої залежить від погодних умов вегетаційного періоду та удобрення. 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. 4.18). 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.

Таблиця 4.18

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

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

Незважаючи на зниження коефіцієнтів розварювання макаронів з пшениці твердої, кулінарна оцінка їх у балах не змінювалась (рис. 4.15, табл. 4.19). 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.



**Рис. 4.15 Макарони з пшениці твердої озимої залежно від
удобрення**

Таблиця 4.19

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

Варіант досліду	Коефіцієнт розварювання за		Колір	Загальна оцінка	
	масою	об'ємом		бал	%
Без добрив (контроль)	9	9	7	8,3	92
N ₇₅	9	9	7	8,3	92
N ₁₅₀	9	9	7	8,3	92
P ₆₀ K ₈₀	9	9	7	8,3	92
N ₁₅₀ K ₈₀	9	9	7	8,3	92
N ₁₅₀ P ₆₀	9	9	7	8,3	92
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	9	9	7	8,3	92
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	9	9	7	8,3	92
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	9	9	7	8,3	92
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	9	9	7	8,3	92
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	9	9	7	8,3	92
<i>НІР₀₅</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0,4</i>	–

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. 4.16). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

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

де y – коефіцієнт розварювання макаронів за масою;

x – вміст білка, %.

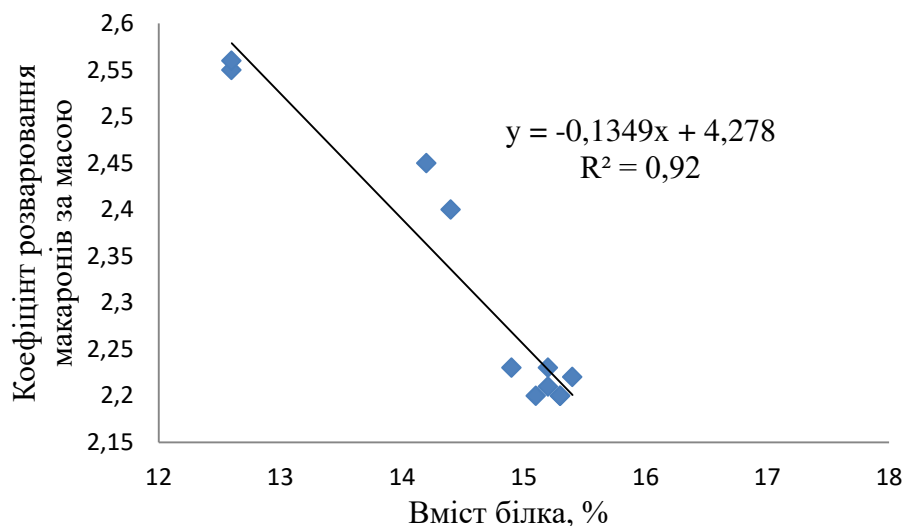


Рис. 4.16 Кореляційна залежність між коефіцієнтом розварювання макаронів за масою і вмістом білка в зерні пшениці твердої озимої

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. 4.17). 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.

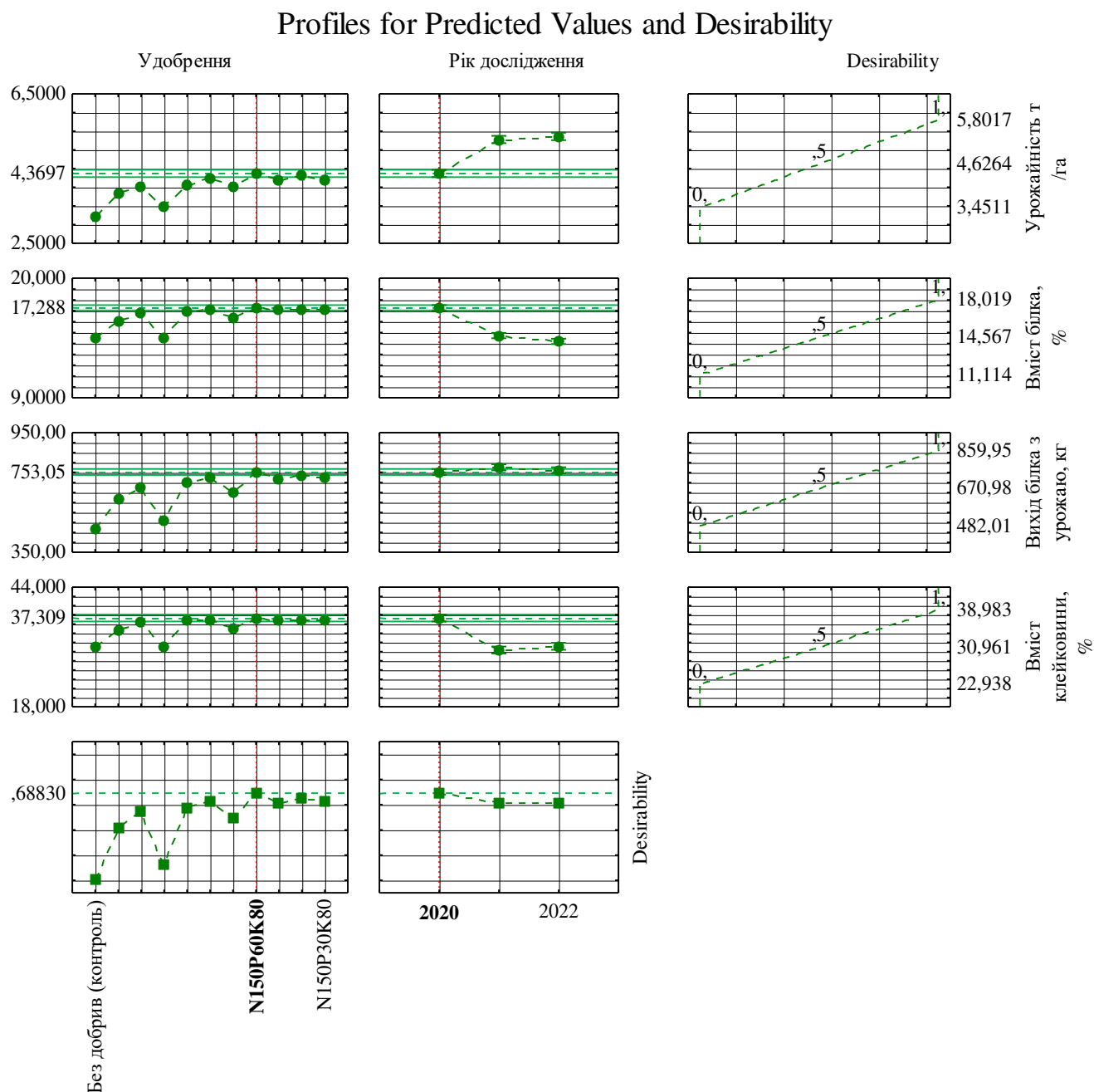


Рис. 4.17 Узагальнена функція бажаності системи удобрення пшениці твердої озимої за показниками урожайності зерна, вмістом білка та клейковини

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

Отже, в результаті проведених досліджень встановлено, що:

1. Тривале застосування систем удобрення сприяє збільшенню кількості продуктивних стебел у пшениці твердої озимої. Найбільше на цей показник впливає азотна складова повного мінерального добрива. Так, кількість продуктивних стебел зростає від 239–370 шт/м² до 251–486 шт/м² за внесення N₇₅ і до 304–542 шт/м² за внесення N₁₅₀ залежно від погодних умов вегетаційного періоду пшениці твердої озимої. Тенденція впливу різних систем удобрення та погодних умов на коефіцієнт продуктивного кущіння подібна.

Вплив систем удобрення на складові продуктивності колоса змінюється залежно від погодних умов. Так, маса зерна з одного колоса в менш сприятливих погодних умовах знижується від застосування азотних добрив. У сприятливіших за погодними умовами роками маса зерна з одного колоса збільшувалась. Кількість зерен в одному колосі за менш сприятливих умов збільшується лише від застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив. За сприятливіших погодних умов усі системи удобрення сприяє зростанню цього показника. При цьому маса 1000 зерен зменшується від удобрення незалежно від погодних умов року дослідження.

2. Індекси продуктивності пшениці твердої озимої змінюються залежно від погодних умов і умов мінерального живлення рослин, створених тривалим застосуванням різних видів і доз добрив. Встановлено, що тривале застосування фосфорних і калійних добрив майже не зменшує індекси продуктивності, а білоцерківський і полтавський – підвищує.

Азотна складова системи удобрення з різним поєднанням фосфорної і калійної їх знижує.

3. 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. Фосфорні й калійні добрива найменше впливають на врожайність і якість зерна пшениці твердої озимої. Тривале застосування $N_{150}P_{60}K_{80}$ збільшує її від 3,83 до 5,00 т/га ($p \leq 0,05$). Застосування половини дози повного мінерального добрива забезпечує отримання 4,5 т/га ($p \leq 0,05$). Варіанти з неповним поверненням у ґрунт фосфорних і калійних добрив, а також парні комбінації з азотною складовою забезпечують формування 4,71–4,94 т/га зерна. Азотні системи удобрення збільшують урожайність зерна до 4,45–4,66 т/га залежно від дози добрива.

Ефективність застосування добрив змінюється залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Так, у менш сприятливих умовах росту врожайність зростає від 3,37 до 3,90–4,31 т/га, а в кращих – від 4,26 до 4,89–5,45 т/га ($p \leq 0,05$).

4. 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.

5. 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.

6. 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 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 $N_{150}P_{60}K_{80}$. 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.

Результати досліджень було висвітлено в наукових працях [52, 32, 54, 25, 24, 27, 23, 29, 30, 31].

Опубліковані результати за матеріалами розділу

1. Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л. Формування якості та врожайності зерна пшениці твердої озимої за різних видів і доз добрив. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2022. Вип. 101. Ч. 1. С. 94–105.
2. Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Железна В. В. Індекси продуктивності пшениці твердої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 122. С. 34–40.
3. Господаренко Г. Н., Любич В. В., Калантир В. В. Вплив різних видів і доз добрив на врожайність зерна пшениці твердої озимої. *Актуальні питання аграрної науки: матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Умань. 2020. С. 12–14.
4. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Вміст крохмалю і клейковини у зерні пшениці твердої озимої залежно від видів і доз добрив. *The XXII International Science Conference «Interaction of society and science: prospects and problems» (April 20–23, 2021)*. London. 2021. P. 23–26.
5. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Седиментація і сила борошна пшениці твердої озимої залежно від видів і поєднань добрив. *The XXI International Science Conference «Problems of practical application of innovations, methodology and experience» (April 15–16, 2021)*. Lisbon. 2021. P. 9–12.
6. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Вміст білка в зерні пшениці твердої озимої і його збір залежно від удобрення. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, присвячена 150-річчю заснування кафедри землеробства ім. О. М. Можейка. Харків: Друкарня Мадрид. 2021. С. 37–38.
7. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від погодних умов. *Інноваційні зернопродукти і технології: матеріали Всеукраїнської інтернет-*

конференції. Умань. 2021. С. 32–35.

8. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Структура врожаю пшениці твердої озимої за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. The 9th International scientific and practical conference «International scientific innovations in human life» (March 16–18, 2022). Manchester. 2022. P. 15–23.

9. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Структура врожаю пшениці твердої озимої залежно від удобрення. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників (18 травня 2022 р.). Умань: ВПЦ «Візаві», 2022. С. 16.

10. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Формування врожайності та якості зерна пшениці твердої озимої за різних систем удобрення в польовій сівозміні. *Інноваційні зернопродукти і технології: тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції* (21 лютого 2022 р.). Умань. 2022. С. 35–36.

РОЗДІЛ 5

ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ПШЕНИЦЕЮ ТВЕРДОЮ ОЗИМОЮ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

Формування високого врожаю сільськогосподарських культур і якості одержаної продукції забезпечується завдяки оптимальному живленню рослин упродовж вегетації. Проведенням агрохімічного аналізу ґрунту не завжди вдається оцінити забезпеченість рослин необхідними елементами живлення. Точніші дані одержують за даними вмісту в них елементів живлення та співвідношення між ними, оскільки зміна цих показників для різних ґрунтово-кліматичних умов незначна [40, 111].

5.1 Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі

Встановлено, що вміст елементів живлення в рослинах визначається низкою чинників, найважливішими з яких є генетичний та екологічний [84, 158]. Генетичний чинник обумовлюється пристосованістю рослинного виду до певних умов вирощування. Зазвичай рослини поглинають необхідні їм поживні речовини. Проте хімічний їх склад досить сильно залежить від складу ґрунту, на якому він вирощується [7]. Тому значення цього чинника у формуванні хімічного складу рослин зазвичай визначається поживним режимом ґрунту і реакцією на нього рослинного організму. Попередніми дослідженнями було встановлено, що вміст основних елементів живлення, особливо азоту, в різних органах пшениці навіть на одному ґрунті (чорноземі опідзоленому важкосуглинковому) суттєво залежить від удобрення [16, 99, 93, 91]. Тому виникає необхідність уточнення оптимальних рівнів вмісту основних елементів живлення для пшениці твердої озимої.

Проведеними дослідженнями встановлено певні особливості вмісту елементів живлення в зерні та соломі пшениці твердої озимої (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі пшениці
твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), % на суху масу**

Варіант дослідку	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	2,21	0,69	0,51	0,41	0,26	0,80
N ₇₅	2,49	0,70	0,51	0,43	0,26	0,81
N ₁₅₀	2,61	0,71	0,50	0,47	0,25	0,81
P ₆₀ K ₈₀	2,21	0,76	0,54	0,40	0,28	0,87
N ₁₅₀ K ₈₀	2,65	0,72	0,56	0,46	0,23	0,99
N ₁₅₀ P ₆₀	2,67	0,82	0,52	0,49	0,26	0,90
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,53	0,77	0,54	0,44	0,25	0,96
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,70	0,83	0,57	0,48	0,25	1,06
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,67	0,78	0,55	0,46	0,25	1,04
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,68	0,83	0,55	0,48	0,26	1,02
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	2,68	0,82	0,55	0,51	0,26	1,06

Як видно з даних табл. 5.1, за високого рівня азотного живлення вміст азоту в зерні підвищувався з 2,21 до 2,70 % на суху масу, тобто на 22 %. При цьому необхідно зазначити, що внесення лише фосфорних і калійних добрив не впливало на цей показник, тоді як за внесення фосфорних і калійних добрив, внесених у дозі 60 кг/га д. р. у парних комбінаціях з азотними у середньому за роки проведення досліджень відзначено тенденцію підвищення його вмісту. Порівняно з парними комбінаціями основних елементів живлення, азотні добрива в дозі 150 кг/га азоту на фосфорно-калійному тлі сприяло підвищенню вмісту азоту в зерні на 22 %, фосфорні у дозі 60 кг/га д. р. – на 2 і калійні в дозі 80 кг/га д. р. – лише на 1 %.

Зменшення дози мінеральних добрив удвічі – з N₁₅₀P₆₀K₈₀ до N₇₅P₃₀K₄₀ знижувало вміст азоту в зерні на 6 %, а у варіантах дослідку, де азотні

добрива вносилися в дозі 150 кг/га д. р., а дози фосфорних і калійних добрив були зменшені (варіанти $N_{150}P_{30}K_{40}$, $N_{150}P_{60}K_{40}$ і $N_{150}P_{30}K_{80}$) зниження вмісту азоту було неістотним – до 1 %.

У соломі пшениці твердої озимої вміст азоту залежно від варіантів удобрення змінювався в менших межах – від 0,41 до 0,51 % на суху масу. При цьому необхідно зазначити, що на фосфорно-калійному тлі спостерігалась тенденція до зниження вмісту азоту в соломі порівняно з контролем, тоді як на азотно-калійному та азотно-калійному тлі його вміст підвищувався відповідно на 12 і 20 %. За внесення половини дози мінеральних добрив від $N_{150}P_{60}K_{80}$ вміст азоту в зерні зменшувався на 8 %.

Відповідно даних, що одержані на тлі парних комбінацій основних елементів живлення найбільше сприяло підвищенню вмісту азоту в соломі пшениці твердої озимої внесення азотних добрив – на 20 %, тоді як фосфорні – лише на 4 %, а за добавляння калійних добрив до азотних і фосфорних у середньому за роки проведення досліджень відмічена тенденція до зниження його вмісту – з 0,49 до 0,48 %.

Отже, вміст азоту в урожаї зерна та соломи пшениці твердої озимої поряд з біологічними особливостями культури також залежить від доз мінеральних добрив і їх поєднання.

Як уже зазначалось вище, в рослинах може накопичуватися значна кількість азоту, тоді як вони мають здатність обмежувати концентрацію фосфору в надземних органах за різного рівня забезпеченості цим елементом живлення [89, 36]. Проте ця фізіологічна здатність є недостатньою, щоб повністю обмежити надлишкове його накопичення в органах рослин за високого вмісту рухомих фосфатів у ґрунті [19, 88].

Дослідженнями встановлено, що за високих доз внесення мінеральних добрив ($N_{150}P_{60}K_{80}$) вміст фосфору в зерні пшениці твердої озимої підвищувався на 20 %, тоді як в соломі навіть спостерігалась тенденція до незначного зниження його вмісту. Порівняно з ділянками досліду з

парними комбінаціями основних елементів живлення збільшенню вмісту фосфору в зерні сприяло внесення фосфорних добрив – на 15 %, тоді як азотних і калійних – відповідно на 9 і 1 %. Необхідно також зазначити, що найвищий вміст фосфору був у соломі на ділянках з внесенням лише фосфорних і калійних добрив – на 8 % більше порівняно з контролем, тоді як на азотно-калійному тлі (варіант $N_{150}K_{80}$) він знижувався на 12 %. Це показує, що оптимізація живлення рослин пшениці азотом сприяє реутилізації фосфору із соломи у зерно.

Порівняно з азотом і фосфором, за вмістом калію в урожаї зерна й соломи простежувались інші закономірності. Так, вміст калію в зерні змінювався неістотно – від 0,51 до 0,55 % на суху масу або підвищувався лише на 8 %. При цьому необхідно зазначити, що вміст калію в зерні підвищувало лише внесення калійних добрив.

Вміст калію в соломі пшениці твердої озимої змінювався від 0,80 до 1,06 % на суху масу, або підвищувався порівняно з контролем на 32 %. Судячи з парних комбінацій основних елементів живлення, найбільше підвищували його вмісту азотні добрива – на 22 %, тоді як фосфорні й калійні – відповідно на 7 і 18 %.

З фізіологічного погляду для формування врожаю і його якості важливе значення має співвідношення в органах рослин між елементами живлення. Як показують розрахунки, відношення $N : P_2O_5 : K_2O$ в зерні пшениці з неудобрених ділянок становило 1 : 0,31 : 0,23, тоді як на тлі внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – 1 : 0,31 : 0,21. Тобто відношення залишалось стабільним за незначного зменшення частки калію.

У соломі пшениці твердої озимої відношення $N : P_2O_5 : K_2O$ значно відрізнялося від зерна – 1 : 0,63 : 1,95 у контрольному варіанті і 1 : 0,52 : 2,21 за внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$. Ці дані свідчать про ліпшу реутилізацію фосфору в зерно і збільшення вмісту калію в соломі з покращенням мінерального живлення рослин.

5.2 Винесення основних елементів живлення з урожаєм і баланс їх у ґрунті

В агрохімічних розрахунках потребу рослин у елементах живлення зазвичай визначають з урахуванням їх господарського винесення [104]. Це показник менший за біологічну потребу сільськогосподарських культур упродовж вегетаційного періоду, оскільки значна частина засвоєних елементів живлення повертається в ґрунт з опадом і кореневими виділеннями, накопичується в кореневій системі й післязбиральних рештках [105, 109]. При цьому вважають, що для формування запланованого врожаю внесенням добрив потрібно покрити господарське їх винесення товарною і нетоварною продукцією, а решту елементів живлення рослини візьмуть з ґрунту [17, 109].

Дослідженнями встановлено, що господарське винесення елементів живлення пшеницею твердою озимою залежить від хімічного складу рослин, рівня врожаю та його структури (табл. 5.2). Встановлено, що з урожаєм зерна виноситься значно більше азоту (84,6–135,0 кг/га), ніж фосфору й калію разом узятих – відповідно 26,4–41,5 і 19,5–28,5 кг/га. Судячи з парних комбінацій основних елементів живлення, внесення азотних добрив підвищує винесення азоту зерном на 49 %, тоді як фосфору – на 32, а калію – на 28 %. При цьому застосування фосфорних добрив підвищувало винесення фосфору зерном на 22 %, а азоту й калію – на 8 %.

З урожаєм соломи пшениця озима виносить більше калію, порівняно з азотом і фосфором. За внесення повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) винесення азоту, фосфору й калію відповідно зростало порівняно з неудобреними ділянками відповідно на 72 %; 41 і 95 %. Це свідчить про те, що рослини пшениці твердої озимої ефективніше розподіляють фосфор між зерном і соломною, порівняно з азотом і калієм.

**Господарське винесення основних елементів живлення пшеницею
твердою озимою залежно від удобрення (2020–2022 рр.), кг/га**

Варіант дослідю	Винесення зерном (над ризкою) і соломною (під ризкою)			Господарське винесення зерном і соломною		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	<u>84,6</u> 30,1	<u>26,4</u> 19,1	<u>19,5</u> 58,6	114,7	45,5	78,1
N ₇₅	<u>110,8</u> 38,7	<u>31,2</u> 23,4	<u>22,7</u> 73,0	149,5	54,6	95,7
N ₁₅₀	<u>121,6</u> 46,9	<u>33,1</u> 25,0	<u>23,3</u> 80,8	168,5	58,1	104,1
P ₆₀ K ₈₀	<u>91,3</u> 31,4	<u>31,4</u> 22,0	<u>22,3</u> 68,4	122,7	53,4	90,7
N ₁₅₀ K ₈₀	<u>124,8</u> 46,6	<u>33,9</u> 23,3	<u>26,4</u> 100,2	171,4	57,2	126,6
N ₁₅₀ P ₆₀	<u>130,0</u> 51,1	<u>39,9</u> 27,1	<u>25,3</u> 93,9	181,1	67,0	119,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	<u>117,6</u> 41,5	<u>35,8</u> 23,6	<u>25,1</u> 90,6	159,1	59,4	115,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	<u>135,0</u> 51,7	<u>41,5</u> 27,0	<u>28,5</u> 114,3	186,7	68,5	142,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	<u>128,4</u> 47,2	<u>37,5</u> 25,6	<u>26,5</u> 106,6	175,6	63,1	133,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	<u>132,4</u> 50,9	<u>41,0</u> 27,6	<u>27,2</u> 108,1	183,3	68,6	135,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	<u>129,7</u> 53,0	<u>39,7</u> 27,0	<u>26,6</u> 110,1	182,7	66,7	136,7

На господарське винесення азоту найбільше впливало застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних (P_{30–60}) – на 9,6–15,3 і калійних добрив (K_{40–80}) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту дослідю. Азотні добрива сприяли також підвищенню господарського винесення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту дослідю.

Розрахунки показали, що частка азоту від суми N + P₂O₅ + K₂O в

урожаї зерна становило 63–68 %, фосфору – 18–22 і калію 13–15 % залежно від варіанту досліду (табл. 5.3). При цьому в урожаї соломи ці показники різняться – азоту 26–31 %, фосфору – 14–18 і калію – 53–59 % залежно від варіанту досліду.

Таблиця 5.3

Частка основних елементів живлення від суми господарського їх винесення пшеницею твердою озимою залежно від удобрення, 2020–2022 рр.

Варіант досліду	Частка від суми господарського винесення, %					
	зерном			соломою		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	65	20	15	28	18	54
N ₇₅	67	19	14	29	17	54
N ₁₅₀	68	19	13	31	16	53
P ₆₀ K ₈₀	63	22	15	26	18	56
N ₁₅₀ K ₈₀	67	18	14	27	14	59
N ₁₅₀ P ₆₀	67	20	13	30	16	55
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	66	20	14	27	15	58
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	66	20	14	27	14	59
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	67	19	14	26	14	59
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	66	20	14	27	15	58
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	66	20	14	28	14	58

За внесення повного мінерального добрива в зерні накопичується 72–74 % азоту, 58–61 % фосфору та 19–25 % калію від його господарського винесення. Отже, із залишеною на полі соломою пшениці твердої озимої можна повернути у ґрунт 30 % азоту, 40 – фосфору і 75–80 % калію, що брали участь у формуванні господарського її урожаю.

Порівняно із вмістом у зерні й соломі, відношення N : P₂O₅ : K₂O в

господарському винесенні врожаєм з ділянок без добрив становило 1 : 0,40 : 0,68, тоді як за внесення повного добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – 1 : 0,37 : 0,76. Тобто на одиницю внесеного азоту витрачається менше фосфору, але більше калію. Це досить важливо з агрохімічного погляду, тому що економляться фосфорні добрива, а калій із соломною зазвичай повертається у ґрунт у вигляді добрив.

Розрахунки показали, що частка основних елементів живлення від їх суми у господарському винесенні врожаєм також змінюється в певних межах – азоту від 46 до 51 %, фосфору – від 16 до 20 і калію від 32 до 36 % залежно від удобрення (додаток Б 5.1). При цьому на ділянках з внесенням лише азотних добрив збільшувалась частка азоту в господарському винесенні з 48 до 50–51 %, тоді як фосфору і калію зменшувалась відповідно з 19 до 18 і з 33 до 32 %. За внесення лише фосфорних і калійних добрив (варіант $N_{150}K_{80}$) частка фосфору знижувалась з 19 до 16 %, а частка калію зростала з 33 до 36 % порівняно з контролем. Необхідно також зазначити, що за різних доз і поєднань елементів живлення в повному мінеральному добриві частка азоту, фосфору й калію від їх суми господарського винесення змінювалась неістотно і відповідно становила: азоту – 47–48 %, фосфору – 17–18 і калію – 35–36 %.

Наявність у схемі польового дослідження варіантів з неудобреними ділянками, внесенням лише азотних добрив і парних комбінацій основних елементів живлення дозволяє розрахувати коефіцієнти їх використання з різних видів мінеральних добрив і за різних їх доз внесення різницеvim методом (табл. 5.4).

Як видно з даних табл. 5.4, коефіцієнт використання азоту був найвищим за внесення половинної дози повного мінерального добрива ($N_{75}P_{30}K_{40}$) – 59,2 % і знижувався до 35,9–46,4 % в інших варіантах дослідження. Коефіцієнт використання фосфору з добрив у цьому варіанті дослідження становив 18,8 % і підвищувався до 31,7 % зі зменшенням дози внесення фосфорних добрив удвічі (варіант $N_{150}P_{30}K_{80}$). Ефективність використання

калію з добрив значно залежала від дози калійних і особливо азотних добрив. Так, добавляння до $P_{60}K_{80}$ азотної складової у дозі 150 кг/га д. р. сприяло підвищенню коефіцієнта використання калію з добрив майже вдвічі – з 15,8 до 29,5 %. Найвищі коефіцієнти використання калію з добрив були за повного удобрення і внесення його в дозі 40 кг/га – 34,8–51,5 %.

Таблиця 5.4

**Коефіцієнт використання основних елементів живлення пшеницею
твердою озимою з мінеральних добрив (2020–2022 рр.), %**

Варіант дослідження	Господарське винесення		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₇₅	46,4	–	–
N ₁₅₀	35,9	–	–
P ₆₀ K ₈₀	–	13,2	15,8
N ₁₅₀ K ₈₀	37,8	–	28,1
N ₁₅₀ P ₆₀	44,3	14,8	–
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	59,2	16,0	51,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	42,7	18,8	29,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	40,6	19,7	34,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	45,7	19,0	40,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	45,3	31,7	21,9

Примітка. За відсутності в схемі дослідження варіантів з відповідними парними комбінаціями основних елементів живлення розрахунок їх використання з добрив проводили у порівнянні з їх винесенням у варіанті дослідження Без добрив (контроль).

Для розрахунку балансу поживних речовин у ґрунті та прогнозування зміни його родючості важливо мати дані винесення елементів живлення з нетоварною продукцією урожаю. Як показали проведені розрахунки, в 1 т соломи пшениці твердої озимої міститься 4,1–5,1 кг азоту, 2,3–2,8 кг P₂O₅ і

8,0–10,6 кг K_2O (додаток Б 5.2). При цьому за внесення повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) порівняно з неудообреними ділянками винесення азоту і калію зростає відповідно на 17 і 33 %, тоді як фосфору знижується на 4 %.

Винесення азоту з 1 т зерна в більшій мірі залежить від внесення азотних добрив, ніж фосфорних і калійних (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Відносне винесення основних елементів живлення зерном і соломною пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), кг/т

Варіант дослідження	Відносне винесення					
	зерном			зерном і відповідною кількістю соломи		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без добрив (контроль)	22,1	6,9	5,1	30,0	11,9	20,4
N_{75}	24,9	7,0	5,1	33,6	12,3	21,5
N_{150}	26,1	7,1	5,0	36,2	12,5	22,3
$P_{60}K_{80}$	22,1	7,6	5,4	29,7	12,9	22,0
$N_{150}K_{80}$	26,5	7,2	5,6	36,4	12,1	26,9
$N_{150}P_{60}$	26,7	8,2	5,2	37,2	13,8	24,5
$N_{75}P_{30}K_{40}$	25,3	7,7	5,4	34,2	12,8	24,9
$N_{150}P_{60}K_{80}$	27,0	8,3	5,7	37,3	13,7	28,6
$N_{150}P_{30}K_{40}$	26,7	7,8	5,5	36,5	13,1	27,7
$N_{150}P_{60}K_{40}$	26,8	8,3	5,5	37,1	13,9	27,4
$N_{150}P_{30}K_{80}$	26,8	8,2	5,5	37,8	13,8	28,3

Як видно з даних табл. 5.5, завдяки поліпшенню азотного живлення рослин винесення азоту в зерні можна підвищити з 22,1 до 27,0 кг/т, або на 22 %. Винесення фосфору в зерні також змінювався залежно від удобрення, особливо фосфорними добривами, – на 20 %. Винесення калію в зерні змінювався від 20,4 до 28,6 кг/т залежно від варіанту дослідження, або

на 40 %.

Як уже зазначалося, господарське винесення елементів живлення залежить від багатьох чинників, тому для практичного використання в агрохімічних розрахунках зазвичай використовують величину їх винесення на одиницю основної продукції з урахуванням відповідної кількості нетоварної частини урожаю. Зазвичай висока стабільність цього показника пояснюється генетичними законами постійності біохімічного складу рослинного організму та вибірковою здатністю поглинати необхідні елементи живлення у певних співвідношеннях [15, 94]. Засвоєння елементів живлення для формування одиниці врожаю залежить від багатьох чинників і в однієї і тієї самої сільськогосподарської культури може змінюватися в значних межах [14, 86].

Як показали проведені розрахунки за результатами польових і лабораторних досліджень, різниця між відносним винесенням одиницею зерна пшениці твердої озимої та відповідною кількістю соломи на неудобрених і удобрених ділянках становила для азоту 26 %, фосфору – 17 і калію – 34 % (див. табл. 5.5).

За оптимальний показник відносного винесення елементів живлення рекомендується приймати дані, які відповідають максимально високоякісному врожаю [90, 100], оскільки за поліпшення мінерального живлення створюються умови для засвоєння елементів живлення та росту й розвитку рослин. Виходячи з цих позицій, для розрахунку доз добрив і балансу елементів живлення в ґрунті для пшениці твердої озимої за вирощування на чорноземі опідзоленому в умовах Правобережного Лісостепу необхідно брати такі показники винесення на 1 т зерна та відповідної кількості соломи, кг: азоту – 37,3, P_2O_5 – 13,7 і K_2O – 28,6. При цьому необхідно зазначити, що витрати поживних речовин збільшуються порівняно з неудобреними ділянками, а також мають певні відмінності порівняно з іншими підвидами і сортами пшениці, що вирощувалася на цьому підтипі чорнозему. Так, за даними [110, 116] пшениця озима

виносить, кг: азоту – 35,0, P_2O_5 – 12,2 і K_2O – 30,5; пшениця м'яка яра [56, 108], кг: азоту – 32,4, P_2O_5 – 10,2 і K_2O – 23,3; пшениця спельта озима [95], кг: азоту – 47,5, P_2O_5 – 10,5 і K_2O – 15,1. За узагальненими даними Географічної мережі дослідів пшениця озима в Лісостепу України з 1 т зерна та відповідною кількістю соломи виносить 32,4 кг азоту, 11,2 – P_2O_5 і 23,7 кг K_2O [1, 43].

Отже, добрива діють на тлі генетичної спадковості і слабше впливають на цей показник, тому постійно потрібно уточнювати показники відносного винесення поживних речовин одиницею врожаю відповідно з якістю ґрунту, удобренням і сортозміною.

Агроценози у порівнянні з біоценозами зазвичай мають вищу продуктивність, що підвищує інтенсивність колообігу і ємність балансу поживних речовин у ґрунті. Тому оптимальне удобрення сільськогосподарських культур гармонійно вписується в колообіг поживних речовин, а раціональна система удобрення повинна забезпечувати урівноважений, а за необхідності і додатний їх баланс. Ці дані є однією з основних складових теорії застосування добрив, програмування врожаю та прогнозування рівня родючості ґрунту [2, 11].

Проведені розрахунки показали, що солома пшениці твердої озимої є важливим джерелом у формуванні балансу елементів живлення у ґрунті (табл. 5.6). За її видалення з поля під час збирання врожаю в усіх варіантах дослідів складався від'ємний баланс основних елементів живлення, за виключенням фосфору у варіанті дослідів $P_{60}K_{80}$, де він був додатним (+ 6,6 кг/га P_2O_5).

За умови залишення соломи на полі на добриво і внесення азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. баланс азоту був додатним – +15,0...28,4 кг/га залежно від варіанту дослідів. Додатний баланс фосфору з показником +18,5 кг/га у варіанті дослідів $N_{150}P_{60}K_{80}$ забезпечувало внесення фосфорних добриву дозі 60 кг/га д. р., тоді як калію – + 12,8 кг/га у варіанті $N_{150}P_{60}K_{40}$.

**Баланс основних елементів живлення за вирощування пшениці
твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), кг/га**

Варіант дослідду	Баланс за умови					
	видалення соломи з поля			залишення соломи на полі		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	-114,7	-45,5	-78,1	-84,6	-26,4	-19,5
N ₇₅	-74,5	-54,6	-95,7	-35,8	-31,2	-22,7
N ₁₅₀	-18,5	-58,1	-104,1	28,4	-33,1	-23,3
P ₆₀ K ₈₀	-122,7	6,6	-10,7	-91,3	28,6	57,7
N ₁₅₀ K ₈₀	-21,4	-57,2	-46,6	25,2	-33,9	53,6
N ₁₅₀ P ₆₀	-31,1	-7,0	-119,2	20,0	20,1	-25,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	-84,1	-29,4	-75,7	-42,6	-5,8	14,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-36,7	-8,5	-62,8	15,0	18,5	51,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-25,6	-33,1	-93,1	21,6	-7,5	13,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-33,3	-8,6	-95,3	17,6	19,0	12,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-32,7	-36,7	-30,1	20,3	-9,7	53,4

Інтенсивність балансу основних елементів живлення значно змінювалась залежно від системи удобрення пшениці твердої озимої. Так, за умови видалення соломи з поля додатним був лише баланс фосфору за фосфорно-калійної системи удобрення (табл. 5.7). Інтенсивність балансу за решти систем удобрення для основних елементів живлення була меншою від 100 %.

За умови залишення соломи на полі інтенсивність балансу для азоту була вищою від 100 % крім систем із застосування найменшої дози азотних добрив. Цей показник був нижчим від 100 % для фосфору за умови неповного його повернення з добривами. Інтенсивність балансу калію була вищою від 100 %.

**Інтенсивність балансу основних елементів живлення за
виращування пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–
2022 рр.), %**

Варіант дослідду	Інтенсивність балансу за умови					
	видалення соломи з поля			залишення соломи на полі		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	0	0	0	0	0	0
N ₇₅	50	0	0	68	0	0
N ₁₅₀	89	0	0	123	0	0
P ₆₀ K ₈₀	0	112	88	0	191	359
N ₁₅₀ K ₈₀	88	0	63	120	0	303
N ₁₅₀ P ₆₀	83	90	0	115	150	0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	47	51	35	64	84	159
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	80	88	56	111	145	281
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	85	48	30	117	80	151
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	82	87	30	113	146	147
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	82	45	59	116	76	301

Відомо, що екологічно безпечна інтенсивність балансу азоту, фосфору і калію відповідно становить 120, 130 і 70 % [49]. Отже, інтенсивність балансу для азоту та фосфору за доз добрив, що вивчалися в досліді, була в межах екологічно безпечної норми. При цьому цей показник для калію був вище екологічно безпечного показника незалежно від дози калійних добрив.

Висновки до розділу 5

1. За високого рівня азотного живлення, що створений внесенням азотних добрив у дозі 150 кг/га азоту на фосфорно-калійному тлі,

підвищується вміст азоту в зерні пшениці твердої озимої з 2,21 до 2,70 % на суху масу, тобто на 22 %, тоді як фосфорні у дозі 60 кг/га д. р. підвищують вміст фосфору на 2, а калійні в дозі 80 кг/га д. р. – вміст калію лише на 1 %.

Вмісту азоту в соломі пшениці твердої озимої сприяє внесення азотних добрив – на 20 %, тоді як фосфорних – лише на 4 %, а за внесення калійних добрив відмічено тенденцію до зниження його вмісту – з 0,49 до 0,48 % на суху масу.

2. Відношення $N : P_2O_5 : K_2O$ в зерні пшениці твердої озимої з неудобрених ділянок становить 1 : 0,31 : 0,23, а за внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$ – 1 : 0,31 : 0,21. Тобто відношення залишалось стабільним за незначного зменшення частки калію. У соломі пшениці відношення $N : P_2O_5 : K_2O$ значно відрізняється – 1 : 0,63 : 1,95 у контрольному варіанті і 1 : 0,52 : 2,21 за внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$. Це свідчать про ліпшу реутилізацію фосфору в зерно і збільшення вмісту калію в соломі з покращенням мінерального живлення рослин.

3. На господарське винесення азоту пшеницею твердою озимою найбільше впливає застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних (P_{30-60}) – на 9,6–15,3 і калійних добрив (K_{40-80}) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту досліду. Азотні добрива сприяють також підвищенню винесення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту досліду.

Частка азоту від суми $N + P_2O_5 + K_2O$ в урожаї зерна становить 63–68 %, фосфору – 18–22 і калію 13–15 % залежно від варіанту досліду. При цьому в урожаї соломи ці показники різняться – відповідно 26–31 %, 14–18 і 53–59 % залежно від варіанту досліду.

4. Коефіцієнт використання азоту пшеницею твердою озимою з добрив був найвищим у варіанті $N_{75}P_{30}K_{40}$ – 59,2 % і знижувався до 35,9–46,4 % в інших варіантах досліду, а фосфору – 18,8 % і підвищувався до 31,7 % у варіанті $N_{150}P_{30}K_{80}$. Ефективність використання калію з добрив

значно залежить від дози калійних і особливо азотних добрив. Найвищий коефіцієнт використання калію з добрив був за повного удобрення і внесення його в дозі 40 кг/га – 34,8–51,5 %.

5. Для розрахунку балансу елементів живлення в ґрунті і доз добрив під пшеницю тверду озиму за вирощування на чорноземі опідзоленому в умовах Правобережного Лісостепу необхідно брати такі показники винесення на 1 т зерна та відповідної кількості соломи, кг: азоту – 37,3, P_2O_5 – 13,7 і K_2O – 28,6.

6. За умови залишення врожаю соломи пшениці твердої озимої на полі на добриво і внесення азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. баланс азоту складається додатним – +15,0...28,4 кг/га залежно від варіанту дослідів. Додатний баланс фосфору з показником +18,5 кг/га у варіанті дослідів $N_{150}P_{60}K_{80}$ забезпечує внесення фосфорних добриву дозі 60 кг/га д. р., тоді як калію – + 12,8 кг/га у варіанті $N_{150}P_{60}K_{40}$.

Результати досліджень було висвітлено в наукових працях [51, 50, 73].

Опубліковані результати за матеріалами розділу

1. Калантир В. О. Господарський винос пшеницею твердою озимою і баланс основних елементів живлення за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 57–61.

2. Калантир В. О. Вміст основних елементів живлення у зерні та соломі пшениці твердої озимої залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 132. С. 332–337.

Любич В. В., Калантир В. О. Формування балансу основних елементів живлення під посівами пшениці твердої озимої за тривалого застосування мінеральних добрив. *Інновації у сучасному агропромисловому виробництві: збірник матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. (21–22 вересня 2023 р.)*. Одеса. 2023. С. 59–63.

РОЗДІЛ 6

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

Основною метою сучасного товарного виробництва чи надання певних послуг, є одержання прибутку. Тому підвищення економічної 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 [3]. 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 і 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 [57, 64]. 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. 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.

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. 6.1).

Таблиця 6.1

**Агрохімічна ефективність застосування добрив під пшеницю
тверду озиму (в середньому за 2019–2021 рр.)**

Варіант досліджу	Витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю зерна, кг д. р.	Окупність 1 кг д. р. добрив, кг зерна			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N + P ₂ O 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. 6.1, найменші витрати добрив на формування 1 тонни зерна пшениці твердої озимої (121–181 кг д. р.) були у варіантах досліджу N₇₅, N₁₅₀ і N₇₅P₃₀K₄₀. Інші варіанти досліджу, 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 досліджу 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 дослід 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 дослід $N_{150}P_{30}K_{80}$ 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. 6.2). Розрахунки показали, що енергоємність приросту врожаю зерна пшениці твердої озимої в усіх варіантах дослід 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).

Таблиця 6.2

**Енергетична ефективність застосування добрив під пшеницю
тверду озиму (в середньому за 2019–2021 рр.)**

Варіант досліджу	Енергоємність, ГДж/га		Чистий енергетичний дохід, ГДж/га	K _{еє}	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

Коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{еє}), як відношення чистого енергетичного доходу до енерговитрат, у варіантах досліджу змінювався в широких межах – від 0,05 до 0,68 і був найвищим у варіанті досліджу 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 досліду $N_{75}P_{30}K_{40}$ і підвищувалась за внесення $N_{150}P_{30-60}K_{40-80}$.

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 [106].

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. 6.3). 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 $N_{75}P_{30}K_{60}$ 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.

Таблиця 6.3

**Економічна ефективність застосування добрив під пшеницю
тверду озиму (в середньому за 2019–2022 рр.)**

Варіант дослідів	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 ₁₅₀	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, прибутковість, енергоємність 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 % [17].

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. 6.1). Найвищим цей показник був у варіанті досліді $N_{110}P_{60}K_{40}$ – 0,97. Дещо йому уступали варіанти $N_{75}P_{30}K_{40}$, $P_{60}K_{80}$, $N_{110}P_{30}K_{80}$ і $N_{110}P_{60}K_{40}$.

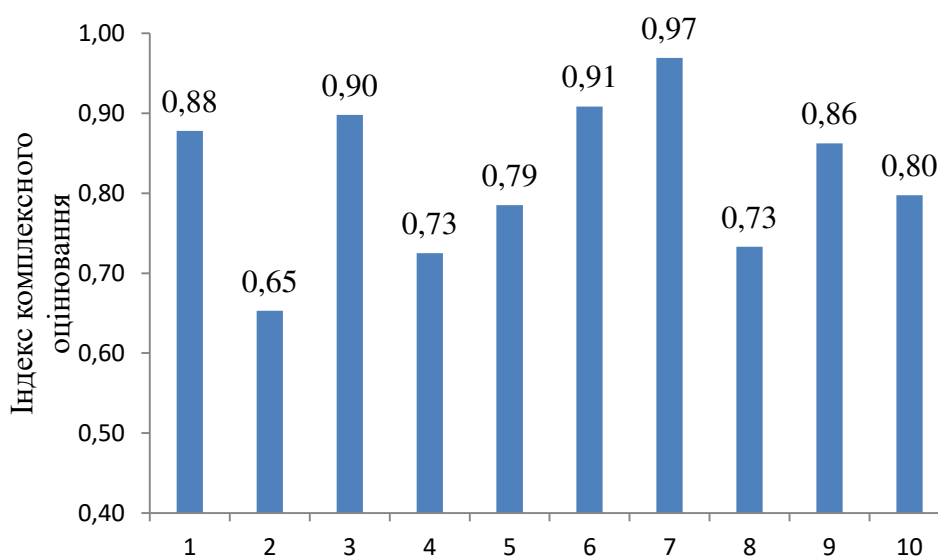


Рис. 6.1 Індекс комплексного оцінювання систем удобрення пшениці твердої озимої, 2019–2021 рр.: 1) N_{75} ; 2) N_{150} ; 3) $P_{60}K_{80}$; 4) $N_{150}K_{80}$; 5) $N_{150}P_{60}$; 6) $N_{75}P_{30}K_{40}$; 7) $N_{150}P_{60}K_{80}$; 8) $N_{150}P_{30}K_{40}$; 9) $N_{150}P_{60}K_{40}$; 10) $N_{150}P_{30}K_{80}$

Найнижчий ІКО системи удобрення пшениці твердої озимої був у варіанті досліді 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 $N_{75}P_{30}K_{40}$.

Висновки до розділу 5

1. Найвищу окупність 1 кг д. р. добрив забезпечує застосування N_{75} – 8,3 кг зерна, чистий енергетичний дохід становить 3,7 ГДж/га за умовно чистого прибутку 27,7 тис. грн/га. Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ забезпечує отримання чистого прибутку на рівні 26,4 тис. грн/га.

2. З урахуванням агрохімічної та енергетичної ефективності і перспектив відновлення родючості ґрунту найкращим (ІКО = 0,91) є застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ за умови вирощування пшениці твердої озимої після сої у чотирипільній сівозміні.

Викладені в розділі результати досліджень опубліковано в праці [72].

Опубліковані результати за матеріалами розділу

1. Любич В. В., Калантир В. О. Ефективність застосування різних видів і доз добрив під пшеницю тверду озиму. *Ґрунтово-агрохімічні дослідження як імператив для розвитку аграрного виробництва та розбудови України: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (24 травня 2023 р.)* Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського». 2023. С. 73–75.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено нове вирішення науково-прикладних завдань і теоретично обґрунтовано загальні закономірності формування продуктивності пшениці твердої озимої залежно від удобрення в чотирипільній сівозміні. За результатами проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Найвищий вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті формується у період весняного кущіння пшениці твердої озимої. Так, цей показник збільшується від 17,3 до 43,2 мг/кг ґрунту за внесення 75 кг/га д. р. і до 70,4 мг/кг ґрунту за внесення 150 кг/га д. р. азотних добрив. У період вегетації пшениці озимої вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті знижується – це стосується як нітратів, так і амонійного азоту. У фазу повної стиглості зерна його вміст змінюється від 7,6 до 17,6 мг/кг ґрунту залежно від системи удобрення. Залежно від дії і післядії удобрення, фази росту та розвитку пшениці озимої, вміст рухомих сполук фосфору змінюється від 75 до 129 мг/кг ґрунту. Внесення калійних добрив у дозі 40 і 60 кг/га д. р. сприяє підвищенню вмісту рухомих сполук калію в ґрунті у фазу кущіння пшениці озимої відповідно на 17 і 20 %, а перед збиранням урожаю – на 15 і 17 %.

2. На тривалість вегетаційного періоду впливають погодні умови. Так, за менш сприятливих умов 2019–2020 с.-г. р. він становить 177 діб, а в сприятливіших – 243–244 доби. Перед збиранням урожаю рослини пшениці твердої озимої заввишки 69–87 см залежно від умов року проведення досліджень та удобрення. Незначну різницю у висоті рослин можна пояснити генетичними особливостями сорту. Так, не удобрених ділянках рослини мають висоту 69–75 см, тоді як на тлі внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$ – 77–87 см, тобто різниця становить 12–16 %.

3. Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу посіву пшениці озимої у роки проведення досліджень також залежить як від погодних

умов, так і від удобрення. Найкращі умови для його формування були у 2021–2022 с.-г. році. Вже у фазу ВВСН 20 ФПП становив 120–126 тис. $\text{м}^2/(\text{га}\cdot\text{діб})$, тоді як у 2020–2021 с.-г. році лише 32–34 тис. $\text{м}^2/(\text{га}\cdot\text{діб})$ залежно від варіанту досліду. В цілому найбільше ФПП наростає в міжфазний період ВВСН 20–ВВСН 30 у всі роки проведення досліджень, але з різною ефективністю.

4. Тривале застосування систем удобрення сприяє збільшенню густоти продуктивного стеблестою пшениці твердої озимої. Найбільше на цей показник впливає азотна складова повного мінерального добрива. Так, кількість продуктивних стебел зростає від 239–370 шт/ м^2 до 251–486 шт/ м^2 за внесення N_{75} і до 304–542 шт/ м^2 за внесення N_{150} залежно від погодних умов вегетаційного періоду пшениці твердої озимої. Тенденція впливу різних систем удобрення та погодних умов на коефіцієнт продуктивного кушіння подібна. Індекси продуктивності пшениці твердої озимої змінюються залежно від погодних умов і умов мінерального живлення рослин, створених тривалим застосуванням різних видів і доз добрив. Встановлено, що тривале застосування фосфорних і калійних добрив майже не зменшувало індекси продуктивності, а білоцерківський і полтавський – підвищувало. Азотна складова системи удобрення з різним поєднанням фосфорної і калійної їх знижувала.

5. Тривале застосування добрив, крім фосфорно-калійної системи, у польовій сівозміні достовірно впливає на формування врожаю пшениці твердої озимої. Найвищу ефективність мають системи удобрення з азотною складовою. Фосфорні й калійні добрива найменше впливають на врожайність і якість зерна пшениці твердої озимої. Тривале застосування $\text{N}_{150}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$ збільшує її від 3,83 до 5,00 т/га ($p \leq 0,05$). Застосування половини дози повного мінерального добрива забезпечує отримання 4,5 т/га ($p \leq 0,05$). Варіанти з неповним поверненням у ґрунт фосфору й калію з добривами, а також парні комбінації з азотною складовою забезпечують формування 4,71–4,94 т/га зерна. Азотні системи удобрення збільшують урожайність

зерна до 4,45–4,66 т/га залежно від дози добрива.

6. 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 повного мінерального добрива. Тривале застосування фосфорних і калійних добрив достовірно не впливало на азотовмісну складову зерна пшениці твердої озимої.

7. Високий рівень азотного живлення, що створений внесенням азотних добрив у дозі 150 кг/га азоту на фосфорно-калійному тлі, сприяє підвищенню вмісту азоту в зерні пшениці твердої озимої підвищується з 2,21 до 2,70 % на суху масу, тобто на 22 %, тоді як фосфорні у дозі 60 кг/га д. р. підвищують вміст фосфору на 2, а калійні в дозі 80 кг/га д. р. – вміст калію лише на 1 %. Вмісту азоту в соломі пшениці твердої озимої сприяє внесення азотних добрив – на 20 %, тоді як фосфорних – лише на 4 %, а за внесення калійних добрив відмічена тенденція до зниження його вмісту – з 0,49 до 0,48 % на суху масу.

8. На господарське винесення азоту пшеницею твердою озимою найбільше впливає застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних (P_{30-60}) – на 9,6–15,3 і калійних добрив (K_{40-80}) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту досліду. Азотні добрива сприяють також підвищенню винесення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту досліду.

9. Для розрахунку балансу елементів живлення в ґрунті і доз добрив під пшеницю тверду озиму за вирощування на чорноземі опідзоленому в умовах Правобережного Лісостепу необхідно брати такі показники винесення на 1 т зерна та відповідної кількості соломи, кг: азоту – 37,3, P_2O_5 – 13,7 і K_2O – 28,6.

10. За умови залишення врожаю соломи пшениці твердої озимої на полі на добриво і внесення азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. баланс

азоту складається додатним – +15,0...28,4 кг/га залежно від варіанту досліду. Додатний баланс фосфору з показником +18,5 кг/га формується у варіанті досліду $N_{150}P_{60}K_{80}$, тоді як калію – +12,8 кг/га у варіанті $N_{150}P_{60}K_{40}$.

11. Найвищу окупність 1 кг д. р. добрив забезпечує застосування N_{75} – 8,3 кг зерна, чистий енергетичний дохід становить 3,7 ГДж/га за умовно чистого прибутку 27,7 тис. грн/га. Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ 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 $N_{75}P_{30}K_{40}$ за умови вирощування пшениці твердої озимої після сої у чотиріпільній сівозміні.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу на чорноземі опідзоленому для отримання високого врожаю та якості зерна пшениці твердої озимої, що вирощується після сої, з урахуванням агрохімічної і енергетичної ефективності та перспектив відновлення родючості ґрунту застосовувати $N_{75}P_{30}K_{40}$. Фосфорні й калійні добрива вносити під основний обробіток ґрунту, а азотні – в підживлення наповесні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авраменко С. В. Агротехнологічні основи управління продукційним процесом озимих зернових культур у Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Харків, 2018. 48 с.
2. Адаптація агротехнологій до зміни клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти / за ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва, Б. С. Носка. Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.
3. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств. Київ : КНЕУ, 2002. 624 с.
4. Базалій В. В., Панкєєв С. В., Карашук Г. В. Урожайність зерна сортів пшениці озимої м'якої та твердої залежно від фону живлення в умовах зрошення півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2013. Вип. 84. С. 3–10.
5. Балюк С., Заришняк А., Лісовий М. Підтягнути якість зерна. "The Ukrainian Farmer", 17. 05. 2017 р. [http://www. agrotimes. net/ journals /article/ pidtyagnuti-yakist-zerna](http://www.agrotimes.net/journals/article/pidtyagnuti-yakist-zerna).
6. Верницький М. Україна: низький попит на фуражну пшеницю. *Пропозиція*. 2000. № 10. С. 107.
7. Вибрані наукові праці академіка В. І. Вернадського. Т. 4. Геохімія живої речовини. Київ : ТОВ «Велес», 2012. 504 с.
8. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України [Полупан М. І., Соловей В. Б., Кисіль В. І., Величко В. А.]. Київ: Колообіг. 2005. 304 с.
9. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Е. Г. Дегодюк, В. Ф. Сайко, М. С. Корнійчук [та ін.]. Київ: Урожай, 1992. 320 с.
10. Волощук О. П., Волощук І. С., Глива В. В. Вплив попередників на формування врожайних властивостей пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і*

тваринництво. 2013. Вип. 55 (I). С. 19–25.

11. Гаврилюк М. М. Вплив агротехнологічних заходів та пластичності сортів на насінневу продуктивність пшениці озимої. *Зберігання і переробка зерна*. 2018. № 12. С. 39–42.
12. Голік В. С., Голік О. В. Селекція *Triticum durum* Desf. Харків: Магда ЛТД, 2008. 519 с.
13. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.
14. Господаренко Г. М. Агрохімія мікроелементів. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2023. 340 с.
15. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ: «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2019. 560 с.
16. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив у польовій сівозміні. Київ: ЗАТ «Нічлава», 2002. 342 с.
17. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.
18. Господаренко Г. М. Система застосування добрив: Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 376 с.
19. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 276 с.
20. Господаренко Г. М., Любич В. В. Алелопатія рослинних решток на посівні властивості зерна пшениці м'якої озимої. *Збірник Уманського НУС*. 2021. Вип. 98. С. 246–254.
21. Господаренко Г. М., Любич В. В. Динаміка вмісту азоту в рослинах сортів тритикале ярого залежно від норм і строків застосування азотних добрив. *Наукові доповіді НУБіП*. 2010. № 2. Режим доступу до журналу: <http://www.nbuuv.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10hhmnfa.pdf>.
22. 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.

23. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Вміст білка в зерні пшениці твердої озимої і його збір залежно від удобрення. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, присвячена 150-річчю заснування кафедри землеробства ім. О. М. Можейка. Харків: Друкарня Мадрид. 2021. С. 37–38.
24. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Вміст крохмалю і клейковини у зерні пшениці твердої озимої залежно від видів і доз добрив. The XXII International Science Conference «Interaction of society and science: prospects and problems» (April 20–23, 2021). London. 2021. P. 23–26.
25. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Вплив різних видів і доз добрив на врожайність зерна пшениці твердої озимої. *Актуальні питання аграрної науки: матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Умань. 2020. С. 12–14.
26. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Перспективи використання зерна пшениці твердої озимої. The XV International Science Conference «The world science of modernity. Problems and prospects of development» (March 25–26, 2021). Paris. 2021. P. 15–17.
27. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Седиментація і сила борошна пшениці твердої озимої залежно від видів і поєднань добрив. The XXI International Science Conference «Problems of practical application of innovations, methodology and experience» (April 15–16, 2021). Lisbon. 2021. P. 9–12.
28. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Удобрення пшениці твердої озимої. Abstracts of XI International Scientific and Practical Conference «Topical issues of modern science and education». Tallinn, Estonia. 2021. P. 12–15.
29. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Формування якості

- зерна пшениці озимої залежно від погодних умов. *Інноваційні зернопродукти і технології*: матеріали Всеукраїнської інтернет-конференції. Умань. 2021. С. 32–35.
30. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Структура врожаю пшениці твердої озимої за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. The 9th International scientific and practical conference «International scientific innovations in human life» (March 16–18, 2022). Manchester. 2022. P. 15–23.
31. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Структура врожаю пшениці твердої озимої залежно від удобрення. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників (18 травня 2022 р.). Умань: ВПЦ «Візаві», 2022. С. 16.
32. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Формування врожайності та якості зерна пшениці твердої озимої за різних систем удобрення в польовій сівозміні. *Інноваційні зернопродукти і технології*: тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції (21 лютого 2022 р.). Умань. 2022. С. 35–36.
33. Господаренко Г. М., Любич В. В., Стоцький В. В. Вплив фосфорних добрив на продуктивність зернової сівозміни. *Вісник Сумського НАУ*. 2022. Вип. 2 (48). С. 46–50.
34. Господаренко Г. М., Любич В. В., Черно О. Д. Вплив вапнування та мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому. *Вісник Уманського НУС*. 2022. № 1. С. 32–36.
35. Господаренко Г. М., Полторецький С. П., Любич В. В., Новіков В. В., Железна В. В., Воробйова Н. В., Улянич І. Ф. Формування якості макаронів і кондитерських виробів із зерна пшениці спельти. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 1. С. 199–210.
36. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Никітіна О. В. Агрохімія калію / за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.

37. Гринник І. В. Вплив попередників та системи удобрення на врожай та якість озимої і ярої пшениці в умовах Полісся: автореф. дис. канд. с.-г. наук. за спеціальності 06.01.01 – загальне землеробство Київ, 2000 15 с.
38. Ґрунтові ресурси України: збалансоване використання, прогноз та управління / за ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка, Р. С. Трускавецького. Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. 452 с.
39. Демиденко О. В. Відтворення чорнозему в агроценозі. Чорнобай : Чорнобаївське КПП, 2020. 108 с.
40. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт–рослина. За ред. А. І. Фатєєва, В. П. Самохвалової. Харків : КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
41. Дмитренко В. П. Погода, клімат і урожай польових культур. Київ: Ніка-Центр, 2010. 620 с.
42. Довідник з вирощування озимої пшениці. В. Г. Влох, М. Я. Бомба, В. В. Лихочвор та ін. Львів: Українські технології, 1998. С. 54–56.
43. Довідник нормативних показників якості продукції сільськогосподарських культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України (довідково-нормативна інформація). С. А. Балюк та ін. /За ред. С. А. Балюка, М. В. Лісового. Харків : Смугаста типографія, 2016. 46 с.
44. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. Київ. 2007. 7 с.
45. ДСТУ 4405: 2005 Якість ґрунту. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за методом Чирикова в модифікації ННЦ ІГА. [Чинний від 2006-01-07]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 13 с. (Національний стандарт України).
46. ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. [Чинний від

- 2008–01 – 01]. Київ, 2006. 15 с. (Національний стандарт України).
47. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: ПП «ГД Едельвейс і К», 2014. 332 с.
 48. Заришняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. Київ : Аграрна наука, 2015. 207 с.
 49. Іваніна В. В. Біологізація удобрення сільськогосподарських культур у сівозмінах. Київ : ЦП «Компринт», 2016. 400 с.
 50. Калантир В. О. Вміст основних елементів живлення у зерні та соломі пшениці твердої озимої залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 132. С. 332–337.
 51. Калантир В. О. Господарський винос пшеницею твердою озимою і баланс основних елементів живлення за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 57–61.
 52. Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л. Формування якості та врожайності зерна пшениці твердої озимої за різних видів і доз добрив. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2022. Вип. 101. Ч. 1. С. 94–105.
 53. Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Желєзна В. В. Формування індивідуальної продуктивності пшениці твердої озимої за її структурними складовими залежно від системи удобрення. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 65–74.
 54. Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Желєзна В. В. Індекси продуктивності пшениці твердої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 122. С. 34–40.
 55. Каленич П. Є. Оптимізація елементів технології виробництва високоякісного насіння пшениці озимої та їх вплив на посівні якості в умовах Правобережного Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Умань, 2018. 23 с.

56. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Паламарчук В. Д. та ін. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: Рогальська І. О., 2015. 448 с.
57. 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.
58. Коваленко Р. В. Біологічні та технологічні особливості формування продуктивності пшениці озимої на чорноземі типовому в умовах Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2012. 20 с.
59. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ : Логос, 2005. 150 с.
60. Кочубей С. М. Організація фотосинтетичного апарату вищих рослин. Київ : Альтерпрес, 2001. 204 с.
61. Крамарьов С. М., Жемела Г. П., Шакалій С. М. Продуктивність та якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від мінерального живлення в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 6. С. 61–67.
62. Кривенко А. І. Напрями біологізації системи удобрення пшениці озимої у короткоротаційних сівозмінах Південного Степу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 6 (76).
63. Кривенко А. І. Наукове обґрунтування біологізованих технологій вирощування озимих зернових культур в умовах Південного Степу України. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора с.-г. наук за спеціальністю 06.01.09 «Рослинництво». Херсонський державний аграрний університет. Херсон. 2019. 43 с.
64. Кучер С. В. Фактори впливу на стан ефективності зернового господарства в Україні. *Економіка АПК*. 2004. № 1. С. 114–118.
65. Лебідь Є. М., Черенков А. В., Солодушко М. М. та ін. Особливості вирощування озимої пшениці у Степу України. *Наук.-техн. бюл. МПП*.

2008. Вип. 8. С. 335–344.
66. Литвиненко М. А., Лифенко С. П., Єриняк М. І. Сорти озимої м'якої пшениці степового екотипу краще переносять екстремальні погодні чинники. *Насінництво*. 2013. № 8. С. 14–18.
67. Лихочвор В. В., Проць Р. Р. Озима пшениця. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 216 с.
68. Лопушняк В. І. Агрохімічні та агроекологічні аспекти систем удобрення в Західному Лісостепу України. Львів: Ліга-прес, 2015. 218 с.
69. 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.
70. Любич В. В. Хлібопекарські властивості зерна сортів пшениці озимої залежно від видів, норм і строків застосування азотних добрив. *Вісник Дніпропетровського ДАЕУ*. 2017. № 2. С. 35–41.
71. Любич В. В., Господаренко Г. М., Мартинюк А. Т., Стасіневич О. Ю. Параметри родючості ґрунту та продуктивність польової сівозміни за внесення добрив і вапна. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2023. Вип. 102. С. 7–16.
72. Любич В. В., Калантир В. О. Ефективність застосування різних видів і доз добрив під пшеницю тверду озиму. *Ґрунтово-агрохімічні дослідження як імператив для розвитку аграрного виробництва та розбудови України: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (24 травня 2023 р.)* Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського». 2023. С. 73–75.
73. Любич В. В., Калантир В. О. Формування балансу основних елементів живлення під посівами пшениці твердої озимої за тривалого застосування мінеральних добрив. *Інновації у сучасному агропромисловому виробництві: збірник матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. (21–22 вересня 2023 р.)*. Одеса. 2023. С. 59–63.

74. Любич В. В., Калантир В. О. Формування якості зерна пшениці твердої озимої за різного поєднання добрив у польовій сівозміні. *Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату: матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції молодих учених (26–27 жовтня 2022 р.)*. Харків: Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва. 2022. С. 25–29.
75. Манько К. М., Усов О. С., Попов С. І. Удобрення пшениці твердої ярої. *Агробізнес Сьогодні*. 2017. С. 78–82.
76. Мартин А. Г., Осипчук С. О., Чумаченко О. М. Природно-сільськогосподарське районування України: монографія. Київ. 2015. 256 с.
77. Марчук І. Сучасні добрива – на варті врожаю. *Пропозиція*. 2009. № 4. С. 42–45.
78. МВВ 31-497058-019-2005 Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору, калію в одній наважці рослинного матеріалу. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків : КП «Друкарня № 13», 2005. С. 189–208.
79. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури) [Текст] / за ред. В. В. Волкодава. Київ, 2001. 69 с.
80. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. За ред. Ткачик С. О. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД». 2015. 160 с.
81. Мінекономіки: Посівна 2020 на завершальній стадії. Режим доступу – <https://www.kmu.gov.ua/news/minekonomiki-posivna-2020-na-zavershalnij-stadiji>.
82. Моргун В. В., Стасик О. О., Франтийчук В. В. Аналіз зв'язи фотосинтетических показателів флагового листа з компонентами зернової продуктивності колоса у сортової озимої пшениці різних періодів селекції. *Фізіологія рослин*. 2016. № 4. С. 356–365.

83. Натальчук Т. А. Урожайність та якість зерна пшениці сортів різного екотипу залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування в умовах північної частини Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2014. 21 с.
84. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення / за заг. ред. М. М. Городнього. Київ : ТОВ «Алефа», 2004. 288 с.
85. Недвига М. В. Головчук А. Ф. Копитко П. Г. Грунти Уманщини в дослідженнях В. В. Докучаєва. *Вісник Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва*. 2009. С. 30–38.
86. Нормативи виносу елементів живлення сільськогосподарськими культурами. Київ : НУБіП, 2005. 66 с.
87. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище / за ред. О. І. Фурдичка, В. П. Славова. Київ : Основа, 2008. 360 с.
88. Носко Б. С. Азотний режим ґрунтів і його трансформація в агроєкосистемах. Харків : Міськдрук, 2013. 130 с.
89. Носко Б. С. Антропогенна еволюція чорноземів. Харків : Вид. «13 типографія», 2006. 239 с.
90. Носко Б. С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків : ФОП «Бровін О. В.», 2017. 476 с.
91. Оптимізація складових технологій вирощування пшениці ярої / Г. М. Господаренко та ін. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань: ВПЦ «Візаві», 2018. 248 с.
92. Орлюк А. П., Гончарова К. В. Адаптивний і продуктивний потенціали пшениці: монографія. Херсон : Айлант, 2002. 276 с.
93. Передумови формування якості зерна пшениць та продуктів його перероблення. Г. М. Господаренко, В. В. Любич, І. О. Полянецька, В. В. Новіков, В. В. Железна. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2019. 336 с.

94. Польовий В. М. Оптимізація системи удобрення у сучасному землеробстві. Рівне : Волинські обереги, 2007. 320 с.
95. Пшениця спельта. Г. М. Господаренко, П. В. Костогриз, В. В. Любич та ін. ; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 312 с.
96. Рибалка О. І. Сортові особливості зерна як фактор стабільності якості. *Зберігання і переробка зерна*. 2006. № 5. С. 34–48.
97. Рибалка О. І., Моргун Б. В., Починок В. М. Сучасні дослідження якості зерна пшениці у світі: генетика, біотехнологія та харчова цінність запасних білків. *Фізіологія і біохімія рослин*. 2012. Т. 44. № 1. С. 3–22.
98. Рибалка О. І., Соколов В. М., Червоніс М. В. Якість урожаю зерна озимої пшениці 2006 року. *Зберігання і переробка зерна*. 2006. № 8. С. 16–20.
99. Сидеральна система удобрення пшениці м'якої озимої / Г. М. Господаренко, О. Л. Лисянський, В. В. Любич, І. О. Полянецька. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 216 с.
100. Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття. С. А. Балюк та ін. / За ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошниченка. Київ : Альфа-стевія, 2016. 400 с.
101. Солодушко М. М. Продуктивність та особливості вирощування різних сортів пшениці озимої в умовах північного Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 6. С. 112–118.
102. Стаціонарні польові дослідження України: Реєстр атестатів. Київ: Аграрна наука, 2014. 146 с.
103. Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України / за наук. ред. С. А. Балюка. В. В. Медведєва. Київ : Аграрна наука, 2012. 240 с.
104. Сучасні системи землеробства і технологія вирощування

- сільськогосподарських культур / В. Ф. Камінський, В. Ф. Сайко, І. П. Шевченко. Київ : Едельвейс, 2012. 196 с.
105. Сучасні системи удобрення с.-г. культур у сівозмінах з різною ротацією за основними ґрунтово-кліматичними зонами України : рекомендації / за ред. А. С. Заришняка, М. В. Лісового. Київ : Аграрна наука, 2008. 120 с.
106. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур з різним ресурсним забезпеченням / за ред. Д. І. Мазоренка, Г. Є. Мазнева. Харків : ХНТУСГ, 2006. 725 с.
107. Тимчук В., Іодковський В., Усова З. Урожайність – потенційна і реальна. Зерно <https://www.zerno-ua.com/journals/2017/avgust-2017-god/urozhaynist-potenciyna-i-realna>
108. Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л. Основи управління родючістю ґрунтів. Харків : ФОП Бровін О. В., 2016. 388 с.
109. Удобрення тритикале / Г. М. Господаренко В. В. Любич, В. С. Кравченко, Л. В. Вишневська; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2019. 176 с.
110. Удосконалена діагностика рівня азотного забезпечення ґрунту методами польового та лабораторного тестування / А. В. Ревтьєв-Уварова та ін. Харків, 2020. 92 с.
111. Управління живленням сільськогосподарських культур в умовах погодно-кліматичних флуктуацій / за наук. ред. М. М. Мірошніченка, Є. Ю. Гладкіх. Київ : Аграрна наука, 2022. 160 с.
112. Худолій Л. В. Формування продуктивності пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування у Правобережному Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. 06.01.09. Київ, 2015. 21 с.
113. Чабан В. Г. Вплив добрив та пестицидів на продуктивність рослинництва. Економіка АПК. 1999. № 11. С. 29–31.
114. Шадшина Т. М., Гуляєв Б. І., Кірізій Д. А. та ін. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні

- аспекти. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.
115. Шевченко О. І., Турченко Л. О. Стабільність якості зерна: фактор погодних особливостей чи невідповідність технологій. *Наук.-техн. бюл. Миронівського інституту пшениці*. 2008. Вип. 8. С. 371–387.
 116. Шегада І. М., Починок В. М., Кірізій Д. А., Маменко Т. П. Вплив умов азотного живлення на фотосинтез, продуктивність і білковість зерна озимої пшениці. *Фізіологія рослин*. 2018. № 2. С. 105–114.
 117. Akparov Z. I., Rustamov Kh. N., Jahangirov A. A., Hamidov H. N., Babayeva S. M., Abbasov M. A. Study of aborigine and breeding varieties of durum wheat (*T. durum* Desf.) of Azerbaijan. *Journal of Qafqaz University (Chemistry and biology)*. 2015. Vol. 3(2). P. 120–124.
 118. Alexandrov N., Petrova T. Adaptive breeding in durum wheat *Triticum durum* Desf. Developing of breeding materials with increased cold resistance. *Field Crops Studies*. 2018. Vol. 9(1). P. 61–72.
 119. Ali S. A., Tedone L., Verdini L., Cazzato E., De Mastro G. (2019). Wheat Response to No-Tillage and Nitrogen Fertilization in a Long-Term Faba Bean-Based Rotation. *Agronomy*. 2019. Vol. 9. 50.
 120. Almaliev M., Kostadinova S., Panayotova G. Effect of fertilizing systems on the phosphorus efficiency indicators at durum wheat. *Agriculture&Forestry*. 2014. Vol. 60 (4). P. 127–134.
 121. 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.
 122. Anwar Sh. Effect of sowing dates and seed rates on the agro-physiological traits of wheat. *J. Environ. & Earth Sci.* 2015. Vol. 5 (1). P. 135–140.
 123. Arregui L. M., Lasa B., Lafarga A., Iraneta I. Baroja, E., Quemada M. Evolution of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. *Eur. J. Agromony*. 2006. Vol. 24. P. 140–148.
 124. Azad M., Ahmed T., Eaton T., Hossain M., Haque M., Soren E. Yield of

Wheat (*Triticum aestivum*) and Nutrient Uptake in Grain and Straw as Influenced by Some Macro (S & Mg) and Micro (B & Zn) Nutrients. *Natural Science*. 2021. Vol. 13. P. 381–391.

125. Bezuglova O. S., Polienko E. A., Gorovtsov A. V., Lyhman V. A., Pavlov P. D. The effect of humic substances on winter wheat yield and fertility of ordinary chernozem. *Ann. Agrar. Sci.* 2017. Vol. 15. P. 239–242.
126. Calzarano, F. et al Durum Wheat Quality, Yield and Sanitary Status under Conservation Agriculture. *Agriculture* 2018. Vol. 8. Article number 140.
127. 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.
128. Chen Q., Mu X., Chen F., Yuan L., Mi G. Dynamic change of mineral nutrient content in different plant organs during the grain filling stage in maize grown under contrasting nitrogen supply. *European Journal of Agronomy*. 2016. Vol. 80. P. 137–153.
129. Elias E. M., Manthey F. A. Registration of “Joppa” Durum Wheat. *Journal of Plant Registrations*. 2016. Vol. 10. P. 139–144
130. Ferrante A., Savin R., Slafer G. Relationship between fruiting efficiency and grain weight in durum wheat. *Field Crops Research*. 2015. Vol. 177. P. 145–156.
131. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed on 17 June 2021).
132. Fortunato S. Nitrogen Metabolism at Tillering Stage Differently Affects the Grain Yield and Grain Protein Content in Two Durum Wheat Cultivars. *Biology*. 2019. Vol. 11. Article number 186.
133. Gadaleta A., Lacolla G., Giove S. L., Fortunato S., Nigro D., Mastro M. A., De Corato U., Caranfa D., Cucci G., de Pinto M. C., et al. Durum Wheat

- Response to Organic and Mineral Fertilization with Application of Different Levels and Types of Phosphorus-Based Fertilizers. *Agronomy*. 2022. Vol. 12(8). Article number 1861.
134. Gallagher E. Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. 2008. P. 321–346.
135. Gandía M. L., Del Monte J. P., Tenorio J. L. The influence of rainfall and tillage on wheat yield parameters and weed population in monoculture versus rotation systems. *Sci Rep*. 2021. Vol. 11. Article number 22138.
136. Gauer L., Grant C. A., Geht D. T., Bailey L. D. Effect of nitrogen fertilization on grain protein content, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency of six spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in relation to estimated moisture supply. *Can. J. Plant Sci*. 1992. Vol. 72. P. 235–241.
137. Hannachi A., Fellahi Z. A., Bouzerzour H., Boutekrabi A. Correlation, Path Analysis and Stepwise Regression in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) under Rainfed Conditions. *Journal of Agriculture and Sustainability*. 2013. Vol. 3(2). P. 122–131.
138. Hirawan R., Beta T. Whole Wheat Pasta and Health. *Wheat and Rice in Disease Prevention and Health*. 2014. P. 547–557.
139. Hlisnikovský L., Vach M., Abrhám 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.
140. Hospodarenko H. M., Liubych V. V. Influence of long-term fertilization on yield and quality of spring triticale grain. In Annual 27th International Scientific Conference Research for Rural Development 2021 (pp. 29–35), vol. 36, Jelgava, Latvia: Latvia University of Life Sciences and Technologies.
141. Hospodarenko H., Prokopchuk I., Nikitina O., Liubych V. Assessment of the contamination level of a podzolized chernozem with nuclides in a long-

- term land use. *Agriculture*. 2019. Vol. 65(3). P. 128–135.
142. Hřčková K., Mihalčík P., Žák Š., Hašana R., Ondreičková K., Kraic J. Agronomic and Economic Performance of Genetically Modified and Conventional Maize. *Agriculture*. 2018. Vol. 64. P. 87–93.
143. Karpenko V. P., Poltoretskyi S. P., Liubych V. V., Adamenko D. M., Kravets I. S., Prytuliak R. M., Kravchenko V. S., Patyka N. I., Patyka V. P. Microbiota in the rhizosphere of cereal crops. *Mikrobiol. Z.* 2021. Vol. 83(1). P. 21–31.
144. Kharchenko O., Zakharchenko E., Kovalenko I., Prasol V., Pshychenko O., Mishchenko Y. On problem of establishing the intensity level of crop variety and its yield value subject to the environmental conditions and constraints. *AgroLife scientific journal*. 2019. Vol. 8. № 1. P. 113–119.
145. Kiseleva M. I., Kolomiets T. M., Pakholkova E. V., Zhemchuzhina N. S., Lubich V. V. The differentiation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for resistance to the most harmful fungal pathogens. *Agricultural biology*. 2016. Vol. 51 (3). P. 299–309.
146. Klikocka H., Cybulska M., Barczak B., Narolski B., Szostak B., Kobińska A., Nowak A., Wójcik E. The effect of sulphur and nitrogen fertilization on grain yield and technological quality of spring wheat. *Plant Soil Environ.* 2016. Vol. 62. P. 230–236.
147. Laurent E.-A., Ahmed N., Durieu C., Grieu P., Lamaze T. Marine and fungal biostimulants improve grain yield, nitrogen absorption and allocation in durum wheat plants. *J. Agric. Sci.* 2020. Vol. 158. P. 279–287.
148. Li C. X., Ma S. C., Shao Y., Ma S. T., Zhang L. L. Effects of long-term organic fertilization on soil microbiologic characteristics, yield and sustainable production of winter wheat. *Journal of Integrative. Agriculture*. 2018. Vol. 17. P. 210–219.
149. Litke L., Gaile Z., Ruža A. Nitrogen fertilizer influence on winter wheat yield and yield components depending on soil tillage and forecrop. In Annual 23th International Scientific Conference Research for Rural

Development 2017 (pp. 54–61), vol. 2, Jelgava, Latvia: Latvia University of Life Sciences and Technologies.

150. Liubych V. Baking properties of spelt wheat. Innovative technologies in science and education. Abstracts of IX International Scientific and Practical Conference. Jerusalem, Israel 2021. P. 12–14.
151. Liubych V., Oliinyk O. Culinary quality and output of flattened cereals from emmer wheat after the radiation with high-frequency field. Development of modern science: theory, methodology, practice. Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference. Madrid, Spain 2021. P. 10–13.
152. Liubych V., Oliinyk O. Output of flattened cereals from emmer wheat after the radiation with high-frequency field. Theoretical and scientific bases of development of scientific thought. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference. Rome, Italy, 2020. P. 21–23.
153. Ma G., Liu W., Li S., Zhang P., Wang C., Lu H., Wang L., Xie Y., Ma D., Kang G. Determining the Optimal N Input to Improve Grain Yield and Quality in Winter Wheat With Reduced Apparent N Loss in the North China Plain. *Front. Plant Sci.* 2019. Vol. 10. Article number 181.
154. Mahjourimajd S., Taylor J., Sznajder B., Timmins A., Shahinnia F., Rengel Z., Khabas-Saberi H., Kuchel H., Okamoto M., Langridge P. Genetic basis for Variation in Wheat Grain Yield in Response to Varying Nitrogen Application. *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11. Article number e0159374.
155. Mahmud A. A Growth, Yield and Its Attributes of Durum Wheat as Affected by Sowing Dates and Seeding Rates under Libyan Conditions. *Alexandria Science Exchange Journal*. 2021. Vol. 42, No. 2. P. 540–545.
156. Mahmud A. A. Growth, yield and its attributes of durum wheat as affected by sowing dates and seeding rates under Libyan conditions. *Alexandria Science Exchange Journal*. 2021. Vol. 42, No. 2. P. 540–545.
157. Marinaccio F., Blandino M., Reyneri A. Effect of nitrogen fertilization on yield and quality of durum wheat cultivated in Northern Italy and their

- interaction with different soils and growing seasons. *J. Plant Nutr.* 2016. Vol. 39. P. 643–654.
158. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd edition. Edited by P. Marschner. Amsterdam, Netherlands : Elsevier/Academic Press, 2012. 684 p.
159. Mefleh M., Conte P., Fadda C., Giunta F., Piga A., Hassoun G., Motzo R. From ancient to old and modern durum wheat varieties: interaction among cultivar traits, management, and technological quality. *J. Sci. Food Agric.* 2019. Vol. 99. P. 2059–2067.
160. Mefleh M., Conte P., Fadda C., Giunta F., Piga A., Hassoun G., Motzo R. From ancient to old and modern durum wheat varieties: interaction among cultivar traits, management, and technological quality. *J. Sci. Food Agric.* 2018. Vol. 99. P. 2059–2067.
161. Mekonnen et al. Participatory variety selection and stability analysis of Durum wheat varieties (*Triticum durum* Desf.) in northwest Amhara. *Cogent Food & Agriculture.* 2020. Vol. 6. Article number 1746229.
162. Mohammadi-joo S., Mirasi A., Saeidi-aboeshaghi R., Amiri M. Evaluation of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes based on resistance indices under field conditions. *Int. J. Bio. Sci.* 2015. Vol. 6 (2). P. 331–337.
163. Nelson K. A., Motavalli P. P., Nathan M. Nitrogen fertilizer sources and application timing affects wheat and inter-seeded red clover yields on claypan soils. *Agronomy.* 2014. Vol. 4. P. 497–513.
164. Novak L., Liubych V., Poltoretskyi S., Andrushchenko M. Technological indices of spring wheat grain depending on the nitrogen supply. *Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations.* 2019. P. 753–761.
165. Omar A. M., Mahamed A. A. E., Sharsher M. S. A., El-Hag A. A. Performance of some bread wheat genotypes under water regime and sowing methods. *J. Agric. Res.. Kafarelshikh Univ.* 2014. Vol. 40 (2). P. 327–341.

166. Orlando F., Mancini M., Motha R., Qu J. J., Orlandini S., Dalla Marta A. Modelling durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) grain protein concentration. *J. Agric. Sci.* 2017. Vol. 155. P. 930–938.
167. Osokina N., Liubych V., Novikov V., Leshchenko I., Petrenko V., Khomenko S., Zorunko V., Balabak O., Moskalets V., Moskalets T. Effect of Electromagnetic Irradiation of Emmer Wheat Grain on the Yield of Flattened Wholegrain Cereal. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies.* 2020. Vol. 5(108). P. 40–51.
168. Ostmeier T., Parker N., Jaenisch B., Alkotami L., Bustamante C., Jagadish S. K. Impacts of heat, drought, and their interaction with nutrients on physiology, grain yield, and quality in field crops. *Plant Physiol Rep.* 2020. Vol. 25(4). P. 549–568.
169. Pačuta V., Rašovský M., Michalska-Klimczak B., Wyszyński Z. Grain Yield and Quality Traits of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Treated with Seaweed- and Humic Acid-Based Biostimulants. *Agronom.* 2020. Vol. 11. Article number 1270.
170. Panayotova G., Almaliev M., Kostadinova S. Nitrogen uptake and expense in durum wheat depending on genotype and nitrogen fertilization. *Agricultural Science and Technology.* 2017. Vol. 9(1). P. 26–34.
171. Panayotova G., Kostadinova S., Stefanova-Dobрева S., Muhova A. Influence of long-term fertilization and environments on test weight of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) grain. *Agriculture and Environment.* 2021. Vol. 13(1). P. 52–56.
172. Panayotova G., Kostadinova S., Valkova N. Durum wheat quality as affected by genotype and nitrogen. *Agronomy.* 2015. Vol. 58. P. 277–283.
173. Patel C. R., Patel J. M., Patel S. K., Patel A. S., Patel A. A., Joshi D. J. Evaluation of genetic variability in durum wheat (*Triticum durum* L.) GAU. *Research Journal.* 2021. Vol. 44 (4). P. 192–197.
174. Patel N. A., Bhatt J. P., Dave P. B., Chauhan S. S. Genetic analysis of grain yield, its components and quality characters in durum wheat (*Triticum*

- Durum Desf.) over environments. *International Journal of Agriculture Sciences*. 2016. Vol. 8 (32). P. 1681–1686.
175. Rossini F., Provenzano M. E., Sestili F., Ruggeri R. Synergistic effect of sulfur and nitrogen in the organic and mineral fertilization of durum wheat: grain yield and quality traits in the Mediterranean environment. *Agronomy*, 2018. Vol. 8. P. 2–16.
176. Ruiz M., Zambrana E., Fite R., Sole A., Tenorio J. L., Benavente E. Yield and Quality Performance of Traditional and Improved Bread and Durum Wheat Varieties under Two Conservation Tillage Systems. *Sustainability*. 2019. Vol. 11(17). Article number 4522.
177. Rustamov Kh. N. The adaptive value of bread wheat (*T. aestivum* L.) in rainfed conditions in Azerbaijan. *Nauchnyie vedomosti Belgorodskoy GU (Estestvennyie nauki = Belgorod State University Scientific Bulletin (Natural sciences))*. 2015. Vol. 15(212). P. 22–28.
178. Rustamov Kh. N., Akparov Z. İ., Abbasov M. A. Adaptive potential of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) varieties of Azerbaijan. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020. Vol. 181(4). P. 9–15.
179. Rustamov Kh. N., Akparov Z. İ., Abbasov M. A. Adaptive potential of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) varieties of Azerbaijan. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020. Vol. 181(4). P. 9–15.
180. Saulnier L., Guillon F., Sado P.-E., Rouau X. Analysis of Glycans; Polysaccharide Functional Properties. *Comprehensive Glycoscience: from chemistry to systems biology*. 2007. Vol. 2. P. 653–689.
181. Shehab-Eldeen M. T., Khedr R. A., Genedy M. S. Studies on Morphophysiological Traits and their Relationships to Grain Yield and its Components of Six Bread Wheat Genotypes under Four Nitrogen Fertilization Levels. *J. of Plant Production*. 2021. Vol. 12(1). P. 11–17.
182. Šimanský V. Changes in soil organic matter parameters during the period of 18 years under different soil management practices. *Agriculture*. 2016. Vol. 62. P. 149–154.

183. Šimanský V., Jonczak J. Sorption capacity of sandy soil under long-term fertilisation. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*. 2019. Vol. 65(4). P. 164–171.
184. Sissons M. J., Fellows C. M. Sensory, Technological, and Health Aspects of Adding Fiber to Wheat-Based Pasta. *Wheat and Rice in Disease Prevention and Health*. 2014. P. 211–226.
185. Slafer G. A., Savin R., Sandras V. O. Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crop Res.* 2014. Vol. 157. P. 71–83.
186. Slamka P., Hanáčková E. Effect of different fertilization on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) yield and quality parameters. *Research Journal of Agricultural Science*. 2014. Vol. 46 (3). P. 68–78.
187. Solah V. A., Fenton H. K., Crosbie G. B. Wheat: Grain Structure of Wheat and Wheat-based Products. *Encyclopedia of Food and Health*. 2016. P. 470–477.
188. Tosti G., Farneselli M., Benincasa P., Guiducci M. Nitrogen fertilization strategies for organic wheat production: Crop yield and nitrate leaching. *Agron. J.* 2016. Vol. 108. P. 770–781.
189. Townsend T. J., Sparkes D. L., Ramsden S. J., Glithero N. J., Wilson P. Wheat straw availability for bioenergy in England. *Energy Policy*. 2018. Vol. 122. P. 349–357.
190. Tsegaye D., Dessalegn T., Dessalegn E., Share G. Genetic variability, correlation and path analysis in durum wheat germplasm (*Triticum durum* Desf.). *Agricultural Research and Reviews*. 2012. Vol. 1(4). P. 107–112.
191. Turebayeva S., Zhapparova A., Yerkin A., Aisakulova K., Yesseyeva G., Bissembayev A., Saljnikov E. Productivity of Rainfed Winter Wheat with Direct Sowing and Economic Efficiency of Diversified Fertilization in Arid Region of South Kazakhstan. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. Article number 111.
192. Wang L. F., Sun J. T., Zhang Z. B., Xu P., Shangguan Z. P. Winter wheat grain yield in response to different production practices and soil fertility in

- northern China. *Soil and Tillage Research*. 2017. Vol. 176. P. 10–17.
193. Wu W., Ma B. L., Fan J. J., Sun M., Yi Y., Guo W. S., Voldeng H. D. Management of nitrogen fertilization to balance reducing lodging risk and increasing yield and protein content in spring wheat. *Field Crop Res.* 2019. Vol. 241. Article number 107584.
194. Yan S., Wu Y., Fan J., Zhang F., Guo J., Zheng J., Wu L. Quantifying grain yield, protein, nutrient uptake and utilization of winter wheat under various drip fertigation regimes. *Agricultural Water Management*. 2022. Vol. 261. Article number 107380.
195. Yang D., Cai T., Luo Y., Wang Z. Optimizing plant density and nitrogen application to manipulate tiller growth and increase grain yield and nitrogen-use efficiency in winter wheat. *Peer J.* 2019. Vol. 7. Article number e6484.
196. Yasser A. M. Hefny Response of some durum wheat genotypes (*Triticum durum* Desf.) for potassium fertilization levels in newly reclaimed soil. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 3 (1). P. 66–78.
197. Yasser A. M. Hefny Response of some durum wheat genotypes (*Triticum durum* Desf.) for Potassium fertilization levels in newly reclaimed soil. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 3 (1). P. 66–78.
198. Zhang Y., Dai X., Jia D., Li H., Wang Y., Li C. Effects of plant density on grain yield, protein size distribution, and breadmaking quality of winter wheat grown under two nitrogen fertilisation rates. *Eur. J. Agron.* 2016. Vol. 73. P. 1–10.

ДОДАТКИ

Додаток А 4.1

Урожайність зерна пшениці твердої озимої залежно від удобрення, т/га

Варіант дослідів	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	3,37	3,85	4,26	3,83
N ₇₅	3,90	4,57	4,89	4,45
N ₁₅₀	4,06	4,95	4,96	4,66
P ₆₀ K ₈₀	3,53	4,19	4,67	4,13
N ₁₅₀ K ₈₀	4,12	5,02	4,99	4,71
N ₁₅₀ P ₆₀	4,18	5,23	5,19	4,87
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	3,98	4,92	5,06	4,65
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	4,31	5,45	5,25	5,00
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	4,13	5,10	5,20	4,81
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	4,18	5,41	5,22	4,94
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	4,16	5,23	5,14	4,84
<i>HIP</i> ₀₅	0,21	0,26	0,28	–

Додаток А 4.2

Вміст білка в зерні пшениці твердої озимої залежно від удобрення, %

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	13,8	12,8	11,1	12,6
N ₇₅	16,3	13,3	13,0	14,2
N ₁₅₀	17,0	14,3	13,5	14,9
P ₆₀ K ₈₀	14,1	13,0	10,8	12,6
N ₁₅₀ K ₈₀	17,0	14,3	14,1	15,1
N ₁₅₀ P ₆₀	17,2	14,3	14,2	15,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	16,7	13,3	13,2	14,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	17,4	14,4	14,4	15,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	17,2	14,3	14,1	15,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	17,2	14,4	14,2	15,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	17,1	14,4	14,3	15,3
<i>HIP</i> ₀₅	<i>0,9</i>	<i>0,7</i>	<i>0,7</i>	–

Додаток А 4.3

**Вихід білка з урожаю зерна пшениці твердої озимої залежно від
удобрення, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	465	493	473	477
N ₇₅	636	608	636	627
N ₁₅₀	690	708	670	689
P ₆₀ K ₈₀	498	545	504	516
N ₁₅₀ K ₈₀	700	718	704	707
N ₁₅₀ P ₆₀	719	748	737	735
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	665	654	668	662
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	750	785	756	764
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	710	729	733	724
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	719	779	741	746
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	711	753	735	733

Додаток А 4.4

**Вміст клейковини у зерні пшениці твердої озимої залежно від
удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Без добрив (контроль)	30,2	25,8	23,4	26,5
N ₇₅	35,2	27,0	28,1	30,1
N ₁₅₀	36,7	29,4	29,6	31,9
P ₆₀ K ₈₀	31,2	26,1	22,6	26,6
N ₁₅₀ K ₈₀	36,4	29,4	31,0	32,3
N ₁₅₀ P ₆₀	36,8	29,3	30,9	32,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	36,0	27,4	28,8	30,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	37,1	29,6	32,1	32,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	36,7	29,5	31,3	32,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	36,3	29,3	31,4	32,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	36,1	29,3	31,7	32,4
<i>HIP₀₅</i>	<i>1,8</i>	<i>1,3</i>	<i>1,4</i>	–

Додаток Б 5.1

**Частка основних елементів живлення від суми господарського їх
винесення (зерно + солома) пшеницею твердою озимою залежно від
удобрення (2020–2022 рр.), %**

Варіант дослідів	Частка від суми господарського винесення		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	48	19	33
N ₇₅	50	18	32
N ₁₅₀	51	18	32
P ₆₀ K ₈₀	46	20	34
N ₁₅₀ K ₈₀	48	16	36
N ₁₅₀ P ₆₀	49	18	33
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	48	18	34
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	47	17	36
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	47	17	36
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	47	18	35
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	47	17	36

Додаток Б 5.2

**Винесення основних елементів живлення соломою пшениці
твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), кг/т**

Варіанта дослідю	Елемент живлення		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	4,1	2,6	8,0
N ₇₅	4,3	2,6	8,1
N ₁₅₀	4,7	2,5	8,1
P ₆₀ K ₈₀	4,0	2,8	8,7
N ₁₅₀ K ₈₀	4,6	2,3	9,9
N ₁₅₀ P ₆₀	4,9	2,6	9,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	4,4	2,5	9,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	4,8	2,5	10,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	4,6	2,5	10,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	4,8	2,6	10,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	5,1	2,6	10,6

Додаток В.1

Акт впровадження



«ПОГОДЖЕНО»

Ректор Уманського національного
університету садівництва

Олена НЕПОЧАТЕНКО

« 24 » 11 . 2023

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ФГ «Поляна лісова»

Володимир ЛЮБЧЕНКО



АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – ФГ «Поляна лісова».

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи за темою «Формування продуктивності пшениці твердої озимої за різного удобрення в Правобережному Лісостепу України», виконаної в Уманському національному університеті садівництва, впроваджено в технологічному процесі фермерського господарства.

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення пшениці твердої озимої.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення пшениці твердої озимої впроваджено на площі 22 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає після збирання сої внесення фосфорно-калійних добрив у дозі $P_{30}K_{40}$, потім проводять обробіток ґрунту, в оптимальні строки проводять сівбу пшениці м'якої озимої, у I–III декадах лютого проводять підживлення посівів азотними добривами у дозі N_{75} .
4. **Економічна ефективність** – 28,5 тис. грн/га у цінах 2023 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення пшениці твердої озимої забезпечить стабільний приріст урожаю зерна. Система застосування добрив передбачає внесення азотних за один прийом, що сприятиме нижчим енергосиловим витратам на вирощування зерна та ефективному використанню елементів живлення з добрив.

Від Уманського національного
університету садівництва
відповідальний за впровадженняаспірант кафедри агрохімії і
грунтознавства

Вячеслав КАЛАНТИР

« 24 » 11 . 2023

Від ФГ «Поляна лісова»

директор

Володимир ЛЮБЧЕНКО



« 24 » 11 . 2023

Додаток В.2

Акт впровадження



«ДОГОДЖЕНО»

Ректор Уманського національного
університету садівництва

Олена НЕПОЧАТЕНКО

« 24 » 11, 2023

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Дослідної станції
тютюництва

Павло ПЯСЕЦЬКИЙ

« 24 » 11, 2023

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – Дослідна станція тютюництва.

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи за темою «Формування продуктивності пшениці твердої озимої за різного удобрення в Правобережному Лісостепу України», виконаної в Уманському національному університеті садівництва, впроваджено у технологічному процесі дослідної станції.

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення пшениці твердої озимої.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення пшениці твердої озимої впроваджено на площі 13 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає після збирання сої внесення фосфорно-калійних добрив у дозі $P_{30}K_{40}$, потім проводять обробіток ґрунту, в оптимальні строки проводять сівбу пшениці м'якої озимої, у I–III декадах лютого проводять підживлення посівів азотними добривами у дозі N_{75} .
4. **Економічна ефективність** – 29,1 тис. грн/га у цінах 2023 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення пшениці твердої озимої забезпечить стабільний приріст урожаю зерна. Система застосування добрив передбачає внесення їх за два прийоми, що сприятиме нижчим енергосиловим витратам на вирощування зерна та ефективному використанню елементів живлення з добрив.

Від Уманського національного
університету садівництва
відповідальний за впровадженняаспірант кафедри агрохімії і
ґрунтознавства
Вячеслав КАЛАНТИР

« 24 » 11, 2023

Від Дослідної станції тютюництва
відповідальний за впровадження

директор

Павло ПЯСЕЦЬКИЙ

« 24 » 11, 2023

Додаток В.3
Акт впровадження



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

вул. Інститутська, 1 м. Умань, Черкаська обл., 20305
тел.: (04744) 4-69-89, 3-20-11 Факс: (04744) 3-20-41, 3-53-18
E-mail: udau@udau.edu.ua Web: www.udau.edu.ua КОД ЄДРПОУ 00493787

« 13 » 11.2023 № 873/01-10

На № _____ від _____

Про впровадження результатів
науково-дослідної
роботи у навчальний процес

Довідка

Видана аспіранту кафедри агрохімії і ґрунтознавства уманського НУС в тому, що результати дисертаційного дослідження Калантира В. О. за темою «Формування продуктивності пшениці твердої озимої за різного удобрення в Правобережному Лісостепу України» використовують у навчальному процесі під час вивчення дисциплін «Агрохімія», «Система застосування добрив», «Сучасні підходи до управління живлення рослин» студентами II і III курсу факультету агрономії.

Проректор з
науково-педагогічної роботи

Михайло МАЛЬОВАНИЙ

0000101-10

Додаток Д
Список публікацій

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ
ДИСЕРТАЦІЇ**

Статті у фахових виданнях України

Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л. Формування якості та врожайності зерна пшениці твердої озимої за різних видів і доз добрив. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2022. Вип. 101. Ч. 1. С. 94–105.

Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Железна В. В. Індекси продуктивності пшениці твердої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 122. С. 34–40.

Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Железна В. В. Формування індивідуальної продуктивності пшениці твердої озимої за її структурними складовими залежно від системи удобрення. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 65–74.

Калантир В. О. Господарський винос пшеницею твердою озимою і баланс основних елементів живлення за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 57–61.

Калантир В. О. Вміст основних елементів живлення у зерні та соломі пшениці твердої озимої залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 132. С. 332–337.

Матеріали науково-практичних конференцій

Господаренко Г. Н., Любич В. В., Калантир В. В. Вплив різних видів і доз добрив на врожайність зерна пшениці твердої озимої. *Актуальні питання аграрної науки: матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Умань. 2020. С. 12–14.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Вміст крохмалю і клейковини у зерні пшениці твердої озимої залежно від видів і доз добрив. The XXII International Science Conference «Interaction of society and science: prospects and problems» (April 20–23, 2021). London. 2021. P. 23–26.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Седиментація і сила борошна пшениці твердої озимої залежно від видів і поєднань добрив. The XXI International Science Conference «Problems of practical application of innovations, methodology and experience» (April 15–16, 2021). Lisbon. 2021. P. 9–12.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Перспективи використання зерна пшениці твердої озимої. The XV International Science Conference «The world science of modernity. Problems and prospects of development» (March 25–26, 2021). Paris. 2021. P. 15–17.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Вміст білка в зерні пшениці твердої озимої і його збір залежно від удобрення. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, присвячена 150-річчю заснування кафедри землеробства ім. О. М. Можейка. Харків: Друкарня Мадрид. 2021. С. 37–38.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від погодних умов. *Інноваційні зернопродукти і технології: матеріали Всеукраїнської інтернет-конференції*. Умань. 2021. С. 32–35.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Структура врожаю пшениці твердої озимої за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. The 9th International scientific and practical conference «International scientific innovations in human life» (March 16–18, 2022). Manchester. 2022. P. 15–23.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Структура врожаю пшениці твердої озимої залежно від удобрення. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників

(18 травня 2022 р.). Умань: ВПЦ «Візаві», 2022. С. 16.

Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. О. Формування врожайності та якості зерна пшениці твердої озимої за різних систем удобрення в польовій сівоzmіні. *Інноваційні зернопродукти і технології: тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції (21 лютого 2022 р.)*. Умань. 2022. С. 35–36.

Любич В. В., Калантир В. О. Формування якості зерна пшениці твердої озимої за різного поєднання добрив у польовій сівоzmіні. *Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату: матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції молодих учених (26–27 жовтня 2022 р.)*. Харків: Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва. 2022. С. 25–29.

Любич В. В., Калантир В. О. Формування балансу основних елементів живлення під посівами пшениці твердої озимої за тривалого застосування мінеральних добрив. *Інновації у сучасному агропромисловому виробництві: збірник матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. (21–22 вересня 2023 р.)*. Одеса. 2023. С. 59–63.

Любич В. В., Калантир В. О. Ефективність застосування різних видів і доз добрив під пшеницю тверду озиму. *Ґрунтово-агрохімічні дослідження як імператив для розвитку аграрного виробництва та розбудови України: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (24 травня 2023 р.)*. Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського». 2023. С. 73–75.