МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

СТРАТУЦА ЯРОСЛАВ СЕРГІЙОВИЧ

УДК 631.559+664.64.016:633.19]:631.816

ДИСЕРТАЦІЯ
ПРОДУКТИВНІСТЬ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО НА ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

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 _____ Ярослав СТРАТУЦА

Науковий керівник – Любич Віталій Володимирович, доктор сільськогосподарських наук, професор

Умань – 2026

АНОТАЦІЯ

Стратуца Я. С. Продуктивність тритикале озимого на чорноземі опідзоленому залежно від удобрення в Правобережному Лісостепу. – 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, Умань, 2026.

У дисертації визначено формування показників урожайності та якості зерна різних культиварів тритикале озимого за різних видів і доз добрив з урахуванням сучасних змін погодних умов. Встановлено параметри індивідуальної продуктивності, господарського, відносного винесення основних елементів живлення, їх баланс за різного удобрення та погодних умов.

За внесення $P_{60}K_{60} + N_{120}$ кількість продуктивних стебел у тритикале озимого сорту Аякс може становити 772–799 шт/м^2, маса 1000 зерен – 49,3–52,1 г, маса зерна в одному колосі – 1,50–1,62 г, кількість зерна – 30,4–31,0 шт. У лінії тритикале озимого LP 154 ці показники можуть становити відповідно 541–584 шт/м^2, 55,1–55,7 г, 2,21–2,30 г і 40,2–41,7 шт.

За вирощування сорту Аякс у середньому за три роки досліджень урожайність збільшувалась від 8,56 т/га у варіанті без добрив до 10,76 т/га за внесення повного мінерального добрива або на 26 %. Роздрібне застосування азотних добрив не мало переваг порівняно з одноразовим підживленням. У таких варіантах цей показник збільшувався лише до 9,97–10,17 т/га, що на 6–8 % менше порівняно з внесенням N_{120}. Урожайність з внесення фосфорних та азотних і калійних та фосфорних добрив була лише на 2–6 % меншою порівняно з повним внесенням добрив. Найменше на врожайність зерна тритикале озимого впливало внесення фосфорних і калійних добрив – 8,88 т/га або більше на 4 %

порівняно з контролем.

Необхідно відзначити, що врожайність зерна впродовж років змінювалась мало. У 2022 р. – від 8,24 до 10,19 т/га, в 2023 р. – від 8,52 до 11,21, а в 2024 р. – від 8,91 до 10,88 т/га. При цьому найвищу ефективність застосування добрив отримано в 2023 р. – на 32 % за внесення повного мінерального добрива.

Урожайність лінії тритикале озимого LP 154 була на рівні сорту Аякс – 8,49–11,17 т/га залежно від удобрення. Тенденція впливу внесення добрив як у середньому, так і за роки проведення досліджень була подібною до сорту Аякс.

Застосування азотних добрив достовірно збільшувало вміст білка в зерні обох сортів тритикале озимого. За вирощування сорту Аякс вміст білка зростав від 10,0 % у варіанті без добрив до 11,0 % за повного мінерального добрива або на 10 %. У середньому за три роки досліджень лише внесення N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечило формування 11,3 % білка або більше на 3 % порівняно з одноразовим застосуванням азотних добрив.

Білковість зерна тритикале озимого лінії LP 154 була достовірно вищою порівняно з сортом Аякс. При цьому в 2022 р. вміст білка був на рівні від 13,8 до 15,2 %, а в 2023 і 2024 рр. цей показник мав тенденцію до зниження подібно до сорту Аякс.

Результати досліджень свідчать про перевагу одноразового внесення азотних добрив порівняно з роздрібним. Так, у середньому за три роки досліджень у сорту Аякс цей показник у варіанті Фон + N_{120} збільшувався до 1176 кг/га проти 853 кг/га на неудобрених ділянках. При цьому навіть за внесення Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} збір білка не перевищував одноразового внесеня азотних добрив (1145 кг/га).

За збором білка лінія тритикале озимого LP 154 перевищувала сорт Аякс. При цьому одноразове застосування азотних добрив було також ефективнішим порівняно з роздрібним. При цьому за вирощування обох культиварів у 2022 р. збір білка був найбільшим порівняно з 2023 і 2024 рр.

завдяки формуванню вищого вмісту білка в зерні.

У зерні тритикале озимого сорту Аякс формувалось від 19,8 до 23,0 % клейковини. У середньому за три роки досліджень вміст клейковини зростав на 11 % у варіанті Фон + N_{120} порівняно з контролем. У варіанті Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} вміст клейковини зростав на 5 % порівняно з одноразовим внесенням азотних добрив. Необхідно відзначити, що найменше на вміст клейковини впливало застосування фосфорних і калійних добрив.

Вміст клейковини у зерні тритикале озимого лінії LP 154 був на 7–9 % вищим порівняно з сортом Аякс. При цьому ефективність різних видів добрив і вплив погодних умов була подібною до сорту Аякс.

Вміст азоту в зерні тритикале озимого, господарське винесення, відносне винесення збільшуються від застосування азотних добрив. При цьому дефіцит азоту в ґрунті знижується. Проте всі досліджені параметри азоту значно змінюються від погодних умов року проведення досліджень. У зерні сорту Аякс вміст азоту, у середньому за три роки, зростає від 1,74 до 1,91 % за внесення найбільшої дози азотних добрив одноразово. При цьому варіанти із роздрібним внесенням азотних добрив забезпечують вищі показники вмісту азоту в зерні, проте неістотно. Варіанти з неповним поверненням фосфорних або калійних добрив сприяють формуванню нижчого вмісту азоту, проте неістотно. Не впливає на цей показник застосування фосфорних і калійних добрив. Необхідно відзначити, що вміст азоту в зерні лінії LP 154 був на 8–11 % вищим порівняно з сортом Аякс. При цьому тенденції впливу різних сценаріїв внесення добрив були подібними.

Господарське винесення в варіанті без добрив становить 127,6 кг і зростає до 175,9 кг або на 38 % у варіанті Фон + N_{120} за вирощування сорту Аякс. Господарське винесення азоту з урожаєм зерна за неповного повернення фосфорних і калійних добрив на 4–8 % менше порівняно з повним мінеральним добривом. Варіанти з роздрібним внесенням азотних

добрив забезпечують лише на 3–7 % менший господарський винос. Найменше на цей показник впливає застосування фосфорних і калійних добрив, оскільки становить на рівні 133,7 кг/га або на 5 % більше порівняно з контролем. Господарське винесення азоту з урожаєм зерна в лінії LP 154 було на 10–12 % більше порівняно з сортом Аякс. При цьому вплив удобрення змінюється подібно.

Відносне винесення азоту 1 т зерна тритикале озимого зростало від застосування азотних добрив. У середньому за три роки досліджень у сорту тритикале озимого Аякс відносне винесення азоту зростало від 21,2 кг/т до 23,3–23,9 кг/т зерна або на 9–10 %. При цьому варіанти з роздрібним внесенням азотних добрив були майже на однаковому рівні з варіантом, де азотні добрива вносили одноразово. Відносне винесення азоту в лінії LP 154 було на 8–9 % більшим порівняно з сортом Аякс – 23,4–25,6 кг/т зерна. При цьому внесення азотних добрив збільшувало цей показник на 2–4 % порівняно з контролем.

Найбільший дефіцит азоту в ґрунті становить на ділянках без добрив і за внесення фосфорних і калійних добрив – -119,9–-146,7 кг/га залежно від року дослідження за вирощування сорту Аякс. Баланс азоту на рівні -14,3–-72,0 кг/га отримано за внесення азотних добрив. Тенденція зміни балансу азоту в ґрунті за вирощування лінії LP 154 подібна до сорту Аякс. При цьому величина дефіциту азоту на 23–70 % більша порівняно з сортом Аякс.

Для сорту Аякс середнє значення відносного винесення у контролі становило 11,0 кг/т, тоді як за внесення P_{60} + N_{120} показник зростав до 12,8 кг/т, а максимальні значення 13,3 кг/т спостерігалися у варіанті Фон + N_{120}. Застосування K_{60} + N_{120} забезпечувало лише 11,4 кг/т, комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 11,8 кг/т, а варіанти з розподіленим внесенням азоту Фон + N_{60} + $N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували стабільні значення 12,9 кг/т.

Для лінії LP 154 середнє значення у контролі становило 11,0 кг/т,

внесення P_{60} + N_{120} підвищувало його до 12,7 кг/т, а найвищий рівень спостерігався у варіанті Фон + N_{120} (13,1 кг/т). Застосування K_{60} + N_{120} забезпечувало лише 11,1 кг/т, внесення $P_{60}K_{60}$ давало 11,6 кг/т, тоді як варіанти Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували відповідно 12,7 і 12,8 кг/т.

Для сорту Аякс контрольні варіанти характеризувалися значним від'ємним балансом, що свідчить про дефіцит елемента. Внесення $P_{60}K_{60}$ забезпечувало позитивні значення у межах 7,9 – 11,6 кг/га, а також доцільно відзначити варіанти з розподіленим внесенням азоту, де баланс коливався від незначних від'ємних до позитивних показників (-2,6 до 4,0 кг/га). У випадку застосування P_{60} + N_{120} спостерігалася різке зниження у 2024 році.

Для лінії LP 154 контроль також мав від'ємний баланс. Найбільш доцільним виявилося внесення $P_{60}K_{60}$, що забезпечувало стабільно позитивні значення 9,8–12,4 кг/га. Варіанти з додатковим азотом давали коливання від невеликих мінусів до незначних плюсів, тоді як застосування P_{60} + N_{120} у 2024 році призводило до значного дефіциту.

Для сорту Аякс у варіанті без добрив (контроль) середній показник відносного винесення становив 21,0 кг/т. Використання фосфорних добрив у поєднанні з азотом (P_{60} + N_{120}) підвищувало винесення до 22,0 кг/т. Варіант K_{60} + N_{120} забезпечив ще вищий рівень – 24,2 кг/т, а максимальні значення спостерігалися у варіанті Фон + N_{120}, де середній показник досягав 24,8 кг/т. Варіанти Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} також показали високі результати – 23,9–24,0 кг/т.

У лінії LP 154 контрольний варіант мав середній рівень 22,5 кг/т. Застосування фосфорних добрив із азотом (P_{60} + N_{120}) підвищувало показник до 23,0 кг/т. Внесення калію з азотом (K_{60} + N_{120}) забезпечило 25,4 кг/т, а найвищі значення отримано у варіанті Фон + N_{120} – 26,0 кг/т. Варіанти з розділеним внесенням азоту (Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}) показали близькі результати – 25,1 кг/т.

Баланс калію за вирощування тритикале озимого за різних видів і доз добрив. У контрольному варіанті (без добрив) баланс калію був від'ємним і становив у середньому від -30,5до -32,2 кг/га для сорту Аякс та -29,3 до -29,9 кг/га для лінії LP 154, що свідчить про виснаження ґрунтових запасів калію без застосування добрив.

Внесення фосфору в поєднанні з азотом (P_{60} + N_{120}) не забезпечувало стабільного позитивного балансу: у 2022 та 2024 роках показники були від'ємними (-36,4 до -37,3 кг/га для сорту Аякс та -36,9 до -38,8 кг/га для лінії LP 154), тоді як у 2023 році спостерігалося тимчасове зростання до позитивних значень (22,5 та 20 кг/га).

Застосування калійних добрив (K_{60} + N_{120}) мало найбільш виражений ефект: у 2022 та 2024 роках баланс був позитивним (18,0 – 18,2 кг/га для сорту Аякс та 13,9–17,4 кг/га для лінії LP 154), проте у 2023 році відзначено значне зниження до -41,5 та -46,2 кг/га відповідно.

Фонове удобрення ($P_{60}K_{60}$) забезпечувало стабільно позитивний баланс калію на рівні 25,3–27,8 кг/га для обох генотипів. Додавання азоту на фоні (N_{120} або роздільне внесення N_{60} + N_{60}) сприяло підтриманню позитивного балансу, хоча й на нижчому рівні (11,0–21,0 кг/га). Внесення сірки разом з азотом ($N_{60}S_{35}$ + N_{60}) також забезпечувало позитивні значення (11,6–20,1 кг/га), проте істотного підвищення порівняно з варіантами без сірки не спостерігалося.

Розрахунки свідчать, що найбільший прибуток отримано за вирощування лінії LP 154 у варіантах P_{60} + N_{120} і K_{60} + N_{120} – 63,3–64,0 тис. грн./га. Дещо меншу ефективність мало внесення повного мінерального добрива – 62,9 тис. грн./га.

Встановлено, що вирощування сорту тритикале озимого Аякс забезпечувало на 3,3–5,4 тис. грн./га менший прибуток порівняно з лінією LP 154. Проте ефективність удобрення змінювалась подібно.

Менше контрольного варіанту вирощування обох культиварів тритикале озимого було за фосфорно-калійної системи удобрення.

Ефективність роздрібного внесення азотних добрив також була нижчою порівняно з одноразовим їх застосуванням.

Отже, під тритикале озиме рекомендується вносити добрива в дозі $P_{60}K_{60}$ + N_{120}, що забезпечує найбільшу врожайність зерна з високою економічною ефективністю та безпечністю для навколишнього природного середовища.

Ключові слова: удобрення, дози мінеральних добрив, види добрив, тритикале озиме, сорт, показники росту рослин, урожайність, якість, господарське винесення, відносне винесення, елементи живлення, балансу елементів живлення.

ANNOTATION

Stratutsa Ya. S. Productivity of winter triticale on podzolized black soil depending on fertilization in the Right-Bank Forest-Steppe. – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 "Agronomy" (20 – Agricultural Sciences and Food). – Uman National University, Uman, 2026.

The dissertation determines the formation of yield and grain quality indicators of different cultivars of winter triticale under different types and doses of fertilizers, taking into account current changes in weather conditions. The parameters of individual productivity, economic, relative removal of basic nutrients, their balance under different fertilization and weather conditions are established.

With the application of $P_{60}K_{60}$ + N_{120}, the number of productive stems in winter triticale of the Ajax variety can be 772–799 pcs/m^2, the weight of 1000 grains – 49.3–52.1 g, the weight of grains in one ear – 1.50–1.62 g, the number of grains – 30.4–31.0 pcs. In the winter triticale line LP 154, these indicators can be 541–584 pcs/m^2, 55.1–55.7 g, 2.21–2.30 g and 40.2–41.7 pcs, respectively.

When growing the Ajax variety, on average, over three years of research, the yield increased from 8.56 t/ha in the variant without fertilizers to 10.76 t/ha with the application of complete mineral fertilizer or by 26 %. The fractional application of nitrogen fertilizers had no advantages compared to a single top dressing. In such variants, this indicator increased only to 9.97–10.17 t/ha, which is 6–8 % less compared to the application of N_{120}. The yield from the application of phosphorus and nitrogen and potassium and phosphorus fertilizers was only 2–6 % less compared to the full application of fertilizers. The yield of

winter triticale grain was least affected by the application of phosphorus and potassium fertilizers – 8.88 t/ha or more than 4 % compared to the control. It should be noted that the grain yield changed little over the years. In 2022 – from 8.24 to 10.19 t/ha, in 2023 – from 8.52 to 11.21, and in 2024 – from 8.91 to 10.88 t/ha. At the same time, the highest efficiency of fertilizer application was obtained in 2023 – by 32 % with the application of complete mineral fertilizer.

The yield of the winter triticale line LP 154 was at the level of the Ajax variety – 8.49–11.17 t/ha depending on the fertilizer. The trend of the effect of fertilizer application both on average and over the years of research was similar to the Ajax variety.

The use of nitrogen fertilizers significantly increased the protein content in the grain of both winter triticale varieties. When growing the Ajax variety, the protein content increased from 10.0 % in the case without fertilizers to 11.0 % with complete mineral fertilizer or by 10 %. On average, over three years of research, only the application of N_{60} S_{35} + N_{60} ensured the formation of 11.3 % protein or more by 3 % compared to a single application of nitrogen fertilizers.

The protein content of the winter triticale grain of the LP 154 line was significantly higher compared to the Ajax variety. At the same time, in 2022, the protein content was at the level of 13.8 to 15.2 %, and in 2023 and 2024, this indicator tended to decrease, similar to the Ajax variety.

The results of the research indicate the advantage of a single application of nitrogen fertilizers compared to a retail application. Thus, on average over three years of research in the Ajax variety, this indicator in the Fon + N120 variant increased to 1176 kg/ha against 853 kg/ha in unfertilized areas. At the same time, even with the application of N_{60} S_{35} + N_{60}, the protein yield did not exceed the single application of nitrogen fertilizers (1145 kg/ha).

In terms of protein yield, the winter triticale line LP 154 exceeded the Ajax variety. At the same time, a single application of nitrogen fertilizers was also more effective compared to retail. At the same time, when growing both cultivars in 2022, the protein yield was the highest compared to 2023 and 2024

due to the formation of a higher protein content in the grain.

In the grain of winter triticale of the Ajax variety, from 19.8 to 23.0 % gluten was formed. On average, over three years of research, the gluten content increased by 11 % in the N_{120} variant compared to the control. In the N_{60} S_{35} + N_{60} variant, the gluten content increased by 5 % compared to a single application of nitrogen fertilizers. It should be noted that the application of phosphorus and potassium fertilizers had the least effect on the gluten content.

The gluten content in winter triticale grain of the LP 154 line was 7–9 % higher compared to the Ajax variety. At the same time, the effectiveness of different types of fertilizers and the influence of weather conditions was similar to the Ajax variety.

The nitrogen content in winter triticale grain, economic yield, and relative yield increase with the application of nitrogen fertilizers. At the same time, nitrogen deficiency in the soil decreases. However, all studied nitrogen parameters vary significantly depending on the weather conditions of the year of research. In the grain of the Ajax variety, the nitrogen content, on average over three years, increases from 1.74 to 1.91 % with the application of the largest dose of nitrogen fertilizers at a time. At the same time, variants with the retail application of nitrogen fertilizers provide higher indicators of the nitrogen content in the grain, but insignificantly. Variants with incomplete return of phosphorus or potassium fertilizers contribute to the formation of a lower nitrogen content, but insignificantly. The use of phosphorus and potassium fertilizers does not affect this indicator. It should be noted that the nitrogen content in the grain of the LP 154 line was 8–11 % higher compared to the Ajax variety. At the same time, the trends in the impact of different fertilizer application scenarios were similar.

The economic yield in the variant without fertilizers is 127.6 kg and increases to 175.9 kg or 38 % in the N_{120} variant when growing the Ajax variety. The economic removal of nitrogen with grain yield with incomplete return of phosphorus and potassium fertilizers is 4–8 % less compared to full mineral

fertilizer. Variants with retail application of nitrogen fertilizers provide only 3–7 % less economic removal. The application of phosphorus and potassium fertilizers has the least effect on this indicator, since it is at the level of 133.7 kg/ha or 5 % more compared to the control. The economic removal of nitrogen with grain yield in the LP 154 line was 10–12 % more compared to the Ajax variety. In this case, the effect of fertilizer changes similarly.

The relative nitrogen removal of 1 ton of winter triticale grain increased with the application of nitrogen fertilizers. On average, over three years of research, the relative nitrogen removal of the Ajax winter triticale variety increased from 21.2 kg/t to 23.3–23.9 kg/t of grain, or by 9–10 %. At the same time, the variants with the retail application of nitrogen fertilizers were almost at the same level as the variant where nitrogen fertilizers were applied once. The relative nitrogen removal in the LP 154 line was 8–9 % higher compared to the Ajax variety – 23.4–25.6 kg/t of grain. At the same time, the application of nitrogen fertilizers increased this indicator by 2–4 % compared to the control.

The greatest nitrogen deficit in the soil is in areas without fertilizers and with the application of phosphorus and potassium fertilizers – -119.9–-146.7 kg/ha depending on the year of the study when growing the Ajax variety. The nitrogen balance at the level of -14.3–-72.0 kg/ha was obtained with the application of nitrogen fertilizers. The trend of changes in the nitrogen balance in the soil when growing the LP 154 line is similar to the Ajax variety. At the same time, the nitrogen deficit is 23–70 % greater compared to the Ajax variety. For the Ajax variety, the average value of relative removal in the control was 11.0 kg/t, while with the application of P_{60} + N_{120} the indicator increased to 12.8 kg/t, and the maximum values of 13.3 kg/t were observed in the Background + N_{120} variant. The application of K_{60} + N_{120} provided only 11.4 kg/t, the combined application of $P_{60}K_{60}$ gave 11.8 kg/t, and the variants with distributed nitrogen application of Background + N_{60} + N_{60} and Background + N_{60} S_{35} + N_{60} provided stable values of 12.9 kg/t. For the LP 154 line, the average value in the control was 11.0 kg/t, the application of P_{60} +

N_{120} increased it to 12.7 kg/t, and the highest level was observed in the Background + N_{120} variant (13.1 kg/t). The application of K_{60} + N_{120} provided only 11.1 kg/t, the application of $P_{60}K_{60}$ gave 11.6 kg/t, while the variants Background + N_{60} + N_{60} and Background + N_{60} S_{35} + N_{60} provided 12.7 and 12.8 kg/t, respectively.

For the Ajax variety, the control variants were characterized by a significant negative balance, indicating a deficiency of the element. The application of $P_{60}K_{60}$ provided positive values in the range of 7.9 – 11.6 kg/ha, and it is also worth noting the variants with distributed nitrogen application, where the balance ranged from slightly negative to positive indicators (-2.6 to 4.0 kg/ha). In the case of the application of P_{60} + N_{120}, a sharp decrease was observed in 2024.

For the LP 154 line, the control also had a negative balance. The most appropriate was the application of $P_{60}K_{60}$, which provided consistently positive values of 9.8–12.4 kg/ha. Variants with additional nitrogen gave fluctuations from small minuses to insignificant pluses, while the use of P_{60} + N_{120} in 2024 led to a significant deficit. For the Ajax variety in the variant without fertilizers (control), the average relative removal rate was 21.0 kg/t. The use of phosphorus fertilizers in combination with nitrogen (P_{60} + N_{120}) increased the removal to 22.0 kg/t. The K_{60} + N_{120} variant provided an even higher level – 24.2 kg/t, and the maximum values were observed in the Background + N_{120} variant, where the average rate reached 24.8 kg/t. The variants Background + N_{60} + N_{60} and Background + N_{60} S_{35} + N_{60} also showed high results – 23.9–24.0 kg/t.

In the LP 154 line, the control variant had an average level of 22.5 kg/t. The use of phosphorus fertilizers with nitrogen (P_{60} + N_{120}) increased the indicator to 23.0 kg/t. The application of potassium with nitrogen (K_{60} + N_{120}) provided 25.4 kg/t, and the highest values were obtained in the variant Background + N_{120} – 26.0 kg/t. Variants with divided nitrogen application (Background + N_{60} + N_{60} and Background + N_{60} S_{35} + N_{60}) showed similar

results – 25.1 kg/t.

Potassium balance during the cultivation of winter triticale with different types and doses of fertilizers. In the control variant (without fertilizers), the potassium balance was negative and averaged from -30.5 to -32.2 kg/ha for the Ajax variety and -29.3 to -29.9 kg/ha for the LP 154 line, which indicates the depletion of soil potassium reserves without the use of fertilizers.

The application of phosphorus in combination with nitrogen (P_{60} + N_{120}) did not provide a stable positive balance: in 2022 and 2024 the indicators were negative (-36.4 to -37.3 kg/ha for the Ajax variety and -36.9 to -38.8 kg/ha for the LP 154 line), while in 2023 a temporary increase to positive values (22.5 and 20 kg/ha) was observed.

The application of potash fertilizers (K_{60} + N_{120}) had the most pronounced effect: in 2022 and 2024 the balance was positive (18.0 ¬- 18.2 kg/ha for the Ajax variety and 13.9–17.4 kg/ha for the LP 154 line), but in 2023 a significant decrease was noted to -41.5 and -46.2 kg/ha, respectively.

Background fertilizer ($P_{60}K_{60}$) provided a consistently positive potassium balance at the level of 25.3–27.8 kg/ha for both genotypes. Adding nitrogen in the background (N_{120} or separate application of N_{60} + N_{60}) helped maintain a positive balance, albeit at a lower level (11.0–21.0 kg/ha). The application of sulfur together with nitrogen ($N_{60}S_{35}$ + N_{60}) also provided positive values (11.6–20.1 kg/ha), but no significant increase was observed compared to the variants without sulfur.

Calculations show that the greatest profit was obtained from growing the LP 154 line in the P_{60} + N_{120} and K_{60} + N_{120} variants – 63.3–64.0 thousand UAH/ha. The application of complete mineral fertilizer was somewhat less effective – 62.9 thousand UAH/ha.

It was established that the cultivation of the Ajax winter triticale variety provided 3.3–5.4 thousand UAH/ha less profit compared to the LP 154 line. However, the efficiency of fertilization changed similarly.

Less than the control variant of growing both cultivars of winter triticale

was under the phosphorus-potassium fertilization system. The efficiency of retail application of nitrogen fertilizers was also lower compared to their single application.

Therefore, it is recommended to apply fertilizers at a dose of $P_{60}K_{60} + N_{120}$ under winter triticale, which provides the highest grain yield with high economic efficiency and safety for the environment.

Key words: fertilizers, doses of mineral fertilizers, types of fertilizers, winter triticale, variety, plant growth indicators, yield, quality, economic yield, relative yield, nutrients, balance of nutrients.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Стратуци Ярослава Сергійовича

Статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України

1. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. Збірник наукових праць Уманського національного університету. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 554–553. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-544-553. *(участь в експерименті, готування до друку – частка участі 65 %)*.

2. Любич В. В., Стратуца Я. С. Формування основних елементів індивідуальної продуктивності тритикале озимого за різного удобрення. Аграрні інновації. 2025. № 32. С. 154–159. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.22. *(участь у розробленні програми досліджень, готування до друку – частка участі 65 %)*.

3. Любич В. В., Стратуца Я. С. Вміст азоту в зерні тритикале озимого та його параметри залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 145. С. 218–225. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.25. *(проведення досліджень, аналіз даних – частка участі 70 %)*.

4. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Перспективи використання тритикале в хлібопекарській промисловості. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. 3. С. 133–143. DOI https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.15. *(узагальнення та оброблення даних, формування висновків – частка участі 65 %)*.

Матеріали науково-практичних конференцій

5. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Зерно тритикале – перспективна сировина хлібопекарського виробництва // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції “Актуальні питання аграрної науки”, присвячена 175-річчю з дня заснування Уманського національно університету садівництва. Умань. 2019. С.255–257. *(проведення*

експерименту, готування до друку тез – частка участі 65 %).

6. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале і пшениці залежно від сорту. The 2nd International scientific and practical conference “Eurasian scientific congress” (February 24-25, 2020). Barcelona, Spain. 2020. С. 23–27. *(участь у плануванні та проведенні експерименту, готування до друку – частка участі 65 %)*.

7. Любич В. В., Стратуца Я. С. Перспективи вирощування та використання тритикале. І Міжнародна інтернет-конференція «Інтеграція науки, освіти та бізнесу в сучасному середовищі: зимові диспути». Дніпро, 2020. С. 310–315. *(участь в експерименті, готування до друку – частка участі 70 %)*.

8. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Використання тритикале у виробництві хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності // VI International scientific and practical conference «Achievements and prospects of modern scientific research» Buenos Aires, Argentina. 2021. P. 36–42. *(участь в проведенні експерименту, аналіз даних, готування до друку – частка участі 65 %)*.

9. Любич В. В., Стратуца Я. С. Формування продуктивності тритикале озимого в контексті збалансованого природокористування за внесення добрив. «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів»: збірник тез міжнародної інтернет-конференції, 17 червня 2025 р. Умань, 2025. С. 182–184. *(ведення досліду, готування до друку тез – частка участі 55 %)*.

10. Любич В. В., Стратуца Я. С. Вплив удобрення на формування якості зерна тритикале озимого. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди», присвяченої 60-річчю тривалого стаціонарного досліду Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (с. Оброшине, 18 вересня 2025 р.). Оброшине. 2025. С. 144–145. *(проведення досліджень, готування до друку тез – 50 %)*.

ЗМІСТ

		стор.
	ВСТУП	20
РОЗДІЛ 1	ОСОБЛИВОСТІ УДОБРЕННЯ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО (огляд літератури)	26
1.1	Значення тритикале	26
1.2	Вплив удобрення на показники росту та розвитку рослин	29
1.3	Урожайність зерна тритикале озимого залежно від удобрення	34
1.4	Формування якості зерна тритикале озимого за внесення добрив	38
РОЗДІЛ 2	УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	43
2.1	Ґрунтово-кліматичні та погодні умови	43
2.2	Методика проведення досліджень	47
РОЗДІЛ 3	ПОКАЗНИКИ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	52
РОЗДІЛ 4	ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	61
4.3	Урожайність зерна та соломи	61
4.4	Технологічні показники якості зерна	68
РОЗДІЛ 5	ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМИМ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	76
5.1	Азотне живлення	76
5.2	Фосфорне живлення	93

5.3	Калійне живлення	112
РОЗДІЛ 6	АГРОХІМІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПІД ТРИТИКАЛЕ ОЗИМЕ	135
	ВИСНОВКИ	142
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	148
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	149
	ДОДАТКИ	168

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Перспективною культурою для розширення сировинної бази хлібопекарської промисловості в технології зернових хлібобулочних виробів є тритикале. Тритикале – відносно нова зернова культура, створена людиною шляхом гібридизації пшениці та жита.

Тритикале має підвищену морозостійкість, в порівнянні з озимою пшеницею, стійкістю до грибних і вірусних захворювань. Вона не вимоглива до родючості ґрунту, хоча повністю свій потенціал, як і всі злаки, тритикале реалізує при високому агрономічному тлі ґрунту будь-якого типу. Тритикале може успішно вирощуватися в тих же районах, що і озима пшениця та жито. Основні країни-виробники зерна тритикале: Польща, Німеччина, Франція, Білорусія та Австралія.

Тритикале представляє інтерес для хлібопекарської, кондитерської, пивоварної, спиртової, харчеконцентратної та інших галузей промисловості. У загальній проблемі тритикале належить вирішити завдання поліпшення якості зерна та ефективного використання його для виробництва хлібобулочних виробів і інших видів продуктів харчування.

Тритикале в зерновому комплексі відіграє значну стабілізувальну роль у виробництві продовольчого зерна. Невисока його вибагливість до попередників, ґрунтових умов, технічна та кормова цінність зерна, підвищена стійкість до хвороб дають можливість підвищити виробництво зерна за рахунок використання посівних площ, які не сприятливі для вирощування пшениці.

Ґрунтово-кліматичні умови України, де щорічно висівають близько 7 млн га озимих зернових культур, дозволяють отримувати високі врожаї, проте прояв генетичного потенціалу сортів пшениці м’якої озимої обмежується нестабільними погодними умовами. Для колосових культур

основним лімітуючим чинником є часто повторювані весняні та літні посухи. З іншого боку, у низці регіонів (Полісся, Західний Лісостеп) періодично відбувається надмірне перезволоження під час вегетаційного періоду, яке спричиняє вилягання рослин і розвиток збудників хвороб.

Оптимальна доза азотних добрив для тритикале озимого знаходиться в широкому діапазоні. Крім цього, тритикале озиме має досить високу реакцію на поліпшення умов живлення. Тому дослідження ефективності різних видів і доз добрив у системі агротехнологічних заходів є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основу дисертації становлять матеріали науково-дослідної роботи, які входили до програми наукових досліджень Уманського національного університету «Збалансоване використання, прогноз і управління природним та ресурсним потенціалом агроекосистем України» (2022–2025 рр., номер державної реєстрації 0121U112521).

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень – вивчення впливу різних видів і доз азотних добрив на продуктивність тритикале озимого для одержання стабільного врожаю.

Для досягнення мети поставлено такі **завдання**:

– визначити вплив удобрення на показники росту та розвитку рослин тритикале озимого;

– встановити вплив удобрення на формування індивідуальної продуктивності рослин;

– з'ясувати вплив застосування мінеральних добрив на формування врожайності та якості зерна;

– розрахувати параметри винесення основних елементів живлення залежно від системи удобрення;

– провести агрохімічне, енергетичне та економічне оцінювання ефективності застосування добрив під тритикале озиме сорту Аякс і лінії LP 154.

Об'єкт досліджень – взаємозв'язок між удобренням і продуктивністю тритикале озимим.

Предмет дослідження – оптимізація мінерального живлення тритикале озимого.

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, відбирання зразків ґрунту та рослин), лабораторні (підготовка досліджуваного матеріалу для аналізування основних елементів живлення в зерні та соломі, біохімічної складової зерна), аналітичні (аналіз процесу формування продуктивності 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 національного університету.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у встановленні загальних закономірностей формування продуктивності тритикале озимого сорту Аякс і лінії LP 154 залежно від удобрення.

Уперше

встановлено особливості формування індивідуальної продуктивності рослин триттикале озимого, врожайності та якості зерна, а також параметрів мінерального живлення за показниками винесення основних елементів живлення для сорту Аякс і чотиривидової лінії LP 154.

За врожайністю найвищу ефективність має застосування N_{120} одноразово в підживлення на тлі $P_{60}K_{60}$. За вмістом білка перевагу має лінія LP 154 за умови вирощування в сприятливому для синтезу високого вмісту

азотних сполук. У менш сприятливих роках вміст білка в чотиривидовій лінії тритикале озимого формується на рівні класичних сортів.

Удосконалено систему удобрення тритикале озимого з урахуванням економічної, агрохімічної та енергетичної оцінки.

Дістало подальшого розвитку застосування різних видів добрив під тритикале озиме з урахуванням селекційно-генетичних особливостей сорту.

Практичне значення отриманих результатів полягає в уточненні показників відносного винесення основних елементів живлення тритикале озимим. Визначено параметри агрохімічної, енергетичної та економічної ефективності внесення добрив з урахуванням змін погодних умов.

За вирощування сорту Аякс у середньому за три роки досліджень урожайність збільшувалась від 8,56 т/га у варіанті без добрив до 10,76 т/га за внесення повного мінерального добрива або на 26 %. Роздрібне застосування азотних добрив не мало переваг порівняно з одноразовим підживленням. У таких варіантах цей показник збільшувався лише до 9,97–10,17 т/га, що на 6–8 % менше порівняно з внесенням N_{120}. Урожайність з внесення фосфорних та азотних і калійних та фосфорних добрив була лише на 2–6 % меншою порівняно з повним внесенням добрив. Найменше на врожайність зерна тритикале озимого впливало внесення фосфорних і калійних добрив – 8,88 т/га або більше на 4 % порівняно з контролем. Урожайність лінії тритикале озимого LP 154 була на рівні сорту Аякс – 8,49–11,17 т/га залежно від удобрення. Тенденція впливу внесення добрив як у середньому, так і за роки проведення досліджень була подібною до сорту Аякс.

В агротехнології тритикале озимого рекомендується вносити $P_{60}K_{60}$ + N_{120}, що забезпечує найбільшу врожайність зерна з високою економічною ефективністю та безпечністю для навколишнього природного середовища.

Основні результати дослідження впроваджено в ПОП «Соколівка» на площі 75 га (акт від 13.01.2026 р.), в ФГ «КРАЙ АГРО» на площі 100 га

(акт від 13.01.2026 р.).

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, що виносяться на захист кандидатської 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 в співавторстві, де здобувачу належить фактичний матеріал і основний творчий доробок. Внесок здобувача в публікаціях складає 90 %.

Декларація про використання ШІ-технологій під час написання дисертації. Суттєве використання технологій штучного інтелекту та використання об’єктів, згенерованих технологіями штучного інтелекту, не здійснювалося.

Апробація результатів дисертації. Основні результати виконаних досліджень доповідались і обговорювались на міжнародній конференції Актуальні питання аграрної науки”, присвячена 175-річчю з дня заснування Уманського національно університету садівництва (Умань, 2019), II International Scientific and Practical Conference «Eurasian Scientific Congress» (Барселона, 2020), на міжнародній конференції «Інтеграція науки, освіти та бізнесу в сучасному середовищі: зимові диспути» (Дніпро, 2020), VI International scientific and practical conference «Achievements and prospects of modern scientific research» (Аргентина, 2021), на міжнародній конференції «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів» (Умань, 2025), на міжнародній конференції «Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди», присвяченої 60-річчю тривалого стаціонарного

досліду Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (Львів, 2025).

Публікації. Результати досліджень дисертаційної роботи опубліковано в 10 наукових працях, з яких 4 – статті в фахових виданнях України і 6 – праці в матеріалах науково-практичних конференцій.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 172 сторінках комп'ютерного набору, в тому числі 131 – основного тексту, що включає вступ, шість розділів, висновки, рекомендації виробництву. Містить анотацію, 43 таблиці, 1 рисунок і додатки (відомості про апробацію результатів дисертації та список публікацій здобувача). Список використаних джерел включає 169 найменувань, з яких 104 – латиницею.

РОЗДІЛ 1
ОСОБЛИВОСТІ УДОБРЕННЯ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО (огляд літератури)

1.1 Значення тритикале

Тритикале – культурна гібридна зернова рослина, створена шляхом схрещування пшениці (*Triticum spp.*) та жита (*Secale cereale L.*) – отримана в кінці XIX століття в Шотландії та Німеччині [57]. Тритикале було створене з метою поєднання високої врожайності та якості зерна пшениці з витривалістю жита до хвороб і несприятливих умов середовища [3, 14, 23, 86]. Наразі тритикале здебільшого вирощується як кормове зерно та для виробництва біогазу [59]. Хоча тритикале містить глютен, воно може відігравати роль у зростаючому ринку здорового харчування завдяки своїм корисним властивостям – доброму балансу незамінних амінокислот, мінералів і вітамінів [16, 47]. Сучасні сорти тритикале можуть використовуватися для виробництва етанолу [32, 73].

Тритикале поєднує в собі високу якість зерна з високим вмістом білка та лізину, є продуктивним за низьких витрат ресурсів, менш схильне до поширених зернових грибкових хвороб і краще пристосоване до заболочених, лужних, кислих і бідних на поживні речовини ґрунтів порівняно з іншими зерновими культурами [6, 33, 7, 95, 100].

Світове виробництво тритикале протягом останніх двох десятиліть зростає. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН, нині у 41 країні світу збирають 15,5 мільйонів тонн тритикале [38, 71]. Основним виробником тритикале у світі є Польща [38]. Міжнародні сортовипробування тритикале проводяться у 75 країнах світу [98].

Культура вирізняється високою врожайністю – понад 10 т/га – завдяки поєднанню багатоколосковості жита та багатоквітковості пшениці. Серед основних переваг тритикале – висока поживна цінність зерна та зеленої

маси, невибагливість до умов вирощування, стійкість до несприятливих екологічних факторів та економічна ефективність, зумовлена меншими витратами на вирощування порівняно з іншими колосковими культурами [46, 64, 74].

Тритикале застосовується як кормова культура, зелений корм, сінаж, а також як покривна культура з метою покращення структури ґрунту та зменшення ерозії [160, 4]. У південних Великих рівнинах США культура поступово замінює пшеницю та жито як кормова альтернатива [91]. Використання цієї культури у сівозмінах також сприяє зменшенню втрат азоту [9, 88].

Тритикале має сильну кореневу систему, що дозволяє ефективніше використовувати поживні речовини та стабілізувати ґрунт. Крім того, культура демонструє високу стійкість до солонцю, кислотності та стресу, спричиненого високими температурами та браком вологи [26, 92].

В Україні посіви тритикале залишаються обмеженими – лише близько 100 тис. га. Проте ця культура має великий потенціал у хлібопекарській галузі [125, 79]. Додавання тритикалевого борошна до пшеничного підвищує засвоюваність та харчову цінність хлібобулочних виробів. Оптимальним вважається співвідношення пшеничного та тритикалевого борошна 40:60 або 70–80:20–30 залежно від технології виробництва [13, 44].

Зерно тритикале містить більше білка, ніж пшениця, а вміст клейковини є подібним. Проте через генетичний вплив жита якість клейковини (її еластичність і розтяжність) у тритикале нижча. Водночас за протеїновою цінністю тритикале перевершує пшеницю на 9,5 %, а ячмінь і кукурудзу – майже на 40,0 %. Окрім хлібопекарської, тритикале застосовується у кондитерській, пивоварній та спиртовій промисловості [156, 96, 99].

Хімічний склад зерна тритикале є характерним для зернових культур і включає високий вміст вуглеводів (до 80 %), середній рівень білка (12,0–

13,0 %) і невеликий вміст жиру (до 2,0 %). За цими показниками тритикале займає проміжне положення між пшеницею і житом [109, 125]. Білковий комплекс формується за рахунок білків обох батьківських видів, однак без утворення нових проміжних форм. За білковою концентрацією тритикале наближається до пшениці або навіть перевищує її на 1,0–1,5 %, а в порівнянні з житом – на 3,0–4,0 %. Вміст клейковини вищий (25–38 %), ніж у пшениці, але її якість (еластичність, розтяжність) нижча завдяки геному жита [8, 89, 103].

Водночас білок зерна тритикале має краще збалансований амінокислотний склад, ніж у пшениці, і містить значну кількість незамінних амінокислот, зокрема лізину, валіну, треоніну, гліцину, аргініну та інших [109, 125, 156].

У порівнянні з житом, зерно тритикале легше піддається розмелюванню. Одержане борошно містить більше золи та висівок, але менше клейковини [13, 40]. Основною вуглеводною складовою є крохмаль (53,0–58,0 %), який характеризується нижчим вмістом амілози (до 23,7 %) у порівнянні з пшеницею і житом. Додаткові вуглеводи представлені клітковиною, моно- і полісахаридами, а також трифруктозаном – специфічним вуглеводом жита [163, 42].

Ліпідний склад включає прості та складні жири, фосфоліпіди, які за кількісними та якісними характеристиками подібні до ліпідів пшениці та жита. Крім того, зерно тритикале є джерелом макро- і мікроелементів (фосфор, кальцій, калій, натрій, мідь, залізо, марганець тощо) та вітамінів групи В, РР і Е [109, 48].

Отже, тритикале має значний агрономічний і технологічний потенціал, який залишається недостатньо реалізованим в умовах України. Незважаючи на обмежену площу посівів, ця культура демонструє високу врожайність, добру адаптивність до стресових умов і має широкий спектр застосування – від хлібопекарства до кормовиробництва.

1.2 Вплив удобрення на показники росту та розвитку рослин

Формування асиміляційного апарату, інтенсивність і тривалість його функціонування значною мірою залежать від агротехнічних чинників вирощування, зокрема режиму зрошення, рівня удобрення та сортових характеристик [110, 31]. Застосування мінеральних добрив позитивно впливало на польову схожість і продуктивну кущистість, сприяло зростанню вмісту крохмалю, золи, фосфору і калію в зерні, а також підвищенню висоти стебел, довжини колоса, розміру прапорцевого листка, кількості колосків і зерен у колосі [110].

Внесення азоту у фазі виходу в трубку сприяє підвищенню густоти продуктивного стеблостою, подальшому збільшенню кількості зерен у колосі та підвищенню маси 1000 зерен [108, 126].

Сторожук Ю. В. [166] встановлено, що рослини озимого тритикале сортів Богодарське та Божич у фазі повного колосіння на мінеральному фоні живлення (N_{90}) досягали висоти 112,5–118,9 см. Починаючи з фази кущення й до моменту повного колосіння, висота рослин обох сортів зростала в 2,8–2,9 раза, що в абсолютних величинах становило 72,6–78,0 см незалежно від рівня мінерального підживлення.

Позакореневе підживлення на ключових етапах органогенезу в поєднанні з передпосівною обробкою насіння позитивно впливає на ріст рослин на ранніх фазах розвитку, навіть при одноразовому внесенні добрив. У таких варіантах висота рослин сорту Богодарське збільшувалась на 4,2–4,4 см, а сорту Божич – на 2,9–3,3 см у порівнянні з контролем (фон N_{90}).

Додаткове передпосівне оброблення насіння забезпечує приріст висоти на 1,3–2,3 см залежно від сорту. У поєднанні з позакореневим підживленням цей приріст становив 2,8–3,0 см для сорту Богодарське та 0,6–1,0 см для сорту Божич. Загальна середня висота рослин у досліді коливалась у межах 66,2–67,5 см.

Muhammad et al. [76] також показали, що застосування схем удобрення $N_{60}P_{30}K_{30}$ і $N_{120}P_{60}K_{60}$ суттєво впливало на висоту рослин тритикале, пшениці та вівса порівняно з варіантом без NPK. Подібні результати були отримані Ramazanova та співавт. [85] і Obour та співавт. [80].

Результати досліджень Ding et al. [27], показали, що внесення азотних добрив суттєво вплинуло на колосіння. Рівень азотних добриву кількості 140 кг/га досяг найвищого середнього значення для відсотка колосіння 96,7 %, тоді як варіант без добрив мав найнижче середнє значення – 93,4 %. Це може бути пов'язано з позитивною роллю азотних добрив, які підвищили ефективність фотосинтезу. Крім того, їхня життєво важлива роль у площі прапорцевого листка, як основного джерела продуктів фотосинтезу, позитивно позначилася на цій ознакі у посівів тритикале.

Наукові дослідження засвідчують існування тісного кореляційного зв’язку між урожайністю посівів тритикале, площею листкової поверхні та фотосинтетичним потенціалом рослин [31].

У зрошуваних умовах Південного Степу сорти озимого тритикале Богодарське, Раритет і Букет забезпечували розвиток листкової поверхні на рівні 58,4–73,4 тис. м²/га, що супроводжувалось формуванням максимальної насіннєвої продуктивності.

Найбільший вплив на розвиток фотосинтетичного апарату цих сортів мало застосування мікродобрива Нановіт Мікро у дозі 2 л/га. Під його дією площа листкової поверхні збільшувалась на 10,2–17,9 тис. м²/га, фотосинтетичний потенціал – 0,19–0,31 млн м²/діб/га, чиста продуктивність фотосинтезу – 0,51–0,92 г/м² за добу [123].

Pelekh L., Zabarnyi O. [82] встановили, що при внесенні добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ загальна кількість рослин становила 356–358 шт./м², а продуктивних стебел – 633–649 шт./м². Внесення мінеральних добрив лише у формі $P_{60}K_{60}$ частково знижувало ці показники структури врожаю: до 352–355 шт./м² за загальною кількістю рослин і 557–573 шт./м² за

кількістю продуктивних стебел.

Відмічено [165], що застосування мінеральних і мікроелементних добрив позитивно позначається на розвитку листкової поверхні та облистяності озимого тритикале. Найбільший показник площі листкової поверхні було зафіксовано у фазі розвитку прапорцевого листка – 29,42 тис. м²/га, за умов внесення добрив у нормі $P_{36}K_{36}+N_{90}$.

У сорту Божич збільшення площі листкової поверхні було помірним – близько 1,2 % порівняно з контрольним варіантом. Водночас у сорту Богодарське приріст становив 14,0 %, що свідчить про його вищу інтенсивність росту та кращу реакцію на мінеральне живлення.

Найвищі показники біологічної врожайності головного стебла (5,21 т/га) та бічних пагонів (1,68 т/га) озимого тритикале були отримані за умови застосування комплексної системи живлення. Зокрема, вона передбачала внесення амофосу ($N_{12}P_{52}$) до сівби, підживлення аміачною селітрою (N_{50}) у фазі 22-ї мікростадії згідно з міжнародною шкалою ВВСН, а також дворазове позакореневе підживлення у фазах 31 і 39 мікрофаз. Для цього використовували суміш карбаміду (10 кг/га), сульфату магнію (1,5 кг/га) та водорозчинного мінерального добрива Феркристал Суммум (1,5 кг/га). Застосування позакореневого підживлення на пізніших етапах розвитку рослин, зокрема у фазі 73-ї мікрофази, не забезпечувало достовірного приросту біологічної врожайності як головного, так і бічного стеблостою впродовж усього періоду спостережень [107].

У ході досліджень встановлено [127], що внесення мінеральних добрив на різних фазах розвитку озимого тритикале сприяє збільшенню висоти рослин. У фазу кущення приріст становив 2,1–5,0 см, у фазу виходу в трубку – 8,5–22,8 см, а під час колосіння – до 32,4 см (особливо у сорту Десятинне), що водночас може знижувати стійкість до вилягання.

Сорти тритикале відрізнялися за генеративними ознаками: довжина колоса – 9,5–13,5 см, кількість колосків – 19–26, зерен у колоску – 1,7–3,1, загалом у колосі – 32–80, маса зерна з колоса – 1,33–3,62 г, з рослини –

1,39–5,69 г [127].

Установлено значний вплив норми висіву та рівня удобрення на морфологію. Найдовший колос сформувався при нормі висіву 3,5 млн./га та удобренні $N_{45}P4_5K_{45}$ + N_{90} (у три етапи). Збільшена густота посівів, навпаки, знижувала ці показники. На менш загущених ділянках, за умови внесення вищих норм добрив, спостерігали збільшення кількості колосків та зерен у колосі [127].

Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В., Дворецький В. Ф. [115] встановлено, що у зерні тритикале ярого у варіанті без добрив середні показники становили: довжина колосу – 8,8 см, кількість зерен – 26,8 шт., маса зерна з головного стебла – 1,25 г. Внесення $N_{30}P_{30}$ до сівби збільшувало довжину колосу на 6,8 %, а $N_{60}P_{30}$ – 8,9 %. Найдовші колоски (10,0 см, +13,6 % до контролю) сформувалися при $N_{30}P_{30}$ + підживлення N_{30} аміачною селітрою. Кількість зерен у колосі зросла на 4,9–10,1 % завдяки добривам і біопрепаратам. Максимум – за $N_{30}P_{30}$ + $N_{30\ с}$елітри. Дворазове біопідживлення на фоні $N_{30}P_{30}$ дало приріст зерен на 2,5–2,8 %. Маса зерна з головного стебла зросла на 4,0–11,2 %, з максимумом у варіанті $N_{30}P_{30}$ + $N_{30\ с}$елітри.

Результати експериментальних досліджень засвідчили [117], що застосування мінеральних добрив у дозах $N_{60}P_{45}K_{45}$, а також у комбінації з позакореневим підживленням препаратом «Нутрібор» (2 кг/га) забезпечило істотне підвищення врожайності ярої форми тритикале – на 1,43 та 1,28 т/га відповідно порівняно з контролем, де добрива не вносилися. У цих варіантах також зафіксовано найвищі показники структурних елементів урожаю: кількість зерен у колосі становила 43,0 і 41,9 шт., колосків – 21,5 і 21,0 шт., маса 1000 зерен – 50,1 і 48,6 г відповідно.

Згідно з даними досліджень [10], застосування азотного добрива в дозі N_{90} у посівах тритикале озимого сприяло формуванню в середньому 37,5 зернин у колосі. Внесення азоту позакоренево у фазу розвитку ВВСН 31 підвищувало цей показник до 38,6 зернин, а подвійне внесення у фазах

ВВСН 31 та ВВСН 39 – до 39,8. Триразове підживлення забезпечувало найвищий результат – 40,7 зернин у колосі. Паралельно зростала і маса зерна в одному колосі: за кореневого внесення вона становила 1,62 г, одноразового позакореневого – 1,72 г, подвійного – 1,80 г, а за триразового – досягала 1,86 г.

Проте, на масу зерна в колосі погодні умови практично не впливали: у варіантах із внесенням добрив лише навесні показник коливався незначно – в межах 1,61–1,63 г. Це свідчить про те, що правильне застосування азотного живлення не лише підвищує продуктивність тритикале, а й покращує його стійкість до зовнішніх стресових факторів, що також підтверджується результатами інших науковців [19].

Авраменко С. В. [106] встановлено, що коефіцієнт продуктивної кущистості у сорту Амфідиплоїд 52 коливався в межах 1,17–2,05 залежно від строку сівби та прийомів вирощування. Густота продуктивного стеблостою суттєво зростала саме внаслідок дії агротехнічних заходів, а не змін строків сівби. При технології без добрив цей показник становив 388–484 шт./м², а за найінтенсивнішого варіанту удобрення – 623–658 шт./м². Формування колосків і озерненість колоса мали сортову зумовленість, однак суттєво залежали від рівня удобрення. Весняне підживлення аміачною селітрою особливо позитивно впливало на реалізацію потенціалу колоса.

Науковцями встановлено [2], що за внесення N_{140} було зафіксовано максимальні середні значення відсотка колосіння (95,87 %), кількості колосків (675,2 шт./м²), зерен у колосі (62,56 шт.), біологічної та зернової врожайності (26,78 і 8,07 т/га), а також вмісту білка в зерні тритикале (12,66 %). Ці результати узгоджуються з висновками Ziyara A. J. [68], який також спостерігав покращення цих показників у зерні тритикале зі збільшенням рівня азотних добрив.

1.3 Урожайність зерна тритикале озимого залежно від удобрення

Формування високих урожаїв зерна тритикале значною мірою залежить не лише від ґрунтово-кліматичних умов, а й від рівня родючості ґрунту та ефективності системи удобрення в технології вирощування. Установлено, що ця культура добре реагує на внесення мінеральних добрив, частка яких у структурі врожаю може коливатися від 35–40 до 82,0 % [154, 155, 22].

Dumbravă та ін. [29] стверджують, що одним із головних агротехнічних факторів, який визначає урожайність зерна та дозволяє реалізувати потенціал культури, є мінеральне живлення, з особливим акцентом на застосування азоту. Саме достатнє забезпечення рослин азотом у критичні періоди вегетації є передумовою отримання високого врожаю хорошої якості в умовах інтенсивного землеробства [54].

Ряд авторів [49, 79] вважають, що азот відіграє найважливішу роль серед усіх поживних елементів, впливаючи як на структурні компоненти врожаю, так і на його якість. Його дефіцит у критичні фази розвитку може призводити до незворотної втрати врожаю, що пояснює актуальність численних досліджень, присвячених впливу азоту.

Щодо оптимальних норм внесення мінеральних добрив у літературі наводяться різні дані, що обумовлено варіативністю кліматичних і ґрунтових умов, потенціалом сортів, попередниками тощо [20].

Результати експериментів засвідчили, що для досягнення урожайності 5–6 т/га доцільним є позакореневе підживлення акварином № 5 або кристалоном особливим на тлі основного удобрення $N_{60}P_{45}K_{45}$. Така схема забезпечувала приріст урожайності на 1,6–1,7 т/га у порівнянні з неудобреним контролем.

Середній вміст білка в зерні за умов позакореневих підживлень становив 12,1–12,2 %, а сирої клейковини – 24,9–25,1 %, тоді як у

контрольному варіанті ці показники були значно нижчими – відповідно 10,5 % та 18,9 % [154, 155].

Оптимальні норми азотних добрив, які в поєднанні з фосфорно-калійним фоном забезпечують високу врожайність і належну якість зерна озимого тритикале, становлять 90–120 кг/га. Найвищу ефективність демонструє дробне (поетапне) внесення азоту [157, 169].

На ґрунтах із середнім рівнем родючості (30–40 балів за бонітетом) рекомендується вносити фосфор і калій у дозі $P_{90}K_{120}$ як основне добриво, а азот – у дозі 90–120 кг/га у два-три етапи: на II етапі органогенезу – 30 кг/га діючої речовини, на IV етапі – 40–60 кг/га, на VI–VII етапах – 30–50 кг/га.

Початкове азотне підживлення в дозі N_{30} особливо ефективне при оптимальних або запізнілих строках сівби, оскільки воно стимулює кущення та значно підвищує врожайність. У випадку пізнього відновлення весняної вегетації азотне підживлення доцільно проводити на всіх посівах незалежно від їхнього фазового стану.[168].

За даними Jaćimović та ін. [51], для досягнення належної якості та врожайності зернових культур вирішальним є збалансоване мінеральне живлення. Повний ефект від NPK-елементів можливий лише за умови оптимізації інших чинників, зокрема погодних умов упродовж вегетаційного періоду.

Зернові культури досягали найвищої та найбільш стабільної врожайності (в межах 4,43–5,05 т/га) за умови застосування мінерального живлення в дозі $N_{75}P_{45}K_{45}$. Такий рівень удобрення включав базове внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$, припосівне – $N_{30}P_{30}K_{30}$ та весняне підживлення азотом у дозі N_{30}. У середньому за роки досліджень серед озимих зернових культур, що вирощувалися після занятого пару, тритикале демонструвало найвищий урожай – 4,51 т/га, перевищуючи показники озимої пшениці та жита відповідно на 9,0 % і 12,0 % [105].

Lalevic et al. [68] встановлено, що сорт PKB Vožd у поєднанні з

внесенням азоту в кількості 120 кг/га разом із фосфором та калієм у кількості 100 кг/га за досліджуваних умов дає найкращі результати за врожайністю.

Результати досліджень [43] свідчать, що оптимальною нормою азотного живлення для озимого тритикале є внесення азоту в кількості 120 кг/га. При застосуванні меншої норми (100 кг/га) врожайність залишалась на схожому рівні, однак якість зерна суттєво погіршувалась.

У дослідженнях, проведених Dekic V., Milovanovic M. та іншими науковцями [21], найвищі врожаї озимого тритикале були зафіксовані при дробному внесенні азоту в сумарній дозі 80 кг/га на фоні основного внесення $Р_{60}К_{60}$.

Дослідники підкреслюють важливість урахування кліматичних умов під час визначення доз азотних добрив [78, 80]. Так, у роки з рясними опадами під час вегетації рослин, згідно з дослідженнями Bielski S., Romaneckas K. і Sarauskis E. [12], найкращі результати було отримано при нормі 160 кг/га азоту. В умовах дефіциту вологи оптимальним виявилось внесення 140 кг/га.

Практика дробного внесення азотних добрив виявилася ефективною не лише для підвищення врожайності, а й для поліпшення білкового складу зерна. У пізні фази розвитку, коли коренева система менш активна, рослини доцільно забезпечувати поживними елементами через позакореневі обробки. Незважаючи на відносно невеликі норми внесення мікроелементів через лист, ефективність таких підживлень є високою через більший коефіцієнт засвоєння, порівняно з ґрунтом. Багаторазове проведення обробок дозволяє компенсувати потреби рослин у поживних речовинах.

Ефективність позакореневих обробок озимого тритикале сечовиною була доведена в дослідженнях Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Зокрема, в умовах Західного Лісостепу, при обробці посівів сорту Гарне сечовиною на фоні базового внесення

мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби + N_{30} у фазі II етапу органогенезу) спостерігалося істотне підвищення врожайності, покращення структурних елементів врожаю та якості зерна [162].

Результати досліджень свідчать, що тритикале добре реагує на внесення високих доз мінеральних добрив, особливо азотного походження. Згідно з даними Рожкової А. О. [167], внесок мінерального живлення у формування врожаю зерна тритикале становить у межах 35–40 % до 82 %. Азот відіграє ключову роль у формуванні потужної вегетативної маси та досягненні високої врожайності. Водночас його живлення відзначається чутливістю до дозування: як нестача, так і надлишок цього елементу негативно впливають на розвиток рослин [5113].

Оптимальні строки, норми та кратність весняного азотного підживлення залежать від агрометеорологічних умов та стану посівів. Савчук О. І., Мельничук А. О. та Дребот О. В. [161] показали, що максимальну урожайність зерна тритикале (4,14 т/га) досягнуто при внесенні мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ з поділом азоту на три внесення (по 30 кг/га при сівбі, у фазі виходу в трубку та наливу зерна) у поєднанні з органічними залишками.

Дослідження Єгуповат Т. В. та Дибко М. І. [121] засвідчили, що технологія вирощування тритикале озимого із застосуванням добрив у дозі $P_{30–60}K_{30–60}$ + N_{30} (на другому етапі органогенезу) забезпечила врожайність 3,29–3,55 т/га за умов мінімального захисту та 3,55–3,78 т/га – за інтегрованої системи. У цьому випадку ефект від хімічних засобів досягав 2,10–2,11 т/га, а внесення мінеральних добрив збільшувало врожайність на 1,62–2,07 т/га порівняно з контролем.

При внесенні азотних добрив у дозі 60 кг/га діючої речовини приріст врожаю сягав 4,49 т/га, що перевищувало контрольний показник на 2,78 т/га [161]. Поділ азотного живлення на кілька етапів сприяє суттєвому підвищенню врожайності та вмісту білка в зерні. Так, за позакореневого підживлення тритикале озимого сечовиною, з внесенням мінеральних

добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби та N_{30} у фазі II органогенезу, спостерігалося зростання врожайності, покращення морфологічних ознак і якісних характеристик зерна [29].

Ramazanova et al [85] дослідили, що врожайність зерна тритикале при застосуванні тільки азотних добрив зросла: з 0,94 т/га у контролі до 1,20–1,35 т/га. А комбіноване внесення азоту з фосфорним фоном P_{60} забезпечило врожайність 3,5–5,7 т/га. Крім того, разове внесення азоту разом із фосфорною підживкою дало додатковий приріст урожайності на 0,55–0,70 т/га Вміст білка в зерні тритикале також залежав від схеми удобрення: на фоні P_{60} азотне живлення підвищило його з 7,6 % до 9,9–10,7 %.

Для досягнення високоякісного врожаю тритикале необхідно забезпечити рослини повноцінним живленням як макро-, так і мікроелементами. Ефективним інструментом у цьому аспекті є позакореневе підживлення, що дозволяє оперативно усувати дефіцит елементів і збалансувати живлення культури. Особливо ефективне таке підживлення у фазах активного росту та за умов стресу – посухи, заморозків або інших несприятливих факторів, коли листкове внесення є практично єдиним способом живлення рослин [112].

1.4 Формування якості зерна тритикале озимого за внесення добрив

Якість зерна тритикале озимого визначається низкою фізико-хімічних і технологічних показників, серед яких найважливішими є: вміст сирого білка, показники клейковини, маса 1000 зерен, натура зерна, вміст крохмалю, а також амінокислотний склад. Завдяки поєднанню ознак пшениці та жита, зерно тритикале має високу харчову цінність, але потребує оптимізації умов вирощування для досягнення стабільних показників якості [101].

Мінеральні добрива, зокрема азотні, фосфорні та калійні, відіграють ключову роль у формуванні якісних показників зерна. Азот впливає на вміст білка та клейковини, фосфор сприяє кращому розвитку кореневої системи та підвищує стійкість до несприятливих факторів, а калій відповідає за регуляцію водного режиму й активність ферментів. Найбільше значення має оптимальне поєднання елементів живлення та їх своєчасне внесення [62].

Встановлено [18], що середня маса 1000 зерен для всіх сортів зерна тритикале була найвищою у варіанті з використанням 120 кг/га азоту.

У дослідженні Oral et al. [81] маса 1000 зерен збільшується із підвищенням кількості азоту, використаного при удобренні (від 36,4 г – N_{60} до 38,0 г – N_{120}).

Додатково автором [111] виявлено, що застосування водорозчинних комплексних добрив типу Акварін і Кристалон сприяє покращенню маси 1000 зерен, збільшенню натури зерна, а також підвищенню вмісту крохмалю, золи, фосфору і калію в зерні тртикале

Boros D. [15] на основі своїх досліджень зазначає, що використання невеликих доз азоту у добривах призводить до істотного збільшення маси 1000 зерен. Автори отримали найбільшу масу 1000 зерен при внесенні найменшої дози азоту (40 кг/га), тоді як подальше збільшення кількості азоту призвело до так званого «післяудобрювального зменшення зерен», що супроводжувалося зниженням маси 1000 зерен. Відповідно, результати досліджень показують, що внесення азоту у дозі 120 кг/га спричинило істотне зниження маси 1000 зерен, і подібна тенденція спостерігалася при подальшому збільшенні дози азоту (160 кг/га).

Натомість результати дослідження Dumbrava et al. [29] показали, що найвищі значення маси 1000 зерен були зафіксовані на варіантах без удобрення, де кількість зерен у колосі та кількість колосків на м² були меншими, і що ця ознака суттєво залежить від інших параметрів урожайності.

Jelic et al. [56] зазначають, що натура зерна у дрібнозернових культур є ознакою, яка генетично зумовлена, але також істотно змінюється залежно від поживного стану середовища та погодних умов. З іншого боку, на думку, Dumbrava et al. [28] натура, окрім впливу на врожайність, значною мірою залежить від розподілу азотних добрив протягом вегетаційного періоду: найвищі значення цієї ознаки були зафіксовані на необроблених (без добрив) ділянках з найменшою кількістю колосків на квадратний метр, що супроводжувалося найменшою кількістю зерен у колосі.

Згідно досліджень Савчук О. І., Мельничук А. О., Дребот О. В. [161] маса 1000 зерен тритикале становила 46,5–50,2 г. Так, у варіанті контроль цей показник становив 46,5 г, при внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 48,6 г, при $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні з побічною продукцією пелюшко-вівсяної – 50,2 г. Показник натурної маси знаходився в межах 674–689 г/л, різниця між варіантами удобрення – не істотна. Система удобрення сприяла підвищенню вмісту білка в зерні. У варіанті контроль цей показник становив 11,8 %, при збільшенні норми добрив, вміст білка також збільшувався і найвищим відмічений на підвищеному фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні з побічною продукцією пелюшко-вівсяної сумішки – 13,1 %.

За даними [114] серед основних показників якості зерна тритикале спостерігалося зростання натури зерна з 706 г/л у контролі до 720 г/л за умов внесення рекомендованої дози мінеральних добрив. Вміст клейковини підвищився з 23,2 % до 26,8 %, а маса 1000 зерен зросла з 41,0 г до 42,3 г відповідно. Це підтверджує важливість оптимального мінерального живлення для досягнення стабільних і високоякісних врожаїв.

Білітюк А. П., Шередеко Л. М. [111] встановлено, що для підвищення урожайності, збільшення вмісту білка та клейковини в зерні тритикале, а також для покращення технологічних і хлібопекарських властивостей борошна, доцільним є застосування азотних добрив у дозах N_{90}–N_{120} у три-

чотири строки на фоні внесення фосфорно-калійних добрив ($Р_{60}К_{120}$). Таке агротехнічне рішення є ефективним для умов дерново-підзолистого супіщаного ґрунту західного регіону України.

Водночас встановлено, що використання лише фосфорно-калійних добрив у дозі $Р_{60}К_{120}$ без залучення азоту не забезпечує досягнення оптимальних показників якості зерна – вони є нижчими за всіма основними параметрами.

Автори [110] підтверджують позитивний вплив мінерального живлення на формування білка в зерні тритикале. Найвищий вміст білка спостерігався при застосуванні мінеральних добрив на фонах $N_{60}Р6_0К_{120}$, $N_{90}Р_{60}К_{120}$ і $N_{120}Р_{60}К_{120}$ у варіантах 4–6, де його концентрація досягала 12,7–14,2 %. Особливо виразним був ефект при внесенні добрив у формі карбамідно-аміачної суміші (КАС), де вміст білка становив 13,1–14,2 %. Позитивні зміни малв і вміст сирої клейковини. За внесення карбаміду, аміачної селітри та КАС (варіанти 3–6), добрива вносилися восени та на III, V і VII етапах органогенезу, внаслідок чого вміст клейковини досягав 18,1–21,1 %. Це на 3,1–6,1 % перевищувало показники контрольного варіанту та варіанту лише з фосфорно-калійним фоном.

При цьому, збільшення норм внесення мінерального живлення суттєво впливає на якісні характеристики зерна: при дозі $N_{30}Р_{30}К_{30}$ вміст сирого протеїну зростає на 1 %, при $N_{45}Р_{45}К_{45}$ – на 1,7 %, а при $N_{60}Р_{60}К_{60}$ – на 2,6 % порівняно з контролем. У цьому ж варіанті збір білка збільшується в середньому на 290 кг/га, маса тисячі зерен – на 2 г, а натура зерна – на 13 г/л. [128].

Встановлено [120], що застосування мінеральних добрив у дозах $Р_{30–60}К_{30–60}$ сприяло підвищенню вмісту білка в зерні озимого тритикале до рівня 8,04–8,15 %. У результаті збір білка з одиниці площі збільшувався в 0,68–1,01 рази.

Поглиблений аналіз показав, що при дробному внесенні азотних добрив (схема $Р_{30–60}К_{30–60}$ + N_{30} на другому етапі органогенезу + N_{30} на

четвертому), вміст білка у зерні сорту Валентин-90 сягав 9,41–10,00 %, що забезпечувало збір білка на рівні 3,74–3,90 %. При одноразовому внесенні азоту у формі $P_{30–60}K_{30–60}$ + N_{60} (на другому етапі) білкова концентрація в зерні була дещо нижчою і коливалась у межах 8,14–9,23 %, тоді як збір білка становив 3,24–4,05 %.

Упродовж досліджуваних років вміст сирої клейковини у зерні тритикале залишався на помірному рівні – 15,0–20,0 %. Проте мінеральне живлення суттєво впливало на збільшення як відсоткового вмісту клейковини, так і на її валовий збір. Так, завдяки добривам вміст клейковини зростав у 0,66–3,10 рази відносно контролю, або на 19,0–129,0 % у порівнянні з фоновим рівнем.

Застосування рідких комплексних добрив, зокрема Кристалону, сприяло збільшенню вмісту клейковини до 16,80–18,24 %. Найвищі показники якості зерна були отримані за схеми внесення $P_{60}K_{60}$ + N_{30} (II етап органогенезу) + N_{60} (IV етап), де вміст білка досягав 10,11 %, а клейковини – 20,18 %.

Дані, отримані Lalevic et al. [68] показують, що удобрення 60 кг/га азоту забезпечує найвищий вміст білка в зерні тритикале – 14,15 %, при застосуванні 100 кг/га – 14,64 %.

За даними Janušauskaitė [53] значні відмінності у вмісті білка залежно від року вирощування та варіантів удобрення, що свідчить про суттєвий вплив цих факторів на вміст білка в зерні тритикале.

Іщенко В. А. [124] встановлено, що у зерні тритикале вміст білка становив 9,7–11,8 % у варіанті без добрив та 10,4–12,2 при $N_{30}P_{30}K_{30}$, вміст клейковини – 14,2–17,1 % (без добрив), 14,9–17,3 % при $N_{30}P_{30}K_{30}$ відповідно.

Встановлено [117], що підживлення $N_{60}P_{45}K_{45}$ призвело до підвищення вмісту білка до 11,7 %, а сирої клейковини – до 23,8 %. У свою чергу, варіант з $N_{30}P_{45}K_{45}$ у поєднанні з nutribor 2 кг/га (позакоренево) показав лише незначне зниження цих параметрів – 11,6 % білка та 23,6 %

клейковини. Для порівняння, на контрольних ділянках ці показники були значно нижчими – 10,5 % і 18,9 % відповідно.

Дослідженнями [4110] встановлено, що внесення $N_{120}P_{60}K_{120}$ (з N_{30} у фазі III, V, VII органогенезу) призводить до значного підвищення вмісту крохмалю в зерні тритикале озимого до 62,23 %.

Авторами [75] встановлено що вміст кромалю в зерні тритикале у варіанті без добрив становить 59,9 %. При внесенні добрив цей показник зменшувався. Так, при NPK – 59,6 %, N_{40} – 59,3, N_{80} – 59,0, N_{120} – 58,0, N_{160} – 57,0 %.

За даними Camerlengo та Kiszonas [17] мінеральне живлення, особливо з добавкою мікроелементів, значно покращує амінокислотний склад зерна тритикале: вміст лізину, треоніну та аргініну підвищується на 10–15 % порівняно з контролем, що важливо для підвищення харчової цінності зерна.

На основі аналізу сучасних літературних джерел можна зробити висновок, що формування оптимального елементного фону живлення є ключовим чинником для забезпечення повноцінного росту й розвитку тритикале озимого. Правильне мінеральне живлення сприяє інтенсивному накопиченню вегетативної маси, розвитку кореневої системи, активізації фотосинтетичних процесів, що в сукупності позитивно впливає на врожайність і якість зерна.

Особливе значення має точне регулювання норм, співвідношень і строків внесення макро- і мікроелементів, з урахуванням фази розвитку рослин, агрохімічного стану ґрунтів та кліматичних умов регіону вирощування. Особливо актуальним це стає при вирощуванні високопродуктивних сортів тритикале, які потребують підвищеної агрохімічної підтримки для реалізації свого генетичного потенціалу. Необхідно відзначити, що нині відстуня єдина думка щодо строків підживлення озимого тритикале. У літературі наведено результати ефективного внесення як одноразового, так і роздрібного застосування

азотних добрив.

Таким чином, розробка і вдосконалення системи живлення тритикале озимого з урахуванням особливостей сорту, види добрив, особливо, азотних та адаптації до ґрунтово-кліматичних умов є надзвичайно перспективним напрямом агрономічних досліджень, що потребує подальшого поглибленого наукового вивчення.

Результати аналізу огляду літератури висвітлено в працях [132, 131, 146, 130].

РОЗДІЛ 2
УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматичні та погодні умови

Дослідження проводили на дослідному полі Уманського національного університету впродовж 2022–2025 рр. Рельєф дослідного поля, де проводилися польові досліди, являє собою вирівняне, підвищене плато вододілу з пологими 2–3° схилами південно-східної та північно-західної експозицій. Підземні води залягають на глибині 22–24 м, тому вони не впливають на властивості і будову ґрунту [159].

Ґрунт під тривалим дослідом – чорнозем опідзолений важкосуглинкового гранулометричного складу. Ґрунтоутворювальна порода – лес. з Вмістом гумусу в ґрунті середній – 3,8 %, але він має низьку здатність забезпечувати рослини азотом, про що свідчить його вміст улегкогідролізованих сполуках – 105 мг/кг (за методом Корнфілда). Він також має підвищену здатність забезпечувати рослини фосфором і високу – калієм, про що свідчить вміст у ньому рухомих їх сполук, визначених за методом Чирикова (екстракція 0,5 м CH_3COOH) – відповідно 106 мг/кг і 132 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину за показником pH_{KCl} слабкокисла – 5,7.

У Лісостепу чорноземи опідзолені поширені на значній площі 2,02 млн га, з них значну частину займають орні площі – 1,75 млн га, тобто розораність становить майже 87 %. Для профілю цього підтипу чорнозему характерне поєднання генетичних ознак, що притаманні темно-сірому лісовому ґрунту і чорнозему типовому [153].

Чорнозем опідзолений має середні запаси органічної речовини у гумусовому горизонті, а також характеризується відносно глибоким заляганням карбонатів, тому вони не завжди можуть підніматися до гумусового горизонту. Цим пояснюється періодичне проявлення дефіциту

кальцію в ґрунтовому розчині, а також формуванням слабкокислої реакції ґрунтового розчину у верхньому шарі ґрунту. Тому за сучасною міжнародною класифікацією FAO/WRB (2022) цей ґрунт має назву *Phaeosems*) [158]. У ньому горизонт *calcic* відсутній.

Гранулометричний склад чорнозему опідзоленого залежить від територіального розміщення. На водорозділах, незалежно від материнської породи, у північній частині зони він суглинковий і крупнопилувато-важкосуглинковий, у середній смузі поширення – крупнопилуватий. На межі зі Степом, тобто в південній частині, – від важкосуглинкового та навіть легкоглинистого гранулометричного складу.

Як уже зазначалося вище, характерною особливістю цього підтипу чорнозему є залягання карбонатів на значній глибині, тобто нижче гумусового горизонту. Ґрунтовий профіль з урахуванням горизонту P(h)k завтовшки 140–160 см. Будова ґрунту має помірну щільність. Гранулометричний склад за профілем однорідний. Ґрунт має високу ступінь насиченості основами (87–97 %), що забезпечує йому середньокислу реакцією ґрунтового розчину. Потенційна кислотність чорнозему опідзоленого залежно від географічного розміщення та антропогенного впливу змінюється в широких межах – від 1,8 до 4,2 смоль/кг. Це свідчить про необхідність його періодичного вапнування. Ємність катіонного обміну у верхньому горизонті ґрунту висока – 29–32 смоль/кг.

Глибина залягання ґрунтових вод у регіоні поширення чорноземів опідзолених 5–25 м зі збільшенням на південь. Сезонні зміни цього рівня у Лісостепу можуть змінюватися в межах 1,3–1,8 м. Вважається, що ґрунтові води з такої глибини не можуть істотно впливати на ґрунтоутворювальні процеси та поглинатися сільськогосподарськими культурами.

У Правобережному Лісостепу усі пори року зазвичай виражені чітко, хоч і можуть бути певні відхилення. Весняний сезон настає з переходом середньодобової температури повітря через 0 ºС. Це проходить зазвичай

швидко. Весна триває впродовж двох місяців. Сніговий покрив тане поступово, тому інтенсивного та значного стікання талих вод не спостерігається. Це сприяє поглинанню талих вод ґрунтом і накопиченню вологи у нижніх його горизонтах профілю.

За переходу середньодобової температури повітря через 15 ºС настає літній період і триває до середини вересня. Він характеризується високими і стійкими температурами, що забезпечує середню температуру 19 ºС. проте в окремі роки можливі відхилення від 17 і до 22 ºС. Тепла та відносно волога погода сприяє проходженню вегетації сільськогосподарських культур помірного поясу. В окремі роки спостерігаюся літні посухи. Вони, поряд з високими температурами повітря, спричиняють зменшення запасів вологи завдяки атмосферним опадам і призводить до значних втрат ґрунтових запасів вологи. Влітку можуть також спостерігатися інтенсивні зливові дощі, значна частина води яких не встигають поглинатися ґрунтом. Це викликає проявлення ерозійних процесів через формування значних поверхневих стоків.

З пониженням температури повітря настає осінь. Зазвичай осінній період сонячний, теплий і може бути тривалим. Із середини жовтня середньодобова температура повітря зазвичай знижується до 10–5 ºС. У кінці жовтня встановлюється хмурна погода, що супроводжується дощами. Пізньою осінню спостерігається мінлива температура, періодично випадають дощ і мокрий сніг. Це сприяє накопиченню ґрунтових запасів вологи. Підвищення вологості ґрунту сприяє зменшенню щільності ґрунту та підвищенню його пористості.

Зимовий період порівняно теплий, зазвичай з хмарною погодою та періодичними відлигами. Під час відлиг температура може підвищуватися до 10–12 ºС. Це зумовлює розмерзання ґрунту та поглинанню ним талих вод. У найхолодніший її період зими середньодобова температура повітря може знижуватися до – 5…– 7 ºС.

Таблиця 2.1

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

Сільськогос-подарський рік	Всього За рік/ Середн за рік	Місяць											
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сума опадів,мм													
Середньобагаторічна	586	43	43	40	38	34	36	41	52	81	68	49	61
2022/2023	470,4	10,3	14,0	45,7	12,7	50,5	53,9	21,0	101,0	70,4	24,4	17,1	27,4
2023/2024	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
2024/2025	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
2022/2023	11,3	10,0	5,5	2,2	-4,7	0,5	4,5	9,6	17,0	23,4	20,0	20,7	15,6
2023/2024	7,9	8,3	8,4	8,8	8,5	7,8	6,5	4,6	7,3	7,0	6,4	5,9	6,2
2024/2025	7,3	7,0	8,5	8,8	8,0	7,6	6,7	6,8	5,9	6,4	6,3	7,1	7,9
Відносна вологість повітря,%													
Середньобагаторічна	78	81	87	88	85	84	81	70	67	72	73	73	75
2022/2023	73	80	84	88	85	78	65	46	73	70	64	59	62
2023/2024	79	83	88	93	89	83	77	71	73	73	71	71	74
2024/2025	73	70	85	88	80	76	67	68	59	64	63	71	79

Погодні умови змінювались упродовж років досліджень. Найбільшу кількості опадів випало в 2024 р., а в 2022 і 2023 рр. дещо менше. Так, у 2022 р. за період жовтень–березень випало 169,3 мм опадів, за квітень–червень – 116,4 мм, а в період достигання зерна лише 28,1 мм. При цьому середньодобова температура була на 1 °С вищою порівняно з середнім показником. У 2023 р. за період жовтень–березень випало 170,5 мм опадів, за квітень–червень – 187,8 мм, а в період достигання зерна 92,5 мм опадів. При цьому середньодобова температура повітря була нижчою порівняно з середнім показником. У 2024 р. за період жовтень–березень випало 222,7 мм опадів, за квітень–травень – 145,7 мм, а в період достигання зерна 56,5 мм опадів. Проте вища температура повітря на тлі високої кількості опадів не сприяла формуванню високого вмісту білка в зерні. Тому врожайність зерна тритикале озимого була високою впродовж років досліджень, проте найвищу продуктивність рослини формували у 2023 р., оскільки у період росту вегетативної маси випало найбільше опадів порівняно з іншими роками. Проте менша кількість опадів і вища температура повітря в 2022 р. сприяли формуванню найвищого вмісту білка в зерні. Більша кількість опадів у 2023 і 2024 рр. навіть за вищої температури повітря не сприяли формуванню високобілкового зерна.

2.2 Методика проведення досліджень

У досліді тритикале озиме вирощували за схемою, що передбачала варіанта без добрив, парні комбінації азотних, фосфорних і калійних добрив, повне мінеральне добриво, роздрібне внесення азотних добрив і підживлення сульфатом амонію та аміачною селітрою. Загальна площа ділянки становила 72 м², облікової – 42 м^2.

Вирощували сорт тритикале озимого Аякс (ПП «Сорт», ТОВ «Байєр») і чотиривидову лінію LP 154, отриману гібридизацією (× *Triticosecale* Wittmack L. / *Triticum spelta* L. (Уманський національний університет).

Опис сорту Аякс. Рекомендована зона для вирощування: Лісостеп. Напрям використання: зерновий. Група стиглості: середньоранній. Зимостійкість (холодостійкість): 8,3 бала (висока). Стійкість до посухи: 8,0 бала (висока). Стійкість до полягання: 8,8 бала (висока). Стійкість до осипання: 8,8 бала (висока). Стійкість до хвороб: висока.

Попередник чистий пар. Відповідно до схеми досліду фосфорні та калійні добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – в підживлення в II–III декадах січня. Сівбу проводили у II–III декадах жовтня. У фазу початку виходу рослин у трубку (ВВСН 31) застосовували гербіцид Гранстар® Голд 75 в.г. з фунгіцидом Медісон 26,3%, к.с. Збирання проводили прямим комбайнуванням у фазу повної стиглості зерна (ВВСН 93).

У дослідженнях ефективність застосування добрив проводили за такими показниками:

1. Урожайність визначали поділянково прямим комбайнуванням, показники росту та розвитку, складові структури урожаю – за методикою [122]. Кількість продуктивних стебел визначали підрахунком їх на 1 м^2 посіву тритикале озимого, масу 1000 зерен визначали за ДСТУ ISO 520:2015, кількість зерен в одному колосі за формулою

$$X=Y\times1000/M,$$

де X – кількість зерна в одному колосі, шт.; Y – маса зерна в одному колосі, г; M – маса 1000 зерен, г.

2. Показники якості зерна – методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117:2007.

3. Вміст азоту, фосфору та калію в зерні та соломі – за МВВ 31–497058–019–2005.

4. Господарське винесення основних елементів живлення розраховували за методикою [116]. Для спрощення розрахунків балансу елементів живлення скоротили кількість статей як у частині надходження, так і їх вилучення. Так, кількість азоту, яка надходить у ґрунт з атмосфери

опадами, насінням і фіксується вільноіснуючими мікроорганізмами прирівнювали до його сумарних витрат 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 кінцевому результаті, до прибуткової частини балансу ввійшло лише внесення елементів живлення з мінеральними добривами.

5. Агрохімічну та енергетичну оцінку визначали відповідно до методики [116].

6. Для розрахунку економічної ефективності використовували ціни 2025 р. Економічну ефективність розраховували з розрахунку, що вартість 1 т зерна становить 7,8 грн./т, вартість 1 т аміачної селітри – 18,0 тис. грн,, вартість 1 т сульфату амонію – 17,0 тис. грн., 1 т калію хлористого – 20,0 грн, суперфосфату гранульованого – 12,0 грн. Економічну ефективність розраховували з урахуванням проведення робіт на площі 100 га.

7. Оброблення даних також проводили за використання спеціалізованого програмного забезпечення Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA). Під час проведення дисперсійного аналізу підтверджували або спростовували «нульову гіпотезу». Для цього визначали значення коефіцієнта «p», який показував ймовірність відповідної гіпотези. У випадках коли $p<0,05$ «нульова гіпотеза» спростовувалась, а вплив чинника був достовірним.

8. Для якісного оцінювання тісноти зв’язку використовували коефіцієнт кореляції (r) 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 двофакторного дисперсійного аналізу польового досліду.

РОЗДІЛ 3
ПОКАЗНИКИ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

Тритикале – новий вид злакової культури, що має цілу низку господарсько-цінних властивостей з великою кількістю сортів. Зерно цієї культури має широке використання в багатьох галузях переробки [83]. Вигідно відрізняється від пшениці високою адаптивною здатністю [143]. У багатьох країнах площі під тритикале, а також загальне виробництво, постійно зростають з року в рік. Виробництво тритикале варіюється залежно від ціни та попиту на ринку, а також від агроекологічних умов на момент встановлення культури [147]. Рік за роком виробництво цього виду тритикале відбувається у дуже несприятливих умовах, особливо для первинних виробників. Значні коливання цін на сировину та готову продукцію, невизначеність щодо розміщення на ринку та можливість зберігання є факторами ризику виробництва [5].

Нині створено велику кількість високоврожайних і високоякісних сортів тритикале, що впливає на збільшення врожайності [137]. Масове впровадження у виробництво низькостеблових сортів і вдосконалення технологічного виробництва, тобто збільшення кількості мінеральних добрив, сприяли збільшенню врожайності тритикале [72].

Урожайність та якість зернових культур здебільшого залежать від збалансованого мінерального живлення. Мінеральне живлення зернових культур залежить від типу ґрунту, кліматичних факторів регіону та інших агроекологічних факторів [142]. На ґрунтах з кислою реакцією мінеральне живлення тритикале демонструє певні особливості. Нові сорти тритикале мають значно вищий потенціал родючості, проте їхні вимоги до мінерального живлення значно вищі [24].

Тритикале озие використовує велику кількість мінеральних елементів протягом вегетаційного періоду та має високі вимоги до родючості ґрунту.

Тритикале поглинає найбільше азоту, калію, фосфору, сірки, магнію та кальцію з ґрунту [11]. Для досягнення високого врожаю зерна тритикале, залежно від типу ґрунту, в Республіці Сербія азот здебільшого використовується в кількості від 80 до 120 кг/га [84]. Азот, з усіх елементів мінерального живлення, відіграє найбільшу роль у збільшенні врожайності [129].

З усіх застосованих агротехнічних заходів, внесення мінеральних добрив, насамперед азотних, дозволило збільшити врожайність зерна та загальну кількість білка на одиницю площі у нових сортів [94]. До енергетичної кризи ціна на мінеральні добрива була економічно прийнятною, тому існувала тенденція до внесення збільшених кількостей до рівня, коли сорти могли реагувати збільшенням врожайності. Останнім часом існує потреба у розробці системи удобрення, яка буде адаптована до кліматичних та ґрунтових умов, а це означає, що не існує єдиної формули, що застосовується в кожному районі вирощування [138]. Однак існують універсальні, основні принципи удобрення та вимоги до мінеральних елементів рослин тритикале, яких необхідно дотримуватися, якщо необхідне повне використання генетичного потенціалу сортів [67]. Недостатнє внесення добрив, незалежно від вимог рослин і родючості ґрунту, призводить до зменшення рівня врожайності або до накопичення елементу живлення в ґрунті. Тому проведення досліджень з новими сортами тритикале озимого є актуальними.

Кількість продуктивних стебел значно змінювалась залежно від сорту та удобрення тритикале озимого (табл. 3.1). Результати досліджень свідчать, що більші показники густоти продуктивних стебел формували посіви тритикале озимого сорту Аякс – 684–783 шт/м^2 залежно від варіанту досліду. При цьому за умови застосування дози азотних добрив одноразово в підживлення збільшувало цей показник до 779–783 шт/м^2 або на 14–15 % порівняно з контролем. роздрібне застосування азотних добрив не мало переваг порівняно з одноразовим, оскільки кількість продуктивних стебел

була на 3–4 % меншою порівняно з варіантом Фон + N_{120}. Найменше на кількість продуктивних стебел впливало застосування фосфорних і калійних добрив. За такого сценарію удобрення цей показник збільшувався лише на 1 % порівняно з ділянками без добрив.

Таблиця 3.1

Кількість продуктивних стебел тритикале озимого залежно від удобрення, шт./м^2

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		701	687	665	684
$P_{60} + N_{120}$		775	793	770	779
$K_{60} + N_{120}$		776	791	771	779
$P_{60}K_{60}$ – фон		708	694	671	691
Фон + N_{120}		779	799	772	783
Фон + $N_{60} + N_{60}$		752	781	749	761
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		755	780	752	762
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		448	454	426	443
$P_{60} + N_{120}$		537	577	554	556
$K_{60} + N_{120}$		535	578	553	555
$P_{60}K_{60}$ – фон		453	461	432	449
Фон + N_{120}		541	584	559	561
Фон + $N_{60} + N_{60}$		528	563	521	537
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		530	561	525	539
$НІР_{05}$	*A*	*16*	*17*	*15*	–
	B	*14*	*15*	*14*	–

Посіви лінії LP 154 формували на 40–54 % менше продуктивних стебел порівняно з сортом Аякс, що очевидно зумовлено селекційними особливостями. При цьому тенденція впливу застосування добрив була подібною до сорту Аякс. За умови повного мінерального добрива кількість продуктивних стебел збільшувалась до 561 шт/м^2 або на 27 %.

Кількість продуктивних стебел змінювалась залежно від погодних умов року проведення досліджень. Так, на ділянках без добрив найбільші показники отримано за вирощування тритикале озимого в 2022 і 2023 рр., а

найменші –в 2024 р. При цьому застосування добрив, особливо, азотної складової сприяло підвищенню цього показника.

Результати досліджень свідчать, що маса 1000 зерен тритикале озимого сорту Аякс, у середньому за три роки досліджень, знижувалась від застосування добрив, що містили азотну складову (табл. 3.2). Так, маса 1000 зерен зменшувалась від 52,1 г у варіанті без добрив до 50,7–50,9 г за внесення 120 кг/га д. р. азотних добрив одноразово або на 3 %. При цьому роздрібне застосування азотних добрив зменшувало цей показник до 51,2 г або на 1 %. Необхідно відзначити, що застосування фосфорних і калійних добрив збільшували масу 1000 зерен до 53,1 г або на 2 % порівняно з контролем.

У лінії тритикале озимого LP 154 маса 1000 зерен була на 4–8 % більшою порівняно з сортом Аякс. При цьому цей показник від застосування добрив збільшувався від 54,2 до 55,3 г залежно від варіанту досліду. Вплив різних видів добрив і роздрібне внесення азотних добрив на масу 1000 зерен був однаковим.

Маса 1000 зерен тритикале озимого сорту Аякс також змінювалась залежно від року проведення досліджень. Так, найменшою цей показник був у 2022 р., а найбільшим у 2023 р. У зерна тритикале озимого лінії LP 154 маса 1000 зерен змінювалась від року дослідження на ділянках без добрив – від 52,3 до 56,8 г. За внесення добрив цей показник був стабільнішим порівняно з контролем.

У класифікаторі показників якості зерна дуже висока маса 1000 зерен становить понад 54 г, висока – 47–54, середня – 39–47, низька – 31–38 і дуже низька – менше 31 г. Отже, для зерна тритикале озимого сорту Аякс маса 1000 зерен була високою впродовж усіх років досліджень. Для зерна тритикале озимого лінії LP 154 маса 1000 зерен була дуже високою, крім варіанту без добрив і $P_{60}K_{60}$ у 2022 р.

Таблиця 3.2

Маса 1000 зерен тритикале озимого залежно від удобрення, г

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		50,4	52,7	53,1	52,1
$P_{60} + N_{120}$		49,2	51,0	51,9	50,7
$K_{60} + N_{120}$		49,4	51,1	52,0	50,8
$P_{60}K_{60}$ – фон		51,4	53,7	54,2	53,1
Фон + N_{120}		49,3	51,2	52,1	50,9
Фон + $N_{60} + N_{60}$		49,7	51,3	52,6	51,2
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		49,6	51,2	52,7	51,2
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		52,3	53,4	56,8	54,2
$P_{60} + N_{120}$		55,4	55,1	55,4	55,3
$K_{60} + N_{120}$		55,5	55,2	55,6	55,4
$P_{60}K_{60}$ – фон		53,4	54,6	57,2	55,1
Фон + N_{120}		55,7	55,1	55,1	55,3
Фон + $N_{60} + N_{60}$		54,7	54,8	55,8	55,1
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		54,4	54,7	55,7	54,9
HIP_{05}	*A*	*1,5*	*1,6*	*1,6*	–
	B	*1,2*	*1,3*	*1,2*	–

Результати досліджень свідчать, що вплив удобрення на формування маси зерна в одному колосі був неоднозначним (табл. 3.3). Так, у сорту тритикале озимого Аякс за внесення азотних добрив одноразово цей показник був на рівні 1,49–1,56 г, а за роздрібного їх застосування – 1,50–1,53 г проти 1,47 г у варіанті без добрив.

У лінії тритикале озимого LP 154 маса зерна в одному колосі була на 49–52 % більшою порівняно з сортом Аякс. При цьому, в середньому за три роки досліджень, цей показник був на рівні контролю – 2,21–2,27 г.

Маса зерна в одному колосі також змінювалась упродовж років досліджень. Так, у сорту тритикале озимого Аякс маса зерна в одному колосі була від 1,39 до 1,62 г, а в лінії LP 154 – від 2,15 до 2,40 г залежно від варіанту досліду. Очевидно, що збільшення кількості стебел у тритикале озимого сорту Аякс не вплинуло негативно на масу зерна в одному колосі,

при цьому маса 1000 зерен зменшилась, а в лінії LP 154 маса 1000 зерен збільшувалась, проте маса зерна в одному колосі не змінювалась.

Таблиця 3.3

Маса зерна в одному колосі тритикале озимого залежно від удобрення, г

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		1,39	1,43	1,58	1,47
$P_{60} + N_{120}$		1,49	1,54	1,58	1,54
$K_{60} + N_{120}$		1,48	1,46	1,52	1,49
$P_{60}K_{60}$ – фон		1,42	1,47	1,61	1,50
Фон + N_{120}		1,50	1,57	1,62	1,56
Фон + $N_{60} + N_{60}$		1,45	1,58	1,48	1,50
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		1,48	1,60	1,50	1,53
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		2,19	2,15	2,42	2,25
$P_{60} + N_{120}$		2,23	2,19	2,28	2,23
$K_{60} + N_{120}$		2,21	2,16	2,27	2,21
$P_{60}K_{60}$ – фон		2,27	2,17	2,40	2,28
Фон + N_{120}		2,25	2,21	2,30	2,25
Фон + $N_{60} + N_{60}$		2,18	2,26	2,27	2,24
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		2,20	2,28	2,33	2,27
НІР$_{05}$	*А*	*0,05*	*0,05*	*0,06*	–
	В	*0,04*	*0,04*	*0,06*	–

Кількість зерен в одному колосі тритикале озимого сорту Аякс від застосування добрив з азотною складовою збільшувалась від 28,2 до 29,2–30,7 шт. залежно від варіанту досліду (табл. 3.4). Не впливало на цей показник застосування фосфорних і калійних добрив.

У лінії тритикале озимого LP 154 маса зерна в одному колосі була на 39–43 % більшою порівняно з сортом Аякс – 39,9–41,6 шт. При цьому цей показник був на рівні контролю за внесення фосфорних і калійних добрив. Застосування азотних добрив як одноразово, так і роздрібно мало тенденцію до зменшення кількості зерна в одному колосі. При цьому описана тенденція спостерігалась упродовж років досліджень за вирощування обох сортів

тритикале озимого.

Таблиця 3.4

Кількість зерен в одному колосі тритикале озимого залежно від удобрення, шт.

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		27,6	27,1	29,8	28,2
$P_{60} + N_{120}$		30,3	30,1	30,5	30,3
$K_{60} + N_{120}$		29,9	28,6	29,3	29,2
$P_{60}K_{60}$ – фон		27,6	27,4	29,6	28,2
Фон + N_{120}		30,4	30,6	31,0	30,7
Фон + $N_{60} + N_{60}$		29,2	30,7	28,0	29,3
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		29,8	31,2	28,4	29,8
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		41,9	40,3	42,5	41,6
$P_{60} + N_{120}$		40,2	39,8	41,1	40,3
$K_{60} + N_{120}$		39,8	39,2	40,8	39,9
$P_{60}K_{60}$ – фон		42,5	39,8	42,0	41,4
Фон + N_{120}		40,4	40,2	41,7	40,7
Фон + $N_{60} + N_{60}$		39,9	41,2	40,7	40,6
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		40,5	41,7	41,8	41,3
$НІР_{05}$	*A*	*1,0*	*1,1*	*1,1*	–
	B	*0,8*	*0,7*	*0,8*	–

У результаті проведених досліджень встановлено, що:

Кількість продуктивних стебел значно змінюється залежно від сорту та удобрення тритикале озимого. Результати досліджень свідчать, що більші показники густоти продуктивних стебел формують посіви тритикале озимого сорту Аякс – 684–783 шт/м^2 залежно від варіанту досліду. При цьому за умови застосування дози азотних добрив одноразово в підживлення збільшує цей показник до 779–783 шт/м^2 або на 14–15 % порівняно з контролем. роздрібне застосування азотних добрив не має переваг порівняно з одноразовим, оскільки кількість продуктивних стебел на 3–4 % менша порівняно з варіантом Фон + N_{120}. Найменше на кількість продуктивних стебел впливає застосування фосфорних і калійних добрив.

За такого сценарію удобрення цей показник збільшується лише на 1 % порівняно з ділянками без добрив. Посіви лінії LP 154 формують на 40–54 % менше продуктивних стебел порівняно з сортом Аякс, що очевидно зумовлено селекційними особливостями. При цьому тенденція впливу застосування добрив подібна до сорту Аякс. За умови повного мінерального добрива кількість продуктивних стебел збільшується до 561 шт/м^2 або на 27 %.

Результати досліджень свідчать, що маса 1000 зерен тритикале озимого сорту Аякс, у середньому за три роки досліджень, знижується від застосування добрив, що містили азотну складову. Так, маса 1000 зерен зменшується від 52,1 г у варіанті без добрив до 50,7–50,9 г за внесення 120 кг/га д. р. азотних добрив одноразово або на 3 %. При цьому роздрібне застосування азотних добрив зменшує цей показник до 51,2 г або на 1 %. Необхідно відзначити, що застосування фосфорних і калійних добрив збільшують масу 1000 зерен до 53,1 г або на 2 % порівняно з контролем.

У лінії тритикале озимого LP 154 маса 1000 зерен на 4–8 % більша порівняно з сортом Аякс. При цьому цей показник від застосування добрив збільшується від 54,2 до 55,3 г залежно від варіанту досліду.

Результати досліджень свідчать, що вплив удобрення на формування маси зерна в одному колосі неоднозначний. Так, у сорту тритикале озимого Аякс за внесення азотних добрив одноразово цей показник становить на рівні 1,49–1,56 г, а за роздрібного їх застосування – 1,50–1,53 г проти 1,47 г у варіанті без добрив. У лінії тритикале озимого LP 154 маса зерна в одному колосі на 49–52 % більша порівняно з сортом Аякс. При цьому, в середньому за три роки досліджень, цей показникстановить на рівні контролю – 2,21–2,27 г.

Кількість зерен в одному колосі тритикале озимого сорту Аякс від застосування добрив з азотною складовою збільшується від 28,2 до 29,2–30,7 шт. залежно від варіанту досліду. Не впливає на цей показник застосування фосфорних і калійних добрив.

У лінії тритикале озимого LP 154 маса зерна в одному колосі на 39–43 % більша порівняно з сортом Аякс – 39,9–41,6 шт. При цьому цей показник був на рівні контролю за внесення фосфорних і калійних добрив. Застосування азотних добрив як одноразово, так і роздрібно має тенденцію до зменшення кількості зерна в одному колосі. При цьому описана тенденція спостерігається упродовж років досліджень за вирощування обох сортів тритикале озимого.

За внесення $P_{60}K_{60}$ + N_{120} кількість продуктивних стебел у тритикале озимого сорту Аякс може становити 772–799 шт/м^2, маса 1000 зерен – 49,3–52,1 г, маса зерна в одному колосі – 1,50–1,62 г, кількість зерна – 30,4–31,0 шт. У лінії тритикале озимого LP 154 ці показники можуть становити відповідно 541–584 шт/м^2, 55,1–55,7 г, 2,21–2,30 г і 40,2–41,7 шт.

Результати досліджень висвітлено в публікаціях [150].

РОЗДІЛ 4
ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

4.1 Урожайність зерна та соломи

Тритикале (× *Triticosecale* Wittmack) – гібридна злакова рослина, отримана з геномів пшениці та жита. Вона була створена для поєднання зернових якостей пшениці з низькими вимогами до родючості ґрунту та морозостійкістю жита [118]. Згідно зі статистичною інформацією Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО, 2017), світова площа посівів тритикале становила близько 4 165 783 гектарів, а світове виробництво досягло 754,8 мільйона тонн [36].

Зерно тритикале має дещо нижчий вміст жиру (2,09 %), білка (13,1 %), ніж пшениця (2,74 % і 13,7 %). У той час як зола та загальні вуглеводи у зерні тритикале вищі (відповідно 1,72 % і 83,14 %), ніж у зерні пшениці (1,51 % і 82,07 %). Пшеничне борошно має вищий вміст білка (11,30 %), вуглеводів (86,37 %), ніж тритикале (9,3 % і 85,45 % відповідно) [60].

Сорти тритикале, що вирощуються як на корм, так і на зерно, можна класифікувати на три основні типи: ярі, озимі та проміжні (факультативні). Ярі типи демонструють вертикальний ріст і дають багато корму на ранніх стадіях росту. Вони, як правило, нечутливі до фотоперіоду та мають обмежене кущення [139].

Азот, безсумнівно, є ключовим фактором, що найбільше визначає врожайність зернових. Цей елемент змінює як хімічний склад урожаю зернових, так і кормову цінність зерна [135].

У дослідженні [18] врожайність збільшувалася з більшим внесенням азоту, що доводить той факт, що азот є важливим компонентом нуклеотидів, білків, хлорофілу та ферментів, що беруть участь у різних метаболічних процесах, що безпосередньо впливають на вегетативну та

репродуктивну фази рослин.

Доза азоту покращувала якість зерна пшениці завдяки значному збільшенню вмісту білка, седиментаційного числа за внесення азотних добрив порівняно з неудобреними ділянками. Це збільшення вмісту білка зі збільшенням дози азоту пов'язане з тим, що азот є складовою частиною різних амінокислот, які утворюють різні типи білка в зерні пшениці [65, 136].

Katarzyna et al. [58] повідомляли, що дози азотних добрив і погодні умови у роки досліджень достовірно впливали на врожайність зерна та білка. Найвища врожайність зерна та вміст білка сорту тритикале ярого Мілево була отримана після внесення азотних добрив у нормі 120 кг/га д. р. Інші вчені [70] доводять, що для забезпечення формування якісного зерна зерна тритикале доза азотних добрив становить близько 50 кг/га д р. За цієї дози урожайність зерна та вміст білка збільшувався на 14 і 25 % відповідно.

Хоча вчені [77, 141] виявили, що доза азотних добрив 90–120 кг/га д. р., за якої врожайність зерна збільшувалася на 34 і 37 % порівняно з контролем (без добрив), виявилася економічно вигідною. Позитивний ефект від внесення $N_{160–180}$ підтверджено в дослідженнях [63]. Отже, оптимальна доза азотних добрив для тритикале озимого знаходиться в широкому діапазоні. Крім цього, тритикале озиме має досить високу реакцію на поліпшення умов живлення. Тому дослідження ефективності різних видів і доз добрив у системі агротехнологічних заходів є актуальним.

Встановлено, що тритикале озиме має високу врожайність і реакцію на внесення добрив (табл. 4.1). Так, за вирощування сорту Аякс у середньому за три роки досліджень урожайність збільшувалась від 8,56 т/га у варіанті без добрив до 10,76 т/га за внесення повного мінерального добрива або на 26 %.

Роздрібне застосування азотних добрив не мало переваг порівняно з

одноразовим підживленням. У таких варіантах цей показник збільшувався лише до 9,97–10,17 т/га, що на 6–8 % менше порівняно з внесенням N_{120}. Урожайність з внесення фосфорних та азотних і калійних та фосфорних добрив була лише на 2–6 % меншою порівняно з повним внесенням добрив. Найменше на врожайність зерна тритикале озимого впливало внесення фосфорних і калійних добрив – 8,88 т/га або більше на 4 % порівняно з контролем.

Необхідно відзначити, що врожайність зерна впродовж років змінювалась мало. У 2022 р. – від 8,24 до 10,19 т/га, в 2023 р. – від 8,52 до 11,21, а в 2024 р. – від 8,91 до 10,88 т/га. При цьому найвищу ефективність застосування добрив отримано в 2023 р. – на 32 % за внесення повного мінерального добрива.

Таблиця 4.1

Урожайність зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив, т/га

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		8,24	8,52	8,91	8,56
$P_{60} + N_{120}$		10,07	10,89	10,57	10,51
$K_{60} + N_{120}$		9,96	10,25	10,13	10,11
$P_{60}K_{60}$ – фон		8,53	8,93	9,17	8,88
Фон + N_{120}		10,19	11,21	10,88	10,76
Фон + $N_{60} + N_{60}$		9,43	11,02	9,45	9,97
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		9,67	11,16	9,67	10,17
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		8,31	8,46	8,69	8,49
$P_{60} + N_{120}$		10,45	11,34	11,01	10,93
$K_{60} + N_{120}$		10,31	11,20	10,93	10,81
$P_{60}K_{60}$ – фон		8,79	8,71	8,77	8,76
Фон + N_{120}		10,66	11,63	11,23	11,17
Фон + $N_{60} + N_{60}$		10,02	11,42	10,23	10,56
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		10,17	11,49	10,61	10,76
$НІР_{05}$	*A*	*0,29*	*0,30*	*0,28*	–
	B	*0,21*	*0,23*	*0,20*	–

Урожайність лінії тритикале озимого LP 154 була на рівні сорту Аякс – 8,49–11,17 т/га залежно від удобрення. Тенденція впливу внесення добрив як у середньому, так і за роки проведення досліджень була подібною до сорту Аякс.

Погодні умови змінювались упродовж років досліджень. Найбільшу кількості опадів випало в 2024 р., а в 2022 і 2023 рр. дещо менше. Так, у 2022 р. за період жовтень–березень випало 169,3 мм опадів, за квітень–червень – 116,4 мм, а в період достигання зерна лише 28,1 мм. При цьому середньодобова температура була на 1 °С вищою порівняно з середнім показником. У 2023 р. за період жовтень–березень випало 170,5 мм опадів, за квітень–червень – 187,8 мм, а в період достигання зерна 92,5 мм опадів. При цьому середньодобова температура повітря була нижчою порівняно з середнім показником. У 2024 р. за період жовтень–березень випало 222,7 мм опадів, за квітень–травень – 145,7 мм, а в період достигання зерна 56,5 мм опадів. Проте вища температура повітря на тлі високої кількості опадів не сприяла формуванню високого вмісту білка в зерні. Тому врожайність зерна тритикале озимого була високою впродовж років досліджень, проте найвищу продуктивність рослини формували у 2023 р., оскільки у період росту вегетативної маси випало найбільше опадів порівняно з іншими роками. Проте менша кількість опадів і вища температура повітря в 2022 р. сприяли формуванню найвищого вмісту білка в зерні. Більша кількість опадів у 2023 і 2024 рр. навіть за вищої температури повітря не сприяли формуванню високобілкового зерна.

Відношення маси соломи до маси зерна мало змінювалось від особливостей удобрення тритикале озимого (табл. 4.2). Найвищим воно було в лінії тритикале озимого LP 154 – 2,3–2,4. У сорту Аякс відношення змінювалось лише від 2,1 до 2,2 у середньому за три роки досліджень. Упродовж років досліджень цей показник також змінювався мало. При цьому в лінії тритикале озимого відношення соломи до зерна було вищим порівняно з сортом Аякс.

Таблиця 4.2

Відношення соломи до зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	2,1	2,2	2,0	2,1
$P_{60} + N_{120}$	2,2	2,3	2,2	2,2
$K_{60} + N_{120}$	2,2	2,3	2,2	2,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	2,1	2,2	2,0	2,1
Фон + N_{120}	2,2	2,3	2,2	2,2
Фон + $N_{60} + N_{60}$	2,1	2,3	2,1	2,2
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	2,1	2,3	2,1	2,2
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	2,3	2,4	2,2	2,3
$P_{60} + N_{120}$	2,4	2,4	2,3	2,4
$K_{60} + N_{120}$	2,4	2,4	2,3	2,4
$P_{60}K_{60}$ – фон	2,2	2,3	2,2	2,2
Фон + N_{120}	2,4	2,4	2,3	2,4
Фон + $N_{60} + N_{60}$	2,3	2,4	2,2	2,3
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	2,3	2,4	2,2	2,3

Встановлено, що тритикале озиме має високу врожайність соломи і реакцію на внесення добрив (табл. 4.3). Так, за вирощування сорту Аякс у середньому за три роки досліджень урожайність побічної продукції збільшувалась від 17,96 т/га у варіанті без добрив до 24,05 т/га за внесення повного мінерального добрива або на 33 %.

Роздрібне застосування азотних добрив не мало переваг порівняно з одноразовим підживленням. У таких варіантах цей показник збільшувався лише до 21,66–22,09 т/га, що на 8–10 % менше порівняно з внесенням N_{120} одноразово. Врожайність з внесення фосфорних та азотних і калійних та фосфорних добрив була лише на 5–8 % меншою порівняно з повним внесенням добрив. Найменше на врожайність соломи тритикале озимого впливало внесення фосфорних і калійних добрив – 18,63 т/га або більше на

4 % порівняно з контролем.

Необхідно відзначити, що врожайність соломи впродовж років змінювалась мало. У 2022 р. – від 17,30 до 22,42 т/га, в 2023 р. – від 18,74 до 25,78, а в 2024 р. – від 17,82 до 23,94 т/га. При цьому найвищу ефективність застосування добрив отримано в 2023 р. – на 37 % за внесення повного мінерального добрива.

Урожайність лінії тритикале озимого LP 154 була на рівні сорту Аякс – 19,51–26,44 т/га залежно від удобрення. Тенденція впливу внесення добрив як у середньому, так і за роки проведення досліджень була подібною до сорту Аякс.

Таблиця 4.3

Урожайність соломи тритикале озимого за різних видів і доз добрив, т/га

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		17,30	18,74	17,82	17,96
$P_{60} + N_{120}$		22,15	25,05	23,25	23,49
$K_{60} + N_{120}$		21,91	23,58	22,29	22,59
$P_{60}K_{60}$ – фон		17,91	19,65	18,34	18,63
Фон + N_{120}		22,42	25,78	23,94	24,05
Фон + $N_{60} + N_{60}$		19,80	25,35	19,85	21,66
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		20,31	25,67	20,31	22,09
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		19,11	20,30	19,12	19,51
$P_{60} + N_{120}$		25,08	27,22	25,32	25,87
$K_{60} + N_{120}$		24,74	26,88	25,14	25,59
$P_{60}K_{60}$ – фон		19,34	20,03	19,29	19,56
Фон + N_{120}		25,58	27,91	25,83	26,44
Фон + $N_{60} + N_{60}$		23,05	27,41	22,51	24,32
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		23,39	27,58	23,34	24,77
HIP_{05}	*A*	*0,29*	*0,30*	*0,28*	–
	B	*0,21*	*0,23*	*0,20*	–

Примітка. Вологість соломи у 2022 р. – 23,4 %, у 2023 р. – 28,9 %, у 2024 р. – 25,7 %.

Результати досліджень свідчать, що частка в надземній масі тритикале озимого знижувалась від застосування систем удобрення з азотною складовою за вирощування обох культиварів (табл. 4.4). Проте зниження було на рівні 4–5 % порівняно з контролем. Необхідно відзначити, що фосфорно-калійна система удобрення не знижувала частки зерна, що була на рівні ділянок без добрив. При цьому частка зерна в сорту Аякс була вищою порівняно з лінією тритикале озимого.

Таблиця 4.4

Частка зерна в надземній масі тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	32,3	45,5	50,0	42,6
$P_{60} + N_{120}$	31,3	43,5	45,5	40,1
$K_{60} + N_{120}$	31,3	43,5	45,5	40,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	32,3	45,5	50,0	42,6
Фон + N_{120}	31,3	43,5	45,5	40,1
Фон + $N_{60} + N_{60}$	32,3	43,5	47,6	41,1
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	32,3	43,5	47,6	41,1
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	30,3	41,7	45,5	39,1
$P_{60} + N_{120}$	29,4	41,7	43,5	38,2
$K_{60} + N_{120}$	29,4	41,7	43,5	38,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	31,3	43,5	45,5	40,1
Фон + N_{120}	29,4	41,7	43,5	38,2
Фон + $N_{60} + N_{60}$	30,3	41,7	45,5	39,1
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	30,3	41,7	45,5	39,1

Необхідно відзначити, що частка зерна в надземній масі тритикале озимого значно змінювалась від року проведення досліджень. При цьому найвищою була в 2024 р. за вирощування обох сортів тритикале озимого.

4.2 Технологічні показники якості зерна

Застосування азотних добрив достовірно збільшувало вміст білка в зерні обох сортів тритикале озимого (табл. 4.5). За вирощування сорту Аякс вміст білка зростав від 10,0 % у варіанті без добрив до 11,0 % за повного мінерального добрива або на 10 %. У середньому за три роки досліджень лише внесення $N_{60}\,S_{35} + N_{60}$ забезпечило формування 11,3 % білка або більше на 3 % порівняно з одноразовим застосуванням азотних добрив.

Таблиця 4.5

Вміст білка в зерні тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		11,3	9,7	9,0	10,0
$P_{60} + N_{120}$		12,2	10,7	9,5	10,8
$K_{60} + N_{120}$		12,3	10,6	9,4	10,8
$P_{60}K_{60}$ – фон		11,5	9,7	9,1	10,1
Фон + N_{120}		12,6	10,7	9,6	11,0
Фон + $N_{60} + N_{60}$		12,7	10,9	9,5	11,0
Фон + $N_{60}\,S_{35} + N_{60}$		12,8	11,2	9,8	11,3
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		13,8	10,3	9,3	11,1
$P_{60} + N_{120}$		14,4	10,7	9,7	11,6
$K_{60} + N_{120}$		14,8	10,8	9,5	11,7
$P_{60}K_{60}$ – фон		13,9	10,2	9,4	11,2
Фон + N_{120}		14,9	10,8	9,9	11,9
Фон + $N_{60} + N_{60}$		14,9	10,9	9,8	11,9
Фон + $N_{60}\,S_{35} + N_{60}$		15,2	11,3	9,9	12,1
HIP_{05}	*A*	*0,5*	*0,3*	*0,3*	–
	B	*0,3*	*0,2*	*0,1*	–

Вміст білка значно змінювався впродовж років досліджень. Так, у 2022 р. вміст білка був найвищим – 11,3–12,8 % залежно від варіанту досліду. При цьому роздрібне внесення азотних добрив мало лише

тенденцію до збільшення вмісту білка порівняно з одноразовим застосуванням упродовж усіх років досліджень. У 2023 р. вміст білка зростав від 9,7 до 10,7 % за внесення N_{120}, а в 2024 р. – від 9,0 до 9,8 %. Необхідно відзначити, що лише внесення сульфату амонію в перше підживлення (варіант Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}) забезпечувало достовірне зростання вмісту білка в зерні тритикале озимого.

Результати досліджень свідчать про перевагу одноразового внесення азотних добрив порівняно з роздрібним (табл. 4.6). Так, у середньому за три роки досліджень у сорту Аякс цей показник у варіанті Фон + N_{120} збільшувався до 1176 кг/га проти 853 кг/га на неудобрених ділянках. При цьому навіть за внесення Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} збір білка не перевищував одноразового внесеня азотних добрив (1145 кг/га).

Таблиця 4.6

Збір білка з урожаю зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/га

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		931	826	802	853
P_{60} + N_{120}		1229	1165	1004	1133
K_{60} + N_{120}		1225	1087	952	1088
$P_{60}K_{60}$ – фон		981	866	834	894
Фон + N_{120}		1284	1199	1044	1176
Фон + N_{60} + N_{60}		1198	1201	898	1099
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}		1238	1250	948	1145
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		1147	871	808	942
P_{60} + N_{120}		1505	1213	1068	1262
K_{60} + N_{120}		1526	1210	1038	1258
$P_{60}K_{60}$ – фон		1222	888	824	978
Фон + N_{120}		1588	1256	1112	1319
Фон + N_{60} + N_{60}		1493	1245	1003	1247
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}		1546	1298	1050	1298
$НІР_{05}$	*A*	*41*	*32*	*28*	–
	B	*35*	*27*	*21*	–

За збором білка лінія тритикале озимого LP 154 перевищувала сорт Аякс. При цьому одноразове застосування азотних добрив було також ефективнішим порівняно з роздрібним. При цьому за вирощування обох культиварів у 2022 р. збір білка був найбільшим порівняно з 2023 і 2024 рр. завдяки формуванню вищого вмісту білка в зерні.

У зерні тритикале озимого сорту Аякс формувалось від 19,8 до 23,0 % клейковини (табл. 4.7). У середньому за три роки досліджень вміст клейковини зростав на 11 % у варіанті Фон + N_{120} порівняно з контролем. У варіанті Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} вміст клейковини зростав на 5 % порівняно з одноразовим внесенням азотних добрив. Необхідно відзначити, що найменше на вміст клейковини впливало застосування фосфорних і калійних добрив.

Таблиця 4.7

Вміст клейковини у зерні тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		23,2	18,8	17,4	19,8
P_{60} + N_{120}		25,8	19,4	18,6	21,3
K_{60} + N_{120}		25,6	20,1	18,9	21,5
$P_{60}K_{60}$ – фон		23,7	19,1	17,8	20,2
Фон + N_{120}		25,8	21,0	19,2	22,0
Фон + N_{60} + N_{60}		25,5	21,1	19,6	22,1
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}		26,5	22,3	20,1	23,0
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		26,6	19,8	18,2	21,5
P_{60} + N_{120}		27,2	20,4	19,1	22,2
K_{60} + N_{120}		28,3	20,9	19,4	22,9
$P_{60}K_{60}$ – фон		26,0	19,9	18,5	21,5
Фон + N_{120}		28,3	21,2	19,7	23,1
Фон + N_{60} + N_{60}		28,5	21,9	20,0	23,5
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}		29,5	22,8	21,3	24,5
HIP_{05}	*A*	*0,9*	*0,7*	*0,6*	–
	B	*0,5*	*0,2*	*0,2*	–

Найвищий вміст клейковини отримано за вирощування тритикале озимого в 2022 р. – 23,2–26,5 % залежно від варіанту досліду. При цьому ефективність внесення сірковмісних добрив була в межах 5–6 %, а в 2022 р. лише 3 %. У 2023 і 2024 рр. вміст клейковини був значно нижчим порівняно з 2022 р.

Вміст клейковини у зерні тритикале озимого лінії LP 154 був на 7–9 % вищим порівняно з сортом Аякс. При цьому ефективність різних видів добрив і вплив погодних умов була подібною до сорту Аякс.

Результати проведених досліджень показали, що між вмістом білка та вмістом клейковини у зерні тритикале озимого існує прямий дуже високий кореляційний зв'язок (рис. 4.1). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

$y = 0,4736x + 0,7211$ для сорту Аякс;

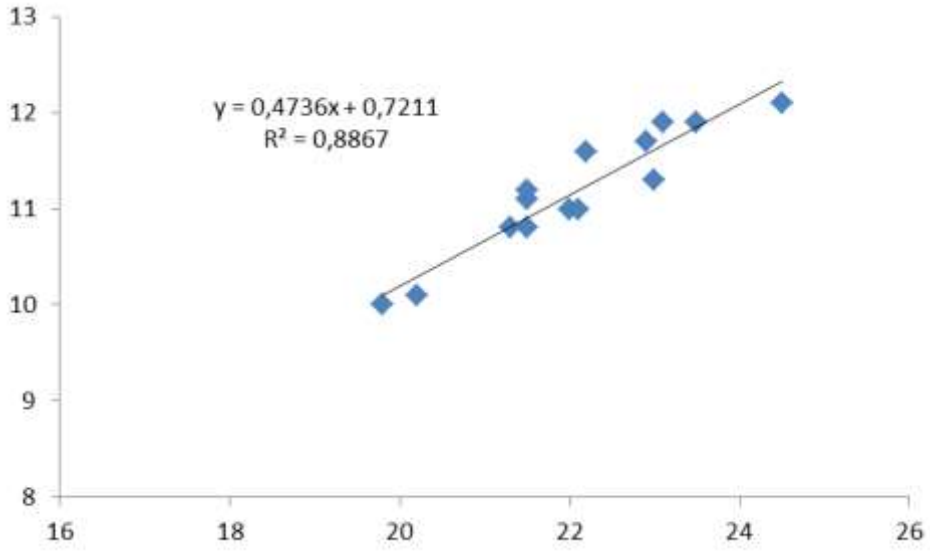
$y = 0,3261x + 4,2259$ для лінії LP 154,

де y – вміст білка, %;

x – вміст клейковини, %.

В умовах Правобережного Лісостепу досліджені культивари тритикале озимого мають високу продуктивність. При цьому за врожайністю найвищу ефективність має застосування N_{120} одноразово в підживлення на тлі $P_{60}K_{60}$. Необхідно відзначити, що в системі удобрення тритикале озимого є можливість тимчасового застосування азотних добрив. За вмістом білка перевагу має лінія LP 154 за умови вирощування в сприятливому для синтезу високого вмісту азотних сполук. У менш сприятливих роках вміст білка в чотиривидовій лінії тритикале озимого формується на рівні класичних сортів. Крім цього, ефективність сірковмісних добрив також змінюється від погодних умов вегетаційного періоду.

Сорт Аякс



Лінія LP 154

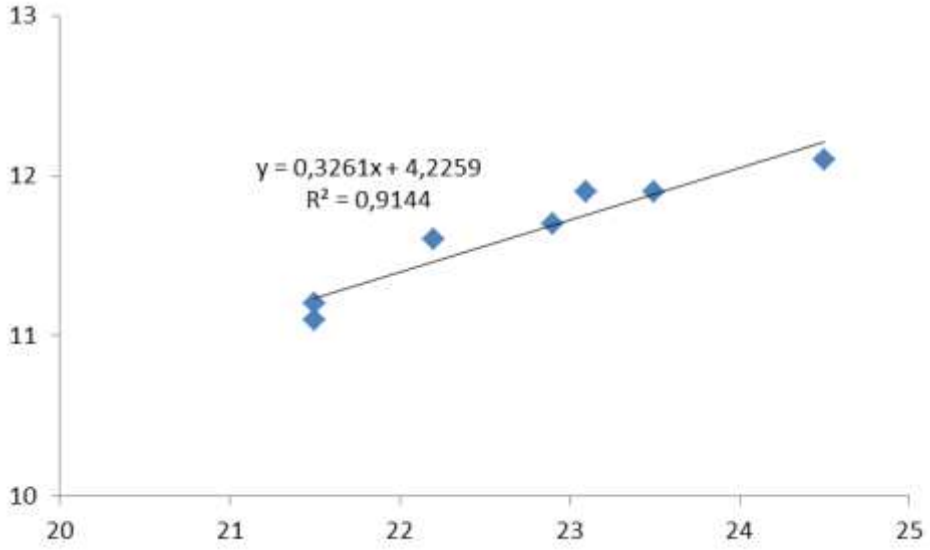


Рис. 4.1 Кореляційна залежність між вмістом білка та вмістом клейковини у зерні тритикале озимого за різних видів і доз добрив

Отже, в результаті проведених досліджень встановлено, що:

За вирощування сорту Аякс у середньому за три роки досліджень урожайність збільшувалась від 8,56 т/га у варіанті без добрив до 10,76 т/га за внесення повного мінерального добрива або на 26 %. Роздрібне

застосування азотних добрив не мало переваг порівняно з одноразовим підживленням. У таких варіантах цей показник збільшувався лише до 9,97–10,17 т/га, що на 6–8 % менше порівняно з внесенням N_{120}. Урожайність з внесення фосфорних та азотних і калійних та фосфорних добрив була лише на 2–6 % меншою порівняно з повним внесенням добрив. Найменше на врожайність зерна тритикале озимого впливало внесення фосфорних і калійних добрив – 8,88 т/га або більше на 4 % порівняно з контролем.

Необхідно відзначити, що врожайність зерна впродовж років змінювалась мало. У 2022 р. – від 8,24 до 10,19 т/га, в 2023 р. – від 8,52 до 11,21, а в 2024 р. – від 8,91 до 10,88 т/га. При цьому найвищу ефективність застосування добрив отримано в 2023 р. – на 32 % за внесення повного мінерального добрива.

Урожайність лінії тритикале озимого LP 154 була на рівні сорту Аякс – 8,49–11,17 т/га залежно від удобрення. Тенденція впливу внесення добрив як у середньому, так і за роки проведення досліджень була подібною до сорту Аякс.

Відношення маси соломи до маси зерна мало змінювалось від особливостей удобрення тритикале озимого. Найвищим воно було в лінії тритикале озимого LP 154 – 2,3–2,4. У сорту Аякс відношення змінювалось лише від 2,1 до 2,2 у середньому за три роки досліджень. Упродовж років досліджень цей показник також змінювався мало. При цьому в лінії тритикале озимого відношення соломи до зерна було вищим порівняно з сортом Аякс.

Встановлено, що тритикале озиме має високу врожайність соломи і реакцію на внесення добрив. Так, за вирощування сорту Аякс у середньому за три роки досліджень урожайність побічної продукції збільшувалась від 17,96 т/га у варіанті без добрив до 24,05 т/га за внесення повного мінерального добрива або на 33 %.

Роздрібне застосування азотних добрив не мало переваг порівняно з

одноразовим підживленням. У таких варіантах цей показник збільшувався лише до 21,66–22,09 т/га, що на 8–10 % менше порівняно з внесенням N_{120} одноразово. Врожайність з внесення фосфорних та азотних і калійних та фосфорних добрив була лише на 5–8 % меншою порівняно з повним внесенням добрив. Найменше на врожайність соломи тритикале озимого впливало внесення фосфорних і калійних добрив – 18,63 т/га або більше на 4 % порівняно з контролем.

Результати досліджень свідчать, що частка в надземній масі тритикале озимого знижувалась від застосування систем удобрення з азотною складовою за вирощування обох культиварів. Проте зниження було на рівні 4–5 % порівняно з контролем. Необхідно відзначити, що фосфорно-калійна система удобрення не знижувала частки зерна, що була на рівні ділянок без добрив. При цьому частка зерна в сорту Аякс була вищою порівняно з лінією тритикале озимого.

Застосування азотних добрив достовірно збільшувало вміст білка в зерні обох сортів тритикале озимого. За вирощування сорту Аякс вміст білка зростав від 10,0 % у варіанті без добрив до 11,0 % за повного мінерального добрива або на 10 %. У середньому за три роки досліджень лише внесення $N_{60}\,S_{35} + N_{60}$ забезпечило формування 11,3 % білка або більше на 3 % порівняно з одноразовим застосуванням азотних добрив.

Білковість зерна тритикале озимого лінії LP 154 була достовірно вищою порівняно з сортом Аякс. При цьому в 2022 р. вміст білка був на рівні від 13,8 до 15,2 %, а в 2023 і 2024 рр. цей показник мав тенденцію до зниження подібно до сорту Аякс.

Результати досліджень свідчать про перевагу одноразового внесення азотних добрив порівняно з роздрібним. Так, у середньому за три роки досліджень у сорту Аякс цей показник у варіанті Фон + N_{120} збільшувався до 1176 кг/га проти 853 кг/га на неудобрених ділянках. При цьому навіть за внесення Фон + $N_{60}\,S_{35} + N_{60}$ збір білка не перевищував одноразового внесеня азотних добрив (1145 кг/га).

За збором білка лінія тритикале озимого LP 154 перевищувала сорт Аякс. При цьому одноразове застосування азотних добрив було також ефективнішим порівняно з роздрібним. При цьому за вирощування обох культиварів у 2022 р. збір білка був найбільшим порівняно з 2023 і 2024 рр. завдяки формуванню вищого вмісту білка в зерні.

У зерні тритикале озимого сорту Аякс формувалось від 19,8 до 23,0 % клейковини. У середньому за три роки досліджень вміст клейковини зростав на 11 % у варіанті Фон + N_{120} порівняно з контролем. У варіанті Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} вміст клейковини зростав на 5 % порівняно з одноразовим внесенням азотних добрив. Необхідно відзначити, що найменше на вміст клейковини впливало застосування фосфорних і калійних добрив.

Вміст клейковини у зерні тритикале озимого лінії LP 154 був на 7–9 % вищим порівняно з сортом Аякс. При цьому ефективність різних видів добрив і вплив погодних умов була подібною до сорту Аякс.

Результати досліджень розділу опубліковані в працях [149, 133, 145].

РОЗДІЛ 5
ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМИМ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

5.1 Азотне живлення

Тритикале озиме є другою за врожайністю зерновою культурою, що вирощується в Європі, після пшениці [140]. Внутрішнє вирощування тритикале озимого лише в Польщі становить 1/3 світового врожаю та понад 40 % виробництва в ЄС (FAOSTAT 2023) [37]. Оскільки зерно тритикале здебільшого використовується для виробництва кормів для тварин, воно впливає на економічні умови тваринництва. Таким чином, основний попит на фуражне зерно пов'язаний з кормовою промисловістю, зокрема з птахівництвом, а останнім часом – з скотарством і свинарством [148]. Основними причинами популярності вирощування тритикале є його вищий потенціал врожайності на менш родючих ґрунтах порівняно з пшеницею, у поєднанні з вищою стійкістю до підкислення ґрунту, хвороб листя, абіотичних факторів та вимогами порівняно з іншими культурами [39, 52].

Фактична врожайність сільськогосподарських культур є результатом кількох факторів, включаючи вдосконалення системи вирощування, виробничі витрати (високі норми азотних добрив, високий рівень захисту рослин), розподіл опадів протягом вегетаційного періоду та ефективність використання азоту [50]. Впровадження відповідних агротехнічних заходів спрямоване на отримання врожаю, який буде максимально наближеним до стандартного, або навіть на отримання врожаю вище стандартного [134].

Доза внесення азоту, необхідна для досягнення бажаного рівня продуктивності для культури, нижча за фактичну дозу внесення азоту. Надлишок азоту в ґрунті видаляється переважно шляхом засвоєння рослинами, поглинання субстратом та інших втрат, таких як

випаровування аміаку, викиди N_2O і N_2 внаслідок одночасної нітрифікації та денітрифікації [97]. Покращення врожайності сільськогосподарських культур, здоров'я ґрунту, а також економічних та екологічних аспектів вимагає належних практик управління азотного удобрення. Втрати азоту у вигляді аміаку з мінеральних добрив можуть коливатися від 0,5 до 40 % від загальної кількості внесеного азоту та залежать головним чином від способу внесення добрив [34]. Згідно з даними Національного центру управління викидами, азотні добрива відповідають за 17 % викидів леткого аміаку.

Оптимізація управління азотом має вирішальне значення для підвищення продуктивності азоту в контексті надмірного удобрення, яке зараз спостерігається в європейській сільськогосподарській практиці. Найкращі методи управління включають застосування правильного джерела поживних речовин у правильний час, у правильній кількості та в правильному місці, що в сукупності відоме як принцип 4R [1]. Цей підхід гарантує, що покращення ефективності використання поживних речовин компонентами сприяє підвищенню ефективності системи [152]. Поширена практика азотного удобрення зернових культур спирається на використання твердих традиційних добрив, ефективність використання яких низька, особливо в поєднанні з дефіцитом води на стадіях колосіння та водянистої стиглості. Поглинальна здатність та ефективність використання азоту значно залежать від джерел та форм елемента й тісно пов’язані з його внутрішнім транспортуванням та розподілом [93].

У дослідженні [41] встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм тритикале озимого від застосування 144 кг/га д. р. азотних добрив становить 216 кг/га, а за збільшення дози до 180 кг/га д. р. – 230 кг/га. При цьому цей показник змінювався від 216 до 285 кг/га залежно від року проведення досліджень.

Отже, зростання цін на виробництво азотних добрив, низька ефективність використання азотних сполук та екологічні загрози, що

виникають внаслідок вимивання азоту з ґрунту та втрат газоподібного азоту, є основними причинами проведення досліджень щодо підвищення ефективності використання азоту.

Результати досліджень свідчать, що вміст азоту в зерні тритикале озимого достовірно зростав від застосування азотних добрив (табл. 5.1). Так, у сорту Аякс цей показник у середньому за три роки зростав від 1,74 до 1,91 % за внесення найбільшої дози азотних добрив одноразово. При цьому варіанти із роздрібним внесенням азотних добрив забезпечували вищі показники вмісту азоту в зерні, проте неістотно. Варіанти з неповним поверненням фосфорних або калійних добрив сприяли формуванню нижчого вмісту азоту, проте неістотно. Не впливало на цей показник застосування фосфорних і калійних добрив.

Необхідно відзначити, що вміст азоту в зерні лінії LP 154 був на 8–11 % вищим порівняно з сортом Аякс. При цьому тенденції впливу різних сценаріїв внесення добрив були подібними.

Упродовж років досліджень вміст азоту також значно змінювався. Так, найвищим його вміст у зерні був у 2022 р., а в 2023 і 2024 рр. нижчим – від 1,57 до 1,95 % у сорту Аякс і від 1,62 до 1,97 % у лінії LP 154.

У сорту Аякс вміст азоту в соломі в середньому за три роки зростав від 0,30 до 0,33 % за внесення найбільшої дози азотних добрив одноразово. При цьому варіанти із роздрібним внесенням азотних добрив забезпечували показники вмісту азоту в соломі на рівні одноразового внесення. Варіанти з неповним поверненням фосфорних або калійних добрив сприяли формуванню нижчого вмісту азоту, проте неістотно. Не впливало на цей показник застосування фосфорних і калійних добрив.

У соломі лінії LP 154 вміст азоту в соломі був на рівні сорту Аякс. При цьому впродовж років досліджень цей показник також мало змінювався як за вирощування сорту Аякс, так і лінії LP 154.

Таблиця 5.1

Вміст азоту в зерні тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		1,97	1,69	1,57	1,74
$P_{60} + N_{120}$		2,12	1,86	1,65	1,88
$K_{60} + N_{120}$		2,14	1,84	1,63	1,87
$P_{60}K_{60}$ – фон		2,00	1,69	1,58	1,76
Фон + N_{120}		2,19	1,86	1,67	1,91
Фон + $N_{60} + N_{60}$		2,21	1,90	1,65	1,92
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		2,23	1,95	1,70	1,96
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		2,40	1,79	1,62	1,94
$P_{60} + N_{120}$		2,50	1,86	1,69	2,02
$K_{60} + N_{120}$		2,57	1,88	1,65	2,03
$P_{60}K_{60}$ – фон		2,42	1,77	1,63	1,94
Фон + N_{120}		2,59	1,88	1,72	2,06
Фон + $N_{60} + N_{60}$		2,59	1,90	1,70	2,06
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		2,64	1,97	1,72	2,11
$НІР_{05}$	*A*	*0,06*	*0,05*	*0,04*	–
	B	*0,03*	*0,04*	*0,02*	–

Таблиця 5.2

Вміст азоту в соломі тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,31	0,28	0,30	0,30
$P_{60} + N_{120}$		0,34	0,30	0,33	0,32
$K_{60} + N_{120}$		0,34	0,30	0,33	0,32
$P_{60}K_{60}$ – фон		0,30	0,28	0,29	0,29
Фон + N_{120}		0,35	0,30	0,34	0,33
Фон + $N_{60} + N_{60}$		0,34	0,30	0,34	0,33
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		0,34	0,31	0,33	0,33
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		0,30	0,29	0,29	0,29
$P_{60} + N_{120}$		0,33	0,31	0,32	0,32
$K_{60} + N_{120}$		0,33	0,31	0,33	0,32
$P_{60}K_{60}$ – фон		0,30	0,28	0,29	0,29
Фон + N_{120}		0,34	0,32	0,33	0,33
Фон + $N_{60} + N_{60}$		0,33	0,31	0,32	0,32
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		0,34	0,32	0,32	0,33
HIP_{05}	*A*	*0,02*	*0,02*	*0,02*	–
	B	*0,02*	*0,02*	*0,02*	–

Господарське винесення азоту з урожаєм зерна змінювався від застосування азотних добрив (табл. 5.3). Так, у варіанті без добрив цей показник становив 127,6 кг і зростав до 175,9 кг або на 38 % у варіанті Фон + N_{120} за вирощування сорту Аякс. Господарське винесення азоту з урожаєм зерна за неповного повернення фосфорних і калійних добрив

було на 4–8 % менше порівняно з повним мінеральним добривом. Варіанти з роздрібним внесенням азотних добрив забезпечувало лише на 3–7 % менший господарський винос. Найменше на цей показник впливало застосування фосфорних і калійних добрив, оскільки був на рівні 133,7 кг/га або на 5 % більше порівняно з контролем.

Таблиця 5.3

Господарське винесення азоту з урожаєм зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	139,3	123,6	119,9	127,6
$P_{60} + N_{120}$	183,7	174,3	150,2	169,4
$K_{60} + N_{120}$	183,2	162,5	142,4	162,7
$P_{60}K_{60}$ – фон	146,7	129,6	124,8	133,7
Фон + N_{120}	192,0	179,4	156,2	175,9
Фон + $N_{60} + N_{60}$	179,1	179,7	134,3	164,3
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	185,1	186,9	141,7	171,3
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	171,5	130,3	120,9	140,9
$P_{60} + N_{120}$	225,1	181,5	159,7	188,8
$K_{60} + N_{120}$	228,2	180,9	155,3	188,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	182,7	132,9	123,3	146,3
Фон + N_{120}	237,6	187,9	166,3	197,2
Фон + $N_{60} + N_{60}$	223,3	186,2	149,9	186,5
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	231,2	194,2	157,1	194,2

Господарське винесення азоту з урожаєм зерна в лінії LP 154 було на 10–12 % більше порівняно з сортом Аякс. При цьому вплив удобрення

змінювався подібно.

Господарське винесення азоту з урожаєм зерна значно змінювався упродовж років досліджень. Так, найбільшим воно було в 2022 р. – 139,3–192,0 кг/га в сорту Аякс і 171,5–237,6 кг/га в лінії LP 154. Найменшим господарське винесення було в 2024 р. – від 119,9 до 156,2 кг/га та від 120,9 до 166,3 кг/га відповідно.

Подібно змінювалось господарське винесення азоту з соломою тритикале озимого (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Господарське винесення азоту з урожаєм соломи тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	41,1	37,3	39,7	39,4
$P_{60} + N_{120}$	57,7	53,4	57,0	56,0
$K_{60} + N_{120}$	57,1	50,3	54,6	54,0
$P_{60}K_{60}$ – фон	41,2	39,1	39,5	39,9
Фон + N_{120}	60,1	55,0	60,5	58,5
Фон + $N_{60} + N_{60}$	51,6	54,1	50,2	51,9
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	52,9	56,6	49,8	53,1
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	43,9	41,8	41,2	42,3
$P_{60} + N_{120}$	63,4	60,0	60,2	61,2
$K_{60} + N_{120}$	62,5	59,2	61,6	61,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	44,4	39,9	41,6	42,0
Фон + N_{120}	66,6	63,5	63,3	64,5
Фон + $N_{60} + N_{60}$	58,3	60,4	53,5	57,4
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	60,9	62,8	55,5	59,7

У середньому за три роки досліджень господарське винесення азоту з урожаєм соломи було 39,4–58,5 кг/га в сорту Аякс і 42,3–64,5 кг/га в лінії LP 154.

Господарське винесення азоту з урожаєм зерна та соломи змінювався від застосування азотних добрив (табл. 5.5). Так, у варіанті без добрив цей показник становив 167,0 кг і зростав до 234,4 кг або на 40 % у варіанті Фон + N_{120} за вирощування сорту Аякс.

Таблиця 5.5

Загальне господарське винесення азоту з урожаєм тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	180,4	160,9	159,6	167,0
P_{60} + N_{120}	241,4	227,7	207,2	225,4
K_{60} + N_{120}	240,3	212,8	197,0	216,7
$P_{60}K_{60}$ – фон	187,9	168,7	164,3	173,6
Фон + N_{120}	252,1	234,4	216,7	234,4
Фон + N_{60} + N_{60}	230,7	233,8	184,5	216,2
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	238,0	243,5	191,5	224,4
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	215,4	172,1	162,1	183,2
P_{60} + N_{120}	288,5	241,5	219,9	250,0
K_{60} + N_{120}	290,7	240,1	216,9	249,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	227,1	172,8	164,9	188,3
Фон + N_{120}	304,2	251,4	229,6	261,7
Фон + N_{60} + N_{60}	281,6	246,6	203,4	243,9
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	292,1	257,0	212,6	253,9

Загальне господарське винесення азоту з урожаєм за неповного повернення фосфорних і калійних добрив було на 5–9 % менше порівняно з повним мінеральним добривом. Варіанти з роздрібним внесенням азотних добрив забезпечувало лише на 4–8 % менший господарський винос. Найменше на цей показник впливало застосування фосфорних і калійних добрив, оскільки був на рівні 173,6 кг/га або на 4 % більше порівняно з контролем.

Господарське винесення азоту з урожаєм зерна в лінії LP 154 було на 11–13 % більше порівняно з сортом Аякс. При цьому вплив удобрення було також подібне.

Господарське винесення азоту з урожаєм зерна та соломи значно змінювався упродовж років досліджень. Так, найбільшим воно було в 2022 р. – 180,4–252,1 кг/га в сорту Аякс і 215,4–304,2 кг/га в лінії LP 154. Найменшим господарське винесення було в 2024 р. – від 159,6 до 216,7 кг/га та від 161,2 до 229,6 кг/га відповідно. Зміни господарського винесення азоту впродовж років досліджень зумовлені формуванням різної врожайності та вмісту азоту в тритикале озимому.

Відносне винесення азоту 1 т зерна тритикале озимого зростало від застосування азотних добрив (табл. 5.6). У середньому за три роки досліджень у сорту тритикале озимого Аякс відносне винесення азоту зростало від 15,0 кг/т до 16,1–16,9 кг/т зерна або на 7–13 %. При цьому варіанти з роздрібним внесенням азотних добрив були майже на однаковому рівні з варіантом, де азотні добрива вносили одноразово.

Відносне винесення азоту в лінії LP 154 було на 7–11 більшим порівняно з сортом Аякс – 16,7–18,1 кг/т зерна. При цьому внесення азотних добрив збільшувало цей показник на 6–8 % порівняно з контролем.

Необхідно відзначити, що відносне винесення азоту також значно змінювалось залежно від року проведення досліджень. Так, у сприятливішому 2022 р. відносне винесення азоту змінювалось від 16,9 до 19,1 кг/т зерна в сорту Аякс і від 20,6 до 22,7 кг/т зерна в лінії LP 154. У менш

сприятливому 2024 р. відносне винесення азоту становило від 13,5 до 14,7 кг/т і від 13,9 до 14,8 кг/т зерна відповідно.

Майже не впливало на цей показник внесення фосфорних і калійних добрив за вирощування обох культиварів тритикале озимого.

Таблиця 5.6

Відносне винесення азоту з урожаєм зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/т

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	16,9	14,5	13,5	15,0
$P_{60} + N_{120}$	18,2	16,0	14,2	16,2
$K_{60} + N_{120}$	18,4	15,9	14,1	16,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	17,2	14,5	13,6	15,1
Фон + N_{120}	18,8	16,0	14,4	16,4
Фон + $N_{60} + N_{60}$	19,0	16,3	14,2	16,5
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	19,1	16,8	14,7	16,9
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	20,6	15,4	13,9	16,7
$P_{60} + N_{120}$	21,5	16,0	14,5	17,3
$K_{60} + N_{120}$	22,1	16,2	14,2	17,5
$P_{60}K_{60}$ – фон	20,8	15,3	14,1	16,7
Фон + N_{120}	22,3	16,2	14,8	17,7
Фон + $N_{60} + N_{60}$	22,3	16,3	14,7	17,7
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	22,7	16,9	14,8	18,1

Відносне винесення азоту з соломою була найменше – 2,8–3,4 кг/т залежно від року проведення досліджень і варіанту досліду (табл. 5.7). При цьому застосування азотних добрив у складі повного мінерального

добрива сприяло зростанню цього показника.

Таблиця 5.7

Відносне винесення азоту урожаєм соломи тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/т

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	3,1	2,8	3,0	3,0
$P_{60} + N_{120}$	3,4	3,0	3,3	3,2
$K_{60} + N_{120}$	3,4	3,0	3,3	3,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	3,0	2,8	2,9	2,9
Фон + N_{120}	3,5	3,0	3,4	3,3
Фон + $N_{60} + N_{60}$	3,4	3,0	3,4	3,3
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	3,4	3,1	3,3	3,3
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	3,0	2,9	2,9	2,9
$P_{60} + N_{120}$	3,3	3,1	3,2	3,2
$K_{60} + N_{120}$	3,3	3,1	3,3	3,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	3,0	2,8	2,9	2,9
Фон + N_{120}	3,4	3,2	3,3	3,3
Фон + $N_{60} + N_{60}$	3,3	3,1	3,2	3,2
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	3,4	3,2	3,2	3,3

Відносне винесення азоту 1 т зерна тритикале озимого зростало від застосування азотних добрив (табл. 5.8). У середньому за три роки досліджень у сорту тритикале озимого Аякс відносне винесення азоту зростало від 21,2 кг/т до 23,3–23,9 кг/т зерна або на 9–10 %. При цьому варіанти з роздрібним внесенням азотних добрив були майже на однаковому рівні з варіантом, де азотні добрива вносили одноразово.

Відносне винесення азоту в лінії LP 154 було на 8–9 % більшим порівняно з сортом Аякс – 23,4–25,6 кг/т зерна. При цьому внесення азотних добрив збільшувало цей показник на 2–4 % порівняно з контролем.

Таблиця 5.8

Відносне винесення азоту урожаєм зерна та відповідної маси соломи тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/т

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	23,4	20,7	19,5	21,2
$P_{60} + N_{120}$	25,7	22,9	21,5	23,3
$K_{60} + N_{120}$	25,9	22,8	21,4	23,3
$P_{60}K_{60}$ – фон	23,5	20,7	19,4	21,2
Фон + N_{120}	26,5	22,9	21,9	23,8
Фон + $N_{60} + N_{60}$	26,1	23,2	21,3	23,6
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	26,2	23,9	21,6	23,9
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	27,5	22,4	20,3	23,4
$P_{60} + N_{120}$	29,4	23,4	21,9	24,9
$K_{60} + N_{120}$	30,0	23,6	21,8	25,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	27,4	21,7	20,5	23,2
Фон + N_{120}	30,5	23,9	22,4	25,6
Фон + $N_{60} + N_{60}$	29,9	23,7	21,7	25,1
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	30,5	24,6	21,8	25,6

Необхідно відзначити, що відносне винесення азоту також значно змінювалось залежно від року проведення досліджень. Так, у сприятливішому 2022 р. відносне винесення азоту змінювалось від 23,4 до26,5 кг/т зерна в сорту Аякс і від 27,5 до 30,5 кг/т зерна в лінії LP 154. У

менш сприятливому 2024 р. відносне винесення азоту становило від 19,5 до 21,9 кг/т і від 20,3 до 22,4 кг/т зерна відповідно.

Майже не впливало на цей показник внесення фосфорних і калійних добрив за вирощування обох культиварів тритикале озимого.

Результати проведених досліджень свідчать, що частка азоту в господарському винесенні зерна була найвищою – 61,4–63,3 (табл. 5.9). Необхідно відзначити, що цей показник також змінювався від року проведення досліджень – від 59,4 до 65,6 % залежно від варіанту досліду.

Таблиця 5.9

Частка азоту в господарському винесенні зерном тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	64,7	62,3	59,4	62,1
$P_{60} + N_{120}$	65,6	63,9	60,2	63,3
$K_{60} + N_{120}$	65,4	62,8	59,4	62,5
$P_{60}K_{60}$ – фон	63,9	61,4	59,0	61,4
Фон + N_{120}	64,4	61,8	58,6	61,6
Фон + $N_{60} + N_{60}$	65,0	62,4	58,5	62,0
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	65,2	62,9	59,3	62,4
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	70,0	63,7	61,1	64,9
$P_{60} + N_{120}$	70,3	63,5	61,0	64,9
$K_{60} + N_{120}$	70,0	63,1	59,6	64,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	69,5	61,7	60,2	63,8
Фон + N_{120}	69,1	61,8	59,1	63,3
Фон + $N_{60} + N_{60}$	69,3	62,5	59,3	63,7
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	69,8	63,1	59,6	64,2

Частка азоту в господарському винесенні соломою була найнижчою порівняно з господарським винесенням зерном і загальним показником (табл. 5.10). При цьому цей показник менше змінювався від удобрення та погодних умов року дослідження.

Таблиця 5.10

Частка азоту в господарському винесенні соломою тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	23,3	21,9	22,2	22,5
$P_{60} + N_{120}$	24,3	21,9	23,1	23,1
$K_{60} + N_{120}$	24,1	21,6	22,8	22,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	22,1	20,6	20,9	21,2
Фон + N_{120}	23,3	20,3	22,1	21,9
Фон + $N_{60} + N_{60}$	23,0	20,6	22,4	22,0
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	23,0	21,0	21,7	21,9
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	22,7	22,5	22,3	22,5
$P_{60} + N_{120}$	23,9	22,8	23,0	23,2
$K_{60} + N_{120}$	23,1	22,6	23,7	23,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	22,2	21,1	21,5	21,6
Фон + N_{120}	22,7	21,8	22,1	22,2
Фон + $N_{60} + N_{60}$	22,3	21,4	21,9	21,9
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	22,8	22,1	21,6	22,2

Частка азоту в загальному господарському винесенні змінювалась від 42,4 до 44,2 % залежно від варіанту досліду (табл. 5.11). При цьому частка азоту майже не змінювалась залежно від культивару тритикале озимого.

Проте змінювалась від року проведення досліджень. У 2022 р. частка азоту була найвищою, а в 2024 р. – найнижчою за вирощування культиварів тритикале озимого.

Таблиця 5.11

Частка азоту в загальному господарському винесенні тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	46,1	43,6	41,9	43,9
$P_{60} + N_{120}$	46,6	44,1	41,7	44,2
$K_{60} + N_{120}$	46,5	43,3	41,1	43,6
$P_{60}K_{60}$ – фон	45,1	42,1	41,0	42,7
Фон + N_{120}	45,4	41,7	40,1	42,4
Фон + $N_{60} + N_{60}$	46,1	42,4	40,7	43,1
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	46,3	42,9	40,9	43,4
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	49,1	44,1	42,4	45,2
$P_{60} + N_{120}$	49,3	44,0	42,0	45,1
$K_{60} + N_{120}$	48,7	43,8	41,7	44,7
$P_{60}K_{60}$ – фон	49,1	42,7	41,4	44,4
Фон + N_{120}	47,7	42,2	40,5	43,5
Фон + $N_{60} + N_{60}$	48,2	42,5	40,9	43,9
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	48,8	43,4	40,8	44,4

Необхідно відзначити, що баланс азоту був від’ємним у всіх варіантах досліду (табл. 5.12). При цьому дефіцит азоту змінювався залежно від року проведення досліджень. За умови більшої врожайності та вищого вмісту азоту в зерні дефіцит азоту був також більшим і навпаки.

Найбільший дефіцит азоту в ґрунті був на ділянках без добрив і за внесення фосфорних і калійних добрив – -119,9–-146,7 кг/га залежно від року дослідження за вирощування сорту Аякс. Баланс азоту на рівні -14,3–-72,0 кг/га отримано за внесення азотних добрив.

Тенденція зміни балансу азоту в ґрунті за вирощування лінії LP 154 була подібною до сорту Аякс. При цьому величина дефіциту азоту була на 23–70 % більшою порівняно з сортом Аякс.

Таблиця 5.12

Баланс азоту за вирощування тритикале озимого за різних видів і доз добрив без видалення соломи з поля, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження		
	2022	2023	2024
Сорт Аякс (чинник В)			
Без добрив (контроль)	-139,3	-123,6	-119,9
$P_{60} + N_{120}$	-63,7	-54,3	-30,2
$K_{60} + N_{120}$	-63,2	-42,5	-22,4
$P_{60}K_{60}$ – фон	-146,7	-129,6	-124,8
Фон + N_{120}	-72,0	-59,4	-36,2
Фон + $N_{60} + N_{60}$	-59,1	-59,7	-14,3
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	-65,1	-66,9	-21,7
Лінія LP 154			
Без добрив (контроль)	-171,5	-130,3	-120,9
$P_{60} + N_{120}$	-105,1	-61,5	-39,7
$K_{60} + N_{120}$	-108,2	-60,9	-35,3
$P_{60}K_{60}$ – фон	-182,7	-132,9	-123,3
Фон + N_{120}	-117,6	-67,9	-46,3
Фон + $N_{60} + N_{60}$	-103,3	-66,2	-29,9
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	-111,2	-74,2	-37,1

У результаті досліджень встановлено, що надходження азоту в ґрунт не перевищувало його видалення з поля, оскільки інтенсивність балансу була нижче 100 % (табл. 5.13).

Таблиця 5.13

Інтенсивність балансу азоту за вирощування тритикале озимого за різних видів і доз добрив без видалення соломи з поля, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження		
	2022	2023	2024
Сорт Аякс (чинник В)			
Без добрив (контроль)	0	0	0
$P_{60} + N_{120}$	65	69	80
$K_{60} + N_{120}$	66	74	84
$P_{60}K_{60}$ – фон	0	0	0
Фон + N_{120}	63	67	77
Фон + $N_{60} + N_{60}$	67	67	89
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	65	64	85
Лінія LP 154			
Без добрив (контроль)	0	0	0
$P_{60} + N_{120}$	53	66	75
$K_{60} + N_{120}$	53	66	77
$P_{60}K_{60}$ – фон	0	0	0
Фон + N_{120}	51	64	72
Фон + $N_{60} + N_{60}$	54	64	80
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	52	62	76

Необхідно відзначити, що така тенденція була встановлено за вирощування обох культиварів тритикале озимого. Крім цього, всі системи удобрення з азотом були екологічно безпечними.

5.2 Фосфорне живлення

У таблиці 5.14 наведено результати визначення вмісту фосфору в зерні тритикале озимого за різних систем удобрення протягом 2022–2024 років.

Таблиця 5.14

Вміст фосфору в зерні тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,64	0,62	0,65	0,64
$P_{60} + N_{120}$		0,69	0,65	0,68	0,67
$K_{60} + N_{120}$		0,64	0,62	0,64	0,63
$P_{60}K_{60}$ – фон		0,66	0,63	0,66	0,65
Фон + N_{120}		0,70	0,66	0,69	0,68
Фон + $N_{60} + N_{60}$		0,69	0,66	0,69	0,68
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}		0,69	0,66	0,69	0,68
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		0,62	0,61	0,63	0,62
$P_{60} + N_{120}$		0,65	0,66	0,67	0,66
$K_{60} + N_{120}$		0,62	0,62	0,63	0,62
$P_{60}K_{60}$ – фон		0,63	0,67	0,65	0,65
Фон + N_{120}		0,66	0,67	0,69	0,67
Фон + $N_{60} + N_{60}$		0,66	0,66	0,68	0,67
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}		0,65	0,66	0,68	0,66
$НІР_{05}$	*A*	*0,02*	*0,02*	*0,02*	–
	B	*0,02*	*0,01*	*0,02*	–

Для сорту Аякс середній вміст фосфору у контролі без добрив

становив 0,64 %, тоді як за внесення $P_{60} + N_{120}$ він зростав до 0,67 %, що на 0,03 % більше порівняно з контролем. Застосування $K_{60} + N_{120}$ не забезпечувало приросту і показник залишався на рівні 0,63 %. Комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ забеспечило 0,65 %, а використання фонового удобрення з додатковим азотом Фон + N_{120} та Фон + N_{60} + N_{60} забезпечувало найвищі значення 0,68 %, що на 0,04 % перевищувало контроль. Аналогічний рівень 0,68 % спостерігався і за варіантом Фон + N_{60} S_{35} + $N_{60.}$

Для лінії LP 154 середній вміст фосфору у контролі становив 0,62 % внесення $P_{60} + N_{120}$ підвищувало його до 0,6 %, що на 0,04 % більше ніж у контролі. Застосування $K_{60} + N_{120}$ не мало істотного впливу і показник залишався на рівні 0,62 %. Внесення $P_{60}K_{60}$ забезпечувало 0,65 %, тоді як варіанти з додатковим азотом Фон + N_{120} та Фон + N_{60} + N_{60} давали найвищі значення 0,67 %, що на 0,05 % перевищувало контроль. Варіант Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечував 0,66 %.

Таким чином сорт Аякс характеризувався дещо вищим рівнем накопичення фосфору 0,64 – 0,68 % порівняно з лінією LP 154 0,62 – 0,67 %, що свідчить про достовірний вплив обох факторів на формування вмісту фосфору в зерні.

У таблиці 5.15 наведено дані щодо вмісту фосфору в соломі тритикале озимого за різних систем удобрення.

Для сорту Аякс середній вміст фосфору у контролі без добрив становив 0,22 %, тоді як за внесення P_{60} + N_{120} він зростав до 0,27 %, що на 0,05 % більше порівняно з контролем. Застосування $K_{60} + N_{120}$ забезпечувало лише незначне підвищення до 0,23 %. Комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 0,25 %, а використання фонового удобрення з додатковим азотом Фон + N_{120} забезпечувало найвищий рівень 0,29 %, що на 0,07 % перевищувало контроль. Варіанти Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} давали близькі значення 0,28 %.

Для лінії LP 154 середній вміст фосфору у контролі становив 0,21 %. Внесення P_{60} + N_{120} підвищувало його до 0,26 %, що на 0,05 % більше ніж у

контролі. Застосування $K_{60} + N_{120}$ не мало істотного впливу і показник залишався на рівні 0,21 %. Внесення $P_{60}K_{60}$ забезпечувало 0,23 %, тоді як варіанти з додатковим азотом Фон + N_{120} та Фон + N_{60} + N_{60} давали 0,27 % і 0,26 % відповідно. Варіант Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечував 0,27 %.

Таблиця 5.15

Вміст фосфору в соломі тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,22	0,21	0,23	0,22
$P_{60} + N_{120}$		0,26	0,27	0,29	0,27
$K_{60} + N_{120}$		0,22	0,22	0,24	0,23
$P_{60}K_{60}$ – фон		0,24	0,25	0,27	0,25
Фон + N_{120}		0,28	0,29	0,30	0,29
Фон + N_{60} + N_{60}		0,27	0,28	0,29	0,28
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}		0,27	0,28	0,30	0,28
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		0,21	0,20	0,22	0,21
$P_{60} + N_{120}$		0,25	0,25	0,27	0,26
$K_{60} + N_{120}$		0,21	0,20	0,21	0,21
$P_{60}K_{60}$ – фон		0,22	0,23	0,23	0,23
Фон + N_{120}		0,26	0,27	0,28	0,27
Фон + N_{60} + N_{60}		0,26	0,26	0,27	0,26
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}		0,26	0,26	0,28	0,27
$НІР_{05}$	*A*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	–
	B	*0,01*	*0,01*	*0,01*	–

Таким чином сорт Аякс характеризувався дещо вищим рівнем

накопичення фосфору в соломі 0,22 – 0,29 % порівняно з лінією LP 154 0,21 – 0,27 %.

У таблиці 5.16 наведено дані щодо господарського винесення фосфору з урожаєм зерна тритикале озимого за різних систем удобрення.

Таблиця 5.16

Господарське винесення фосфору з урожаєм зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	45,4	45,4	49,8	46,9
$P_{60} + N_{120}$	59,8	60,9	61,8	60,8
$K_{60} + N_{120}$	54,8	54,7	55,7	55,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	48,4	48,4	52,1	49,6
Фон + N_{120}	61,3	63,6	64,6	63,2
Фон + $N_{60} + N_{60}$	56,0	62,6	56,1	58,2
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	57,4	63,4	57,4	59,4
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	44,3	44,4	47,1	45,3
$P_{60} + N_{120}$	58,4	64,4	63,4	62,1
$K_{60} + N_{120}$	55,0	59,7	59,2	58,0
$P_{60}K_{60}$ – фон	47,6	50,2	49,0	48,9
Фон + N_{120}	60,5	67,0	66,7	64,7
Фон + $N_{60} + N_{60}$	56,9	64,8	59,8	60,5
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	56,9	65,2	62,0	61,4

Для сорту Аякс середнє винесення фосфору у контролі без добрив становило 46,9 кг/га, тоді як за внесення $P_{60} + N_{120}$ показник зростав до 60,8 кг/га, що на 13,9 кг/га більше порівняно з контролем. Застосування K_{60}

+ N_{120} забезпечувало 55,1 кг/га, що на 8,2 кг/га перевищувало контроль. Комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 49,6 кг/га, а використання фонового удобрення з додатковим азотом Фон + N_{120} забезпечувало найвищий рівень 63,2 кг/га, що на 16,3 кг/га перевищувало контроль. Варіанти Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} давали відповідно 58,2 і 59,4 кг/га, що також свідчить про істотне зростання порівняно з контролем.

Для лінії LP 154 середнє винесення фосфору у контролі становило 45,3 кг/га. Внесення P_{60} + N_{120} підвищувало його до 62,1 кг/га, що на 16,8 кг/га більше ніж у контролі. Застосування K_{60} + N_{120} забезпечувало 58,0 кг/га, що на 12,7 кг/га перевищувало контроль. Внесення $P_{60}K_{60}$ давало 48,9 кг/га, тоді як варіанти з додатковим азотом Фон + N_{120} та Фон + N_{60} + N_{60} забезпечували відповідно 64,7 і 60,5 кг/га. Варіант Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} давав 61,4 кг/га, що також значно перевищувало контрольні значення.

Таким чином сорт Аякс характеризувався винесенням фосфору у межах 46,9 – 63,2 кг/га, тоді як лінія LP 154 мала показники 45,3 – 64,7 кг/га. Найвищі значення спостерігалися за внесення фонового удобрення з азотом, що підтверджує ефективність такої системи живлення для підвищення господарського винесення фосфору з урожаєм зерна тритикале озимого.

У таблиці 5.17 наведено результати визначення господарського винесення фосфору з урожаєм соломи тритикале озимого за різних систем удобрення. Для сорту Аякс середнє винесення фосфору у контролі без добрив становило 29,2 кг/га, тоді як за внесення P_{60} + N_{120} показник зростав до 47,4 кг/га, що на 18,2 кг/га більше порівняно з контролем. Застосування K_{60} + N_{120} забезпечувало 37,9 кг/га, що на 8,7 кг/га перевищувало контроль. Комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 34,9 кг/га, а використання фонового удобрення з додатковим азотом Фон + N_{120} забезпечувало найвищий рівень 51,5 кг/га, що на 22,3 кг/га перевищувало контроль. Варіанти Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} давали відповідно 44,7 і 46,1 кг/га, що також свідчить про істотне зростання порівняно з контролем

Для лінії LP 154 середнє винесення фосфору у контролі становило 30,3 кг/га. Внесення P_{60} + N_{120} підвищувало його до 49,1 кг/га, що на 18,8 кг/га більше ніж у контролі. Застосування K_{60} + N_{120} забезпечувало 39,1 кг/га, що на 8,8 кг/га перевищувало контроль. Внесення $P_{60}K_{60}$ давало 32,8 кг/га, тоді як варіанти з додатковим азотом Фон + N_{120} та Фон + N_{60} + N_{60} забезпечували відповідно 52,7 і 47,2 кг/га. Варіант Фон + N_{60} S_{35} + N60 давав 48,7 кг/га, що також значно перевищувало контрольні значення

Таблиця 5.17

Господарське винесення фосфору з урожаєм соломи тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	29,2	28,0	30,5	29,2
P_{60} + N_{120}	44,1	48,1	50,1	47,4
K_{60} + N_{120}	36,9	36,9	39,7	37,9
$P_{60}K_{60}$ – фон	32,9	34,9	36,8	34,9
Фон + N_{120}	48,1	53,2	53,4	51,5
Фон + N_{60} + N_{60}	41,0	50,5	42,8	44,7
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	42,0	51,1	45,3	46,1
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	30,7	28,9	31,3	30,3
P_{60} + N_{120}	48,0	48,4	50,8	49,1
K_{60} + N_{120}	39,8	38,2	39,2	39,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	32,6	32,8	33,0	32,8
Фон + N_{120}	50,9	53,6	53,7	52,7
Фон + N_{60} + N_{60}	45,9	50,7	45,1	47,2
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	46,6	51,0	48,6	48,7

Таким чином сорт Аякс характеризувався винесенням фосфору у межах 29,2 – 51,5 кг/га, тоді як лінія LP 154 мала показники 30,3 – 52,7 кг/га.

У таблиці 5.18 наведено показники загального господарського винесення фосфору урожаєм тритикале озимого за різних систем удобрення протягом 2022–2024 років, що дозволяє оцінити інтегральний вплив добрив на цей показник у сорту Аякс та лінії LP 154

Таблиця 5.18

Загальне господарське винесення фосфору урожаєм тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	74,6	73,4	80,3	76,1
$P_{60} + N_{120}$	103,9	109,0	111,9	108,2
$K_{60} + N_{120}$	91,7	91,6	95,4	93,0
$P_{60}K_{60}$ – фон	81,3	83,3	88,9	84,5
Фон + N_{120}	109,4	116,8	118,0	114,7
Фон + $N_{60} + N_{60}$	97,0	113,1	98,9	102,9
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	99,4	114,5	102,7	105,5
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	75,0	73,3	78,4	75,6
$P_{60} + N_{120}$	106,4	112,8	114,2	111,2
$K_{60} + N_{120}$	94,8	97,9	98,4	97,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	80,2	83,0	82,0	81,7
Фон + N_{120}	111,4	120,6	120,4	117,4
Фон + $N_{60} + N_{60}$	102,8	115,5	104,9	107,7
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	103,5	116,2	110,6	110,1

Для сорту Аякс середнє винесення фосфору у контролі становило 76,1 кг/га, тоді як за внесення $P_{60} + N_{120}$ показник зростав до 108,2 кг/га, а максимальні значення 114,7 кг/га спостерігалися у варіанті Фон + N_{120}. Застосування $K_{60} + N_{120}$ забезпечувало 93,0 кг/га, комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 84,5 кг/га, а варіанти з розподіленим внесенням азоту Фон + $N_{60} + N_{60\ т}$а Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$ забезпечували відповідно 102,9 і 105,5 кг/га.

Для лінії LP 154 середнє винесення фосфору у контролі становило 75,6 кг/га, внесення $P_{60} + N_{120}$ підвищувало його до 111,2 кг/га, а найвищий рівень спостерігався у варіанті Фон + N_{120} (117,4 кг/га). Застосування $K_{60} + N_{120}$ забезпечувало 97,1 кг/га, внесення $P_{60}K_{60}$ давало 81,7 кг/га, тоді як варіанти Фон + $N_{60} + N_{60\ т}$а Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$ забезпечували відповідно 107,7 і 110,1 кг/га.

Отже, загальне винесення фосфору урожаєм тритикале озимого варіювало у межах 76,1 – 114,7 кг/га для сорту Аякс та 75,6 – 117,4 кг/га для лінії LP 154, при цьому найвищі показники забезпечувало внесення фонового удобрення з азотом.

У таблиці 5.19 наведено показники відносного винесення фосфору урожаєм зерна тритикале озимого за різних систем удобрення протягом 2022–2024 років. Для сорту Аякс середнє значення у контролі становило 6,4 кг/т, тоді як за внесення $P_{60} + N_{120}$ показник зростав до 6,7 кг/т, а максимальні значення спостерігалися у варіанті Фон + N_{120}, відповідно 6,8 кг/т. Застосування $K_{60} + N_{120}$ не мало істотного впливу і забезпечувало лише 6,3 кг/т, комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 6,5 кг/т, а варіанти з розподіленим внесенням азоту Фон + $N_{60} + N_{60\ т}$а Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$ забезпечували стабільні значення 6,8 кг/т.

Для лінії LP 154 середнє значення у контролі становило 6,2 кг/т, внесення $P_{60} + N_{120}$ підвищувало його до 6,6 кг/т, а найвищий рівень 6,7 кг/т спостерігався у варіанті Фон + N_{120}. Застосування $K_{60} + N_{120}$ забезпечувало лише 6,2 кг/т, внесення $P_{60}K_{60}$ давало 6,5 кг/т, тоді як варіанти Фон + $N_{60} + N_{60\ т}$а Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$ забезпечували відповідно

6,7 і 6,6 кг/т.

Отже, відносне винесення фосфору зерном тритикале озимого варіювало у межах 6,2 – 6,8 кг/т, при цьому найвищі значення забезпечувало внесення фонового удобрення з азотом.

Таблиця 5.19

Відносне винесення фосфору урожаєм зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/т

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	6,4	6,2	6,5	6,4
$P_{60} + N_{120}$	6,9	6,5	6,8	6,7
$K_{60} + N_{120}$	6,4	6,2	6,4	6,3
$P_{60}K_{60}$ – фон	6,6	6,3	6,6	6,5
Фон + N_{120}	7,0	6,6	6,9	6,8
Фон + $N_{60} + N_{60}$	6,9	6,6	6,9	6,8
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	6,9	6,6	6,9	6,8
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	6,2	6,1	6,3	6,2
$P_{60} + N_{120}$	6,5	6,6	6,7	6,6
$K_{60} + N_{120}$	6,2	6,2	6,3	6,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	6,3	6,7	6,5	6,5
Фон + N_{120}	6,6	6,7	6,9	6,7
Фон + $N_{60} + N_{60}$	6,6	6,6	6,8	6,7
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	6,5	6,6	6,8	6,6

Результати досліджень, що наведені у таблиці 5.20 для сорту Аякс середнє значення у контролі становило 2,2 кг/т, тоді як за внесення $P_{60} + N_{120}$ показник зростав до 2,7 кг/т, а максимальні значення спостерігалися у

варіанті Фон + N_{120} відповідно 2,9 кг/т. Застосування K_{60} + N_{120} забезпечувало лише 2,3 кг/т, комбіноване внесення P60K60 давало 2,5 кг/т, а варіанти з розподіленим внесенням азоту Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували стабільні значення 2,8 кг/т.

Таблиця 5.20

Відносне винесення фосфору урожаєм соломи тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/т

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	2,2	2,1	2,3	2,2
P_{60} + N_{120}	2,6	2,7	2,9	2,7
K_{60} + N_{120}	2,2	2,2	2,4	2,3
$P_{60}K_{60}$ – фон	2,4	2,5	2,7	2,5
Фон + N_{120}	2,8	2,9	3,0	2,9
Фон + N_{60} + N_{60}	2,7	2,8	2,9	2,8
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	2,7	2,8	3,0	2,8
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	2,1	2,0	2,2	2,1
P_{60} + N_{120}	2,5	2,5	2,7	2,6
K_{60} + N_{120}	2,1	2,0	2,1	2,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	2,2	2,3	2,3	2,3
Фон + N_{120}	2,6	2,7	2,8	2,7
Фон + N_{60} + N_{60}	2,6	2,6	2,7	2,6
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	2,6	2,6	2,8	2,7

Для лінії LP 154 середнє значення у контролі становило 2,1 кг/т, внесення P_{60} + N_{120} підвищувало його до 2,6 кг/т, а найвищий рівень спостерігався у варіанті Фон + N_{120} (2,7 кг/т). Застосування K_{60} + N_{120} не

мало істотного впливу і забезпечувало лише 2,1 кг/т, внесення $P_{60}K6_0$ давало 2,3 кг/т, тоді як варіанти Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували відповідно 2,6 і 2,7 кг/т.

У таблиці 5.21 наведено показники відносного винесення фосфору урожаєм зерна та відповідної маси соломи тритикале озимого за різних систем удобрення протягом 2022–2024 років.

Таблиця 5.21

Відносне винесення фосфору урожаєм зерна та відповідної маси соломи тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/т

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	11,0	10,8	11,1	11,0
P_{60} + N_{120}	12,6	12,7	13,2	12,8
K_{60} + N_{120}	11,2	11,3	11,7	11,4
$P_{60}K_{60}$ – фон	11,6	11,8	12,0	11,8
Фон + N_{120}	13,2	13,3	13,5	13,3
Фон + N_{60} + N_{60}	12,6	13,0	13,0	12,9
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	12,6	13,0	13,2	12,9
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	11,0	10,9	11,1	11,0
P_{60} + N_{120}	12,5	12,6	12,9	12,7
K_{60} + N_{120}	11,2	11,0	11,1	11,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	11,1	12,0	11,6	11,6
Фон + N_{120}	12,8	13,2	13,3	13,1
Фон + N_{60} + N_{60}	12,6	12,8	12,7	12,7
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	12,5	12,8	13,0	12,8

Для сорту Аякс середнє значення у контролі становило 11,0 кг/т, тоді

як за внесення P_{60} + N_{120} показник зростав до 12,8 кг/т, а максимальні значення 13,3 кг/т спостерігалися у варіанті Фон + N_{120}. Застосування K_{60} + N_{120} забезпечувало лише 11,4 кг/т, комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 11,8 кг/т, а варіанти з розподіленим внесенням азоту Фон + N_{60} + $N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували стабільні значення 12,9 кг/т.

Для лінії LP 154 середнє значення у контролі становило 11,0 кг/т, внесення P_{60} + N_{120} підвищувало його до 12,7 кг/т, а найвищий рівень спостерігався у варіанті Фон + N_{120} (13,1 кг/т). Застосування K_{60} + N_{120} забезпечувало лише 11,1 кг/т, внесення $P_{60}K_{60}$ давало 11,6 кг/т, тоді як варіанти Фон + N_{60} + $N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували відповідно 12,7 і 12,8 кг/т.

Отже, відносне винесення фосфору урожаєм зерна та соломи тритикале озимого варіювало у межах 11,0 – 13,3 кг/т, при цьому найвищі значення забезпечувало внесення фонового удобрення з азотом.

У таблиці 5.22 наведено частку фосфору в господарському винесенні зерном тритикале озимого за різних систем удобрення протягом 2022–2024 років, що дозволяє оцінити розподіл елемента між зерном та іншими частинами врожаю у сорту Аякс та лінії LP 154

Для сорту Аякс середнє значення у контролі становило 22,9 %, внесення P_{60} + N_{120} забезпечувало 22,8 %, тоді як застосування K_{60} + N_{120} знижувало показник до 21,3 %. Комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 22,9 %, а варіанти з додатковим азотом Фон + $N_{120\ т}$а Фон + N_{60} + N_{60} забезпечували відповідно 22,2 %. Найнижчі значення 21,8 % спостерігалися у варіанті Фон + N_{60} S_{35} + $N_{60.}$

Для лінії LP 154 середнє значення у контролі становило 21,2 %, внесення P_{60} + N_{120} підвищувало його до 21,7 %, тоді як застосування K_{60} + N_{120} знижувало показник до 20,1 %. Комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ забезпечувало 21,8 %, варіанти Фон + $N_{120\ т}$а Фон + N_{60} + N_{60} давали відповідно 21,1 і 21,0 %, а найнижчий рівень спостерігався у варіанті Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} відповідно 20,6 %.

Отже, частка фосфору у господарському винесенні зерном тритикале озимого варіювала у межах 20,1 – 22,9 %.

Таблиця 5.22

Частка фосфору в господарському винесенні зерном тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	21,1	22,9	24,7	22,9
$P_{60} + N_{120}$	21,4	22,3	24,8	22,8
$K_{60} + N_{120}$	19,6	21,1	23,2	21,3
$P_{60}K_{60}$ – фон	21,1	22,9	24,6	22,9
Фон + N_{120}	20,6	21,9	24,2	22,2
Фон + $N_{60} + N_{60}$	20,3	21,8	24,5	22,2
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	20,2	21,3	24,0	21,8
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	18,1	21,7	23,8	21,2
$P_{60} + N_{120}$	18,2	22,5	24,2	21,7
$K_{60} + N_{120}$	16,9	20,8	22,7	20,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	18,1	23,3	23,9	21,8
Фон + N_{120}	17,6	22,0	23,7	21,1
Фон + $N_{60} + N_{60}$	17,6	21,7	23,7	21,0
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	17,2	21,2	23,5	20,6

У таблиці 5.23 наведено частку фосфору в господарському винесенні соломою тритикале озимого за різних систем удобрення протягом 2022–2024 років. Для сорту Аякс контрольні рослини мали середній показник 16,7 %, тоді як внесення $P_{60} + N_{120}$ підвищувало його до 19,5 %. Найвищі значення спостерігалися у варіантах з фоновим удобренням та додатковим

азотом, де частка фосфору становила 18,8 – 19,3 %. Найнижчий рівень відзначено при $K_{60} + N_{120}$ – 16,0 %.

Для лінії LP 154 контроль мав 16,1 %, внесення $P_{60} + N_{120}$ забезпечувало 18,6 %, а варіанти з фоновим удобренням та азотом давали 18,0 – 18,2 %. Найнижчі показники спостерігалися при $K_{60} + N_{120}$ – 14,8 %.

Таблиця 5.23

Частка фосфору в господарському винесенні соломою тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	16,6	16,4	17,1	16,7
$P_{60} + N_{120}$	18,6	19,7	20,3	19,5
$K_{60} + N_{120}$	15,6	15,8	16,5	16,0
$P_{60}K_{60}$ – фон	17,6	18,4	19,4	18,5
Фон + N_{120}	18,7	19,6	19,5	19,3
Фон + $N_{60} + N_{60}$	18,3	19,2	19,1	18,8
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	18,2	18,9	19,7	19,0
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	15,9	15,5	16,9	16,1
$P_{60} + N_{120}$	18,1	18,4	19,4	18,6
$K_{60} + N_{120}$	14,7	14,6	15,1	14,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	16,3	17,3	17,1	16,9
Фон + N_{120}	17,3	18,4	18,8	18,2
Фон + $N_{60} + N_{60}$	17,6	17,9	18,5	18,0
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	17,5	17,9	18,9	18,1

Отже, частка фосфору у винесенні соломою варіювала у межах 14,8–19,5 %, при цьому більш високі значення формувалися за внесення

фосфорних і азотних добрив, а сорт Аякс мав дещо вищі показники порівняно з лінією LP 154.

У таблиці 5.24 наведено частку фосфору в загальному господарському винесенні тритикале озимого за різних систем удобрення протягом 2022–2024 років.

Таблиця 5.24

Частка фосфору в загальному господарському винесенні тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	19,1	19,9	21,1	20,0
$P_{60} + N_{120}$	20,1	21,1	22,5	21,2
$K_{60} + N_{120}$	17,8	18,6	19,9	18,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	19,5	20,8	22,2	20,8
Фон + N_{120}	19,7	20,8	21,8	20,8
Фон + $N_{60} + N_{60}$	19,4	20,5	21,8	20,6
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	19,3	20,2	21,9	20,5
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	17,1	18,8	20,5	18,8
$P_{60} + N_{120}$	18,2	20,5	21,8	20,2
$K_{60} + N_{120}$	15,9	17,8	18,9	17,5
$P_{60}K_{60}$ – фон	17,3	20,5	20,6	19,5
Фон + N_{120}	17,5	20,2	21,2	19,6
Фон + $N_{60} + N_{60}$	17,6	19,9	21,1	19,5
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	17,3	19,6	21,2	19,4

Для сорту Аякс контрольні рослини мали середнє значення 20,0 %, внесення $P_{60} + N_{120}$ підвищувало показник до 21,2 %, а найнижчі значення

спостерігалися при K_{60} + N_{120}. Варіанти з фоновим удобренням та додатковим азотом забезпечували стабільні показники на рівні 20,5–20,8 %.

Для лінії LP 154 контроль становив 18,8 %, внесення P_{60} + N_{120} підвищувало його до 20,2 %, тоді як K_{60} + N_{120} знижувало показник до 17,5 %. Комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 19,5 %, а варіанти з фоновим удобренням та азотом забезпечували 19,4 – 19,6 %.

Отже, частка фосфору у загальному винесенні варіювала у межах 17,5 – 21,2 %, при цьому сорт Аякс мав дещо вищі показники порівняно з лінією LP 154.

У таблиці 5.25 наведено баланс фосфору за вирощування тритикале озимого без видалення соломи з поля за різних систем удобрення протягом 2022–2024 років.

Для сорту Аякс контрольні варіанти характеризувалися значним від'ємним балансом, що свідчить про дефіцит елемента. Внесення $P_{60}K_{60}$ забезпечувало позитивні значення у межах 7,9 – 11,6 кг/га, а також доцільно відзначити варіанти з розподіленим внесенням азоту, де баланс коливався від незначних від'ємних до позитивних показників (-2,6 до 4,0 кг/га). У випадку застосування P_{60} + N_{120} спостерігалася різке зниження у 2024 році.

Для лінії LP 154 контроль також мав від'ємний баланс. Найбільш доцільним виявилося внесення $P_{60}K_{60}$, що забезпечувало стабільно позитивні значення 9,8–12,4 кг/га. Варіанти з додатковим азотом давали коливання від невеликих мінусів до незначних плюсів, тоді як застосування P_{60} + N_{120} у 2024 році призводило до значного дефіциту.

Таблиця 5.25

Баланс фосфору за вирощування тритикале озимого за різних видів і доз добрив без видалення соломи з поля, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження		
	2022	2023	2024
Сорт Аякс (чинник В)			
Без добрив (контроль)	-45,4	-45,4	-49,8
$P_{60} + N_{120}$	0,2	-0,9	-61,8
$K_{60} + N_{120}$	-54,8	-54,7	4,3
$P_{60}K_{60}$ – фон	11,6	11,6	7,9
Фон + N_{120}	-1,3	-3,6	-4,6
Фон + $N_{60} + N_{60}$	4	-2,6	3,9
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	2,6	-3,4	2,6
Лінія LP 154			
Без добрив (контроль)	-44,3	-44,4	-47,1
$P_{60} + N_{120}$	1,6	-4,4	-63,4
$K_{60} + N_{120}$	-55	-59,7	0,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	12,4	9,8	11
Фон + N_{120}	-0,5	-7	-6,7
Фон + $N_{60} + N_{60}$	3,1	-4,8	0,2
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	3,1	-5,2	-2

За результатами досліджень можна зробити висновок, що доцільно застосовувати фосфорно-калійні добрива у поєднанні з азотом, оскільки саме вони забезпечували найбільш позитивний баланс фосфору.

У таблиці 5.26 наведено інтенсивність балансу фосфору за вирощування тритикале озимого без видалення соломи з поля за різних систем удобрення протягом 2022–2024 років.

Для сорту Аякс контрольні варіанти мали нульові значення, що

свідчить про відсутність компенсації винесення елемента. Внесення $P_{60}K_{60}$ забезпечувало найвищу інтенсивність балансу на рівні 115 – 124 %, що підтверджує доцільність застосування фосфорно-калійних добрив. Варіанти з додатковим азотом мали стабільні показники у межах 93 – 107 %, тоді як $P_{60} + N_{120}$ характеризувався нестійкістю, зокрема нульовим значенням у 2024 році.

Таблиця 5.26

Інтенсивність балансу фосфору за вирощування тритикале озимого за різних видів і доз добрив без видалення соломи з поля, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження		
	2022	2023	2024
Сорт Аякс (чинник В)			
Без добрив (контроль)	0	0	0
$P_{60} + N_{120}$	100	99	0
$K_{60} + N_{120}$	0	0	108
$P_{60}K_{60}$ – фон	124	124	115
Фон + N_{120}	98	94	93
Фон + $N_{60} + N_{60}$	107	96	107
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	105	95	105
Лінія LP 154			
Без добрив (контроль)	0	0	0
$P_{60} + N_{120}$	103	93	0
$K_{60} + N_{120}$	0	0	101
$P_{60}K_{60}$ – фон	126	120	122
Фон + N_{120}	99	90	90
Фон + $N_{60} + N_{60}$	105	93	100
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	105	92	97

Для лінії LP 154 контроль також мав нульові значення. Найбільш

ефективним було внесення $P_{60}K_{60}$, що забезпечувало 120 – 126 %. Варіанти з фоновим удобренням та азотом давали 90 – 105 %, тоді як P_{60} + N_{120} у 2024 році знову показав нульовий результат.

Застосування фосфорно-калійних добрив забезпечувало найвищу інтенсивність балансу фосфору, тоді як контрольні варіанти та окреме внесення азоту не компенсували винесення елемента.

5.3 Калійне живлення

Таблиця 5.27 показує результати трирічних досліджень щодо вмісту калію в зерні тритикале озимого залежно від застосування різних видів і доз добрив. Дані свідчать, що внесення калійних і комплексних добрив у поєднанні з азотом забезпечує підвищення концентрації калію порівняно з контролем.

Таблиця 5.27

Вміст калію в зерні тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,43	0,40	0,42	0,42
$P_{60} + N_{120}$		0,42	0,40	0,41	0,41
$K_{60} + N_{120}$		0,49	0,47	0,48	0,48
$P_{60}K_{60}$ – фон		0,47	0,43	0,44	0,45
Фон + N_{120}		0,51	0,49	0,49	0,50
Фон + $N_{60} + N_{60}$		0,50	0,48	0,48	0,49
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}		0,50	0,49	0,48	0,49
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		0,41	0,41	0,40	0,41
$P_{60} + N_{120}$		0,41	0,41	0,41	0,41
$K_{60} + N_{120}$		0,48	0,48	0,49	0,48
$P_{60}K_{60}$ – фон		0,43	0,43	0,43	0,43
Фон + N_{120}		0,50	0,49	0,50	0,50
Фон + $N_{60} + N_{60}$		0,49	0,48	0,49	0,49
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}		0,49	0,49	0,49	0,49
$НІР_{05}$	*A*	*0,03*	*0,03*	*0,03*	–
	B	*0,02*	*0,02*	*0,02*	–

Зокрема, у сорту Аякс максимальні показники (0,50–0,51 %) отримано у варіанті Фон + N_{120}, тоді як у варіанті Без добрив (контроль) рівень калію становив лише 0,42 %.

Подібна тенденція простежується і в лінії LP 154: найвищі значення (0,49–0,50 %) зафіксовано у варіанті Фон + N_{120}, тоді як у варіанті Без добрив (контроль) показник був нижчим – 0,41 %.

Таким чином, результати підтверджують, що саме варіант Фон + N_{120} є найбільш ефективним для накопичення калію в зерні, а різниця між варіантами є статистично достовірною.

З таблиці 5.28 встановлено, що застосування добрив істотно впливало на накопичення калію порівняно з контролем. Для сорту Аякс у варіанті Без добрив (контроль) середній показник становив 0,80 %, тоді як у варіанті Фон + N_{120} він істотно зріс до 0,89 – 0,90 %. Подібна тенденція спостерігалася й у варіанті K_{60} + N_{120}, де середній рівень калію досягав 0,87 %, що також перевищувало контрольні значення.

У лінії LP 154 контроль характеризувався середнім рівнем 0,80 %, тоді як у варіанті Фон + N_{120} показник істотно зростав до 0,89–0,90 %. Внесення калійних добрив у поєднанні з азотом (K_{60} + N_{120}) забезпечувало середній рівень 0,87 %, що також було значно вище за контроль.

Таким чином, результати свідчать, що найбільш істотне підвищення вмісту калію в соломі забезпечує варіант Фон + N_{120}, а також комбінація K_{60} + N_{120}, тоді як контрольні варіанти мали найнижчі показники.

Таблиця 5.28

Вміст калію в соломі тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)		Рік дослідження			Середнє за три роки
		2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,80	0,79	0,82	0,80
$P_{60} + N_{120}$		0,80	0,80	0,81	0,80
$K_{60} + N_{120}$		0,85	0,87	0,88	0,87
$P_{60}K_{60}$ – фон		0,82	0,83	0,83	0,83
Фон + N_{120}		0,87	0,89	0,90	0,89
Фон + $N_{60} + N_{60}$		0,87	0,88	0,89	0,88
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		0,87	0,89	0,89	0,88
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)		0,81	0,80	0,79	0,80
$P_{60} + N_{120}$		0,80	0,80	0,80	0,80
$K_{60} + N_{120}$		0,89	0,86	0,85	0,87
$P_{60}K_{60}$ – фон		0,83	0,82	0,83	0,83
Фон + N_{120}		0,90	0,88	0,88	0,89
Фон + $N_{60} + N_{60}$		0,89	0,88	0,87	0,88
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$		0,89	0,87	0,88	0,88
HIP_{05}	*A*	*0,02*	*0,02*	*0,02*	–
	B	*0,02*	*0,02*	*0,02*	–

Результати трирічних досліджень (таблиця 5.29) показують, що удобрення істотно впливало на кількість винесеного калію порівняно з контролем.

Для сорту Аякс у варіанті Без добрив (контроль) середній показник становив 30,7 кг/га. Застосування лише фосфорних добрив у поєднанні з

азотом (P_{60} + N_{120}) підвищувало винесення калію до 37,0 кг/га, а внесення калію з азотом (K_{60} + N_{120}) – до 41,8 кг/га. Найвищі значення отримано у варіанті Фон + N_{120}, де середній показник досягав 45,9 кг/га, що істотно перевищувало контроль.

У лінії LP 154 спостерігалася аналогічна тенденція. Контрольний варіант забезпечив лише 29,7 кг/га, тоді як у варіанті P_{60} + N_{120} винесення калію становило 38,6 кг/га. Варіант K_{60} + N_{120} дав ще вищий результат – 45,0 кг/га.

Таблиця 5.29

Господарське винесення калію з урожаєм зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	30,5	29,3	32,2	30,7
P_{60} + N_{120}	36,4	37,5	37,3	37,0
K_{60} + N_{120}	42,0	41,5	41,8	41,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	34,5	33,0	34,7	34,1
Фон + N_{120}	44,7	47,2	45,9	45,9
Фон + N_{60} + N_{60}	40,6	45,5	39,0	41,7
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	41,6	47,0	39,9	42,9
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	29,3	29,8	29,9	29,7
P_{60} + N_{120}	36,9	40,0	38,8	38,6
K_{60} + N_{120}	42,6	46,2	46,1	45,0
$P_{60}K_{60}$ – фон	32,5	32,2	32,4	32,4
Фон + N_{120}	45,9	49,0	48,3	47,7
Фон + N_{60} + N_{60}	42,2	47,1	43,1	44,2
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	42,9	48,4	44,7	45,3

Таблиця 5.30 показує результати трирічних досліджень щодо господарського винесення калію з урожаєм соломи тритикале озимого за різних систем удобрення. Результати показують, що застосування добрив істотно впливало на кількість винесеного калію порівняно з контролем.

Таблиця 5.30

Господарське винесення калію з урожаєм соломи тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	106,0	105,2	108,6	106,6
$P_{60} + N_{120}$	135,8	142,5	139,9	139,4
$K_{60} + N_{120}$	142,6	145,9	145,7	144,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	112,5	116,0	113,1	113,9
Фон + N_{120}	149,4	163,1	160,1	157,5
Фон + $N_{60} + N_{60}$	132,0	158,6	131,3	140,6
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	135,4	162,4	134,3	144,0
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	118,6	115,4	112,3	115,4
$P_{60} + N_{120}$	153,7	154,8	150,5	153,0
$K_{60} + N_{120}$	168,7	164,3	158,8	163,9
$P_{60}K_{60}$ – фон	122,9	116,8	118,9	119,5
Фон + N_{120}	176,3	174,6	168,9	173,3
Фон + $N_{60} + N_{60}$	157,2	171,5	145,5	158,1
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	159,5	170,6	152,6	160,9

Для сорту Аякс у варіанті Без добрив (контроль) середній показник становив 106,6 кг/га. Використання фосфорних добрив у поєднанні з азотом ($P_{60} + N_{120}$) підвищувало винесення калію до 139,4 кг/га, а внесення

калію з азотом ($K_{60} + N_{120}$) – до 144,8 кг/га. Найвищі значення отримано у варіанті Фон + N_{120}, де середній показник досягав 157,5 кг/га, що істотно перевищувало контроль.

У лінії LP 154 контрольний варіант забезпечив лише 115,4 кг/га, тоді як у варіанті $P_{60} + N_{120}$ винесення калію становило 153,0 кг/га. Варіант $K_{60} + N_{120}$ дав ще вищий результат – 163,9 кг/га. Максимальні показники зафіксовано у варіанті Фон + N_{120}, де середнє винесення калію становило 173,3 кг/га, що істотно перевищувало контрольні значення.

Таким чином, результати свідчать, що найбільш підвищення винесення калію з урожаєм соломи забезпечують варіанти з комплексним фосфорно-калійним удобренням у поєднанні з азотом, тоді як контрольні варіанти характеризуються найнижчими показниками.

Результати досліджень (таблиця 5.31) щодо загального господарського винесення калію урожаєм тритикале озимого за різних систем удобрення. Дані свідчать, що застосування добрив істотно впливало на рівень винесення калію порівняно з контролем.

Для сорту Аякс у варіанті Без добрив (контроль) середній показник становив 137,3 кг/га. Використання фосфорних добрив у поєднанні з азотом ($P_{60} + N_{120}$) підвищувало винесення калію до 176,4 кг/га, а внесення калію з азотом ($K_{60} + N_{120}$) – до 186,6 кг/га. Найвищі значення отримано у варіанті Фон + N_{120}, де середній показник досягав 203,4 кг/га, що істотно перевищувало контроль.

У лінії LP 154 контрольний варіант забезпечив лише 145,1 кг/га. У варіанті $P_{60} + N_{120}$ винесення калію становило 191,6 кг/га, а у варіанті $K_{60} + N_{120}$ – 208,9 кг/га. Максимальні показники зафіксовано у варіанті Фон + N_{120}, де середнє винесення калію становило 221,0 кг/га, що істотно перевищувало контрольні значення.

Найбільш підвищення загального винесення калію забезпечують варіанти з комплексним фосфорно-калійним удобренням у поєднанні з азотом.

Таблиця 5.31

Загальне господарське винесення калію урожаєм тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	136,5	134,5	140,8	137,3
$P_{60} + N_{120}$	172,2	180,0	177,2	176,4
$K_{60} + N_{120}$	184,6	187,4	187,5	186,6
$P_{60}K_{60}$ – фон	147,0	149,0	147,8	148,0
Фон + N_{120}	194,1	210,3	206,0	203,4
Фон + $N_{60} + N_{60}$	172,6	204,1	170,3	182,3
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	177,0	209,4	174,2	186,9
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	147,9	145,2	142,2	145,1
$P_{60} + N_{120}$	190,6	194,8	189,3	191,6
$K_{60} + N_{120}$	211,3	210,5	204,9	208,9
$P_{60}K_{60}$ – фон	155,4	149,0	151,3	151,9
Фон + N_{120}	222,2	223,6	217,2	221,0
Фон + $N_{60} + N_{60}$	199,4	218,6	188,6	202,3
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	202,4	219,0	197,3	206,2

Дослідження (таблиця 5.32) щодо відносного винесення калію урожаєм зерна тритикале озимого за різних систем удобрення показали, що для сорту Аякс у варіанті Без добрив (контроль) середній показник становив 4,2 кг/т. Використання фосфорних добрив у поєднанні з азотом ($P_{60} + N_{120}$) не дало помітного приросту (4,1 кг/т). Натомість варіант $K_{60} + N_{120}$ забезпечив підвищення до 4,8 кг/т, а найвищі значення спостерігалися у варіанті Фон + N_{120} – 5,0 кг/т. Варіанти Фон + $N_{60} + N_{60}$ та Фон + N_{60} S_{35} +

N_{60} також показали високі результати – 4,9 кг/т.

Таблиця 5.32

Відносне винесення калію урожаєм зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/т

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	4,3	4,0	4,2	4,2
$P_{60} + N_{120}$	4,2	4,0	4,1	4,1
$K_{60} + N_{120}$	4,9	4,7	4,8	4,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	4,7	4,3	4,4	4,5
Фон + N_{120}	5,1	4,9	4,9	5,0
Фон + N_{60} + N_{60}	5,0	4,8	4,8	4,9
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	5,0	4,9	4,8	4,9
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	4,1	4,1	4,0	4,1
$P_{60} + N_{120}$	4,1	4,1	4,1	4,1
$K_{60} + N_{120}$	4,8	4,8	4,9	4,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	4,3	4,3	4,3	4,3
Фон + N_{120}	5,0	4,9	5,0	5,0
Фон + N_{60} + N_{60}	4,9	4,8	4,9	4,9
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	4,9	4,9	4,9	4,9

У лінії LP 154 контрольний варіант мав середній рівень 4,1 кг/т. Застосування фосфорних добрив із азотом ($P_{60} + N_{120}$) не змінило показник (4,1 кг/т). Внесення калію з азотом ($K_{60} + N_{120}$) підвищило винесення до 4,8 кг/т. Найвищі значення отримано у варіанті Фон + N_{120} – 5,0 кг/т, тоді як інші варіанти з додатковим азотом (Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}) забезпечували рівень 4,9 кг/т.

Отже найбільше відносне винесення калію з урожаєм зерна забезпечує застосування фонового фосфорно-калійного удобрення з додатковим внесенням азоту.

Таблиця 5.33 показує дослідження, щодо відносного винесення калію урожаєм соломи тритикале озимого за різних систем удобрення.

Таблиця 5.33

Відносне винесення калію урожаєм соломи тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/т

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	8,0	7,9	8,2	8,0
$P_{60} + N_{120}$	8,0	8,0	8,1	8,0
$K_{60} + N_{120}$	8,5	8,7	8,8	8,7
$P_{60}K_{60}$ – фон	8,2	8,3	8,3	8,3
Фон + N_{120}	8,7	8,9	9,0	8,9
Фон + $N_{60} + N_{60}$	8,7	8,8	8,9	8,8
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	8,7	8,9	8,9	8,8
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	8,1	8,0	7,9	8,0
$P_{60} + N_{120}$	8,0	8,0	8,0	8,0
$K_{60} + N_{120}$	8,9	8,6	8,5	8,7
$P_{60}K_{60}$ – фон	8,3	8,2	8,3	8,3
Фон + N_{120}	9,0	8,8	8,8	8,9
Фон + $N_{60} + N_{60}$	8,9	8,8	8,7	8,8
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	8,9	8,7	8,8	8,8

Для сорту Аякс у варіанті Без добрив (контроль) середній показник становив 8,0 кг/т. Використання фосфорних добрив у поєднанні з азотом

(P_{60} + N_{120}) не змінило рівень винесення (8,0 кг/т). Натомість варіант K_{60} + N_{120} забезпечив підвищення до 8,7 кг/т, а найвищі значення спостерігалися у варіанті Фон + N_{120} – 8,9 кг/т. Варіанти Фон + N_{60} + $N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + $N_{60\ т}$акож показали стабільно високі результати – 8,8 кг/т.

У лінії LP 154 контрольний варіант мав середній рівень 8,0 кг/т. Застосування фосфорних добрив із азотом (P_{60} + N_{120}) не вплинуло на показник (8,0 кг/т). Внесення калію з азотом (K_{60} + N_{120}) підвищило винесення до 8,7 кг/т. Найвищі значення отримано у варіанті Фон + N_{120} – 8,9 кг/т, тоді як інші варіанти з додатковим азотом (Фон + N_{60} + $N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + $N6_0$) забезпечували рівень 8,8 кг/т.

Отже, результати показують, що найбільше відносне винесення калію з урожаєм соломи забезпечує застосування фонового фосфорно-калійного удобрення з додатковим внесенням азоту.

Дослідження щодо відносного винесення калію урожаєм зерна та відповідної маси соломи тритикале озимого за різних систем удобрення (таблиця 5.34).

Для сорту Аякс у варіанті без добрив (контроль) середній показник становив 21,0 кг/т. Використання фосфорних добрив у поєднанні з азотом (P_{60} + N_{120}) підвищувало винесення до 22,0 кг/т. Варіант K_{60} + N_{120} забезпечив ще вищий рівень – 24,2 кг/т, а максимальні значення спостерігалися у варіанті Фон + N_{120}, де середній показник досягав 24,8 кг/т. Варіанти Фон + N_{60} + $N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + $N_{60\ т}$акож показали високі результати – 23,9–24,0 кг/т.

У лінії LP 154 контрольний варіант мав середній рівень 22,5 кг/т. Застосування фосфорних добрив із азотом (P_{60} + N_{120}) підвищувало показник до 23,0 кг/т. Внесення калію з азотом (K_{60} + N_{120}) забезпечило 25,4 кг/т, а найвищі значення отримано у варіанті Фон + N_{120} – 26,0 кг/т. Варіанти з розділеним внесенням азоту (Фон + N_{60} + $N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}) показали близькі результати – 25,1 кг/т.

Таким чином, найбільше відносне винесення калію урожаєм зерна та

соломи спостерігалося у варіантах із комплексним фосфорно-калійним удобренням у поєднанні з азотом.

Таблиця 5.34

Відносне винесення калію урожаєм зерна та відповідної маси соломи тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг/т

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	21,1	21,4	20,6	21,0
$P_{60} + N_{120}$	21,8	22,4	21,9	22,0
$K_{60} + N_{120}$	23,6	24,7	24,2	24,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	21,9	22,6	21,0	21,8
Фон + N_{120}	24,2	25,4	24,7	24,8
Фон + $N_{60} + N_{60}$	23,3	25,0	23,5	23,9
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	23,3	25,4	23,5	24,0
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	22,7	23,3	21,4	22,5
$P_{60} + N_{120}$	23,3	23,3	22,5	23,0
$K_{60} + N_{120}$	26,2	25,4	24,5	25,4
$P_{60}K_{60}$ – фон	22,6	23,2	22,6	22,8
Фон + N_{120}	26,6	26,0	25,2	26,0
Фон + $N_{60} + N_{60}$	25,4	25,9	24,0	25,1
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	25,4	25,8	24,3	25,1

Результати досліджень свідчать, що частка калію в господарському винесенні зерном була низькою порівняно з азотом і фосфором (табл. 5.35). Так, у середньому за три роки досліджень частка калію становила 13,9–16,2 % залежно від варіанту досліду для сорту тритикале озимого Аякс і 13,4–15,6 % для лінії LP 154. При цьому поліпшення азотного

живлення рослин тритикале озимого сприяло зростанню частки калію в господарському винесенні. Впродовж років досліджень цей показник змінювався мало.

Таблиця 5.35

Частка калію в господарському винесенні зерном тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	14,2	14,8	15,9	15,0
$P_{60} + N_{120}$	13,0	13,8	15,0	13,9
$K_{60} + N_{120}$	15,0	16,0	17,4	16,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	15,0	15,6	16,4	15,7
Фон + N_{120}	15,0	16,3	17,2	16,2
Фон + $N_{60} + N_{60}$	14,7	15,8	17,0	15,8
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	14,6	15,8	16,7	15,7
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	12,0	14,6	15,1	13,9
$P_{60} + N_{120}$	11,5	14,0	14,8	13,4
$K_{60} + N_{120}$	13,1	16,1	17,7	15,6
$P_{60}K_{60}$ – фон	12,4	15,0	15,8	14,4
Фон + N_{120}	13,3	16,1	17,2	15,5
Фон + $N_{60} + N_{60}$	13,1	15,8	17,0	15,3
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	13,0	15,7	16,9	15,2

Таблиця 5.36 показує частку калію у господарському винесенні соломою тритикале озимого залежно від виду та дози внесених добрив. Аналіз даних показує, що у контрольному варіанті (без добрив) частка калію була найвищою й становила в середньому 60,9 % у сорту Аякс та

61,4 % у лінії LP 154. Внесення фосфорних добрив у поєднанні з азотом (P_{60} + N_{120}) призводило до зниження цього показника до 57,4 % та 58,1 % відповідно, що свідчить про певне зміщення балансу елементів живлення.

Таблиця 5.36

Частка калію в господарському винесенні соломою тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	60,1	61,7	60,7	60,9
P_{60} + N_{120}	57,2	58,4	56,6	57,4
K_{60} + N_{120}	60,3	62,6	60,7	61,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	60,3	61,1	59,7	60,4
Фон + N_{120}	58,0	60,1	58,4	58,8
Фон + N_{60} + N_{60}	58,8	60,3	58,5	59,2
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	58,8	60,1	58,5	59,2
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	61,4	62,0	60,8	61,4
P_{60} + N_{120}	58,0	58,8	57,6	58,1
K_{60} + N_{120}	62,3	62,8	61,2	62,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	61,5	61,6	61,4	61,5
Фон + N_{120}	60,0	59,9	59,1	59,6
Фон + N_{60} + N_{60}	60,1	60,7	59,6	60,1
Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}	59,7	60,0	59,4	59,7

Натомість застосування калійних добрив (K_{60} + N_{120}) забезпечувало підвищення частки калію у винесенні соломою –до 61,2 % у сорту Аякс та 62,1 % у лінії LP 154. Використання фонового удобрення ($P_{60}K_{60}$) підтримувало стабільні показники на рівні 60,4 – 61,5 %. Додавання азоту

на фоні (N_{120} або роздільне внесення $N_{60} + N_{60}$) дещо знижувало частку калію (до 58,8 – 60,1 %), проте різниця була невеликою. Внесення сірки разом з азотом ($N_{60}S_{35} + N_{60}$) не мало істотного впливу на показники винесення калію, залишаючись на рівні 59,2–59,7 %.

З результатів досліджень (таблиця 5.37) видна, що частку калію в загальному господарському винесенні тритикале озимого залежно від виду та дози внесених добрив у контрольному варіанті (без добрив) показники становили 36,1 % для сорту Аякс та 36,0 % для лінії LP 154.

Таблиця 5.37

Частка калію в загальному господарському винесенні тритикале озимого за різних видів і доз добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
Без добрив (контроль)	34,9	36,5	37,0	36,1
$P_{60} + N_{120}$	33,3	34,8	35,7	34,6
$K_{60} + N_{120}$	35,7	38,1	39,1	37,6
$P_{60}K_{60}$ – фон	35,3	37,2	36,9	36,4
Фон + N_{120}	34,9	37,5	38,1	36,8
Фон + $N_{60} + N_{60}$	34,5	37,0	37,5	36,4
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	34,4	36,9	37,2	36,2
Лінія LP 154				
Без добрив (контроль)	33,7	37,2	37,2	36,0
$P_{60} + N_{120}$	32,6	35,5	36,2	34,7
$K_{60} + N_{120}$	35,4	38,4	39,4	37,7
$P_{60}K_{60}$ – фон	33,6	36,8	38,0	36,1
Фон + N_{120}	34,8	37,5	38,3	36,9
Фон + $N_{60} + N_{60}$	34,2	37,6	38,0	36,6
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	33,8	37,0	37,9	36,2

Внесення фосфорних добрив у поєднанні з азотом (P_{60} + N_{120}) знижувало частку калію до 34,6 % у сорту Аякс та 34,7 % у лінії LP 154. Натомість застосування калійних добрив (K_{60} + N_{120}) забезпечувало найвищі показники — 37,6 % та 37,7 % відповідно, що свідчить про позитивний вплив калійного живлення на акумуляцію цього елемента.

Фонове удобрення ($P_{60}K_{60}$) підтримувало стабільні значення на рівні 36,1–36,4 %. Додавання азоту на фоні (N_{120} або роздільне внесення N_{60} + N_{60}) сприяло незначному підвищенню частки калію (до 36,4–36,9 %), що вказує на взаємодію азотного живлення з калійним балансом. Внесення сірки разом з азотом ($N_{60}S_{35}$ + N_{60}) не мало істотного впливу, показники залишалися на рівні 36,2 %.

Таким чином, найбільший вплив на частку калію в загальному господарському винесенні тритикале озимого мав варіант внесення калійних добрив, що забезпечував її підвищення порівняно з іншими варіантами.

Таблиця 5.38 показує баланс калію за вирощування тритикале озимого за різних видів і доз добрив. У контрольному варіанті (без добрив) баланс калію був від’ємним і становив у середньому від -30,5до -32,2 кг/га для сорту Аякс та -29,3 до -29,9 кг/га для лінії LP 154, що свідчить про виснаження ґрунтових запасів калію без застосування добрив.

Внесення фосфору в поєднанні з азотом (P_{60} + N_{120}) не забезпечувало стабільного позитивного балансу: у 2022 та 2024 роках показники були від’ємними (-36,4 до -37,3 кг/га для сорту Аякс та -36,9 до -38,8 кг/га для лінії LP 154), тоді як у 2023 році спостерігалося тимчасове зростання до позитивних значень (22,5 та 20 кг/га).

Застосування калійних добрив (K_{60} + N_{120}) мало найбільш виражений ефект: у 2022 та 2024 роках баланс був позитивним (18,0 - 18,2 кг/га для сорту Аякс та 13,9-17,4 кг/га для лінії LP 154), проте у 2023 році відзначено значне зниження до -41,5 та -46,2 кг/га відповідно.

Фонове удобрення ($P_{60}K_{60}$) забезпечувало стабільно позитивний

баланс калію на рівні 25,3-27,8 кг/га для обох генотипів. Додавання азоту на фоні (N_{120} або роздільне внесення $N_{60} + N_{60}$) сприяло підтриманню позитивного балансу, хоча й на нижчому рівні (11,0–21,0 кг/га). Внесення сірки разом з азотом ($N_{60}S_{35} + N_{60}$) також забезпечувало позитивні значення (11,6-20,1 кг/га), проте істотного підвищення порівняно з варіантами без сірки не спостерігалося.

Таблиця 5.38

Баланс калію за вирощування тритикале озимого за різних видів і доз добрив без видалення соломи з поля, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження		
	2022	2023	2024
Сорт Аякс (чинник В)			
Без добрив (контроль)	-30,5	-29,3	-32,2
$P_{60} + N_{120}$	-36,4	22,5	-37,3
$K_{60} + N_{120}$	18	-41,5	18,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	25,5	27	25,3
Фон + N_{120}	15,3	12,8	14,1
Фон + $N_{60} + N_{60}$	19,4	14,5	21
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	18,4	13	20,1
Лінія LP 154			
Без добрив (контроль)	-29,3	-29,8	-29,9
$P_{60} + N_{120}$	-36,9	20	-38,8
$K_{60} + N_{120}$	17,4	-46,2	13,9
$P_{60}K_{60}$ – фон	27,5	27,8	27,6
Фон + N_{120}	14,1	11	11,7
Фон + $N_{60} + N_{60}$	17,8	12,9	16,9
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	17,1	11,6	15,3

Таким чином, найбільш позитивний баланс калію забезпечувало

фонове удобрення $P_{60}K_{60}$, тоді як внесення лише фосфорних добрив у поєднанні з азотом призводило до від'ємних значень.

З таблиці 5.39 інтенсивність балансу калію за вирощування тритикале озимого залежно від виду та дози внесених добрив за умови без видалення соломи з поля видно, що у контрольному варіанті (без добрив) інтенсивність балансу залишалася на рівні 0 %, що відображає відсутність позитивного ефекту без застосування добрив.

Внесення фосфорних добрив у поєднанні з азотом (P_{60}+N_{120}) забезпечувало різко виражений ефект лише у 2023 році – інтенсивність балансу становила 160 % у сорту Аякс та 150 % у лінії LP 154, тоді як у 2022 та 2024 роках показники залишалися на рівні 0 %.

Застосування калійних добрив (K_{60} + N_{120}) сприяло значному підвищенню інтенсивності балансу у 2022 та 2024 роках (143–144 % для сорту Аякс та 130 – 141 % для лінії LP 154), проте у 2023 році показники знижувалися до нуля.

Фонове удобрення ($P_{60}K_{60}$) забезпечувало найвищі та стабільні значення інтенсивності балансу калію 173 – 182 % у сорту Аякс та 185 – 186 % у лінії LP 154, що свідчить про найбільш ефективний вплив цього варіанту на формування позитивного калійного балансу.

Додавання азоту на фоні (N_{120} або роздільне внесення N_{60} + N_{60}) підтримувало високі показники інтенсивності (127 – 154 % у сорту Аякс та 122 – 139 % у лінії LP 154). Внесення сірки разом з азотом ($N_{60}S_{35}$ + N_{60}) забезпечувало близькі значення (128 – 150 % та 124 – 140 % відповідно), що свідчить про відсутність істотного додаткового ефекту від включення сірки.

Найбільш стабільний і високий рівень інтенсивності балансу калію забезпечувало фонове удобрення $P_{60}K_{60}$.

Таблиця 5.39

Інтенсивність балансу калію за вирощування тритикале озимого за різних видів і доз добрив без видалення соломи з поля, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження		
	2022	2023	2024
Сорт Аякс (чинник В)			
Без добрив (контроль)	0	0	0
$P_{60} + N_{120}$	0	160	0
$K_{60} + N_{120}$	143	0	144
$P_{60}K_{60}$ – фон	174	182	173
Фон + N_{120}	134	127	131
Фон + $N_{60} + N_{60}$	148	132	154
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	144	128	150
Лінія LP 154			
Без добрив (контроль)	0	0	0
$P_{60} + N_{120}$	0	150	0
$K_{60} + N_{120}$	141	0	130
$P_{60}K_{60}$ – фон	185	186	185
Фон + N_{120}	131	122	124
Фон + $N_{60} + N_{60}$	142	127	139
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	140	124	134

У результаті проведених досліджень встановлено, що:

Вміст азоту в зерні тритикале озимого, господарське винесення, відносне винесення збільшуються від застосування азотних добрив. При цьому дефіцит азоту в ґрунті знижується. Проте всі досліджені параметри азоту значно змінюються від погодних умов року проведення досліджень. У зерні сорту Аякс вміст азоту, у середньому за три роки, зростає від 1,74 до 1,91 % за внесення найбільшої дози азотних добрив одноразово. При

цьому варіанти із роздрібним внесенням азотних добрив забезпечують вищі показники вмісту азоту в зерні, проте неістотно. Варіанти з неповним поверненням фосфорних або калійних добрив сприяють формуванню нижчого вмісту азоту, проте неістотно. Не впливає на цей показник застосування фосфорних і калійних добрив. Необхідно відзначити, що вміст азоту в зерні лінії LP 154 був на 8–11 % вищим порівняно з сортом Аякс. При цьому тенденції впливу різних сценаріїв внесення добрив були подібними.

Господарське винесення в варіанті без добрив становить 127,6 кг і зростає до 175,9 кг або на 38 % у варіанті Фон + N_{120} за вирощування сорту Аякс. Господарське винесення азоту з урожаєм зерна за неповного повернення фосфорних і калійних добрив на 4–8 % менше порівняно з повним мінеральним добривом. Варіанти з роздрібним внесенням азотних добрив забезпечують лише на 3–7 % менший господарський винос. Найменше на цей показник впливає застосування фосфорних і калійних добрив, оскільки становить на рівні 133,7 кг/га або на 5 % більше порівняно з контролем. Господарське винесення азоту з урожаєм зерна в лінії LP 154 було на 10–12 % більше порівняно з сортом Аякс. При цьому вплив удобрення змінюється подібно.

Відносне винесення азоту 1 т зерна тритикале озимого зростало від застосування азотних добрив. У середньому за три роки досліджень у сорту тритикале озимого Аякс відносне винесення азоту зростало від 21,2 кг/т до 23,3–23,9 кг/т зерна або на 9–10 %. При цьому варіанти з роздрібним внесенням азотних добрив були майже на однаковому рівні з варіантом, де азотні добрива вносили одноразово. Відносне винесення азоту в лінії LP 154 було на 8–9 % більшим порівняно з сортом Аякс – 23,4–25,6 кг/т зерна. При цьому внесення азотних добрив збільшувало цей показник на 2–4 % порівняно з контролем.

Відносне винесення азоту також значно змінюється залежно від року проведення досліджень. Так, у сприятливішому 2022 р. відносне винесення

азоту змінюється від 16,9 до 19,1 кг/т зерна в сорту Аякс і від 20,6 до 22,7 кг/т зерна в лінії LP 154. У менш сприятливому 2024 р. відносне винесення азоту становить від 13,5 до 14,7 кг/т і від 13,9 до 14,8 кг/т зерна відповідно.

Найбільший дефіцит азоту в ґрунті становить на ділянках без добрив і за внесення фосфорних і калійних добрив – -119,9–-146,7 кг/га залежно від року дослідження за вирощування сорту Аякс. Баланс азоту на рівні -14,3–-72,0 кг/га отримано за внесення азотних добрив. Тенденція зміни балансу азоту в ґрунті за вирощування лінії LP 154 подібна до сорту Аякс. При цьому величина дефіциту азоту на 23–70 % більша порівняно з сортом Аякс.

Для сорту Аякс середнє винесення фосфору в контролі становило 76,1 кг/га, тоді як за внесення $P_{60} + N_{120}$ показник зростав до 108,2 кг/га, а максимальні значення 114,7 кг/га спостерігалися у варіанті Фон + N_{120}. Застосування $K_{60} + N_{120}$ забезпечувало 93,0 кг/га, комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 84,5 кг/га, а варіанти з розподіленим внесенням азоту Фон + $N_{60} + N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували відповідно 102,9 і 105,5 кг/га.

Для лінії LP 154 середнє винесення фосфору у контролі становило 75,6 кг/га, внесення $P_{60} + N_{120}$ підвищувало його до 111,2 кг/га, а найвищий рівень спостерігався у варіанті Фон + N_{120} (117,4 кг/га). Застосування $K_{60} + N_{120}$ забезпечувало 97,1 кг/га, внесення $P_{60}K_{60}$ давало 81,7 кг/га, тоді як варіанти Фон + $N_{60} + N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували відповідно 107,7 і 110,1 кг/га.

Для сорту Аякс середнє значення відносного винесення у контролі становило 11,0 кг/т, тоді як за внесення $P_{60} + N_{120}$ показник зростав до 12,8 кг/т, а максимальні значення 13,3 кг/т спостерігалися у варіанті Фон + N_{120}. Застосування $K_{60} + N_{120}$ забезпечувало лише 11,4 кг/т, комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 11,8 кг/т, а варіанти з розподіленим внесенням азоту Фон + $N_{60} + N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували стабільні значення 12,9 кг/т.

Для лінії LP 154 середнє значення у контролі становило 11,0 кг/т, внесення P_{60} + N_{120} підвищувало його до 12,7 кг/т, а найвищий рівень спостерігався у варіанті Фон + N_{120} (13,1 кг/т). Застосування K_{60} + N_{120} забезпечувало лише 11,1 кг/т, внесення $P_{60}K_{60}$ давало 11,6 кг/т, тоді як варіанти Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували відповідно 12,7 і 12,8 кг/т.

Для сорту Аякс контрольні варіанти характеризувалися значним від'ємним балансом, що свідчить про дефіцит елемента. Внесення $P_{60}K_{60}$ забезпечувало позитивні значення у межах 7,9 – 11,6 кг/га, а також доцільно відзначити варіанти з розподіленим внесенням азоту, де баланс коливався від незначних від'ємних до позитивних показників (-2,6 до 4,0 кг/га). У випадку застосування P_{60} + N_{120} спостерігалася різке зниження у 2024 році.

Для лінії LP 154 контроль також мав від'ємний баланс. Найбільш доцільним виявилося внесення $P_{60}K_{60}$, що забезпечувало стабільно позитивні значення 9,8–12,4 кг/га. Варіанти з додатковим азотом давали коливання від невеликих мінусів до незначних плюсів, тоді як застосування P_{60} + N_{120} у 2024 році призводило до значного дефіциту.

Для сорту Аякс у варіанті без добрив (контроль) загальний господарський винос становив 137,3 кг/га. Використання фосфорних добрив у поєднанні з азотом (P_{60} + N_{120}) підвищувало винесення калію до 176,4 кг/га, а внесення калію з азотом (K_{60} + N_{120}) – до 186,6 кг/га. Найвищі значення отримано у варіанті Фон + N_{120}, де середній показник досягав 203,4 кг/га, що істотно перевищувало контроль.

У лінії LP 154 контрольний варіант забезпечив лише 145,1 кг/га. У варіанті P_{60} + N_{120} винесення калію становило 191,6 кг/га, а у варіанті K_{60} + N_{120} – 208,9 кг/га. Максимальні показники зафіксовано у варіанті Фон + N_{120}, де середнє винесення калію становило 221,0 кг/га, що істотно перевищувало контрольні значення.

Для сорту Аякс у варіанті без добрив (контроль) середній показник

відносного винесення становив 21,0 кг/т. Використання фосфорних добрив у поєднанні з азотом (P_{60} + N_{120}) підвищувало винесення до 22,0 кг/т. Варіант K_{60} + N_{120} забезпечив ще вищий рівень – 24,2 кг/т, а максимальні значення спостерігалися у варіанті Фон + N_{120}, де середній показник досягав 24,8 кг/т. Варіанти Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} також показали високі результати – 23,9–24,0 кг/т.

У лінії LP 154 контрольний варіант мав середній рівень 22,5 кг/т. Застосування фосфорних добрив із азотом (P_{60} + N_{120}) підвищувало показник до 23,0 кг/т. Внесення калію з азотом (K_{60} + N_{120}) забезпечило 25,4 кг/т, а найвищі значення отримано у варіанті Фон + N_{120} – 26,0 кг/т. Варіанти з розділеним внесенням азоту (Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}) показали близькі результати – 25,1 кг/т.

Баланс калію за вирощування тритикале озимого за різних видів і доз добрив. У контрольному варіанті (без добрив) баланс калію був від'ємним і становив у середньому від -30,5до -32,2 кг/га для сорту Аякс та -29,3 до -29,9 кг/га для лінії LP 154, що свідчить про виснаження ґрунтових запасів калію без застосування добрив.

Внесення фосфору в поєднанні з азотом (P_{60} + N_{120}) не забезпечувало стабільного позитивного балансу: у 2022 та 2024 роках показники були від'ємними (-36,4 до -37,3 кг/га для сорту Аякс та -36,9 до -38,8 кг/га для лінії LP 154), тоді як у 2023 році спостерігалося тимчасове зростання до позитивних значень (22,5 та 20 кг/га).

Застосування калійних добрив (K_{60} + N_{120}) мало найбільш виражений ефект: у 2022 та 2024 роках баланс був позитивним (18,0 - 18,2 кг/га для сорту Аякс та 13,9-17,4 кг/га для лінії LP 154), проте у 2023 році відзначено значне зниження до -41,5 та -46,2 кг/га відповідно.

Фонове удобрення ($P_{60}K_{60}$) забезпечувало стабільно позитивний баланс калію на рівні 25,3-27,8 кг/га для обох генотипів. Додавання азоту на фоні (N_{120} або роздільне внесення N_{60} + N_{60}) сприяло підтриманню позитивного балансу, хоча й на нижчому рівні (11,0–21,0 кг/га). Внесення

сірки разом з азотом ($N_{60}S_{35}$ + N_{60}) також забезпечувало позитивні значення (11,6-20,1 кг/га), проте істотного підвищення порівняно з варіантами без сірки не спостерігалося.

Результати досліджень висвітлено в публікаціях [144, 151].

РОЗДІЛ 6
АГРОХІМІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПІД ТРИТИКАЛЕ ОЗИМЕ

Азот, що широко використовується в сільськогосподарському виробництві, є критично важливим макроелементом, що впливає на ріст і продуктивність зернових культур, включаючи тритикале озиме. Він безпосередньо впливає на кущення, розвиток площі листків, ефективність фотосинтезу та, зрештою, на накопичення біомаси і врожайність зерна [30].

Азот є важливим елементом, що бере участь у синтезі білка та активності ферментів, і відіграє ключову роль у визначенні кількості зерен на колос і ваги тисячі зерен. Рівень накопичення азоту в зерні пов'язаний з азотом, що міститься у внесених добривах, причому концентрація білка в зерні зростає зі збільшенням внесення азотних добрив [33].

Сірка має вирішальне значення для синтезу білка та засвоєння азоту. Вона є будівельним блоком ключових амінокислот і ферментів, а її дефіцит призводить до поганого використання азоту. Численні роботи [40] вказують на позитивний вплив сірки на метаболізм азоту в рослинах. Співвідношення азоту до сірки, співвідношення N:S, у вибраних частинах рослин є одним з найкращих і найпоширеніших показників потреб рослини у сірці. В умовах дефіциту сірки рослини не можуть повністю використовувати навіть високі дози азоту, що, як наслідок, знижує врожайність і погіршує її якість (наприклад, знижує вміст білка). Вузьке співвідношення N:S у тканинах рослин свідчить про ефективніше поглинання азоту.

Ефективність удобрення можна підвищити шляхом внесення добрив у відповідних дозах, оптимізуючи терміни їх внесення та покращуючи стан ґрунту для запобігання обмеженням поглинання та транспортування

поживних речовин з ґрунту до коренів рослин. Очікується, що глибоке розуміння потреб конкретних культур у поживних речовинах, а також впливу різних біотичних та абіотичних факторів на доступність та використання поживних речовин, пом'якшить негативний вплив на навколишнє середовище, пов'язаний з широким використанням азотних добрив [53].

Головною ідеєю сталого сільського господарства є зменшення використання токсичних пестицидів і гербіцидів, а також мінеральних добрив. Особливу увагу слід приділяти обмеженню використання мінеральних добрив, особливо азотних, оскільки їх неправильне застосування може призвести до серйозних екологічних проблем, включаючи деградацію ґрунту, забруднення води, викиди газоподібного азоту в атмосферу та вплив на біорізноманіття [57].

За оцінками, у світовому масштабі лише 47% азоту з мінеральних добрив використовується рослинами, а решта втрачається, що сприяє викидам парникових газів та евтрофікації води. Ефективність використання компонентів внесених добрив, таких як азот, є одним з основних показників, що дозволяє оцінити рівень сталості сільськогосподарського виробництва в контексті економічної ефективності та впливу на навколишнє середовище. Основними викликами для сталого сільського господарства є впровадження відповідних змін у тип добрив, їх застосування та скорочення використання азотних добрив [78].

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, як рослинництва, так і тваринництва, у відповідь на зростаючий попит на продукти харчування не може бути реалізована без забезпечення ґрунту мінеральними компонентами, головним чином азотом. За оцінками, до 2050 року світовий попит на продукти харчування подвоїться, що загострить екологічні проблеми [80]. З огляду на необхідне збільшення сільськогосподарського виробництва та пов'язані з цим загрози, необхідно постійно докладати зусиль для пом'якшення негативного впливу

сільськогосподарських процедур на всю агроекосистему, включаючи родючість ґрунту, біотичні та абіотичні стреси, одночасно покращуючи поглинання азоту з внесених добрив.

Результати досліджень свідчать, що найбільшу окупність забезпечувало внесення азотної складової в повному мінеральному добриві (табл. 6.1). Так, у середньому за три роки окупність добрив змінювалась від 5,9 до 10,9 кг зерна залежно від виду добрив з азотною складовою. При цьому внесення фосфорних і калійних добрив мало найменшу окупність – 3,0 кг за вирощування сорту тритикале озимого Аякс.

Таблиця 6.1

Окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив приростом урожаю зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив, кг зерна

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
$P_{60} + N_{120}$	10,2	13,2	9,2	10,9
$K_{60} + N_{120}$	9,6	9,6	6,8	8,6
$P_{60}K_{60}$ – фон	2,4	3,4	2,2	2,7
Фон + N_{120}	8,1	11,2	8,2	9,2
Фон + $N_{60} + N_{60}$	5,0	10,4	2,3	5,9
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	6,0	11,0	3,2	6,7
Лінія LP 154				
$P_{60} + N_{120}$	11,9	16,0	12,9	13,6
$K_{60} + N_{120}$	11,1	15,2	12,4	12,9
$P_{60}K_{60}$ – фон	4,0	2,1	0,7	2,3
Фон + N_{120}	9,8	13,2	10,6	11,2
Фон + $N_{60} + N_{60}$	7,1	12,3	6,4	8,6
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	7,8	12,6	8,0	9,5

Необхідно відзначити вищу ефективність застосування азотно-

фосфорної системи порівняно з азотно-калійною. Крім цього, внесення повного мінерального добрива знижувало окупність зерном. При цьому роздрібне застосування азотних добрив було менш ефективним порівняно з одноразовим їх внесенням.

Найбільший енергетичний дохід забезпечувало внесення повного мінерального добрива за вирощування лінії LP 154 –38,1 ГДж/га проти 28,9 ГДж/га в сорту Аякс (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Чистий енергетичний дохід/дефіцит тритикале озимого за різних видів і доз добрив, ГДж/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2022	2023	2024	
Сорт Аякс (чинник В)				
$P_{60} + N_{120}$	22,3	32,7	19,1	24,7
$K_{60} + N_{120}$	21,9	22,1	12,3	18,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	2,7	5,0	2,1	3,2
Фон + N_{120}	24,0	38,2	24,4	28,9
Фон + $N_{60} + N_{60}$	9,5	34,6	-2,9	13,7
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	14,1	37,2	1,3	17,5
Лінія LP 154				
$P_{60} + N_{120}$	28,3	42,4	31,7	34,1
$K_{60} + N_{120}$	27,3	41,4	31,9	33,5
$P_{60}K_{60}$ – фон	6,3	1,9	-1,3	2,3
Фон + N_{120}	31,7	47,4	35,3	38,1
Фон + $N_{60} + N_{60}$	19,4	43,4	16,2	26,3
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	22,3	44,7	23,5	30,2

Парні комбінації добрив з азотною складовою забезпечували на 10–15 % меншу енергетичну ефективність порівняно з повним мінеральним добривом. Роздрібне внесення азотних добрив було найменш ефективним

порівняно з системами, що містили азотну складову. Проте найнижчу ефективність мало внесення фосфорних і калійних добрив – 2,3–3,2 ГДж/га енергії.

Розрахунки свідчать, що найбільший прибуток отримано за вирощування лінії LP 154 у варіантах $P_{60} + N_{120}$ і $K_{60} + N_{120}$ – 63,3–64,0 тис. грн./га (табл. 6.3). Дещо меншу ефективність мало внесення повного мінерального добрива – 62,9 тис. грн./га.

Встановлено, що вирощування сорту тритикале озимого Аякс забезпечувало на 3,3–5,4 тис. грн./га менший прибуток порівняно з лінією LP 154. Проте ефективність удобрення змінювалась подібно.

Менше контрольного варіанту вирощування обох культиварів тритикале озимого було за фосфорно-калійної системи удобрення. Ефективність роздрібного внесення азотних добрив також була нижчою порівняно з одноразовим їх застосуванням.

Отже, в результаті досліджень можна зробити наступні висновки:

Найбільшу окупність забезпечувало внесення азотної складової в повному мінеральному добриві. Так, у середньому за три роки окупність добрив змінювалась від 5,9 до 10,9 кг зерна залежно від виду добрив з азотною складовою. При цьому внесення фосфорних і калійних добрив мало найменшу окупність – 3,0 кг за вирощування сорту тритикале озимого Аякс.

Необхідно відзначити вищу ефективність застосування азотно-фосфорної системи порівняно з азотно-калійною. Крім цього, внесення повного мінерального добрива знижувало окупність зерном. При цьому роздрібне застосування азотних добрив було менш ефективним порівняно з одноразовим їх внесенням.

Найбільший енергетичний дохід забезпечувало внесення повного мінерального добрива за вирощування лінії LP 154 –38,1 ГДж/га проти 28,9 ГДж/га в сорту Аякс.

Таблиця 6.3

Економічна ефективність застосування різних видів і доз добрив під тритикале озиме

Варіант досліду	Показник				
	Урожайність, т/га	Вартість продукції, тис. грн/га	Витрати на вирощування, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %
Сорт Аякс					
Без добрив (контроль)	8,56	66,8	11,3	55,5	391
$P_{60} + N_{120}$	10,51	82,0	22,0	60,0	173
$K_{60} + N_{120}$	10,11	78,9	20,3	58,6	188
$P_{60}K_{60}$ – фон	8,88	69,3	17,4	51,9	198
Фон + N_{120}	10,76	83,9	24,2	59,7	147
Фон + $N_{60} + N_{60}$	9,97	77,8	25,1	52,7	110
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	10,17	79,3	26,3	53,0	102
Лінія LP 154					
Без добрив (контроль)	8,49	66,2	11,3	54,9	386
$P_{60} + N_{120}$	10,93	85,3	22,0	63,3	188
$K_{60} + N_{120}$	10,81	84,3	20,3	64,0	215
$P_{60}K_{60}$ – фон	8,76	68,3	17,4	50,9	193
Фон + N_{120}	11,17	87,1	24,2	62,9	160
Фон + $N_{60} + N_{60}$	10,56	82,4	25,1	57,3	128
Фон + N_{60} $S_{35} + N_{60}$	10,76	83,9	26,3	57,6	119

Парні комбінації добрив з азотною складовою забезпечували на 10–

15 % меншу енергетичну ефективність порівняно з повним мінеральним добривом. Роздрібне внесення азотних добрив було найменш ефективним порівняно з системами, що містили азотну складову. Проте найнижчу ефективність мало внесення фосфорних і калійних добрив – 2,3–3,2 ГДж/га енергії.

Розрахунки свідчать, що найбільший прибуток отримано за вирощування лінії LP 154 у варіантах $P_{60} + N_{120}$ і $K_{60} + N_{120}$ – 63,3–64,0 тис. грн./га. Дещо меншу ефективність мало внесення повного мінерального добрива – 62,9 тис. грн./га.

Встановлено, що вирощування сорту тритикале озимого Аякс забезпечувало на 3,3–5,4 тис. грн./га менший прибуток порівняно з лінією LP 154. Проте ефективність удобрення змінювалась подібно.

Менше контрольного варіанту вирощування обох культиварів тритикале озимого було за фосфорно-калійної системи удобрення. Ефективність роздрібного внесення азотних добрив також була нижчою порівняно з одноразовим їх застосуванням.

Отже, під тритикале озиме рекомендується вносити добрива в дозі $P_{60}K_{60} + N_{120}$, що забезпечує найбільшу врожайність зерна з високою економічною ефективністю та безпечністю для навколишнього природного середовища.

ВИСНОВКИ

1. За внесення $P_{60}K_{60} + N_{120}$ кількість продуктивних стебел у тритикале озимого сорту Аякс може становити 772–799 шт/м^2, маса 1000 зерен – 49,3–52,1 г, маса зерна в одному колосі – 1,50–1,62 г, кількість зерна – 30,4–31,0 шт. У лінії тритикале озимого LP 154 ці показники можуть становити відповідно 541–584 шт/м^2, 55,1–55,7 г, 2,21–2,30 г і 40,2–41,7 шт.

2. За вирощування сорту Аякс у середньому за три роки досліджень урожайність збільшувалась від 8,56 т/га у варіанті без добрив до 10,76 т/га за внесення повного мінерального добрива або на 26 %. Роздрібне застосування азотних добрив не мало переваг порівняно з одноразовим підживленням. У таких варіантах цей показник збільшувався лише до 9,97–10,17 т/га, що на 6–8 % менше порівняно з внесенням N_{120}. Урожайність з внесення фосфорних та азотних і калійних та фосфорних добрив була лише на 2–6 % меншою порівняно з повним внесенням добрив. Найменше на врожайність зерна тритикале озимого впливало внесення фосфорних і калійних добрив – 8,88 т/га або більше на 4 % порівняно з контролем.

Необхідно відзначити, що врожайність зерна впродовж років змінювалась мало. У 2022 р. – від 8,24 до 10,19 т/га, в 2023 р. – від 8,52 до 11,21, а в 2024 р. – від 8,91 до 10,88 т/га. При цьому найвищу ефективність застосування добрив отримано в 2023 р. – на 32 % за внесення повного мінерального добрива.

Урожайність лінії тритикале озимого LP 154 була на рівні сорту Аякс – 8,49–11,17 т/га залежно від удобрення. Тенденція впливу внесення добрив як у середньому, так і за роки проведення досліджень була подібною до сорту Аякс.

3. Застосування азотних добрив достовірно збільшувало вміст білка в зерні обох сортів тритикале озимого. За вирощування сорту Аякс вміст білка зростав від 10,0 % у варіанті без добрив до 11,0 % за повного

мінерального добрива або на 10 %. У середньому за три роки досліджень лише внесення $N_{60}\,S_{35} + N_{60}$ забезпечило формування 11,3 % білка або більше на 3 % порівняно з одноразовим застосуванням азотних добрив.

Білковість зерна тритикале озимого лінії LP 154 була достовірно вищою порівняно з сортом Аякс. При цьому в 2022 р. вміст білка був на рівні від 13,8 до 15,2 %, а в 2023 і 2024 рр. цей показник мав тенденцію до зниження подібно до сорту Аякс.

Результати досліджень свідчать про перевагу одноразового внесення азотних добрив порівняно з роздрібним. Так, у середньому за три роки досліджень у сорту Аякс цей показник у варіанті Фон + N_{120} збільшувався до 1176 кг/га проти 853 кг/га на неудобрених ділянках. При цьому навіть за внесення Фон + $N_{60}\,S_{35} + N_{60}$ збір білка не перевищував одноразового внесеня азотних добрив (1145 кг/га).

За збором білка лінія тритикале озимого LP 154 перевищувала сорт Аякс. При цьому одноразове застосування азотних добрив було також ефективнішим порівняно з роздрібним. При цьому за вирощування обох культиварів у 2022 р. збір білка був найбільшим порівняно з 2023 і 2024 рр. завдяки формуванню вищого вмісту білка в зерні.

У зерні тритикале озимого сорту Аякс формувалось від 19,8 до 23,0 % клейковини. У середньому за три роки досліджень вміст клейковини зростав на 11 % у варіанті Фон + N_{120} порівняно з контролем. У варіанті Фон + $N_{60}\,S_{35} + N_{60}$ вміст клейковини зростав на 5 % порівняно з одноразовим внесенням азотних добрив. Необхідно відзначити, що найменше на вміст клейковини впливало застосування фосфорних і калійних добрив.

Вміст клейковини у зерні тритикале озимого лінії LP 154 був на 7–9 % вищим порівняно з сортом Аякс. При цьому ефективність різних видів добрив і вплив погодних умов була подібною до сорту Аякс.

4. Вміст азоту в зерні тритикале озимого, господарське винесення,

відносне винесення збільшуються від застосування азотних добрив. При цьому дефіцит азоту в ґрунті знижується. Проте всі досліджені параметри азоту значно змінюються від погодних умов року проведення досліджень. У зерні сорту Аякс вміст азоту, у середньому за три роки, зростає від 1,74 до 1,91 % за внесення найбільшої дози азотних добрив одноразово. При цьому варіанти із роздрібним внесенням азотних добрив забезпечують вищі показники вмісту азоту в зерні, проте неістотно. Варіанти з неповним поверненням фосфорних або калійних добрив сприяють формуванню нижчого вмісту азоту, проте неістотно. Не впливає на цей показник застосування фосфорних і калійних добрив. Необхідно відзначити, що вміст азоту в зерні лінії LP 154 був на 8–11 % вищим порівняно з сортом Аякс. При цьому тенденції впливу різних сценаріїв внесення добрив були подібними.

5. Господарське винесення в варіанті без добрив становить 127,6 кг і зростає до 175,9 кг або на 38 % у варіанті Фон + N_{120} за вирощування сорту Аякс. Господарське винесення азоту з урожаєм зерна за неповного повернення фосфорних і калійних добрив на 4–8 % менше порівняно з повним мінеральним добривом. Варіанти з роздрібним внесенням азотних добрив забезпечують лише на 3–7 % менший господарський винос. Найменше на цей показник впливає застосування фосфорних і калійних добрив, оскільки становить на рівні 133,7 кг/га або на 5 % більше порівняно з контролем. Господарське винесення азоту з урожаєм зерна в лінії LP 154 було на 10–12 % більше порівняно з сортом Аякс. При цьому вплив удобрення змінюється подібно.

Відносне винесення азоту 1 т зерна тритикале озимого зростало від застосування азотних добрив. У середньому за три роки досліджень у сорту тритикале озимого Аякс відносне винесення азоту зростало від 21,2 кг/т до 23,3–23,9 кг/т зерна або на 9–10 %. При цьому варіанти з роздрібним внесенням азотних добрив були майже на однаковому рівні з варіантом, де азотні добрива вносили одноразово. Відносне винесення

азоту в лінії LP 154 було на 8–9 % більшим порівняно з сортом Аякс – 23,4–25,6 кг/т зерна. При цьому внесення азотних добрив збільшувало цей показник на 2–4 % порівняно з контролем.

Найбільший дефіцит азоту в ґрунті становить на ділянках без добрив і за внесення фосфорних і калійних добрив – -119,9–-146,7 кг/га залежно від року дослідження за вирощування сорту Аякс. Баланс азоту на рівні -14,3–-72,0 кг/га отримано за внесення азотних добрив. Тенденція зміни балансу азоту в ґрунті за вирощування лінії LP 154 подібна до сорту Аякс. При цьому величина дефіциту азоту на 23–70 % більша порівняно з сортом Аякс.

6. Для сорту Аякс середнє значення відносного винесення у контролі становило 11,0 кг/т, тоді як за внесення P_{60} + N_{120} показник зростав до 12,8 кг/т, а максимальні значення 13,3 кг/т спостерігалися у варіанті Фон + N_{120}. Застосування K_{60} + N_{120} забезпечувало лише 11,4 кг/т, комбіноване внесення $P_{60}K_{60}$ давало 11,8 кг/т, а варіанти з розподіленим внесенням азоту Фон + N_{60} + $N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували стабільні значення 12,9 кг/т.

Для лінії LP 154 середнє значення у контролі становило 11,0 кг/т, внесення P_{60} + N_{120} підвищувало його до 12,7 кг/т, а найвищий рівень спостерігався у варіанті Фон + N_{120} (13,1 кг/т). Застосування K_{60} + N_{120} забезпечувало лише 11,1 кг/т, внесення $P_{60}K_{60}$ давало 11,6 кг/т, тоді як варіанти Фон + N_{60} + $N_{60\ т}$а Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} забезпечували відповідно 12,7 і 12,8 кг/т.

Для сорту Аякс контрольні варіанти характеризувалися значним від’ємним балансом, що свідчить про дефіцит елемента. Внесення $P_{60}K_{60}$ забезпечувало позитивні значення у межах 7,9 – 11,6 кг/га, а також доцільно відзначити варіанти з розподіленим внесенням азоту, де баланс коливався від незначних від’ємних до позитивних показників (-2,6 до 4,0 кг/га). У випадку застосування P_{60} + $N_{120\ с}$постерігалася різке зниження у 2024 році.

Для лінії LP 154 контроль також мав від'ємний баланс. Найбільш доцільним виявилося внесення $P_{60}K_{60}$, що забезпечувало стабільно позитивні значення 9,8–12,4 кг/га. Варіанти з додатковим азотом давали коливання від невеликих мінусів до незначних плюсів, тоді як застосування $P_{60} + N_{120}$ у 2024 році призводило до значного дефіциту.

7. Для сорту Аякс у варіанті без добрив (контроль) середній показник відносного винесення калію становив 21,0 кг/т. Використання фосфорних добрив у поєднанні з азотом ($P_{60} + N_{120}$) підвищувало винесення до 22,0 кг/т. Варіант $K_{60} + N_{120}$ забезпечив ще вищий рівень – 24,2 кг/т, а максимальні значення спостерігалися у варіанті Фон + N_{120}, де середній показник досягав 24,8 кг/т. Варіанти Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60} також показали високі результати – 23,9–24,0 кг/т.

У лінії LP 154 контрольний варіант мав середній рівень 22,5 кг/т. Застосування фосфорних добрив із азотом ($P_{60} + N_{120}$) підвищувало показник до 23,0 кг/т. Внесення калію з азотом ($K_{60} + N_{120}$) забезпечило 25,4 кг/т, а найвищі значення отримано у варіанті Фон + N_{120} – 26,0 кг/т. Варіанти з розділеним внесенням азоту (Фон + N_{60} + N_{60} та Фон + N_{60} S_{35} + N_{60}) показали близькі результати – 25,1 кг/т.

8. Баланс калію за вирощування тритикале озимого за різних видів і доз добрив. У контрольному варіанті (без добрив) баланс калію був від'ємним і становив у середньому від -30,5до -32,2 кг/га для сорту Аякс та -29,3 до -29,9 кг/га для лінії LP 154, що свідчить про виснаження ґрунтових запасів калію без застосування добрив.

Внесення фосфору в поєднанні з азотом ($P_{60} + N_{120}$) не забезпечувало стабільного позитивного балансу: у 2022 та 2024 роках показники були від'ємними (-36,4 до -37,3 кг/га для сорту Аякс та -36,9 до -38,8 кг/га для лінії LP 154), тоді як у 2023 році спостерігалося тимчасове зростання до позитивних значень (22,5 та 20 кг/га).

Застосування калійних добрив ($K_{60} + N_{120}$) мало найбільш виражений ефект: у 2022 та 2024 роках баланс був позитивним (18,0 - 18,2 кг/га для

сорту Аякс та 13,9-17,4 кг/га для лінії LP 154), проте у 2023 році відзначено значне зниження до -41,5 та -46,2 кг/га відповідно.

Фонове удобрення ($P_{60}K_{60}$) забезпечувало стабільно позитивний баланс калію на рівні 25,3-27,8 кг/га для обох генотипів. Додавання азоту на фоні (N_{120} або роздільне внесення N_{60} + N_{60}) сприяло підтриманню позитивного балансу, хоча й на нижчому рівні (11,0–21,0 кг/га). Внесення сірки разом з азотом ($N_{60}S_{35}$ + N_{60}) також забезпечувало позитивні значення (11,6-20,1 кг/га), проте істотного підвищення порівняно з варіантами без сірки не спостерігалося.

9. Розрахунки свідчать, що найбільший прибуток отримано за вирощування лінії LP 154 у варіантах P_{60} + N_{120} і K_{60} + N_{120} – 63,3–64,0 тис. грн./га. Дещо меншу ефективність мало внесення повного мінерального добрива – 62,9 тис. грн./га.

Встановлено, що вирощування сорту тритикале озимого Аякс забезпечувало на 3,3–5,4 тис. грн./га менший прибуток порівняно з лінією LP 154. Проте ефективність удобрення змінювалась подібно.

Менше контрольного варіанту вирощування обох культиварів тритикале озимого було за фосфорно-калійної системи удобрення. Ефективність роздрібного внесення азотних добрив також була нижчою порівняно з одноразовим їх застосуванням.

Отже, під тритикале озиме рекомендується вносити добрива в дозі $P_{60}K_{60}$ + N_{120}, що забезпечує найбільшу врожайність зерна з високою економічною ефективністю та безпечністю для навколишнього природного середовища.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу рекомендується тритикале озиме вирощувати з внесенням $P_{60}K_{60}$ + N_{120}, що забезпечує найбільшу врожайність зерна з високою економічною ефективністю та безпечністю для навколишнього природного середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 10. Lal R. Soil health and carbon management. *Food Energy Secur*. 2016. Vol. 5(4). P. 212–222.

2. Al-Hakam M. R., Abdul-Alwahid M. A. Nitrogen fertilizer effect on growth and yield traits of triticale (X Triticosecale Wittmack). SABRAO. *J. Breed. Genet*. 2024. № 56(6). P. 2504–2510. http://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.6.32

3. Ayalew H., Kumssa T. T., Butler T. J. et al. Triticale Improvement for Forage and Cover Crop Uses in the Southern Great Plains of the United States. *Front Plant Sci*. 2018. 9. P. 1130.

4. Ayalew H., Kumssa T., Butler T. Triticale improvement for forage and cover crop uses in the southern great plains of the United States. *Frontiers in Plant Science*. 2018. № 9. P. 11–30.

5. Babić V., Rajičić V., Terzić D., Dugalić M., Đurić N., Vučić M. The influence of calcification and NPK fertilizers on the economics of triticale production. *Economics of Agriculture*. 2023. Vol. 70(1). P. 201–216.

6. Ballesteros-Rodríguez E., Martínez-Rueda C. G., Morales-Rosales E. J. et al. Changes in Number and Weight of Wheat and Triticale Grains to Manipulation in Source-Sink Relationship. *Int. J. Agron*. 2019. P. 43–49.

7. Bezabih A. G., Girmay A. Performance of triticale varieties for the marginal highlands of Wag-Lasta, Ethiopia. *Cogent Food Agric*. 2019. № 5. P. 1–11.

8. Bhandare R. K., Nyaupane S., Poudel R. M. Expression and association of quantitative traits of wheat (*Triticum aestivum L.*) genotypes under different wheat growing environments. *Agriculture*. 2023. 9. https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2288394.

9. Biel W., Kazimierska K., Bashutska U. Nutritional value of wheat, triticale, barley and oat grains. *Zootechnica*. 2020. 19(2). P. 19–28.

10. Bielashov O., Rozhkov A., Kalenska S. et al. Infuence of Pre-Sowing Application of Mineral Fertilizers, Root and Foliar Nutrition on Productivity of Winter Triticale Plants. *Ecological Engineering Environmental Technology*. 2022. Vol. 23(6). P. 1–14.

11. Bielski S., Romaneckas K., Šarauskis E. Impact of nitrogen and boron fertilization on winter triticale productivity parameters. Agronomy. 2020. Vol. 10(2). 279.

12. Bielski S., Romaneckas K., Sarauskis E. Impact of Nitrogen and Boron Fertilization on Winter Triticale Productivity Parameters. *Agronomy*. 2020. № 10. 279–291. DOI:10.3390/agronomy10020279.

13. Bijanzadeh E., Barati V., Emam Y. et al. Sowing date effects on dry matter remobilization and yield of triticale (*Triticosecale wittmac*k) under late season drought stress. *J. Plant Nutr*. 2019. 42(7). P. 681–695.

14. Blum A. The abiotic stress response and adaptation of triticale – A review. *Cereal Res. Commun*. 2014. 42. P. 359–375.

15. Boros D. Physico-chemical indicators suitable in selection of triticale for high nutritive value. 5th Int. Triticale Symp. 30 June – 5 July. Radzikow, Poland, 2002. T. I. C. 239

16. Botes W. C. et al., Eds., ITA & SU-PBL: Stellenbosch, South Africa. 2006. P. 85–88.

17. Camerlengo A., Kiszonas A. Improvement of amino acid profile in triticale grain under balanced fertilization. *Food Chemistry*. 2023. № 395. P. 133838.

18. Chaturvedi I. (2006). Effects of different nitrogen levels on growth, yield and nutrient uptake of wheat (Triticum aestivum L.). *International Journal of Agricultural Sciencies*. 2006. Vol. 2 (2). P. 372–374.

19. Colebrook E. H., Thomas S. G., Phillips A. L. et al. The role of gibberellin signaling in plant responses to abiotic stress. *Journal of Experimental Biology*. 2014. Vol. 217(1). P. 67–75.

20. Darguza M., Gaile Z. The effect of crop rotation and soil tillage on

winter wheat yield. – In Annual 26th International Scientific Conference Research for Rural Development, Jelgava, Latvia: Latvia University of Life Sciences and Technologies. 2020. № 35. P. 14–21. doi: 10.22616/rrd.26.2020.002

21. Dekic V., Milovanovic M., Popovic V. et al. Effects of fertilization on yield and grain quality in winter triticale. *Romanian Agricultural Research*. 2014. № 31. P. 175–183.

22. Demir B., Şahin M., Akçacık A. G. P. et al. Farklı yetiştirme koşullarının tritikale genotiplerinin bazı kalite parametrelerine etkilerinin belirlenmesi. *Wheat Studies*. 2024. № 12(2). P. 32–39.

23. Dennett A. L., Cooper K. V., Trethowan R. M. The genotypic and phenotypic interaction of wheat and rye storage proteins in primary triticale. *Euphytica*. 2013. 194. P. 235–242.

24. Derejko A., Studnicki M., Wójcik-Gront E., Gacek E. Adaptive grain yield patterns of Triticale (× Triticosecale Wittmack) cultivars in six regions of Poland. *Agronomy*. 2020. Vol. 10(3). 415.

25. Derejko A., Studnicki M., Wójcik-Gront E. Grain yield performance and stability of winter wheat and triticale cultivars in a temperate climate. *Crop Sci*. 2021. № 61. P. 3962–3971.

26. Dhaliwal S., Ram H., Shukla A. Zinc biofortification of bread wheat, triticale, and durum wheat cultivars by foliar zinc fertilization. *Journal of Plant Nutrition*. 2019. № 42(8). P. 813–822.

27. Ding Y. G., Zhang X. B., Quan M. A. et al. Tiller fertility is critical for improving grain yield, photosynthesis, and nitrogen efficiency in wheat. *J. Int. Agric*. 2023. № 22(7). P. 2054–2066.

28. Dumbrava M. et al. Grain yield and yield components at maize under different preceding crops and soil tillage conditions. *AgroLife Scientific Journal*. 2015. № 8. P. 108–117.

29. Dumbrava M., Ion V. et al. Grain yield and yield components at triticale under different technological conditions. *Agriculture and Agricultural*

Science Procedia. 2016. № 10. P. 94–103.

30. Dziki D., Hassoon W. H., Kramek A. et al. Grinding characteristics of new varieties of winter triticale grain. *Processes*. 2023. № 11. P. 1477.

31. Eremenko O., Kalenska S., Pokoptseva L., Todorova L. The influence of AKM Growth Regulator on Photosynthetic Activity of Oilseed Flax Plants in the Conditions of Insufficient Humidification of the Southern Stepp of Ukraine / in Modern Development Paths of agricultural production. Editor V. Nadykto. 2019. P. 703–807. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-578.

32. Estrada-Campuzano G., Miralles D.J., Slafer G.A. Genotypic variability and response to water stress of pre and post-anthesis phases in triticale. *Eur. J. Agron*. 2008. № 28. P. 171–177.

33. Estrada-Campuzano G., Slafer G.A., Miralles D.J. Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments. *Field Crops Res*. 2012. № 128. P.167–179.

34. Faber A., Jarosz Z. Agricultural practices enabling the reduction of ammonia emission. *Studia i Raporty IUNG-PIB*. 2018. Vol. 56. P. 35–44. (in Polish).

35. Faccini N., Morcia C., Terzi V. et al. Triticale in Italy. *Biology*. 2023. № 12. P. 1308.

36. FAO. (2017). FAOSTAT Database Agricultural Production. Available at http://apps.fao.org. Food and Agricultural Organization of the United Nations.

37. FAOSTAT 2023. Statistics Division of Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E (accessed on 10 March 2023).

38. FAOSTAT. Statistics Division of Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online: http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E (accessed on 8 February 2022).

39. Feledyn-Szewczyk B., Nakielska M., Jończyk K., Berbeć A.K.,

Kopiński J. Assessment of the suitability of 10 winter triticale cultivars (x Triticosecale Wittm. ex A. Camus) for organic agriculture Polish case study. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. 1144.

40. Fernandez-Figares I., Martinetto J., Royo C. et al. Amino-acid composition and protein and carbohydrate accumulation in the grain of triticale grown under terminal water stress simulated by a senescing agent. *J. Cer. Sci*. 2000. № 32. P. 249–258.

41. Gaj R., Górski D., Wielgusz K., Kukawka R., Spychalski M., Borowski J. Nitrogen management impact on winter triticale grain yield and nitrogen use efficiency. *Journal of Elementology*. 2023. Vol. 28(3). P. 561–593.

42. Gerdzhikova M., Grozeva N., Pavlov D. Effect of nitrogen fertilization in Triticale (*X Triticosecalewittm*.), cultivated after different predecessors, nitrogen uptake and efficiency. *Agrofor International Journal*. 2017. № 2(3). P. 147–156.

43. Ghimire P., Acharya A., Devkota C. et al. Effect of Nitrogen Levels on UseEfficiencies and Yield of Wheat at Bharatpur, Chitwan, Nepal. *The Geographic Base*. 2021. № 8(01). P. 95–108. doi:10.3126/tgb.v8i01.43477

44. Gill K.S., Mokanye A.T. Spring triticale varieties forage yield, nutrients composition and suitability for beef cattle production. *J. Agric. Sci*. 2016. № 8. P. 1–14.

45. Giunta F., Cadeddu F., Mureddu F. et al. Triticale cultivar mixtures: Productivity, resource use and resource use efficiency in a Mediterranean environment. *Eur. J. Agron*. 2020. № 115. P.126019.

46. Głąb T., Ścigalska B., Łabuz B. Effect of crop rotation on the root system morphology and productivity of triticale (×Triticosecale Wittm). *J. Agric. Sci*. 2014. № 152. P. 642–654.

47. Glamoclija N. et al. The importance of triticale in animal nutrition VL 18 Veterinary. *J. Repub. Srp*. (Бања Лука-Banja Luka). 2018. 18. P. 73–94.

48. Gudzic S., Sekularac G., Djikic A. et al. The impact of the long-term fertilisation withmineral fertilisers on the chemical properties of Vertisol

(central Serbia). *Applied Ecology and Environmental Research*. 2019. № 17(5). P. 12385–12396. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1705_1238512396

49. Hirzel J., Paredes M., Becerra V., Donoso G. Response of direct seeded rice to increasing rates of nitrogen, phosphorus, and potassium in two paddy rice soils. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2020. № 80(2). P. 263–273. doi:10.4067/S0718–58392020000200263.

50. Iizumi T., Ramankutty N. How do weather and climate influence cropping area and intensity? *Glob. Food Sec*. 2015 Vol. 4. P. 46–50.

51. Jaćimovic G. et al. Winter wheat yield and yield components depending on the level of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. *Annals of Agronomy*. 2012. № 36(1). 72–80.

52. Jańczak-Pieniążek M. The influence of cropping systems on photosynthesis, yield, and grain quality of selected winter triticale cultivars. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. 11075.

53. Janušauskaite D. Analysis of grain yield and its components in spring triticale under different N fertilization regimes. *Zemdirbyste*. 2014. № 101(4). P. 381–388.

54. Janušauskaite D. Spring triticale yield formation and nitrogen use efficiency as affected by nitrogen rate and its splitting. *Zemdirbyste*. 2013. № 100. P. 383–392.

55. Janusauskaite D., Feiziene D., Feiza V. Relationship between spring triticale physiological traits and productivity changes as affected by different N rates. *Acta Agric. Scand. B Soil Plant Sci*. 2017. № 67. P. 534–541.

56. Jelic M., Dugalic G., Milivojevic J. et al. Effect of liming and fertilization on yield and quality of oat (*Avena sativa L.*) on an acid Luvisol soil. *Romanian Agricultural Research*. 2013. 30. P. 239–248.

57. Kamanova S., Yermekov Y., Shah K. et al. Review on nutritional benefits of triticale. *Czech J. Food Sci*. 2023. 41(4). P. 248–262.

58. Katarzyna W., Arkadiusz S., Małgorzata W., Markowska A. (2015). Effect of nitrogen fertilization method on the yield and quality of

milewo variety spring triticale grain. *Pol. J. Natur. Sc*. 2015. Vol. 30(2). P. 173–184.

59. Kavanagh V., Hall L. Biology and Biosafety, Triticale, E.F., Ed., Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. 2015. P. 3–13.

60. Kharub A. S., Chander S. (2010). Effect of nitrogen scheduling on wheat (*Triticum aestivum*) productivity and quality under alternate tillage practices. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2010. Vol. 80(1). P. 29–32.

61. Kirchev H., Georgieva R. Genotypic plasticity and stability of yield components in triticale (*x Triticosecale Wittm*.). *Agronomy*. 2017. № 60. P. 285–288.

62. Kizilgeçi F., Levent A., Eliş S., Yildirim M. Evaluation of yield, quality and physiological traits of triticale genotypes in irrigated conditions. MAS *Journal of Applied Sciences*. 2024. № 9. P. 778–785. https://doi.org/10.5281/zenodo.13910806

63. Knapowski T., Kozera Majcherczak E., Barczak B. (2010). Effect of nitrogen and zinc fertilization onchemical composition and protein field of spring triticale grain. *Fragm. Agron*. 2010. Vol. 27(4). P. 45–55.

64. Kreyling J. Winter Climate Change: A Critical Factor for Temperate Vegetation Performance. *Ecology*. 2010. № 91. P. 1939–1948.

65. Kumar M., Pannu R.K., Kumar A., B Singh H., Dhaka A.K. (2018). Impacts of irrigation frequency and nitrogen rate on productivity, quality, nutrient uptake and nutrient use efficiencies of late sown wheat (Triticum aestivum L.). *Indian Journal of Agricultural Research*. 2018. Vol. 52(2). P. 146–151.

66. Laidig F., Piepho H. P., Rentel D. et al. Breeding progress, variation, and correlation of grain and quality traits in winter rye hybrid and population varieties and national on-farm progress in Germany over 26 years. *Appl. Genet*. 2017. № 130. P. 981–998.

67. Lalević D., Miladinović B., Biberdžić M., Vuković A., Milenković L. Differences in grain yield and grain quality traits of winter triticale depending

on the variety, fertilizer and weather conditions. *Applied Ecology & Environmental Research*. 2022. Vol. 20(5). P.3779–3792.

68. Lalevic D. et al. Differences in grain yield and grain quality traits of winter triticale depending on the variety, fertilizer and weather conditions. *Applied ecology and environmental research*. 2022. № 20(5). P. 3779–3792.

69. Lalevic D., Biberdzic M., Jelic M., Barac S. The characteristics of triticale cultivated inrural areas. *Agriculture and Forestry*. 2012. № 58(2). P. 27–34.

70. Lestingi A., Bovera F., De Giorgio D., Ventrella D., Tateo A. (2010). Effects of tillage and nitrogen fertilization on triticale grain yield, chemical composition and nutritive value. *J. Sci. Food Agric*. 2010. Vol. 90. P. 2440–2446.

71. Losert D., Maurer H. P., Marulanda J. J. Phenotypic and genotypic analyses of diversity and breeding progress in European triticale (× Triticosecale Wittmack). *Plant Breed*. 2017. № 136. P. 18–27.

72. Madić M., Paunović A., Đurović D., Marković G., Knežević D., Jelić M., Stupar V. Grain yield and its components in triticale grown on a pseudogley soil. *Journal of Central European Agriculture*. 2018. Vol. 18(5). P.184–193.

73. McKenzie R. H., Bremer E. B., Middleton A. B. et al. Agronomic practices for bioethanol production from spring triticale in Alberta. *Can. J. Plant Sci*. 2014. № 94. P. 15–22.

74. Mirosavljevi M., Momˇcilovi V., Denˇci S. et al. Grain number and grain weight as determinantsof triticale, wheat, two-rowed and six-rowed barley yield in the Pannonian environment. *Span. J. Agric. Res*. 2018. № 16. P. 903.

75. Mudhafar A.-A., Mustapha H. Effect of Nitrogen Fertilization on Triticale Growth Under Rainfed and Supplemental Irrigation Systems. *Agri Res & Tech: Open Access J*. 2023. № 28(1). 556394.

76. Muhammad Z., Ahmad G., Iqbal B. Effect of fertilizer dose on theperformance of spring cereals. *Pure and Applied Biology*. 2021. № 5(3). P.

458–463.

77. Mut Z., Sezer I., Gu¨Lu¨Mser A. (2005). Effect of different sowing rates and nitrogen levels on grain yield, yield components and some quality traits of triticale. *Asian J. Plant Sci*. 2005. Vol. 4(5). P. 533–539.

78. Noor H., Ding P., Ren A. et al. Effects of NitrogenFertilizer on Photosynthetic Characteristics and Yield. *Agronomy*. 2023. № 13(6). P.1550.

79. 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. 753–761. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-55.

80. Obour A. K., Holman J. D., Schlegel A. J. Spring triticale forageresponses to seeding rate and nitrogen application. *Agrosystems,Geosciences and Environment*. 2020. № 3(1). P. 20053.

81. Oral E. Effect of nitrogen fertilization levels on grain yield and yield components in triticale based on AMMI and GGE biplot analysis. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2018. № 16(4). P. 4865–4878.

82. Pelekh L., Zabarnyi O. Formation of bushiness of spring triticale varieties depending on the predecessor and fertilizer. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2 (29). С. 18–31.

83. Rajičić V., Popović V., Đurić N., Biberdžić M., Babić V., Stojiljković J., Grubišić M., Terzić D. Impact of agro-ecological conditions and fertilization on yield and quality of triticale on pseudogley soil. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2023. Vol. 51(4). 13387.

84. Rajičić V., Popović V., Perišić V., Biberdžić M., Jovović Z., Gudžić N., Mihailović V., Đurić N., Čolić V., Terzić D. Impact of nitrogen and phosphorus on grain yield in winter triticale grown on degraded vertisol. Agronomy. 2020. Vol. 10(6). 757.

85. Ramazanova R. K., Tursinbaeva A. E., Kekilbaeva G. R. et al. The effect of nitrogen fertilizers on productivity ofspring triticale in the dry steppe zone of Kazakhstan. *AgriculturalScience Euro-North-East*. 2018. № 62(1). P.

47–51.

86. Randhawa H., Bona L., Graf R. Triticale Breeding – Progress and Prospect, Triticale, E.F., Ed., Springer: New York, USA. 2015. P. 15–32.

87. Rattunde H. F. W., Geiger H. H., Weipert D. Variation and covariation of milling- and baking-quality characteristics among winter rye single-cross hybrids. *Plant Breed*. 1994. № 113. P. 287–293.

88. Roques S. E., Kindred D. R., Clarke S. Triticale out-performs wheat on range of UK soils with a similar nitrogen requirement. *J. Agric. Sci*. 2017. № 155. P. 261–281.

89. Schillinger W., Archer D. Winter triticale: a long-term cropping systems experiment in a dry Mediterranean climate. *Agronomy*. 2020. № 10(11). P. 1777. https://doi.org/10.3390/agronomy10111777

90. Severini A., Wasson A., Evans J. et al. Root phenotypes at maturity in diverse wheat and triticale genotypes grown in three field experiments: Relationships to shoot selection, biomass, grain yield, flowering time, and environment. *Field Crops Research*. 2020. 255: 107870. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107870

91. Skowrońska R., Mariańska M., Ulaszewski W. et al. Development of triticale×wheat prebreeding germplasm with loci for slow-rusting resistance. *Frontiers in Plant Science*. 2020. № 11. P. 447. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00447

92. Tamagno S., Pittelkow C., Fohner G. et al. Optimizing water and nitrogen productivity of wheat and triticale across diverse production environments to improve the sustainability of baked products. *Frontiers in Plant Science*. 2022. 13: 952303. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.952303

93. Tang D., Liu M.Y., Zhang Q., Ma L., Shi Y., Ruan J. Preferential assimilation of NH_4 + over NO_3 − in tea plant associated with genes involved in nitrogen transportation, utilization and catechins biosynthesis. *Plant Sci*. 2020. Vol. 291. 110369.

94. Terzic D., Djekic V., Jevtic S., Popovic V., Jevtic A., Mijajlovic J.,

Jevtic A. Effect of long term fertilization on grain yield and yield components of winter triticale. The Journal of Animal & Plant Sciences. 2018. Vol. 28(3). P. 830–836.

95. Ugarte C., Calderini D. F., Slafer G. A. Grain weight and grain number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. *Field Crop. Res*. 2007. № 100. P. 240–248.

96. Upreti S., Ghimire R., Singh N. Production performance and nutrient composition of fodder triticale (*x Triticosecale W.*). *Journal of Nepal Agricultural Research Council*. 2022. 8. 101–114. https://doi.org/10.3126/jnarc.v8i.44871

97. Wang X., Xing Y. Effects of mulching and nitrogen on soil nitrate-n distribution, leaching and nitrogen use efficiency of maize (Zea mays L.). *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11(8). P. 1–18.

98. Wójcik-Gront E. Variables influencing yield-scaled Global Warming Potential and yield of winter wheat production. *Field Crop. Res*. 2018. 227. P. 19–29.

99. Wójcik-Gront E., Bloch-Michalik M. Assessment of greenhouse gas emission from life cycle of basic cereals production in Poland. *Zemdirb. Agric*. 2016. № 103. P. 259–266.

100. Wrigley C., Bushuk W. Triticale: Grain Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. In Cereal Grains Assessing and Managing Quality, 2nd ed. Oxford. UK. 2017. P. 179–194.

101. Yousaf M., Fahad S., Shah A. N. et al. The effect of nitrogen application rates and timings of first irrigation on wheat growth and yield. *Int. J. Agric. Innov. Res*. 2014. № 2(4). P. 645–652.

102. Zečevic V., Knezevic D., Boškovic J. et al. Effect of nitrogen and ecological factors on quality of winter triticale cultivars. *Genetika*. 2010. № 42. P. 465–474.

103. Zhu F. Triticale: nutritional composition and food uses. *Food Chemistry*. 2018. № 241. P. 468–479.

104. Ziyara A.J. Response of growth and yield of wheat (Triticum aestivum L.) genotypes to mineral and nano-nitrogen fertilization. Ph.D. Thesis. College of Agriculture, University of Basra, Basra, Iraq. 2023. P. 508–511.

105. Авраменко С. В. Агротехнологічні основи управління продукційним процесом озимих зернових культур у Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.09 / Авраменко Сергій Володимирович , Нац. акад. аграр. наук України, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2018. 48 с.

106. Авраменко С., Цехмейструк М., Шелякін В., Глибокий О. Тритикале [Електронний ресурс]. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 3 (202). – Режим доступу: http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/247-trytykale.html

107. Бєлашов О. М., Рожков А. О. Біологічна врожайність зерна тритикале озимого за різних варіантів передпосівного внесення добрив і підживлень у Північному Степу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. № 3. P. 47–58. https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.06

108. Білітюк А. П. Ріст і розвиток рослин тритикале залежно від впливу мінеральних добрив. *Вісник аграрних науки*. 2002. № 8. С. 23–27.

109. Білітюк А. П., Гірко В. С., Каленська С. М. Тритикале в Україні: монографія / за ред. А. П. Білітюка. Київ. 2004. 376 с.

110. Білітюк А. П., Новицька Н. В., Максимюк В. П. Формування врожаю та якості зерна тритикале озимого залежно від удобрення в умовах Західного Полісся. *Scientific Progress & Innovations*. 2012. № 2. С. 38–41. https://doi.org/10.31210/visnyk2012.02.07

111. Білітюк А. П., Шередеко Л. М. Якість зерна тритикале озимого залежно від удобрення в умовах західного регіону УКРАЇНИ. *Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства УААН"*. 2009. С. 129–140.

112. Боровик С. О. Наукові основи технології вирощування жита озимого. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 22–28.

113. Веремеєнко С. І., Польовий В. М., Трушева С. С. Зміна складу

та властивостей дерново-підзолистих ґрунтів Полісся України під впливом тривалого сільськогосподарського використання: монографія. Рівне. НУВГП. 2013. 180 с.

114. Гамаюнова В. В., Дворецький В. Ф., Глушко Т. В. Вплив мінеральних добрив та рістрегуляторів на врожайність зерна ярих пшениці й тритикале в умовах Степу України. Світові рослинні ресурси: стан та перспективирозвитку: матеріали II міжнародної нау-ково-практичної конференції (3 листопада 2016 р., м. Київ). Вінниця. Мілан – ЛТД. 2016. С. 164–166.

115. Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В., Дворецький В. Ф. Формування врожаю тритикале ярого залежно від фону живлення та передпосівного оброблення насіння. *Наукові горизонти*. № 7–8 (70). 2018. С. 3–9.

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

117. Господаренко Г. М., Любич В. В. Реакція сортів тритикале ярого на рівень азотного живлення. *Зб. наук. пр. Уманського національного універси-тету садівництва*. 2010. Вип. 72. С. 21–30.

118. Господаренко Г. М., Любич В. В. Реакція сортів тритикале ярого на рівень азотного живлення. *Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва*. 2010. Вип. 72. С. 21–30.

119. Господаренко Г. М., Любич В. В. Хлібопекарські властивості зерна тритикале ярого за різних норм і строків внесення азотних добрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 1. С. 6–9.

120. Гупова Т. В., Дибко М. І. Вплив елементів технології вирощування на формування врожайності та якості зерна тритикале озимого на дерновопідзолистих супіщаних ґрунтах Західного Полісся. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Вип. 21. 2014. С. 80–84.

121. Єгуповат Т. В., Дибко М. І. Вплив елементів технології

вирощування на формування врожайності та якості зерна тритикале озимого на дерново-підзолистих супіщаних грунтах Західного Полісся. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 43–51.

122. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

123. Заєць С. О., Фундират К. С., Онуфран Л. І. та ін. Формування фотосинтетичного апарату рослин сортів тритикале озимого в умовах зрошення Південного Степу України. *Зрошуване землеробство*. 2020. Вип. 74. С. 113–116. DOI https://doi.org/10.32848/0135–2369.2020.74.20

124. Іщенко В. А. Вплив сортових особливостей та добрив на зернову продуктивність тритикале ярого. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2021. № 34 С. 19–25. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2021-1-2

125. Ковальчук О. І. Тритикале озиме – цінна зернова культура. Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, 12 листоп. 2015 р. Львів-Оброшине. 2015. С. 27–28.

126. Конащук І. О. Вплив добрив і родючості гранту на ріст, розвиток та врожай тритикале озимого за вирощування його на півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2011. Вип. 76. С. 70–76.

127. Корнійчук О. В., Мельничук В. Ю. Вплив мінеральних добрив та технологічних чинників на рісті урожайність сортів тритикале озимого. *Корми і кормовиробництво*. Випуск 95. 2023. С. 117–127. DOI:10.31073/kormovyrobnytstvo202395–10

128. Лопушняк В. І., Августинович М. Б. Вплив різних рівнів мінерального живлення на формування біометричних показників колоса і продуктивності тритикале ярого в Західному Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 57.

С. 144–151.

129. Любич В. В. Селекційна цінність нових сортів тритикале ярого. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2021. Вип. 97. С. 3–11.

130. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Використання тритикале у виробництві хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності // VI International scientific and practical conference «Achievements and prospects of modern scientific research» Buenos Aires, Argentina. 2021. P. 36–42.

131. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Зерно тритикале – перспективна сировина хлібопекарського виробництва // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції “Актуальні питання аграрної науки”, присвячена 175-річчю з дня заснування Уманського національно університету садівництва. Умань. 2019. С.255–257.

132. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Перспективи використання тритикале в хлібопекарській промисловості. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. 3. С. 133–143. DOI https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.15

133. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале і пшениці залежно від сорту. The 2nd International scientific and practical conference “Eurasian scientific congress” (February 24-25, 2020). Barcelona, Spain. 2020. С. 23–27.

134. Любич В. В., Остапчук В. В. Формування продуктивності тритикале озимого різних доз азотних добрив, позакореневого підживлення та сеникації. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 10–18.

135. Любич В.В., Невлад В.І., Мартинюк А.Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 152–159.

136. Любич В.В., Полянецька І.О., Климович Н.М. Ураження

пшениці м’якої ярої листковими хворобами залежно від рівня азотного живлення. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 160–167.

137. Любич В. В. Розвиток бурої іржі та продуктивність тритикале озимого із застосуванням біофунгіциду на тлі різних доз азотних добрив. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2023. Вип. 103. С. 53–69.

138. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. №2. С. 109–116.

139. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського НУС*. 2023. №2. С. 74–82.

140. Любич В. В. Технологічні параметри формування якості зерна різних сортів пшениці м’якої озимої. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 162–178.

141. Любич В. В. Ураження пшениці м’якої озимої кореневими гнилями за різних доз добрив. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2022. Вип. 101. Ч. 1. С. 129–144.

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

143. Любич В. В., Остапчук В. В. Формування продуктивності тритикале озимого різних доз азотних добрив, позакореневого підживлення та сеникації. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 10–18.

144. Любич В. В., Стратуца Я. С. Вміст азоту в зерні тритикале озимого та його параметри залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 145. С. 218–225. DOI https://doi.org/10.32782/2226-

0099.2025.145.1.25

145. Любич В. В., Стратуца Я. С. Вплив удобрення на формування якості зерна тритикале озимого. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди», присвяченої 60-річчю тривалого стаціонарного досліду Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (с. Оброшине, 18 вересня 2025 р.). Оброшине. 2025. С. 144–145.

146. Любич В. В., Стратуца Я. С. Перспективи вирощування та використання тритикале. І Міжнародна інтернет-конференція «Інтеграція науки, освіти та бізнесу в сучасному середовищі: зимові диспути». Дніпро, 2020. С. 310–315.

147. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 554–553.

148. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 554–553.

149. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. Збірник наукових праць Уманського національного університету. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 554–553. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-544-553

150. Любич В. В., Стратуца Я. С. Формування основних елементів індивідуальної продуктивності тритикале озимого за різного удобрення. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 154–159. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.22

151. Любич В. В., Стратуца Я. С. Формування продуктивності тритикале озимого в контексті збалансованого природокористування за внесення добрив. «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах

формування екологічностійких агроландшафтів»: збірник тез міжнародної інтернет-конференції, 17 червня 2025 р. Умань, 2025. С. 182–184.

152. Любич В. В., Сулима А. С. Урожайність та якість зерна ячменю озимого залежно від агротехнологічних заходів. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 593–602.

153. Осипчук С. О. Природно-сільськогосподарське районування України. Київ: Урожай, 2008. 346 с.

154. Паламарчук В. Д., Климчук О. В., Поліщук І. С. та ін. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур. Вінниця. 2010. 633 с.

155. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Єрмакова Л. М., Каленська С. М. Системи сучасних інтенсивних технологій: [Навчальний посібник]. Вінниця: ФОП Рогальська І.О. 2012. 370 с.

156. Плакса В. М., Голій О. В., Щипак Г. В. та ін. Вирощування тритикале озимого в Західному регіоні України (методичні рекомендації). Волинська ДСГДС ІСГЗП, Рокині. 2013. 31 с.

157. Плакса В. М., Каленська С. М., Король П. П. Поширення тритикале в світі. *Сучасні аграрні технології*. 2013. № 1. С. 34–38.

158. Полупан М. І., Соловей В. Б., Кисіль В. І., Величко В. А. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України. Київ : Колообіг, 2005. 415 с.

159. Польовий А. М., Божко Л. Ю. Довгострокові агрометеорологічні прогнози. Одеса : Видавництво «ТЕС», 2013. 214 с.

160. Савчук І. М., Ковальова С. П., Кочук-Ященко О. А., Леонець С. О. Використання тритикале для годівлі тварин у зоні Полісся України: [Монографія]. Житомир: Видавничий дім «Бук-Друк»/ 2025. 172 с. ISBN 978-617-560-228-7

161. Савчук О. І., Мельничук А. О., Дребот О. В. Вплив системи удобрення на продуктивність тритикале озимого (*Triticosecale witt.*) в

умовах осушуваного дерново-підзолистого ґрунту Полісся. *Зернові культури*. Том 6. № 1. 2022. С. 116–123.

162. Свідерко М. Є., Шувар А. М., Беген Л. Л. Ефективність позакореневого підживлення тритикале озимого. Агротехнічні основи підвищення ефективності виробництва зерна тритикале у різних зонах України: матеріали наук.-прак. конф., 16–17 черв. 2010 р. Рокині. 2010. С. 119–124.

163. Свідерко М. С., Шувар А. М., Беген Л. Л. та ін. Порівняльна продуктивність пшениці ярої та тритикале залежно від системи живлення в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2013. Вип. 55. Ч. 1. С. 120–125.

164. Скотарь О. В., Романюк П. В. Вплив технологічних факторів на продуктивність озимого тритикале. *Землеробство*. 2006. Вип. 78. С. 27–32.

165. Сторожук Ю. В. Активність фотосинтетичного апарату та продуктивність озимого тритикале за обробки по технології ДР ГРІН. Меліорація, землеробство, рослинництво. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 139–144. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.23

166. Сторожук Ю. В. Використання добрив нового покоління на посівах тритикале озимого. Думка молодого вченого. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 31. С. 220–229.

167. Формування продуктивності тритикале ярого в лівобережному Лісостепу України: монографія / А. О. Рожков та ін. Х. : Майдан. 2015. 354 с/

168. Щипак Г. В. Продуктивність і якість зерна нових сортів озимих тритикале. Інф. бюл., Харків, 2002. № 6. С. 13–18.

169. Щипак Г. В. Тритикале і пшениця: селекція на адаптивність, урожайність, якість. К.: Атопол. 2019. 480 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Апробація матеріалів дисертаційної роботи

«ПОГОДЖЕНО»
В. о. ректора Уманського національного університету
Владилена СОКИРСЬКА
01. 2026

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор ПОП «Соколівка»
Михайло ГОНЧАРУК
«13» 01 2026

АКТ
ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи аспіранта кафедри харчових технологій Стратуци Я. С. на тему «Продуктивність тритикале озимого на чорноземі опідзоленому залежно від удобрення в Правобережному Лісостепу», виконаної в Уманському національному університеті, впроваджено в технологічному процесі підприємства.

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення тритикале озимого.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення соняшнику впроваджено на площі 75 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає внесення добрив у дозі N_{120}.
4. **Економічна ефективність** – 22,2 тис. грн/га у цінах 2025 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення забезпечила стабільніший приріст урожаю зерна. Ресурсоощадне застосування азотних добрив з високим економічним ефектом.

Аспірант кафедри
харчових технологій
Уманського національного
університету
Ярослав СТРАТУЦА

«ПОГОДЖЕНО»

В. о. ректора Уманського національного університету

_____ Владилена СОКИРСЬКА

01. 2026

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ФГ «КРАЙ АГРО»

_____ Олег ЗАПЛЕТНЮК

«__» 2026

АКТ
ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи аспіранта кафедри харчових технологій Стратуци Я. С. на тему «Продуктивність тритикале озимого на чорноземі опідзоленому залежно від удобрення в Правобережному Лісостепу», виконаної в Уманському національному університеті, впроваджено в технологічному процесі підприємства.

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення тритикале озимого.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення соняшнику впроваджено на площі 100 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає внесення добрив у дозі N_{90}.
4. **Економічна ефективність** – 23,2 тис. грн/га у цінах 2025 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення забезпечила стабільніший приріст урожаю зерна. Ресурсоощадне застосування азотних добрив з високим економічним ефектом.

Аспірант кафедри
харчових технологій
Уманського національного
університету

Ярослав СТРАТУЦА

Додаток Б

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Стратуци Ярослава Сергійовича

Статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України

1. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. Збірник наукових праць Уманського національного університету. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 554–553. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-544-553. *(участь в експерименті, готування до друку – частка участі 65 %)*.

2. Любич В. В., Стратуца Я. С. Формування основних елементів індивідуальної продуктивності тритикале озимого за різного удобрення. Аграрні інновації. 2025. № 32. С. 154–159. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.22. *(участь у розробленні програми досліджень, готування до друку – частка участі 65 %)*.

3. Любич В. В., Стратуца Я. С. Вміст азоту в зерні тритикале озимого та його параметри залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 145. С. 218–225. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.25. *(проведення досліджень, аналіз даних – частка участі 70 %)*.

4. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Перспективи використання тритикале в хлібопекарській промисловості. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. 3. С. 133–143. DOI https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.15. *(узагальнення та оброблення даних, формування висновків – частка участі 65 %)*.

Матеріали науково-практичних конференцій

5. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Зерно тритикале – перспективна сировина хлібопекарського виробництва // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції “Актуальні питання аграрної науки”, присвячена 175-річчю з дня заснування Уманського національно

університету садівництва. Умань. 2019. С.255–257. *(проведення експерименту, готування до друку тез – частка участі 65 %)*.

6. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале і пшениці залежно від сорту. The 2nd International scientific and practical conference “Eurasian scientific congress” (February 24-25, 2020). Barcelona, Spain. 2020. С. 23–27. *(участь у плануванні та проведенні експерименту, готування до друку – частка участі 65 %)*.

7. Любич В. В., Стратуца Я. С. Перспективи вирощування та використання тритикале. І Міжнародна інтернет-конференція «Інтеграція науки, освіти та бізнесу в сучасному середовищі: зимові диспути». Дніпро, 2020. С. 310–315. *(участь в експерименті, готування до друку – частка участі 70 %)*.

8. Любич В. В., Желєзна В. В., Стратуца Я. С. Використання тритикале у виробництві хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності // VI International scientific and practical conference «Achievements and prospects of modern scientific research» Buenos Aires, Argentina. 2021. P. 36–42. *(участь в проведенні експерименту, аналіз даних, готування до друку – частка участі 65 %)*.

9. Любич В. В., Стратуца Я. С. Формування продуктивності тритикале озимого в контексті збалансованого природокористування за внесення добрив. «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів»: збірник тез міжнародної інтернет-конференції, 17 червня 2025 р. Умань, 2025. С. 182–184. *(ведення досліду, готування до друку тез – частка участі 55 %)*.

10. Любич В. В., Стратуца Я. С. Вплив удобрення на формування якості зерна тритикале озимого. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди», присвяченої 60-річчю тривалого стаціонарного досліду Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (с. Оброшине, 18 вересня 2025 р.). Оброшине. 2025. С. 144–145. *(проведення досліджень, готування до друку тез – 50 %)*.