

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

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

СУЛИМА АНДРІЙ СЕРГІЙОВИЧ

УДК 631.559+664.64.016:631.816.1+581.192]:633.16


ДИСЕРТАЦІЯ

**ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЗА РІЗНИХ ДОЗ
ДОБРИВ І ЇХ ПОЄДНАНЬ У ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ В УМОВАХ
ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

201 – Агрономія

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

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

Умань – 2026

АНОТАЦІЯ

Сулима А. С. Продуктивність ячменю озимого за різних доз добрив і їх поєднань у польовій сівозміні в умовах Правобережного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (20 – Аграрні науки та продовольство). – Уманський національний університет, Умань, 2026.

У дисертації встановлено різний вплив тривалого застосування добрив на формування елементів продуктивності ячменю озимого. Визначено параметри засвоєння основних елементів живлення залежно від удобрення та погодних умов. Уточнено параметри відносного винесення та балансу азоту, фосфору та калію.

Висота рослин ячменю озимого збільшувалась від 96 до 125 см залежно від варіанту досліду на тлі без регулятора росту. При цьому на неудобрених ділянках цей показник змінювався від 83 до 115 см залежно від року проведення дослідження. Понижена температура повітря в 2023 і 2025 рр. у період березень–травень сповільнювала ріст рослин ячменю озимого у висоту. Оптимальна температура повітря для росту рослин ячменю озимого в 2024 р. забезпечували формування їх найвищої висоти рослин. Необхідно відзначити, що в 2023 р. висота рослин збільшувалась на 37 %, у 2025 – на 22, а в 2025 р. – на 27 %. Результати проведених досліджень свідчать, що найменше на висоту рослин впливало застосування фосфорних і калійних добрив – упродовж років досліджень цей показник зростав лише на 2–5 см. Варіанти досліду з неповним поверненням винесеного з урожаями фосфору й калію з добривами, а також внесення повного мінерального добрива істотно не впливає на висоту рослин порівняно з азотними системами удобрення. На тлі застосування регулятора росту рослин їх висота формується в межах 69–94 см залежно від варіанту досліду та року проведення досліджень.

Необхідно відзначити, що за внесення азотних добрив висота рослин зростає на 6–8 % порівняно з неудобреними ділянками. Площа з полеглими рослинами також змінюється залежно від погодних умов року проведення досліджень, удобрення та застосування регулятора росту рослин.

Різні види мінеральних добрив і дози їх внесення по різному впливали на формування продуктивності стеблостою в усі роки проведення досліджень. Так, у середньому за три роки за азотної системи удобрення (N_{75} і N_{150}) кількість продуктивних стебел порівняно з абсолютним контролем підвищувалася відповідно на 40 і 57 шт/м² або 10 і 14 %. На фосфорно-калійному тлі ($P_{60}K_{80}$) внесення азотних добриву дозі 150 кг/га д. р. підвищувало цей показник на 57 шт/м² або на 24 %.

Сорт ячменю озимого Дев'ятий вал за цих умов формував відносно стабільну масу 1000 зерен у межах 41,9–51,4 г, тобто зміни становили 26 %. На ділянках без добрив маса 1000 зерен ячменю озимого у роки проведення досліджень була 47,3–50,7 г, або змінювалася на 7 %, тоді як за внесення повної дози мінеральних добрив – 41,1–43,5 г і зміни були ще меншими – 6 %. У середньому за три роки проведення досліджень найбільшу масу 1000 зерен (47,0–49,9 г) формували рослини у варіантах дослідів без добрив, N_{75} і $P_{60}K_{80}$.

У середньому за три роки досліджень на тлі застосування регулятора росту рослин урожайність зерна ячменю озимого збільшувалась від 6,24 т/га на ділянках без добрив до 7,70 т/га за внесення N_{75} або на 23 %, а за внесення N_{150} – до 8,40 т/га, або на 35 %. При цьому порівняно з внесенням N_{75} урожайність збільшувалась лише на 9 %, що свідчить про ефективність застосування N_{75} у системі удобрення ячменю озимого сорту Дев'ятий вал.

Урожайність на тлі застосування регулятора росту також змінювалась залежно від стійкості рослин до полягання. При цьому примусове пониження висоти рослин сприяло достовірному зменшенню врожайності зерна. Хоча необхідно відзначити, що рівень зниження цього показника

становив лише 0,44–0,48 т/га залежно від системи удобрення. Приріст урожаю зерна від застосування регулятора росту за систем з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив становив 1,48–1,60 т/га (за стійкості до полягання 3–5 бала).

Ефективність застосування регулятора росту залежала від року проведення досліджень. Так, у 2023 р. за сильнішого полягання приріст урожаю зерна від застосування регулятора росту був 2,05–2,41 т/га за внесення повного мінерального добрива у різному поверненні фосфорних і калійних добрив. У 2024 р. 0,79–0,90 т/га, оскільки стійкість до полягання була вищою – 5 бала на системах вказаних вище. У 2025 р. врожайність зерна зменшувалась на 0,24–0,37 т/га завдяки пониженню рослин, що свідчить про негативний вплив примусового зниження висоти стеблостою.

Необхідно відзначити, що тривале застосування фосфорно-калійної системи удобрення найменше впливало на формування врожайності зерна ячменю озимого, незважаючи на найвищу стійкість рослин до полягання. При цьому застосування регулятора росту рослин також знижували врожайність зерна.

Встановлено, що в середньому за три роки досліджень на тлі без застосування регулятора росту рослин врожайність абсолютно сухої маси соломи ячменю озимого збільшувалась від 13,98 т/га на ділянках без добрив до 17,57 т/га за внесення N_{75} або на 25 %, а за внесення N_{150} – до 19,17 т/га, або на 37 %. При цьому порівняно з внесенням N_{75} врожайність збільшувалась лише на 9 %.

За умови проведення застосування регулятора росту рослин вміст білка мав тенденцію до незначного його підвищення. При цьому різниця була не достовірною.

Необхідно відзначити, що за збором білка перевагу мало внесення лише азотних добрив у варіанті N_{150} без застосування регулятора росту рослин. При цьому варіанти з повним мінеральним добривом з різним поверненням фосфорних і калійних добрив на тлі застосування регулятора

росту мали збір білка подібний до застосування N_{150} без регулятора росту.

У середньому за три роки проведення досліджень збір білка на тлі застосування регулятора росту збільшувався від 655 до 916 кг/га за внесення N_{75} , до 1098 кг/га – за внесення N_{150} . На тлі з регулятором росту рослин збір білка був меншим порівняно з ділянками без регулятора росту. У середньому за три роки проведення досліджень збір білка збільшувався від 626 до 869 кг/га за внесення N_{75} , до 1080 кг/га – за внесення N_{150} .

Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм зерна та соломи ячменем озимим значно змінювалось залежно від погодних умов року проведення дослідження, удобрення і застосування регулятора росту рослин ячменю озимого. Так, найбільші показники господарського винесення отримано в 2025 р. – 133,9–257,3 кг/га залежно від варіанту досліду. В умовах 2024 р. цей показник змінювався від 124,6 до 233,3 кг/га, а в 2023 р. – від 121,9 до 82,5 кг/га залежно від системи удобрення на тлі без регулятора росту рослин. Зменшення господарського винесення азоту в 2023 і 2024 рр. у варіантах із парними комбінаціями фосфорних і калійних добрив, а також з повним мінеральним добривом зумовлено поляганням рослин ячменю озимого. Вища стійкість до полягання в 2025 р. забезпечувала значне збільшення винесення азоту з урожаєм зерна та соломи.

Господарське винесення ячменем озимим фосфору, як показали проведені розрахунки, були майже у два рази меншими, ніж азоту. Як і азоту, винесення фосфору значно залежало від погодних умов і удобрення. Так, у варіанті досліду абсолютного контролю в роки проведення досліджень воно було від 80,5 до 87,4 кг/га, або змінювалось на 9 %, тоді як на тлі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) зміни були у межах 58,0–128,7 кг/га, або на 122 %. На тлі застосування регулятора росту рослин ці зміни становили відповідно 16 і 51 %.

Господарське винесення калію у варіанті досліду абсолютного контролю майже не залежало від погодних умов, тоді як залежно від

удобрення змінювалося в значних межах – від 139,4 до 257,2 кг/га. В середньому за три роки проведення досліджень внесення калійних добрив у дозі 80 кг/га д. р. на азотно-калійному тлі ($N_{150}P_{60}$) збільшувало господарське винесення калію на 17,5 кг/га або на 10 %. За зменшення в складі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) частки калію вдвічі (до 30 кг/га д. р.) господарське винесення калію урожаєм зменшувалося лише на 1,9 кг/га або на 1 %.

Вплив регулятора росту рослин на господарське винесення калію з урожаєм зерна й соломи ячменем озимим був таким же, як і на винесення азоту й фосфору. Так, на тлі його застосування у варіантах дослідів Без добрив, N_{75} , N_{150} , $P_{60}K_{80}$, $N_{150}K_{80}$ і $N_{75}P_{30}K_{40}$ спостерігалось зниження цього показника. В інших варіантах дослідів – навпаки – підвищення. Так, у варіанті дослідів $N_{150}P_{60}K_{80}$ господарське винесення калію підвищувалося на 17.6 кг/га або на 9 %.

Встановлено, що застосування регулятора росту рослин з внесенням добрив сприяє ефективнішому засвоєнню азоту з добрив. При цьому застосування N_{75} незалежно від регулятора росту рослин упродовж років досліджень забезпечує від'ємний баланс азоту. Відносне винесення азоту змінюється від 14,2–15,5 кг/т у варіанті без добрив до 18,6–20,2 кг/т за внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$ на тлі без регулятора росту. Застосування регулятора росту рослин забезпечує відносне винесення азоту на рівні 14,3–15,7 кг/т у контролі та 18,9–20,1 кг/т за внесення повного мінерального добрива.

Баланс фосфору в ґрунті значно залежав від систем застосування добрив і в меншій мірі від погодних умов у роки проведення досліджень. В умовах 2023 року додатний баланс азоту складався лише у варіантах дослідів з внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{150}P_{60}K_{40-80}$, а також $P_{60}K_{60}$ та $N_{150}P_{60}$. В умовах 2024 року простежувались такі ж закономірності, а в умовах 2025 року в усіх варіантах дослідів складався від'ємний $N_{150}P_{60}K_{40}$ баланс фосфору в діапазоні від – 3,7 до –75,6 кг/га.

Розрахунками встановлено, що застосування калійних добрив на тлі

$N_{150}P_{60}$ у дозі 40 кг/га д. р. забезпечує додатний баланс калію у ґрунті з показником 0,9 кг/га, тобто був урівноваженим. за умови застосування регулятора росту рослин на цьому тлі ячмінь озимий більше засвоював калію, тому в середньому за три роки проведення досліджень баланс його складався з незначним дефіцитом – –5,7 кг/га.

В умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі опідзоленому для отримання високого врожаю ячменю озимого за застосування регулятора росту вносити азотні добрива в дозі не більше N_{75} . За внесення повного мінерального добрива в дозі $N_{75}P_{30}K_{40}$ застосовувати регулятор росту Хлормекват-хлорид 750 в фазу BBCH30–32.

Ключові слова: ячмінь озимий, удобрення, регулятор росту рослин, урожайність, якість зерна, відносне винесення елементів живлення, економічна ефективність удобрення.

ANNOTATION

Sulyma A. S. Productivity of winter barley at different doses of fertilizers and their combinations in field crop rotation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. – 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 establishes the different impact of long-term use of fertilizers on the formation of elements of productivity of winter barley. The parameters of the assimilation of basic nutrients depending on fertilization and weather conditions are determined. The parameters of relative removal and balance of nitrogen, phosphorus and potassium are specified.

The height of winter barley plants increased from 96 to 125 cm depending on the variant of the experiment on the background without a growth regulator. At the same time, in unfertilized areas, this indicator varied from 83 to 115 cm, depending on the year of the study. The reduced air temperature in 2023 and 2025 in the period from March to May slowed down the growth of winter barley plants in height. The optimal air temperature for the growth of winter barley plants in 2024 ensured the formation of their highest plant height. It should be noted that in 2023, the height of the plants increased by 37 %, in 2025 – by 22, and in 2025 – by 27 %. The results of the conducted studies show that the application of phosphorus and potassium fertilizers had the least effect on plant height – over the years of research, this indicator increased by only 2–5 cm. Variants of the experiment with incomplete return of phosphorus and potassium removed with the harvest with fertilizers, as well as the application of complete mineral fertilizer do not significantly affect the height of plants compared to nitrogen fertilization systems. Against the background of the application of a plant growth regulator, their height is formed within 69–94 cm, depending on

the variant of the experiment and the year of the research. It should be noted that with the application of nitrogen fertilizers, the height of plants increases by 6–8 % compared to unfertilized areas. The area with fallen plants also varies depending on the weather conditions of the year of the research, fertilization and application of a plant growth regulator.

Different types of mineral fertilizers and their application rates had different effects on the formation of stem productivity in all years of research. Thus, on average over three years under the nitrogen fertilization system (N_{75} and N_{150}) the number of productive stems compared to the absolute control increased by 40 and 57 pcs/m² or 10 and 14 %, respectively. On the phosphorus-potassium background ($P_{60}K_{80}$), the application of nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha increased this indicator by 57 pcs/m² or 24 %.

The winter barley variety Dev'yatyi val under these conditions formed a relatively stable 1000-grain mass within 41.9–51.4 g, i.e. the changes were 26 %. In areas without fertilizers, the weight of 1000 grains of winter barley in the years of research was 47.3–50.7 g, or changed by 7 %, while with the application of a full dose of mineral fertilizers – 41.1–43.5 g and the changes were even smaller – 6 %. On average, over three years of research, the highest weight of 1000 grains (47.0–49.9 g) was formed by plants in the experiment variants without fertilizers, N_{75} and $P_{60}K_{80}$. On average, over three years of research, against the background of the use of a plant growth regulator, the yield of winter barley grain increased from 6.24 t/ha in areas without fertilizers to 7.70 t/ha with the application of N_{75} or by 23 %, and with the application of N_{150} – to 8.40 t/ha, or by 35 %. At the same time, compared to the application of N_{75} , the yield increased by only 9 %, which indicates the effectiveness of the use of N_{75} in the fertilization system of winter barley of the Dev'yatyi val variety.

The yield against the background of the use of the growth regulator also changed depending on the resistance of plants to lodging. At the same time, the forced reduction of plant height contributed to a significant decrease in grain yield. Although it should be noted that the level of decrease in this indicator was

only 0.44–0.48 t/ha depending on the fertilization system. The increase in grain yield from the use of the growth regulator in systems with incomplete return of phosphorus and potassium fertilizers was 1.48–1.60 t/ha (with resistance to lodging of 3–5 points).

The effectiveness of the use of the growth regulator depended on the year of the research. Thus, in 2023, with stronger lodging, the increase in grain yield from the use of the growth regulator was 2.05–2.41 t/ha with the application of complete mineral fertilizer in different rotations of phosphorus and potassium fertilizers. In 2024, 0.79–0.90 t/ha, since the resistance to lodging was higher – 5 points on the systems indicated above. In 2025, the grain yield decreased by 0.24–0.37 t/ha due to the lowering of plants, which indicates the negative impact of the forced reduction in stem height.

It should be noted that the long-term use of the phosphorus-potassium fertilizer system had the least effect on the formation of winter barley grain yield, despite the highest resistance of plants to lodging. At the same time, the use of plant growth regulators also reduced grain yield.

It was found that on average over three years of research, without the use of a plant growth regulator, the yield of absolutely dry mass of winter barley straw increased from 13.98 t/ha in areas without fertilizers to 17.57 t/ha with the application of N_{75} or by 25 %, and with the application of N_{150} – to 19.17 t/ha, or by 37 %. At the same time, compared to the application of N_{75} , the yield increased by only 9 %.

With the application of a plant growth regulator, the protein content tended to increase slightly. The difference was not significant.

It should be noted that the application of only nitrogen fertilizers in the N_{150} variant without the use of a plant growth regulator had an advantage in terms of protein collection. At the same time, the variants with complete mineral fertilizer with different returns of phosphorus and potassium fertilizers against the background of the application of a growth regulator had a protein collection similar to the application of N_{150} without the growth regulator.

On average, over the three years of research, protein yield increased from 655 to 916 kg/ha with N_{75} and up to 1098 kg/ha with N_{150} . On the background of plant growth regulator, protein yield was lower compared to areas without growth regulator. On average, over the three years of research, protein yield increased from 626 to 869 kg/ha with N_{75} and up to 1080 kg/ha with N_{150} .

It was found that the economic removal of nitrogen with the yield of grain and straw by winter barley varied significantly depending on the weather conditions of the year of the study, fertilization and application of a plant growth regulator for winter barley. Thus, the highest indicators of economic removal were obtained in 2025 – 133.9–257.3 kg/ha depending on the experiment variant. In the conditions of 2024, this indicator varied from 124.6 to 233.3 kg/ha, and in 2023 – from 121.9 to 82.5 kg/ha depending on the fertilization system against the background of no plant growth regulator. The decrease in economic removal of nitrogen in 2023 and 2024 in variants with paired combinations of phosphorus and potassium fertilizers, as well as with complete mineral fertilizer, is due to the lodging of winter barley plants. Higher resistance to lodging in 2025 provided a significant increase in nitrogen removal with grain and straw yields.

Economic removal of phosphorus by winter barley, as shown by the calculations, was almost two times less than that of nitrogen. As with nitrogen, phosphorus removal significantly depended on weather conditions and fertilization. Thus, in the absolute control experiment variant during the years of research, it was from 80.5 to 87.4 kg/ha, or changed by 9 %, while against the background of complete mineral fertilizer ($N_{150}P_{60}K_{80}$) changes were within 58.0–128.7 kg/ha, or by 122 %. Against the background of the use of a plant growth regulator, these changes were 16 and 51 %, respectively.

The economic removal of potassium in the absolute control experiment was almost independent of weather conditions, while depending on the fertilizer it varied within significant limits – from 139.4 to 257.2 kg/ha. On average, over

three years of research, the application of potassium fertilizers at a dose of 80 kg/ha of dry matter on a nitrogen-potassium background ($N_{150}P_{60}$) increased the economic removal of potassium by 17.5 kg/ha or by 10 %. With a decrease in the share of potassium in the composition of the complete mineral fertilizer ($N_{150}P_{60}K_{80}$) by half (to 30 kg/ha of dry matter), the economic removal of potassium by the crop decreased by only 1.9 kg/ha or by 1 %.

The effect of the plant growth regulator on the economic removal of potassium with the yield of grain and straw by winter barley was the same as on the removal of nitrogen and phosphorus. Thus, against the background of its application in the variants of the experiment Without fertilizers, N_{75} , N_{150} , $P_{60}K_{80}$, $N_{150}K_{80}$, $N_{75}P_{30}K_{40}$, a decrease in this indicator was observed. In other variants of the experiment, on the contrary, an increase. Thus, in the variant of the experiment $N_{150}P_{60}K_{80}$, the economic removal of potassium increased by 17.6 kg/ha or by 9 %. It was established that the use of a plant growth regulator with the application of fertilizers contributes to a more efficient assimilation of nitrogen from fertilizers. At the same time, the use of N_{75} , regardless of the plant growth regulator, over the years of research provides a negative nitrogen balance. The relative nitrogen removal varies from 14.2–15.5 kg/t in the variant without fertilizers to 18.6–20.2 kg/t with the application of $N_{150}P_{60}K_{80}$ against the background of no growth regulator. The use of a plant growth regulator provides a relative nitrogen removal of 14.3–15.7 kg/t in the control and 18.9–20.1 kg/t with the application of complete mineral fertilizer.

The phosphorus balance in the soil significantly depended on the fertilizer application systems and to a lesser extent on weather conditions in the years of research. In the conditions of 2023, a positive nitrogen balance was formed only in the variants of the experiment with the application of complete mineral fertilizer at a dose of $N_{150}P_{60}K_{40-80}$, as well as $P_{60}K_{60}$ and $N_{150}P_{60}$. In the conditions of 2024, the same patterns were observed, and in the conditions of 2025, in all variants of the experiment, a negative $N_{150}P_{60}K_{40}$ phosphorus balance was formed in the range from -3.7 to -75.6 kg/ha.

Calculations have shown that the use of potash fertilizers against the background of $N_{150}P_{60}$ at a dose of 40 kg/ha provides a positive balance of potassium in the soil with an indicator of 0.9 kg/ha, i.e. it was balanced. provided that a plant growth regulator was used against this background, winter barley absorbed more potassium, therefore, on average over three years of research, its balance was formed with a slight deficit of -5.7 kg/ha.

In the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine on podzolized black soil to obtain a high yield of winter barley with the use of a growth regulator, nitrogen fertilizers should be applied at a dose of no more than N_{75} . When applying complete mineral fertilizer at a dose of $N_{75}P_{30}K_{40}$, apply the growth regulator Chlormequat-chloride 750 in the phase BBSN30–32.

Key words: winter barley, fertilizer, plant growth regulator, yield, grain quality, relative nutrient removal, economic efficiency of fertilizer.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в фахових виданнях України

1. Любич В. В., Сулима А. С. Показники росту рослин ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 182–186. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.30>
2. Любич В. В., Сулима А. С. Урожайність та якість зерна ячменю озимого залежно від агротехнологічних заходів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 593–602. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-593-602
3. Сулима А. С. Господарське винесення азоту посівами ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 107, Ч. 1. С. 456–464. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-456-464

Матеріали науково-практичних конференцій

4. Любич В. В., Сулима А. М. Формування якості зерна ячменю озимого за різних видів і доз добрив з використанням регулятора росту. Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети. Збірник матеріалів IV Міжнародної науково–практичної конференції, 12 вересня 2025 року, м. Одеса, Україна. Одеса: Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, 2025. С. 36–37.
5. Любич В. В., Сулима А. М. Ріст рослин ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 19–20 листопада 2025 р.). Дніпро: ДДАЕУ, 2025. С. 127–129.
6. Любич В. В., Сулима А. М. Роль удобрення в стратегії

збалансованого використання ресурсного потенціалу ґрунту за вирощування ячменю озимого. «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів»: збірник тез міжнародної інтернет-конференції, 17 червня 2025 р. Умань, 2025. С. 184–187.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1	
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО (огляд літератури)	24
1.1	24
1.2	27
1.3	35
РОЗДІЛ 2	
УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	44
2.1	44
2.2	47
РОЗДІЛ 3	
ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН	52
3.1	52
3.2	58
РОЗДІЛ 4	
ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН	71
4.1	71
4.2	80
РОЗДІЛ 5	
ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ	87

	ЯЧМЕНЕМ ОЗИМИМ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН	
5.1	Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі	87
5.2	Винесення основних елементів живлення з урожаєм і баланс їх у ґрунті	98
РОЗДІЛ 6	АГРОХІМІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ ПІД ЯЧМІНЬ ОЗИМИЙ	117
	ВИСНОВКИ	131
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	136
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	137
	ДОДАТКИ	158

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Ячмінь озимий (*Hordeum vulgare* L.) серед озимих культур – найменш морозостійкий, а за нормальної перезимівлі урожайніший порівняно з ярим. З огляду на впровадження у виробництво ресурсощадних технологій і сортів інтенсивного типу виникає потреба в уточненні рекомендованих доз добрив. Для цього необхідно дослідити це питання для конкретної зони з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, сорту, попередника, рівня удобрення, рівня механізації технологічних процесів.

Одним із чинників, що обумовлюють ефективність застосування мінеральних добрив є дози їх внесення. Доза добрив повинна враховувати біологічні особливості культур і можливий рівень урожайності, погодні умови і родючість ґрунту, рівень агротехнології, попередники і насичення добривами сівозміни, форми добрив, строки і способи їх внесення та інші чинники. Встановлення оптимальних доз добрив є одним із важливих питань агрохімічної науки і практики. За систематичного збалансованого удобрення в сівозміні формування високої продуктивності сільськогосподарських культур можливе за внесення менших доз, що пояснюється накопиченою їх післядією.

Вирішення проблеми азотного живлення рослин в Україні, так і в усьому світі постійно залишається в полі зору вчених і практиків. Реалізовувати потенціал сорту чи гібриду слід не високими дозами добрив, а оптимізацією властивостей і ґрунту, що забезпечують відновлення його родючості, створення життєво важливих для рослин режимів відповідно до їх біологічних потреб і відсутності негативного зсуву мікробіоценозів. Дози добрив повинні відповідати збалансованому живленню рослин всіма біогенними елементами. Їх оптимізація під окремі культури у спеціалізованих сівозмінах вимагає вдосконалення методів ґрунтової діагностики і комплексного оцінювання потреби культур в окремих

елементах. Всі ці питання потребують комплексних досліджень, особливо в стаціонарних агрохімічних дослідках.

Система удобрення ячменю озимого для умов Лісостепу експериментально мало обґрунтована. Рекомендації базуються переважно на результатах польових дослідів. Для розробки економічно обґрунтованої системи удобрення ячменю озимого, яка врахувала б рівень родючості ґрунту, умови зволоження, попередник, рівень агротехніки, сорти, необхідні додаткові наукові дослідження.

Удосконалення основних складових технології вирощування ячменю озимого, що базується на основі аналізу закономірностей формування продуктивності залежно від удобрення, сприятиме максимальному розкриттю генетичного потенціалу сортів в умовах Правобережного Лісостепу, підвищить економічну доцільність вирощування культури.

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 агроєкосистем України» (2021–2025 рр., номер державної реєстрації 0121U112521) за тематикою кафедри агрохімії і ґрунтознавства «Забезпечення раціонального використання ґрунтових ресурсів та управління мінеральним живленням сільськогосподарських культур».

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень – визначити продуктивність ячменю озимого в умовах Правобережного Лісостепу України за різних доз і комбінацій мінеральних добрив у короткостроковій польовій сівозміні та обґрунтувати оптимальне насичення добривами для відновлення родючості ґрунту й отримання стабільних урожаїв.

Для досягнення мети поставлено такі **завдання**:

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

- з'ясувати вплив тривалого застосування мінеральних добрив на формування врожайності та якості зерна ячменю озимого;
- розрахувати винесення основних елементів живлення ячменем озимим залежно від системи удобрення;
- провести агрохімічне, енергетичне та економічне оцінювання ефективності застосування добрив у чотирипільній сівозміні під ячмінь озимий.

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

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

Методи досліджень. Для реалізації визначених завдань дослідження використано комплекс загальноприйнятих і спеціальних методів, спрямованих на отримання об'єктивних результатів: польові (визначення параметрів показників росту рослин і врожайності зерна, відбирання зразків ґрунту та рослин), лабораторні (підготовка досліджуваного матеріалу для аналізування, визначення 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 вирішенні

науково-прикладних завдань та виявленні загальних закономірностей формування продуктивності ячменю озимого залежно від удобрення в чотирипільній сівозміні.

Уперше

встановлено різний вплив тривалого застосування добрив на формування складових продуктивності ячменю озимого. Визначено параметри засвоєння основних елементів живлення залежно від удобрення та погодних умов. Уточнено параметри відносного винесення та балансу азоту, фосфору та калію.

Встановлено, що сорт ячменю озимого Дев'ятий вал за внесення лише азотних добрив у дозі N_{75} не полягає. При цьому врожайність зерна становить 7,20–8,91 т/га залежно від погодних умов. Внесення повного мінерального добрива провокує рослини до полягання. Врожайність при цьому може зменшуватись до 5,00 т/га. Застосування регулятора росту Хлормекват-хлорид 750 в фазу ВВСН 30–32 забезпечує формування 7,00–7,50 т/га врожаю зерна. При цьому на гіршому агрофоні врожайність зерна зменшується на 0,30–0,50 т/га.

Удосконалено систему застосування добрив під ячмінь озимий з урахуванням рівня стійкості рослин до полягання, а також параметри відносного винесення основних елементів живлення з урожаєм зерна та відповідної кількості соломи.

Дістало подальшого розвитку можливість економного внесення фосфорних і калійних добрив за тривалого застосування добрив, а також розроблення системи удобрення для різних сортів ячменю озимого.

Практичне значення отриманих результатів полягає в уточненні показників відносного винесення основних елементів живлення ячменем озимим. Визначено інтенсивність балансу різних систем удобрення в польовій сівозміні та параметри окупності 1 кг мінеральних добрив зерном ячменю озимого на тлі застосування регулятора росту.

Удосконалено систему удобрення ячменю озимого з урахуванням

регулятора росту. Встановлено, що в умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі опідзоленому для отримання високого врожаю ячменю озимого за застосування регулятора росту вносити азотні добрива в дозі не більше N_{75} . За внесення повного мінерального добрива в дозі $N_{75}P_{30}K_{40}$ застосовувати регулятор росту Хлормекват-хлорид 750 в фазу ВВСН30–32.

Основні результати дослідження впроваджено в ФГ «Солагро 2024» с. Грушки Голованівського району Кіровоградської області на площі 55 га (акт від 30.01.2026 р.), а також у ФГ «БОЙЧУК К.М.» с. Розношенське Голованівського району Кіровоградської області на площі 93 га (акт від 30.01.2026 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 одноосібно та в співавторстві, де здобувачу належить фактичний матеріал і основний творчий доробок. Внесок здобувача в публікаціях складає 70–90 %.

Апробація результатів дисертації. Основні результати виконаних досліджень доповідались і обговорювались на конференціях «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети» (Одеса, 2025), «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (Дніпро, 2025), «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічно стійких агроландшафтів» (Умань, 2025).

Публікації. Результати досліджень дисертаційної роботи опубліковано в 6 наукових працях, з яких 3 – статті в фахових виданнях України і 3 праці в матеріалах науково-практичних конференцій.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 162 сторінках комп'ютерного набору, в тому числі 123 – основного тексту, що включає вступ, шість розділів, висновки, рекомендації виробництву. Містить анотацію, 42 таблиці та три додатки (відомості про апробацію результатів дисертації). Список використаних джерел включає 182 найменування, з яких 100 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО (огляд літератури)

1.1 Значення ячменю озимого

Ячмінь належить до найпоширеніших зернових культур у світі [152, 163, 14]. Його використовують як у кормовій галузі, так і в харчовій та промисловій [125, 15]. З огляду на значення ячменю в економіці країни, він потребує детального вивчення та сучасних агротехнологій.

За останнє десятиліття посівні площі озимого ячменю помітно зросли як в Україні, так і в країнах Європейського Союзу. Якщо на початку 2000-х років в Україні ця культура займала 300–500 тисяч гектарів, то останнім часом ця цифра сягнула 0,9–1,5 мільйона гектарів [2, 113]. Зростання відбулося головним чином завдяки зменшенню посівів ярого ячменю. Серед переваг озимої форми – висока врожайність, ефективніше використання водних ресурсів у холодний період і більш раннє досягання [95], що робить можливим повторне вирощування культур під зрошенням.

Урожайність озимого ячменю в Україні підвищилась із 2,0 т/га до 3,4 т/га, що становить приріст у 1,7 рази. Однак цей показник удвічі нижчий порівняно з країнами ЄС, де вона сягає 7,0 т/га [42, 76]. Тому одним із завдань українських аграріїв залишається подальше підвищення врожайності.

Для стабільного виробництва озимого ячменю необхідно дотримуватися всіх технологічних заходів на високому рівні. Ключовими факторами, що впливають на збільшення врожайності та покращення якості зерна, є добір високопродуктивних сортів, оптимальні строки сівби та застосування біорегуляторів росту.

Озимий ячмінь відзначається низкою переваг. Його врожай досягає

на 10–14 діб раніше, ніж у озимої пшениці, ярового ячменю та більшості інших зернових культур. У складі зерна міститься близько 12 % білка, понад 75 % вуглеводів та приблизно 2,1 % жиру. В одному кілограмі зерна знаходиться 1,2 кормових одиниці та 100 грамів перетравного протеїну [125, 108, 152, 129]. Використовують його як корм для тварин, для виробництва круп, а також у пивоварінні. Водночас сучасні сорти озимого ячменю ще не повністю відповідають вимогам харчової промисловості за якістю зерна [129].

У порівнянні з вівсом ячмінь краще засвоюється тваринами. При згодовуванні дійним коровам він сприяє виробництву молока, з якого отримують високоякісне масло. Додавання невеликої кількості ячменю в комбікорми позитивно впливає на здоров'я та витривалість великої рогатої худоби. Крім того, ячмінь є цінним кормом для відгодівлі свиней [104, 117].

Ярий ячмінь належить до важливих продовольчих, кормових і технічних культур. Зі склоподібного та крупнозерного дворядного зерна виробляють перлову й ячмінну крупу, проте основним напрямом використання є фуражні цілі. У 1 кг зерна міститься близько 1,2 кормової одиниці та 100 г перетравного протеїну. Хімічний склад ярого ячменю характеризується високим вмістом білка (9–12 %), вуглеводів (70–75 %), пентозанів (7–11 %), сахарози (1,7–2 %), клітковини (3,8–5,5 %), жиру (1,6–2 %) та золи (2–3 %) [152, 158, 1].

До складу його білкових сполук входить понад 20 амінокислот, серед яких 8 є незамінними. Хоча білок ячменю вважається більш поживним, ніж у багатьох інших культур, у ньому відносно низький вміст лізину – лише 2,5–3,2 % [101, 151, 11].

Завдяки високій харчовій цінності зерно широко застосовується у тваринництві, харчовій та кондитерській промисловості, а також у пивоварінні. Водночас урожайність цієї культури коливається під впливом як агрокліматичних факторів, так і організаційно-господарських умов.

Через відносно короткий вегетаційний період та слаборозвинену кореневу систему ячмінь ярий досить вимогливий до забезпечення основними факторами росту, насамперед елементами живлення [125, 160].

Особлива цінність ячменю полягає в тому, що він добре родить у регіонах з прохолодним і вологим кліматом, де вирощування кукурудзи чи сої малоефективне або дає низькі врожаї. Озимі сорти ячменю переважно багаторядні, тоді як ярі зазвичай дворядні [129, 158].

Сорти іноземної селекції здатні давати врожаї на рівні 9–10 т/га [84]. Українські селекціонери також досягли значного прогресу, створивши сорти, потенціал яких становить 8–9 т/га та більше [79]. Запровадження таких сортів здатне суттєво підвищити конкурентоспроможність зерновиробництва.

Кліматичні зміни, які спостерігаються останні десятиліття, потребують адаптації технологій вирощування сільськогосподарських культур до нових умов. Зокрема, строки сівби озимих культур вже зміщено на пізніші періоди [10, 49, 72].

Застосування метаболітів та фітогормонів у сільському господарстві сприяло прискоренню ростових процесів і дозрівання культур [31, 36, 39], а також впливало на розвиток кореневої системи [59, 90].

У найближчому майбутньому пріоритетом буде вирощування якісного зерна, де суттєву роль відіграватимуть регулятори росту та мікробіологічні препарати з відповідними властивостями [158, 28]. До біостимуляторів належать амінокислоти, гумінові речовини, екстракти водоростей, препарати на основі мікроорганізмів тощо [25, 71, 96]. Проте вплив таких регуляторів на засвоєння ячменем основних макроелементів – азоту, фосфору й калію – за умов зрошення ще недостатньо вивчений.

1.2 Вплив удобрення та регуляторів росту рослин на показники росту та розвитку рослин

У період активного росту рослини інтенсивно поглинають поживні речовини, на вміст яких впливають як прямі, так і непрямі фактори [54, 92]. Щоб досягти високої врожайності, польові культури повинні засвоювати значні обсяги елементів живлення з ґрунту [93, 99]. Однак у різні фази розвитку рослин потреба в елементах живлення змінюється, що пов'язано з перебудовою внутрішніх біохімічних процесів, унаслідок чого засвоєння поживних речовин є нерівномірним.

Дослідження показують, що у фазі бутонізації надземна частина рослини повинна містити 4,7–5,3 % азоту, 0,55–0,65 % фосфору та приблизно 4,2 % калію [68]. Поліпшення мінерального живлення сприяє підвищенню концентрації цих елементів у тканинах рослин [113, 91].

На думку багатьох фахівців, озимий ячмінь накопичує найбільшу кількість основних елементів живлення на початку весняного куціння, після чого їх вміст у рослинах поступово зменшується і досягає мінімуму під кінець вегетації [9, 20, 40]. Наявність таких даних дозволяє коригувати норми внесення добрив у пізніші фази розвитку культури.

Азот відіграє ключову роль у формуванні врожаю, оскільки бере участь у більшості обмінних процесів рослин. Його дефіцит негативно впливає на продуктивність [52, 66]. У багатьох ґрунтах, зокрема й українських, азоту або бракує, або його вміст є мінімальним [65], тому він має бути пріоритетним у системі удобрення. Для темно-каштанових ґрунтів південної України, де вирощується озимий ячмінь із використанням зрошення, рекомендована доза внесення азоту становить N_{90} [98].

Фахівці з Європи, США та інших країн наголошують на важливості

регуляторів росту в сучасному землеробстві поряд із добривами й засобами захисту. Застосування біопрепаратів підвищує ефективність поглинання поживних речовин, стимулює розвиток кореневої системи, а також сприяє адаптації рослин до стресових умов, що, у свою чергу, позитивно впливає на врожайність [24, 29, 46].

Експериментальні роботи [18, 53, 60, 94], підтверджують позитивний вплив таких препаратів на розвиток зернових культур. Регулятори росту, що містять збалансовані комплекси фітогормонів, мікроелементів і біологічно активних сполук, можуть стати ефективним інструментом управління ростовими процесами та врожаєм.

Результати ряду досліджень демонструють, що фітогормони позитивно впливають на поділ клітин, фотосинтез, дихання і засвоєння поживних речовин у зернових культурах [35, 56]. Було також встановлено, що ці препарати сприяють кращому поглинанню азоту озимими культурами [155]. Утім, при пізньому посіві накопичення азоту й фосфору зменшується [4], що пов'язано з недосконалими параметрами сівби, які гальмують розвиток рослин і знижують ефективність живлення [118, 48]. Крім того, особливості живлення залежать від сорту, адже різні генотипи по-різному реагують на агротехнічні умови [126, 6].

Отже, використання регуляторів росту для підвищення врожайності має бути тісно пов'язане з оптимальним живленням, правильними строками сівби та біологічними характеристиками сорту.

Вплив сучасних багатокомпонентних регуляторів росту на динаміку накопичення макроелементів в озимому ячмені за умов зрошення та різних строків сівби залишається малодослідженим.

Дослідження, проведені в країнах ЄС [83], Японії [38] та Україні [70] підтверджують, що використання у виробництві біологічних препаратів покращує використання рослинами поживних речовин, сприяє розвитку кореневої системи та стійкості культури до несприятливих кліматичних умов, в результаті чого покращується стан рослин та підвищується їхня

продуктивність [33, 47, 86].

Тому широке використання у виробництві регуляторів росту, які містять збалансований комплекс фіторегуляторів, біологічно активних речовин та мікроелементів, є одним із можливих факторів регуляції процесів росту рослин та формування врожаю.

Ряд дослідників показав механізми позитивного впливу фітогормонів на поділ клітин, процеси фотосинтезу та дихання, засвоєння поживних речовин зерновими культурами [114, 16]. Також було встановлено, що використання регуляторів росту сприяє збільшенню поглинання азоту озимими культурами. Водночас накопичення азоту та фосфору в рослинах було нижчим, ніж у пізніший термін сівби [89]. Тобто, через пізні строки сівби, неправильно сформовані параметри сівби негативно впливають на ріст і розвиток рослин [97], а отже, і на засвоєння поживних речовин.

Продуктивність ячменю значною мірою визначається такими структурними елементами врожаю, як кількість продуктивних пагонів, довжина колоса, кількість зерен у колосі та їх маса [157]. Основну роль у формуванні вегетативної маси виконує стебло, оскільки саме воно забезпечує розвиток рослини. Висота стебла виступає показником реакції сорту на умови вирощування та зумовлюється його генетичними властивостями. У період від куціння до виходу в трубку висота рослин майже не відрізняється, тоді як найбільш інтенсивний ріст спостерігається у фазі від колосіння до молочно-воскової стиглості [173].

За результатами досліджень О. Р. Тучапського встановлено, що озимий ячмінь, висіяний після стерньових попередників на темно-сірих опідзолених ґрунтах, добре реагує на застосування повного комплексу мінеральних добрив. Для сорту Паллідум найбільш ефективними виявилися дози в межах $N_{48}P_{48}K_{48} - N_{64}P_{64}K_{64}$ [175].

Передпосівна обробка насіння ярого ячменю препаратами вимпел та оракул сприяла підвищенню його схожості: на удобреному фоні $N_{30}P_{30}K_{30}$ цей показник зріс на 7,2–11,1 %, а при внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 4,4–

7,5 % у порівнянні з контролем. Додаткове використання цих препаратів у вигляді обприскувань посівів у фазах кущення та виходу в трубку позитивно впливало на збереженість рослин протягом вегетації. Зокрема, на фоні $N_{30}P_{30}K_{30}$ виживаність підвищувалася на 9,4 %, а за умов $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 8,8 % порівняно з контрольним варіантом [105].

Вчені В. В. Лихочвор і М. В. Матковська [127] встановили, що найкращий ефект у регулюванні висоти стебел спостерігався у варіанті з внесенням хлормекватхлориду в дозі 1,5 л/га на фазі ВВСН 31 у поєднанні з препаратом Медакс Топ у кількості 1 л/га у фазі ВВСН 37–39. Порівняно з контролем зниження висоти рослин залежно від сорту становило 11,4–16,4 см.

Встановлено [177], що за полицевої оранки приріст висоти рослин ярого ячменю під впливом добрив становив 1,7 см (6,8 %) на фоні $N_{30}P_{30}K_{30}$ порівняно з неудобреним контролем, а за внесення $N_{60}P_{30}K_{30}$ – 11,4 см (32,9 %). За умови чизельного обробітку відповідні показники дорівнювали 8,2 см (27,4 %) та 8,9 см (29,0 %). При дисковому обробітку ґрунту висота рослин збільшувалася на 4,9 см (20,7 %) при внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$ та на 6,1 см (24,5 %) при $N_{60}P_{30}K_{30}$.

Ячмінь дуже добре реагує на внесення добрив, особливо в умовах достатнього зволоження. Приріст урожаю від мінеральних добрив може досягати 15–20 ц/га. Щоб запобігти вилягання рослин, потрібно забезпечити правильне співвідношення поживних елементів – азоту, фосфору та калію [174].

На неудобреному фоні найбільшу кількість продуктивних стебел утворили сорти Skyway та Quench (560–580 шт/м²). Після внесення добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ максимальні значення мали сорти Odyssey, Guzel та Lexy (680–690 шт/м²), що відповідало 1,8–2,0 колосоносним стеблам на одну рослину.

За кількістю зерен у колосі на обох варіантах живлення виділялися сорти BARI, Evgenia та Planet (20,0–22,8 шт). Найбільшою масою 1000 зерен відзначалися Guzel та Evgenia: без добрив – 47,1–50,0 г, з удобренням

– 50,2–50,7 г.

Біологічна врожайність варіювала в межах 3,82–5,31 т/га на неудобреному фоні та 5,19–7,58 т/га при застосуванні добрив. Найбільш відчутне підвищення продуктивності показали сорти Odyssey, Guzel і Lеху, які додатково забезпечили 2,86–3,06 т/га зерна, що відповідає приросту на 66,2–76,1 %.

Фактична врожайність без внесення добрив була найвищою у сортів Lеху, Guzel, Evgenia та BARI (2,83–3,06 т/га). При удобренні максимальні прирости забезпечили сорти Odyssey (1,41 т/га) та Fandaga (1,39 т/га). Водночас сорт Lеху перевищив середній рівень урожайності (3,30 т/га) на +0,31 т/га, що становить 8,6 % [167].

Мінеральні добрива мають значний вплив на ріст і розвиток рослин озимого ячменю. Під час проведення досліджень із дворядним сортом «Достойний» у північній частині Степу України встановлено, що внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню коефіцієнта кущення на 9,9–17,1 %. При застосуванні дози $N_{60}P_{60}K_{60}$ цей показник підвищувався на 10,4–16,1 %, а за поєднання з росторегулювальними препаратами ефект був ще більш вираженим [80].

Подібні результати впливу спільного застосування добрив із рістрегулювальними препаратами на підвищення врожайності зерна та покращення його якості були отримані при вирощуванні ярого ячменю [17, 69].

Встановлено [83], що застосування регуляторів росту Гуміфілд Форте Брікс, МИР і PROLIS в умовах зрошення Південного регіону України сприяє активнішому накопиченню азоту, фосфору й калію у рослинах і зерні озимого ячменю. Найвищий рівень засвоєння поживних речовин спостерігався на ранніх етапах розвитку (весняне кущення), після чого їхній вміст поступово зменшувався до завершення вегетації. Максимальну концентрацію азоту у сухій речовині – 2,02 % для сорту Дев'ятий вал та 1,85 % для сорту Академічний – забезпечило застосування препарату

Гуміфілд Форте Брікс. Передпосівна обробка насіння препаратами Гуміфілд Форте Брікс і PROLIS у поєднанні з оптимальними строками сівби сприяє підвищенню вмісту азоту в рослинах на 6,0–15,1 %, а в зерні – на 9,3–22,5 %, що позитивно впливає на формування врожаю та поліпшення якості зерна.

Для вирощування озимого ячменю на середньо- та малородючих ґрунтах ефективним є застосування мінеральних добрив, особливо у зонах Лісостепу та Полісся, де приріст урожайності може досягати 2 т/га. На чорноземних і підзолистих ґрунтах, які мають середній або високий рівень забезпеченості поживними елементами, оптимальними є норми добрив $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$. На бідних ґрунтах або за обмежених ресурсів дозу можна підвищувати до $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$, хоча більшість господарств наразі використовують добрива в межах 30–45 кг/га NPK.

Позакореневе підживлення є важливим елементом технології вирощування, оскільки сприяє підвищенню врожайності та поліпшенню якості зерна, особливо при вирощуванні фуражного ячменю. Рекомендується внесення $N_{30}-N_{40}$ перед сівбою, а також підживлення у фазах кущення та колосіння. Перше внесення впливає на вміст білка й кількість зерен у колосі, друге – на амінокислотний склад і масу 1000 зерен. Для кормових сортів доза добрив може бути збільшена до 90 кг/га діючої речовини [121].

За результатами агрохімічного аналізу ґрунту при виявленні нестачі мікроелементів доцільно проводити їх внесення під час передпосівної обробки насіння або позакореневого підживлення. Зокрема, бор, мідь, марганець і цинк рекомендовано вносити на кислих ґрунтах, бор – на нейтральних, а молібден – на більш кислих. При надлишку фосфору доцільно застосовувати цинкові добрива, а на торф'яних землях – містити мідь.

Використання регуляторів росту та біопрепаратів сьогодні є ефективним методом підвищення урожайності та якості зерна, а також

стійкості рослин до стресових факторів [124, 154]. Застосування препаратів Гуміфілд Форте, Біостим, Цирконій [30] у Полтавській області показало, що обробка насіння і позакореневе підживлення покращують енергію проростання та стимулюють розвиток фотосинтетичного апарату, хоча дія препаратів відрізнялася за сортами.

Дослідження S. V. Masliiiov [61] виявили, що поєднання аміачної селітри з препаратом Актибїон забезпечує підвищення врожайності на 5–16 % завдяки покращенню розвитку кореневої системи. Це добриво містить не лише NPK, а й сірку, кальцій, магній, бор, залізо та марганець, що підсилює його ефективність.

Вчені [55] рекомендують застосовувати Ecolist Cereals у фазі верхівкового листка разом із фунгіцидами, а повторне внесення – під час колосіння у поєднанні із сечовиною та сульфатом магнію. Препарат містить 4 % азоту та комплекс мікроелементів.

Kasatkina T. і Gamayunova V. [124] підкреслюють важливість мікроелементів і біопрепаратів для ячменю в Степовій зоні. Використання Fresh Florida та Organic D-3 забезпечувало приріст урожайності на 15–20 %.

Onufron L. I. [67] зазначає, що в умовах темно-каштанових ґрунтів ефективність системи удобрення залежить від особливостей сорту та густоти стояння рослин, що підтверджено дослідями на сортах Stalker і Eney.

Veremeenko S. [85] встановили, що використання Вимпел-К та Oracle Seed у поєднанні з фунгіцидами в умовах Рівненщини сприяло збільшенню кількості зерен у колосі та маси 1000 зерен, що забезпечило зростання урожайності.

Volkohon V.V. et al. [88] підтвердили позитивний вплив мікрогумусу (із бактеріальним штамом *Azospirillum brasilense*) на розвиток ячменю, особливо в умовах легкосуглинкових чорноземів із низькою родючістю.

Іщенко В. А., Козелець Г. М. [37] довели ефективність

Поліміксобактерину (*Paenibacillus polymyxa*), який підвищував урожайність на 0,2–0,6 т/га, а серед різних видів позакореневого підживлення найкращий ефект показали карбамід та калієва селітра.

Vlasiuk O. [87] встановив, що препарат «Біокомплекс-БТУ» забезпечує помітне підвищення урожайності ячменю на опідзолених чорноземах, причому різні сорти реагують на нього по-різному.

Вчені [172] підтвердили, що найбільший ефект досягається при поєднанні біопрепаратів із мінеральними добривами, покривними культурами та сечовиною, що дало приріст урожайності на 1,64 т/га порівняно з контролем.

Встановлено [27], що застосування позакореневого внесення рістрегулюючих препаратів та біологічних добрив у фазі кущення, на початку виходу у трубку та колосіння ячменю ярого сортів Сталкер та Вакула, забезпечує отримання врожайності зерна на рівні 3,21–3,71 т/га, що на 0,78–1,21 т/га більше порівняно з контролем залежно від сорту.

За результатами досліджень [154], встановлено, що застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості зерен у колосі: з 12,3–14,1 шт. на контрольному варіанті (без добрив) до 13,2–15,3 шт. на удобреному фоні $N_{30}P_{30}K_{30}$. Використання добрив також забезпечило приріст маси 1000 зерен після попередника пшениця озима – на 9,4 %, а також збільшення маси зерна з колоса. Застосування біопрепаратів Фосфоентерин, Діазофіт і Біополіцид позитивно впливало на продуктивність: підвищення маси зерна порівняно з контролем становило відповідно 13,7 %, 15,7 % і 11,1 % на фоні без добрив, та 11,7 %, 11,3 % і 10,0 % – за умови внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$.

За даними О. О. Вінюкова зі співавторами [103], на неудобреному фоні найбільший вміст білка у зерні спостерігався при обробці насіння та обприскуванні рослин у фазі кущення мікродобривом Сизам – 9,8 %, а також при його поєднанні з комплексом біопрепаратів – 9,9 %. У цих варіантах зафіксовано й підвищений вміст крохмалю – 53,0–53,3 %.

Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ додатково сприяло підвищенню білковості зерна ярого ячменю.

1.3 Урожайність і якість зерна ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регуляторів росту рослин

Для досягнення високих показників урожайності необхідно раціонально підбирати попередники, використовувати якісне насіння, ефективні системи удобрення та захисту рослин, тобто впроваджувати елементи інтенсивних технологій вирощування. Проте такі підходи вимагають значних фінансових затрат і тому не завжди доступні для всіх аграрних господарств.

У сучасних умовах господарювання доцільним є застосування ресурсозберігаючих технологічних складових, які допомагають зменшити енерговитрати. Одним із таких напрямів, ефективність якого підтверджена численними дослідженнями на різних культурах, є використання біопрепаратів і регуляторів росту рослин [156, 62]. Їх результативність заслуговує на окрему увагу при вирощуванні ячменю – як озимого, так і ярого.

Ячмінь належить до найдавніших культур світу. Озима форма, у порівнянні з пшеницею озимою, здатна забезпечувати вищі врожаї, однак у періоди різких температурних коливань може зазнавати значних ушкоджень або навіть вимерзати [170, 180]. Змінюючи строки сівби озимих культур, можна створювати різні абіотичні умови – варіювати температуру, суму позитивних температур, тривалість світлового дня та кількість опадів. Саме тому під час розроблення нормативів і технологічних умов вирощування нових сортів пшениці та ячменю озимих важливим є визначення їхньої реакції на різні абіотичні чинники, зокрема строки сівби.

Оптимальні строки сівби озимих культур залишаються предметом

дискусій. Для досягнення високих і стабільних урожаїв необхідно враховувати родючість ґрунту, вологозабезпечення, попередники, погодні умови року, а також особливості сорту [176].

Останніми роками площі під ячменем ярим значно скоротилися через його низьку й нестабільну врожайність, що може коливатися на 40 % і більше в залежності від технологічних і кліматичних факторів. Хоча потенціал сучасних сортів дозволяє отримувати 9,0–10,0 т/га зерна, культура залишається важливою для забезпечення потреб господарства у продовольчому, фуражному та пивоварному зерні, тому її вирощування потребує правильного підбору сортів і технологічних прийомів [121].

Крім того, ярий ячмінь часто використовують як страхову культуру для пересіву загиблих озимих посівів. Через часті випадки вимерзання озимого ячменю, значна частина площ за необхідності засівається саме ярою формою, хоча вона зазвичай дає нижчу врожайність. Водночас відомо, що ячмінь – одна з найчутливіших культур до поліпшення умов живлення, що безпосередньо впливає на приріст урожайності [181, 8].

Дослідження [159, 21] підтвердили, що оптимізація живлення ячменю сприяє активізації ростових процесів, підвищенню врожайності та покращенню показників якості зерна.

Як показали результати роботи В. В. Лихочвора та М. В. Матковської на сорті Вінтмальт, вивчення трьох рівнів мінерального живлення – $N_{40}P_{30}K_{40}$, $N_{80}P_{60}K_{80}$ та $N_{120}P_{90}K_{120}$ – у поєднанні із застосуванням фунгіцидів продемонструвало, що підвищення дози добрив сприяє зростанню врожайності. Зокрема, при мінімальному рівні живлення урожай становив 6,17 т/га, а на максимальному – досягнув 7,91 т/га, що на 1,45 т/га вище порівняно з варіантом з найнижчою нормою, і на 0,5 т/га – порівняно із середнім рівнем [127].

Петриченко В. Ф., Романюк В. І. [162] встановило, що врожайність зерна сортів ячменю ярого змінювалась залежно від доз азотних добрив та регуляторів росту рослин. Так, без РРР у сорту Вінницький 28 врожайність

зерна становила у варіанті без добрив 3,81 т/га, при $P_{45}K_{45}$ – 3,95 $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 4,97, $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 5,11, $N_{90}P_{45}K_{45}$ – 5,38 т/га. При застосуванні морфорегулятора Біном – у варіанті без добрив 4,1 т/га, при $P_{45}K_{45}$ – 4,26, $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 5,21, $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 5,4, $N_{90}P_{45}K_{45}$ – 5,68 т/га. При застосуванні морфорегулятора Терпал – у варіанті без добрив 4,23 т/га, при $P_{45}K_{45}$ – 4,38, $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 5,33, $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 5,54, $N_{90}P_{45}K_{45}$ – 5,78 т/га.

Додаткове позакореневе живлення мікродобривами протягом вегетації ще більше підсилює ефективність основного удобрення. Так, комбінація передпосівного внесення діамофоски ($N_{10}P_{26}K_{26}$), підживлення на початку кущіння (N_{34}) і у фазі виходу в трубку (N_{46}), а також позакореневе підживлення карбамідом (N_8) у поєднанні з мікродобривом Еколист у дозі 4 л/га дозволила отримати врожай сорту Атлант Миронівський – 6,81 т/га, а сорту Пасо – 7,29 т/га, що перевищує контрольні показники на 4,97–5,23 т/га [107].

Загалом аналіз наукових джерел підтверджує ефективність мінерального живлення в усіх агрокліматичних умовах України, незалежно від ґрунтових типів і сортів озимого ячменю.

Дослідження свідчать, що на темно-сірих опідзолених ґрунтах після стерньових попередників позитивний результат озимого ячменю спостерігається на комплексне внесення добрив у дозах $N_{48}P_{48}K_{48}$ – $N_{64}P_{64}K_{64}$ [104].

У досліді [58] порівняли врожайність ячменю за трьох доз мінерального азоту. Найвища стабільність врожайності була досягнута при середній дозі азоту – N_{70} меншим цей показник був при N_{140} . Найбільш нестабільна врожайність з найвищими виробничими ризиками спостерігалася, коли ячмінь вирощували без будь-яких мінеральних азотних добрив.

Встановлено, що в усіх досліджуваних сортах використання морфорегуляторів позитивно вплинуло на рівень урожайності. У порівнянні з контролем приріст становив: у сорту Вінтмальт – 0,22–

0,91 т/га, у сорту Ханнелоре – 0,20–0,63 т/га, а у сорту Хайлайт – 0,17–1,05 т/га. Максимальні показники врожайності зафіксовано відповідно: для сорту Вінтмальт – 8,38 т/га, Ханнелоре – 8,23 т/га, та Хайлайт – 8,99 т/га. Найкращих результатів вдалося досягти за умови використання хлормекват-хлориду (р. к., 1,5 л/га у фазі виходу в трубку) в поєднанні з препаратом Медакс Топ (к. с., 1 л/га у фазі верхівкового листка) [128].

У Західному Лісостепу для отримання врожайності ярого ячменю на рівні 6,25–7,30 т/га рекомендовано застосовувати підвищені дози мінеральних добрив. Зокрема, для високопродуктивних сортів типу Геліос і Козацький оптимальною є доза $N_{60+60}P_{60}K_{80}$, тоді як сорти типу Водограй доцільно вирощувати на удобреному фоні $N_{45+45}P_{50}K_{70}$ [126].

Найвищу врожайність забезпечили сорти Вінтмальт (8,38 т/га), Ханелоре (8,23 т/га) та Хайлайт (8,99 т/га) у варіанті, де застосовували хлормекватхлорид у дозі 1,5 л/га у фазі виходу в трубку та Медакс Топ у кількості 1 л/га у фазі верхівкового листка.

Для сорту Вінтмальт найбільший рівень продуктивності було зафіксовано за умови фунгіцидного захисту препаратами Систіва та Адексар Плюс: урожайність склала 8,03 т/га на фоні низького рівня удобрення та підвищувалася до 8,80 і 9,10 т/га на середньому й високому рівнях мінерального живлення.

Авторами встановлено, що застосування кореневого підживлення ячменю ярого мінеральними азотними добривами не лише підвищує врожайність зерна, а й покращує його кормову цінність. Так, збільшення норми внесення азоту до 60 кг/га д. р. у зерні зростає вміст сирого протеїну та цукрів, водночас зменшується кількість клітковини. Максимальні показники вмісту білка (13,1; 12,1 та 15,6 %) протягом років досліджень зафіксовано у варіанті із внесенням азотних добрив у дозі N_{90} [169].

Підвищення норм внесення мінеральних добрив з $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло збільшенню вмісту білка в зерні ярого ячменю на 0,7–2,4 %. Показник маси 1000 зерен також збільшувався і становив 51,8 г при

фон $N_{30}P_{30}K_{30}$ та 56,4 г при фон $N_{60}P_{60}K_{60}$ [105].

Застосування регулятора росту Рівал для передпосівної обробки насіння забезпечило підвищення урожайності озимого ячменю сорту Атлант Миронівський на 5,6 %, Буревій – на 4,4 %, Айвенго – на 4,3 %. Використання препарату Вегестим дало ще більш відчутний ефект: приріст урожайності становив 9,8 % у сорту Атлант Миронівський, 9,1 % – у Буревій та 10,8 % – у Айвенго.

Дослідження також показали, що найбільший вміст білка в зерні формували сорти Атлант Миронівський та Буревій за використання регуляторів росту – 13,7–14,4 % і 12,9–13,9 % відповідно [123].

Авторами [179] встановлено, що застосування діаммофоски ($N_{10}P_{26}K_{26}$) у поєднанні з азотними добривами – N_{34} для підживлення на початку кущення та N_{46} під час виходу рослин у трубку, внесених під передпосівну культивуацію при вирощуванні озимого ячменю, а також проведення позакореневого підживлення сечовиною у дозі N_8 з додаванням мікродобрива «Еколіст» у дозі 4,0 л/га забезпечило отримання врожайності зерна озимого ячменю сорту Атлант Миронівський – 6,81 т/га, а сорту Пасо – 7,29 т/га, що перевищує показники контрольних ділянок без внесення добрив на 4,97–5,23 т/га.

Вчені [22] встановили, що зі зростанням рівня удобрення відмічено зменшення польової схожості на 1,1–2,3 %, проте підвищення виживання рослин. Найменша кількість життєздатних рослин спостерігалася на ділянках без добрив, а найвища – за норми $N_{90}P_{90}K_{90}$. Установлено позитивний вплив удобрення на кількість продуктивних стебел, масу зерна з колоса та кількість зерен у колосі. Виявлено тісний позитивний кореляційний зв'язок між удобренням і кількістю зерен у колосі ($r = 0,96$), а також між удобренням і масою зерна з колоса ($r = 0,77$).

Доведено, що застосовані норми добрив сприяють оптимізації поживного режиму агроценозу озимого ячменю в умовах Лісостепу Західного. Найкращі результати отримано при внесенні фосфорно-

калійних добрив ($P_{90}K_{90}$) під оранку та азотних ($N_{30+30+30}$) у три етапи – під час відновлення весняної вегетації, у фазі виходу в трубку та колосіння. Такий підхід забезпечив суттєве підвищення врожайності порівняно з варіантами без добрив і нижчими дозами $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Найвищу середню за роки досліджень урожайність зерна ячменю отримано за внесення добрив у дозі $N_{23}P_{60}K_{60}$ $[(NH_4)_2HPO_4 + NH_4NO_3 + KCl]$ перед сівбою, а також додаткового підживлення N_{67} під час відновлення весняної вегетації, N_{30} – на початку колосіння, і застосування препарату N-Lok™ у фазі відновлення вегетації. Сумарна доза азоту при цьому становила N_{120} , що забезпечило врожайність 7,65 т/га. Порівняно з контрольним варіантом – $N_{23}P_{60}K_{60}$ $[(NH_4)_2HPO_4 + NH_4NO_3 + KCl]$ перед сівбою + N_{37} (NH_4NO_3) у фазі відновлення вегетації – середньорічний приріст урожайності склав 0,73 т/га [75].

Встановлено [82], що біопрепарати, позитивно впливають на збільшення вмісту білка в зерні сорту озимого ячменю. Однак найбільше він зростав від використання OrganicBalance та Azotophyte, і меншою мірою – Mycofrend та Melanoriz. Зі сортів, взятих для дослідження, сорт Jason накопичив найбільше білка в зерні, потім Valkyrie, Oscar та найменше Dostoyну при подвійному підживленні в середньому за роки вирощування: 10,24; 10,18; 10,12 та 9,98 % відповідно, а за вмістом білка в зерні контрольних варіантів: 9,79; 9,88; 9,73 та 9,63 % відповідно.

Дослідження [6] підтвердили позитивний вплив мінеральних добрив на виживання рослин озимого ячменю. Найнижчі показники збереження посівів спостерігалися на контрольних ділянках без удобрення, тоді як найвищі – за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Встановлено, що застосування добрив суттєво впливало на кількість продуктивних стебел, масу зерна з колоса та кількість зерен у колосі. За результатами аналізу виявлено тісний позитивний кореляційний зв'язок між рівнем удобрення і кількістю зерен у колосі ($r = 0,96$), а також між удобренням і масою зерна з колоса ($r = 0,77$).

Отримані дані свідчать, що досліджувані норми внесення добрив сприяють оптимізації поживного режиму агроценозу озимого ячменю в умовах Лісостепу Західного. На основі проведених досліджень визначено оптимальну дозу мінеральних добрив, яка забезпечує максимальну врожайність зерна.

Зокрема, внесення фосфорно-калійних добрив ($P_{90}K_{90}$) під основний обробіток ґрунту та азотних ($N_{30+30+30}$) у три етапи – під час відновлення весняної вегетації, у фазі виходу в трубку та під час колосіння – забезпечило істотне зростання урожайності порівняно з варіантами без добрив і схемами $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Останнім часом спостерігається зростання інтересу до використання біопрепаратів різного спектра дії в технологіях вирощування сільськогосподарських культур, зокрема ячменю ярого. Передпосівна обробка насіння такими засобами сприяє покращенню мінерального живлення, активізує ріст і розвиток рослин, а також підвищує їх урожайність [153, 182].

Дослідження Ященко Л.А. [182] показали, що застосування препарату Поліміксобактерин позитивно впливає на продуктивність сорту ячменю ярого Аннабель.

Гирка А. Д. із співавторами [106] досліджували формування продуктивності сортів Гатунок і Статок залежно від передпосівної обробки насіння біопрепаратами Діазофіт, Поліміксобактерин, Мікрогумін, а також від позакореневого підживлення регуляторами росту на чорноземних ґрунтах.

Чайковська Л. О. вивчала ефективність застосування препаратів Фосфоентерин, Поліміксобактерин і Альбобактерин під час вирощування сорту Сталкер на темно-каштанових ґрунтах [178].

Горщар О. А. зі співавторами [109] досліджували дію препарату Альбіт на підвищення стійкості рослин ячменю ярого до хвороб і на врожайність сорту Донецький 14.

У роботах Вінюкова О. О. [102] встановлено, що завдяки комплексному застосуванню Агростимуліну для передпосівного оброблення насіння та обприскування посівів ячменю ярого урожай зерна збільшився на 0,43–0,67 т/га, вміст білка – в середньому на 0,84 %. Спільне застосування Мікрогуміну для інокуляції насіння та Агростимуліну для обприскування посівів забезпечило додатковий урожай у середньому на 0,43 т/га, вміст білка збільшився порівняно з контролем на 0,74 %. Вміст важких металів у продукції при застосуванні досліджуваних препаратів не перевищував ГДК.

Найвищі та стабільні врожаї зерна ячменю озимого залежать від можливості максимального використання ґрунтово-кліматичних умов вирощування, а також здатності долати несприятливі метеорологічні фактори, що погіршують ріст і розвиток рослин [1]. Тому нові сорти повинні характеризуватися складною системою біохімічних, фізіологічних і господарсько-цінних ознак й властивостей, що забезпечують адаптивність до конкретних умов вирощування [2]. В останні роки зміни клімату стали очевидними у Лісостепу України. Осінній та весняний періоди часто супроводжуються посухою та високою температурою. Опади випадають нерівномірно, що характерно для зони нестабільного зволоження [3]. Ячмінь озимий може давати високі врожаї зерна лише на родючих ґрунтах та за внесення достатньої кількості добрив [4]. Тому в сучасних інтенсивних технологіях важливе місце займає використання мінеральних добрив. Особливо важливо проводити азотне удобрення посівів, яке має забезпечувати максимальну ефективність.

Таким чином, для забезпечення високої та стабільної врожайності ячменю озимого необхідне комплексне використання мінеральних добрив, біологічних препаратів і регуляторів росту з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, сортових особливостей та складових технології вирощування.

Через високу врожайність та екологічну значущість удобрення азотом,

частково нечіткі або суперечливі результати попередніх експериментів з удобрення та багато відкритих питань щодо ефективності удобрення, необхідні подальші порівняльні аналізи різних систем удобрення. Вони повинні включати різні умови застосування добрив, а також враховувати потенціал сорту.

Результати аналізування джерел літератури висвітлено в праці [147].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматичні та погодні умови

Дослідження проводили у стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету впродовж 2022–2025 рр. «Агрохімічна ефективність різного співвідношення видів мінеральних добрив у зерно-просапній сівозміні» (атестат НААН № 87). Рельєф дослідного поля, де проводилися польові досліді, 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 [165].

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

Чорноземи опідзолені в межах Лісостепу України залягають на площі 2,02 млн га, в тому числі орних – 1,75 млн га. Для профілю чорнозему опідзоленого характерне об'єднання генетичних ознак, властивих чорноземам типовим і темно-сірим лісовим ґрунтам [164].

Усі пори року в Правобережному Лісостепу виражені чітко. Весняний сезон настає порівняно швидко, з переходом середньодобової температури повітря через 0 °C і може продовжуватися до двох місяців. Танення снігу відбувається зазвичай поступово, в результаті чого інтенсивного та значного стікання талих вод не спостерігається. Всі ці чинники сприяють поглинанню більшої частини талих вод ґрунтом і накопиченню вологи у нижніх його горизонтах.

Літо настає за переходу середньодобової температури повітря через

15 °С і характеризується високими й стійкими температурами, триває до середини вересня. Середня температура літнього періоду становить 19 °С, з можливими відхиленнями в окремі роки – до 17 і 22 °С. Тепла та порівняно волога погода в літній період позитивно впливає на проходження вегетації культур помірного поясу. Проте в окремі роки може спостерігатися літня посуха, яку спричиняє тривалу нестачу в надходженні вологи з опадами і висока температура повітря, що призводить до значних втрат ґрунтових запасів вологи. У літній період можуть також спостерігатися часті та інтенсивні зливові дощі, значна частина води яких не поглинається ґрунтом, а тому в таких випадках формуються значні поверхневі стоки.

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

Зима характеризується переважно теплою і хмарною погодою з частими відлигами. У найхолодніший її період середня температура повітря може знижуватися до $-5...-7$ °С. Під час відлиги вона може підніматися до позначки $+10...+12$ °С, що зумовлює розмерзання ґрунту та поглинання ним частини талої води [166].

Погодні умови відрізнялись розподілом опадів і температурою повітря (табл. 2.1). У 2023 р. за березень–квітень випало 156,8 мм опадів, у 2024 р. – 145,7, а в 2024 р. – 39,4 мм. Температура повітря у травні в 2025 р. була нижче оптимальної для росту рослин ячменю озимого, тому полягання не було, а в 2024 р. за період виходу рослин у трубку 7 діб було з температурами ≤ 11 °С, а 13 діб з оптимальною для росту стебла, тому полягання було не на всіх варіантах і з вищою стійкістю.

Таблиця 2.1

Погодні умови в роки проведення дослідження (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													
Середньобогаторічна	586	43	43	40	38	34	36	41	52	81	68	49	61
2022/2023	470,4	31,2	41,0	44,6	6,0	20,5	27,2	129,6	42,4	15,8	92,5	12,4	7,2
2023/2024	487,0	33,5	62,3	55,0	29,8	14,9	89,5	56,2	41,8	56,5	17,9	17,7	12,1
2024/2025	565,0	99,4	45,1	61,0	12,4	7,8	12,5	26,9	101,8	11,2	112,3	23,0	51,8
Середня температура повітря, °C													
Середньобогаторічна	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	10,5	19,8	4,7	-1,0	-1,3	1,8	2,0	8,6	14,5	20,5	21,0	21,8	13,1
2023/2024	10,8	11,7	4,6	-1,8	-1,6	4,2	4,5	13,0	15,3	21,2	24,3	23,1	19,7
2024/2025	10,8	10,8	2,6	0,4	2,1	-3,9	6,7	10,3	13,1	19,3	22,4	19,7	16,2
Відносна вологість повітря,%													
Середньобогаторічна	78	81	87	88	85	84	81	70	67	72	73	73	75
2022/2023	73	70	85	88	80	76	67	68	59	64	63	71	79
2023/2024	73,2	73	82	86	84	80	76	67	57	69	60	56	56
2024/2025	73,2	86	80	90	83	74	67	61	74	63	65	63	65

Необхідно відзначити, що в 2023 р. рослини були достатньо забезпечені вологою, а в 2024 р. опади випали наприкінці фази виходу в трубку. Тому полягання рослин ячменю озимого в 2023 р. було найбільшим, у 2024 р. – меншим, а в 2025 р. було відсутнє. Внаслідок пізнішого збирання сої в 2022 р. сівбу ячменю озимого проводили у III декаді жовтня. Рослини у фазу ВВСН 10 входили у зиму. Крім цього, в 2023 і 2024 рр. рослини ячменю озимого зимували у фазу ВВСН 13. Тому врожайність та якість зерна значно змінювались залежно від року дослідження, що детальніше проаналізовано в результатах досліджень.

2.2 Методика проведення досліджень

Дослід має географічні координати за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи, закладеному в 2011 р. на дослідному полі Уманського НУС. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (ячмінь озимий, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення дослідів триразове. Площа облікової ділянки 72 м².

Метою польового дослідів є встановлення ефективності дії різних видів, доз і співвідношень мінеральних добрив на врожайність і якість зерна та насіння польових культур, родючість чорнозему опідзоленого. Схема дослідів включає 11 варіантів комбінацій і окремого внесення мінеральних добрив і, в тому числі, контрольний варіант без удобрення (табл. 2.2).

У варіанті дослідів, де середня доза елементів живлення у сівозміні на гектар становить N₁₁₀P₆₀K₈₀, заплановано повне (100 %) компенсування добривами середньорічного господарського їх винесення культурами сівозміни. Схему дослідів складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив. Розміщення варіантів у досліді послідовне. Розгортання дослідів одночасно на чотирьох полях дає змогу щорічно

отримувати дані врожайності всіх культур 4-пільної польової сівозміни. Повторення досліду триразове. Загальна площа дослідної ділянки 110 м², облікова – 72 м².

Фосфорні (суперфосфат гранульований) і калійні (калій хлористий) добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні (аміачна селітра) – під передпосівну культивуацію та в підживлення пшениці озимої. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишається на полі на добриво.

Таблиця 2.2

Схема досліду

Варіант досліду: середня доза елементів живлення в сівозміні (кг д. р/га за рік)	Внесення добрив під культури сівозміни			
	Ячмінь озимий	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	—	—	—	—
N ₅₅	N ₇₅	N ₈₀	N ₃₅	N ₃₀
N ₁₁₀	N ₁₅₀	N ₁₆₀	N ₇₀	N ₆₀
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	P ₆₀ K ₇₀	P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₅₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ K ₇₀	N ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₅₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	N ₇₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₆₀
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀

Схема застосування добрив у польовій сівозміні під ячмінь озимий (сорт Дев'ятий вал) включала такі варіанти: без добрив (контроль), N₇₅, N₁₅₀, P₆₀K₈₀, N₁₅₀K₈₀, N₁₅₀P₆₀, N₇₅P₃₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₈₀, N₁₅₀P₃₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₄₀,

N₁₅₀P₃₀K₈₀. Відповідно до схеми дослідів фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивування та в підживлення. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишається на полі на добриво.

Регулятор росту рослин Хлормекват-хлорид 750 (BASF) застосовували на початку виходу рослин у трубку (ВВСН 30–32). Норм витрати препарату 1,5 л/га, робочого розчину 500 л/га.

Опис регулятора росту Хлормекват-хлорид 750. Препаративна форма рк. Клас хімічної речовини – сполука четвертинного амонію. Регулятор росту впливає на фізіологічні процеси рослин через затримку синтезу або дію гормонів росту (ауксинів і гіберелінів). Результатом цього впливу є вкорочення довжини соломини і підвищення її жорсткості, кращий розвиток, а також перерозподіл поживних речовин у рослині, що сприяє закладці більшої кількості продуктивних стебел та підвищенню індивідуальної продуктивності рослин. Хлормекват-Хлорид 750 допускається застосовувати у бакових сумішах з фунгіцидами – Капало, Рекс Дуо, Абакус, Флексіті, інсектицидами – Фастак, Бі-58 Новий. В комбінації з гербіцидом ростового типу необхідно зменшувати норму витрати регулятора росту на 10–15 %.

Опис сорту Дев'ятий вал. Сорт характеризується високою екологічною пластичністю. Вирізняється високою зимо- та морозостійкістю. Добре реагує на внесення мінеральних добрив. Здатний формувати високі врожаї в умовах недостатньої вологозабезпеченості. Висота рослин 115–125 см. Колос шестирядний, довгий (9–11 см), прямокутної форми, солом'яно-жовтий. Ості довгі, з інтенсивним антоціановим забарвленням. Зерно крупне, жовте, видовженої форми. Маса 1000 зерен 47,1–49,4 г. Потенційна продуктивність – 9–10 т/га зерна.

Закладання польових дослідів, проведення спостережень і досліджень проводили у відповідності з рекомендаціями, методичними вказівками і довідниками останніх років. Агротехніка вирощування ячменю озимого

загальноприйнята для умов Правобережного Лісостепу України, крім застосування добрив.

Урожайність визначали поділянково прямим комбайнуванням, показники росту та розвитку, складові структури урожаю – за методикою [116]. Вміст білка визначали методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117:2007. Вміст азоту, фосфору та калію в зерні та соломі – за MBV 31-497058-019-2005.

Стійкість рослин до полягання визначали за шкалою в балах: 9 – полягання не було, 7 – полягання незначне, рослини злегка нахилені, 5 – кут нахилу рослин близько 45° , 3 – кут нахилу рослин понад 45° , 1 – полягання повне.

Площу з полеглими рослинами визначали у балах за шкалою: 9 – ділянок з полеглими рослинами немає, 8 – площа з полеглими рослинами 0–10 %, 7 – 10–20 %, 6 – 20–30 %, 5 – 30–40 %, 4 – 40–50 %, 3 – 50–60 %, 2 – 60–70 %, 1 – площа з полеглими рослинами понад 70 % від загальної площі дослідної ділянки.

Господарське винесення розраховували за методикою [110]. Господарське винесення обраховували за показниками вмісту елементів живлення в зерні та соломі. На основі цього визначали відносне винесення азоту та його баланс у ґрунті. 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 увійшло лише внесення елементів живлення з мінеральними добривами.

Агрохімічне та енергетичне оцінювання визначали відповідно до методики [110]. Для розрахунку економічної ефективності

використовували ціни 2023–2025 рр. Економічну ефективність розраховували з розрахунку, що вартість 1 т зерна ячменю озимого в 2023 р. становив 8,2 тис. грн, у 2024 р – 8,0, а в 2025 р. – 7,2 тис. грн, вартість 1 т аміачної селітри відповідно 20,0 тис. грн, 19,0 і 18,0 тис. грн, 1 т калію хлористого – 24,0 тис. грн, 22,0 і 20,0 тис. грн, суперфосфату гранульованого – 16,0 тис. грн, 14,0 і 12,0 тис. грн. Вартість застосування регулятора росту рослин становило відповідно 0,9 тис. грн/га, 0,7 і 0,7 тис. грн/га. Економічну ефективність розраховували з урахуванням проведення робіт на площі 100 га.

Статистичне оброблення цифрового матеріалу здійснювали методом польового двофакторного дисперсійного аналізу польового дослідження [116]. Оброблення даних також проводили за використання спеціалізованого програмного забезпечення Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA).

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

3.1 Висота рослин і стійкість їх до полягання

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) є другою за величиною зерновою культурою після пшениці, що займає близько 10 % від загальної площі сільськогосподарських угідь [5, 143]. Для оптимізації внесення азотних добрив розроблено різні системи їх застосування, що включають основні способи удобрення з використанням статичних чинників, таких як тип культури, цільова врожайність та вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті, та динамічні методи, що враховують розвиток рослин і динаміку поглинання азоту на стадіях росту культури, багатоспектральні сенсорні технології для внесення азотних добрив на певній ділянці [145]. Мультиспектральні датчики можуть реєструвати спектральну відбивальну здатність посівів певної культури упродовж вегетаційного періоду [100]. Ці датчики дають можливість розраховувати вегетаційні індекси, які корелюють з такими параметрами рослин, як біомаса та поглинання азоту [138]. Перерозподіляти або навіть зменшувати кількість внесених мінеральних азотних добрив залежно від погодних і ґрунтових умов, можна досягти підвищення ефективності використання азоту за допомогою мультиспектральних датчиків та алгоритмів удобрення [3]. З урахуванням їхніх позитивних сторін, ефективність цих систем залишається ще не повністю визначеною, а їх практичне впровадження все ще обмежене та не набуло поширення у деяких сільськогосподарських регіонах [141]. Частково це пояснюється тим, що переваги для фермерів не були достатньо обґрунтованими. Крім цього, все ще можуть траплятися помилки. Зазначається [26], що внесення змінної дози азоту добрив не

завжди перевершує рівномірне їх внесення за врожайністю культури, оскільки такі проблеми, як фізіологічне жовкнення листків під час вимірювань, можуть призвести до неточностей.

Азотне удобрення підвищує врожайність ячменю озимого, причому сучасні сорти демонструють покращену ефективність і ліпшу реакцію на вищі рівні азотного живлення порівняно зі старими сортами [13].

Аналіз ефективності повинен оцінювати не лише те, чи повністю використовується потенціал урожайності, специфічний для конкретної ділянки, але й те, чи досягнуто економічного оптимуму, який визначається рівнем удобрення, що дає найвищий чистий прибуток на одиницю внесеного азоту добрив. Цей оптимум, що базується на стандартних цінах на азот добрив і зерно, можна оцінити за допомогою різних функцій відгуку, включаючи квадратичні та лінійні моделі [73, 134].

У багаторічних випробуваннях [63, 139] виявили, що квадратичні регресійні функції забезпечують точніше оцінювання економічного оптимуму для ячменю озимого порівняно з лінійними моделями, оскільки вони краще відображають нелінійний зв'язок між азотним удобренням і врожайністю.

Отже, через високу врожайність та екологічну значущість азотного удобрення, частково нечіткі або суперечливі результати попередніх експериментів з удобрення та багато відкритих питань щодо ефективності удобрення, необхідні подальші порівняльні аналізи різних систем удобрення. Вони повинні включати різні ґрунтови, погодно-кліматичні умови і сучасні сорти ячменю озимого.

Встановлено, що висота рослин ячменю озимого змінювалась залежно від погодних умов, удобрення та застосування регулятора росту рослин (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Висота рослин ячменю озимого залежно від удобрення та
регулятора росту рослин, см**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		83	115	90	96
N ₇₅		103	124	113	113
N ₁₅₀		111	136	120	122
P ₆₀ K ₈₀		85	120	92	99
N ₁₅₀ K ₈₀		111	138	121	123
N ₁₅₀ P ₆₀		112	137	121	123
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		109	130	115	118
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		114	139	121	125
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		113	140	122	125
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		114	138	121	124
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		114	137	120	124
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		69	88	81	79
N ₇₅		70	91	85	82
N ₁₅₀		74	93	89	85
P ₆₀ K ₈₀		67	84	80	77
N ₁₅₀ K ₈₀		74	94	89	86
N ₁₅₀ P ₆₀		75	94	90	86
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		72	92	84	83
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		73	94	89	85
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		72	93	90	85
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		73	93	88	85
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		73	94	89	85
НІР ₀₅	А	2	3	2	—
	В	2	2	2	—

У середньому за три роки досліджень висота рослин ячменю озимого збільшувалась від 96 до 125 см залежно від варіанту досліджу на тлі без регулятора росту. При цьому на неудобрених ділянках цей показник змінювався від 83 до 115 см залежно від року проведення дослідження. Понижена температура повітря в період березень–травень сприяла меншому росту рослин у висоту в умовах 2023 і 2025 рр. Оптимальна

температура повітря для росту рослин ячменю озимого в 2024 р. забезпечувала формування найвищих рослин. Необхідно відзначити, що в 2023 р. висота рослин ячменю озимого збільшувалась на 37 %, у 2025 – на 22, а в 2025 р. – на 27 %. Результати досліджень свідчать, що найменше на висоту рослин впливало застосування фосфорних і калійних добрив. Упродовж років досліджень під їх впливом цей показник зростав лише на 2–5 см. Варіанти досліду з неповним поверненням винесеного в сівозміні лише фосфору й калію з добривами, а також за внесення повного мінерального добрива істотно не впливало на висоту рослин порівняно з азотними системами удобрення.

На тлі застосування регулятора росту рослин висота ячменю озимого була в межах 69–94 см залежно від варіанту досліду та року проведення досліджень. Необхідно відзначити, що за внесення азотних добрив висота рослин зростала на 6–8 % порівняно з неудобреними ділянками. При цьому тенденція зміни висоти рослин ячменю озимого залежно від погодних умов була подібною за умови відсутності регулятора росту.

Різною була стійкість рослин до полягання впродовж років досліджень. Так, найвищу стійкість мали рослини у 2025 р. – 9 бала, що очевидно зумовлено меншим ростом стебла (табл. 3.2).

Найнижчу стійкість до полягання рослини мали у 2023 р. за систем удобрення з азотною складовою. Необхідно відзначити, що під час першого полягання рослин азотні системи удобрення не впливали на цей показник. Проте після цього стійкість знизилась до 7 бала за внесення N_{150} . Вирощування ячменю озимого за азотно-калійної системи удобрення забезпечувало стійкість до полягання на рівні 5 бала. Системи удобрення з внесенням N_{150} на тлі різного повернення винесеного з урожаєм фосфору і калію знижували стійкість рослин до 3 бала. При цьому ділянки без добрив, за фосфорно-калійної системи удобрення та за внесення N_{75} не впливали на стійкість рослин ячменю озимого до полягання.

Таблиця 3.2

**Стійкість до полягання рослин ячменю озимого залежно від
удобрення та регулятора росту, бал**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення дослідження			
		2023		2024	2025
		29.05	07.07	20.05	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		9	9	9	9
N ₇₅		9	7	7	9
N ₁₅₀		7	7	5	9
P ₆₀ K ₈₀		9	9	9	9
N ₁₅₀ K ₈₀		5	5	7	9
N ₁₅₀ P ₆₀		3	3	5	9
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		9	7	7	9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		3	3	5	9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		3	3	5	9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		3	3	5	9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		3	3	5	
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		9	9	9	9
N ₇₅		9	9	9	9
N ₁₅₀		7	7	7	9
P ₆₀ K ₈₀		9	9	9	9
N ₁₅₀ K ₈₀		9	9	7	9
N ₁₅₀ P ₆₀		7	7	7	9
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		9	9	7	9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		7	7	7	9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		7	7	7	9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		7	7	7	9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		7	7	7	9
НІР ₀₅	А	1	1	1	1
	В	1	1	1	1

Стійкість рослин ячменю озимого до полягання в 2024 р. була вищою порівняно з 2023 р. Полягання на рівні 7 бала було відмічено у варіантах досліджу з внесенням N₇₅, N₁₅₀K₈₀ і N₇₅P₃₀K₄₀. Азотно-фосфорна система та варіанти досліджу із неповним поверненням фосфору й калію з добривами знижували стійкість рослин до 5 бала. Рослини ячменю озимого на неудобрених ділянках і за фосфорно-калійної системи удобрення не

полягали. Отже, застосування азотних добрив сприяє кращому росту рослин та інтенсивнішому їх куцінню, що збільшує вегетативну масу, але зменшує товщину стебла та знижує при цьому стійкість рослин до полягання.

Площа з полеглими рослинами також змінювалась залежно від погодних умов року проведення досліджень, удобрення та застосування регулятора росту рослин (табл. 3.3). Так, у 2025 р. У 2023 р. не було ділянок з полеглими рослинами на неудобрених ділянках досліду, з фосфорно-калійною системою удобрення та у варіантах $N_{75}P_{30}K_{40}$ і N_{75} – 9 бала. За внесення N_{150} площа з полеглими рослинами займала 30–40 %, а за системи удобрення $N_{150}K_{80}$ – 20–30 %. У решти варіантах досліду площа з полеглими рослинами займала понад 70 %. Подібну тенденцію було встановлено і в умовах 2024 р. При цьому ділянок з полеглими рослинами не було лише у варіанті досліду без добрив і за фосфорно-калійної системи удобрення.

Отже, рослини ячменю озимого по різному реагують на системи удобрення, що тривалий час застосовуються в польовій сівозміні. При цьому найбільший вплив має застосування азотних добрив, а найменше – фосфорних і калійних. Висота рослин ячменю озимого змінюється від 83 до 115 см на неудобрених ділянках і від 103 до 140 см за систем удобрення з азотною складовою. Внесення регулятора росту рослин сприяє пониженню їх висоти до 69–94 см або на 20–49 % залежно від варіанту досліду.

Системи застосування добрив з внесенням N_{150} на тлі різного повернення винесеного з урожаєм фосфору й калію з добривами знижували стійкість рослин до полягання до 3 бала. При цьому ділянки без добрив, фосфорно-калійна система та внесення N_{75} не впливали на стійкість рослин ячменю озимого. Стійкість рослин до полягання на тлі регулятора росту була на рівні 7–9 бала залежно від варіанту досліду.

Таблиця 3.3

**Площа рослин ячменю озимого, які полягли на ділянці залежно від
удобрення та регулятора росту, бал**

Варіант досліду (чинник А)	Рік проведення дослідження		
	2023	2024	2025
Без регулятора росту (чинник В)			
Без добрив (контроль)	9	9	9
N ₇₅	9	7	9
N ₁₅₀	5	1	9
P ₆₀ K ₈₀	9	9	9
N ₁₅₀ K ₈₀	6	1	9
N ₁₅₀ P ₆₀	1	1	9
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	9	3	9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	1	1	9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	1	1	9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	1	1	9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	1	1	9
З регулятором росту			
Без добрив (контроль)	9	9	9
N ₇₅	9	9	9
N ₁₅₀	8	8	9
P ₆₀ K ₈₀	9	9	9
N ₁₅₀ K ₈₀	9	8	9
N ₁₅₀ P ₆₀	8	8	9
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	9	8	9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	8	8	9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	8	8	9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	8	8	9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	8	8	9
НІР ₀₅	А	1	1
	В	1	1

3.2 Формування складових структури урожаю

Кількість продуктивних стебел ячменю озимого на одиницю площі посіву є одним з найважливіших показників формування врожайності зерна. проведеними дослідженнями встановлено, що це показник залежав від чинників, що вивчалися в досліді (табл. 3.4). Так, залежно від погодних умов року проведення досліджень кількість продуктивних стебел на

ділянках без добрив була в межах 324–463 шт/м², або змінювалася на 43 %. При цьому необхідно зазначити, що систематичне застосування повного мінерального добрива в польовій сівозміні та внесення безпосередньо під ячмінь озимий N₁₅₀P₆₀K₈₀ сприяло зниженню впливу погодних умов на формування продуктивного стеблостою. При цьому зміни від погодних умов були меншими – 37 %.

Таблиця 3.4

**Кількість продуктивних стебел ячменю озимого залежно від
удобрення та регулятора росту рослин, шт/м²**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		324	402	463	396
N ₇₅		378	420	511	436
N ₁₅₀		384	438	538	453
P ₆₀ K ₈₀		360	408	478	415
N ₁₅₀ K ₈₀		390	456	550	465
N ₁₅₀ P ₆₀		391	457	549	466
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		396	444	521	454
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		402	462	552	472
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		401	457	550	469
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		401	456	551	469
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		402	458	551	470
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		325	404	464	398
N ₇₅		377	421	510	436
N ₁₅₀		383	438	537	453
P ₆₀ K ₈₀		361	409	478	416
N ₁₅₀ K ₈₀		390	456	551	466
N ₁₅₀ P ₆₀		391	455	549	465
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		397	445	522	455
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		403	463	552	473
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		401	457	551	470
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		402	455	552	470
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		401	457	550	469
НІР ₀₅	А	10	13	15	—
	В	9	11	12	—

Примітка. Кількість рослин у фазу сходів: у 2023 р. – 429 шт/м², у 2024 р. – 277, у 2025 р. – 362 шт/м².

За азотної системи удобрення (N_{150}) зміни у роки проведення досліджень були від 384 до 538 шт/м² або 40 %. Найменші зміни (32%) у формуванні густоти продуктивного стеблостою за внесення повного мінерального добрива були за дози добрив $N_{75}P_{30}K_{40}$.

Проведеними дослідженнями також встановлено, що застосування регулятора росту рослин не впливало на формування густоти продуктивного стеблостою ячменю озимого.

У цілому за роки проведення досліджень найбільш сприятливі умови для формування продуктивного стеблостою незалежно від системи застосування добрив і регулятора росту рослин склалися в 2025 році. Залежно від системи удобрення та погодних умов року кількість продуктивних стебел на одиницю площі посіву змінювалася від 324 до 552 шт/м² або 70 %. Це свідчить про можливий значний вплив цього чинника на формування врожаю зерна ячменю озимого.

Різні види мінеральних добрив і дози їх внесення по різному впливали на формування продуктивності стеблостою в усі роки проведення досліджень. Так, у середньому за три роки за азотної системи удобрення (N_{75} і N_{150}) кількість продуктивних стебел порівняно з абсолютним контролем підвищувалася відповідно на 40 і 57 шт/м² або 10 і 14 %. На фосфорно-калійному тлі ($P_{60}K_{80}$) внесення азотних добриву дозі 150 кг/га д. р. підвищувало цей показник на 57 шт/м² або на 24 %.

На тлі парних комбінацій основних елементів живлення (NK і NP) у середньому за роки проведення досліджень застосування фосфорних і калійних добрив сприяло підвищенню продуктивної кущистості ячменю озимого відповідно на 2 і 1 %, тобто з урахуванням NP_{05} спостерігалась лише незначна тенденція. Необхідно також зазначити, що зниження в складі повного мінерального добрива частки фосфору або калію вдвічі чи обох з них в усі роки проведення досліджень достовірно не знижувало густоту продуктивного стеблостою, тобто спостерігалась лише тенденція до зниження.

За зменшення насиченості сівозміни мінеральними добривами удвічі, а відповідно і дози їх внесення під ячмінь озимий (варіант N₇₅P₃₀K₄₀) у середньому за три роки проведення досліджень густота продуктивного стеблостою зменшувалась на 18 шт/м² або на 4 %.

На ділянках досліду з внесенням регулятора росту рослин повторювалися зміни, що були описані вище як за впливом погодних умов, так і удобренням. Вплив регулятора росту був у межах помилки досліду, у середньому за три роки проведення досліджень зміни у сторону зменшення чи збільшення були менш як 1 %.

Отже, можна зробити висновок, що на формування продуктивності стеблостою ячменю ярого в умовах проведення досліджень найбільше впливають погодні умови. З видів добрив найбільший вплив мають азотні, тоді як вплив фосфорних і калійних добрив був незначним. Регулятор росту рослин також не мав впливу як на тлі погодних умов, так і удобрення на формування кількості продуктивних стебел на одиниці площі посіву.

На формування врожайності ячменю озимого, як й інших зернових культур, важливе значення має на лише кількість колосків на одиниці площі посіву, але й кількість у них зерен (табл. 3.5). Проведеними дослідженнями встановлено, що цей показник залежно від чинників, що вивчалися в досліді змінювався в широких межах – від 32,3 до 44,8 зерен у колосі, або на 39 %.

На кількість зерен у колосі ячменю озимого значний вплив мали погодні умови у роки проведення досліджень. Так, на абсолютному контролі їх кількість змінювалася від 33,5 до 41,2 шт або на 23 %, тоді як за внесення повного мінерального добрива – від 32,3 до 43,6 шт. або на 35 %.

Таблиця 3.5

**Кількість зерен в одному колосі ячменю озимого залежно від
удобрення та регулятора росту рослин, шт.**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		41,2	33,5	34,4	36,4
N ₇₅		41,4	43,8	40,0	41,7
N ₁₅₀		44,2	44,0	42,8	43,7
P ₆₀ K ₈₀		38,5	33,8	34,7	35,7
N ₁₅₀ K ₈₀		46,0	36,9	42,8	41,9
N ₁₅₀ P ₆₀		38,3	36,7	42,4	39,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		40,8	40,3	40,0	40,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		32,3	40,5	43,6	38,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		33,8	40,5	42,6	39,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		35,1	40,6	42,8	39,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		34,3	40,1	43,1	39,2
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		39,0	30,5	33,5	34,3
N ₇₅		39,4	39,7	38,9	39,3
N ₁₅₀		42,2	40,2	43,7	42,0
P ₆₀ K ₈₀		35,7	30,9	33,3	33,3
N ₁₅₀ K ₈₀		42,5	38,5	43,5	41,5
N ₁₅₀ P ₆₀		41,1	38,6	43,5	41,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		38,3	41,0	39,9	39,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		41,5	41,0	44,8	42,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		41,9	41,2	44,0	42,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		41,9	41,0	44,3	42,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		41,4	41,2	44,9	42,5
НІР ₀₅	А	1,0	1,1	1,2	—
	В	1,2	0,9	1,0	—

Більш значні зміни можна пояснити зміною умов мінерального живлення рослин за різних погодних умов. Так, в умовах 2023 року зі збільшенням доз внесення добрив кількість зерен у колосі суттєво зменшувалася, тоді як в умовах інших років – зростала. Види мінеральних добрив, їх поєднання та дози внесення мали вплив на цей показник. Так, за азотної системи удобрення (N₇₅ і N₁₅₀) кількість зерен у колосі в середньому за три роки проведення досліджень зростала на 5,3 і 7,3 шт. (за

показника на абсолютному контролі 36,4 шт). За внесення лише фосфорних і калійних добрив спостерігалась тенденція до зниження цього показника. З парних комбінацій основних елементів живлення найбільший вплив на озерненість колосу мало поєднання азотних і калійних добрив, що сприяло збільшенню кількості зерен у колосі на 15 %.

Необхідно також зазначити, що в середньому за три роки проведення досліджень зменшення дози внесення мінеральних добрив удвічі – з $N_{150}P_{60}K_{80}$ до $N_{75}P_{30}K_{40}$ сприяло підвищенню озерненості колоса на 1,6 шт. Така ж тенденція спостерігалась за зменшення в складі повного мінерального добрива фосфорної чи калійної складової, або обох з них. При цьому найбільша кількість зерен в одному колосі (39,5 шт) була у варіанті досліду $N_{150}P_{60}K_{40}$, що на 3,1 шт. більше, ніж у контрольному варіанті досліду.

Порівняно з густотою продуктивного стеблостою ячменю озимого застосування регулятора росту рослин мало більший вплив на озерненість колосу незалежно від системи застосування добрив і погодних умов проведення досліджень. Особливо дія регулятора росту проявлялася за зміни умов мінерального живлення рослин. Так, у середньому за три роки проведення досліджень на ділянках без добрив, так і за внесення лише фосфорних і калійних добрив озерненість колосу зменшувалася відповідно на 2,3 і 2,4 шт. В інших варіантах досліду спостерігалось або достовірне підвищення озерненості або тенденція до підвищення. Так, у варіанті досліду з внесенням повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) озерненість колосу зростала на 3,6 шт. або на 9 %.

Отже, з проведених досліджень можна зробити висновок, що ефективність застосування регулятора росту зростає з поліпшенням умов мінерального живлення ячменю озимого, особливо азотом.

Щодо маси 1000 зерен ячменю озимого, то в поведених дослідженнях вона змінювалася як від погодних умов, так і від удобрення та дії регулятора росту рослин (табл. 3.6). При цьому необхідно зазначити, що

сорт ячменю озимого Дев'ятий вал за цих умов формував відносно стабільну масу 1000 зерен у межах 41,9–51,4 г, тобто зміни становили 26 %. На ділянках без добрив маса 1000 зерен ячменю озимого у роки проведення досліджень була 47,3–50,7 г, або змінювалася на 7 %, тоді як за внесення повної дози мінеральних добрив – 41,1–43,5 г і зміни були ще меншими – 6 %. У середньому за три роки проведення досліджень найбільшу масу 1000 зерен (47,0–49,9 г) формували рослини у варіантах досліду без добрив, N₇₅ і P₆₀K₈₀.

Таблиця 3.6

Маса 1000 зерен ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин, г

Варіант досліду (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		50,7	49,2	47,3	49,1
N ₇₅		48,1	47,2	45,6	47,0
N ₁₅₀		46,3	46,1	44,2	45,5
P ₆₀ K ₈₀		51,2	50,4	48,1	49,9
N ₁₅₀ K ₈₀		44,2	46,7	43,7	44,9
N ₁₅₀ P ₆₀		44,0	45,1	43,9	44,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		47,4	46,8	45,2	46,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		41,1	42,6	43,5	42,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		41,0	42,7	43,6	42,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		41,0	42,4	43,5	42,3
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		50,2	49,8	47,0	49,0
N ₇₅		48,6	48,1	45,1	47,3
N ₁₅₀		47,4	47,4	43,8	46,2
P ₆₀ K ₈₀		51,4	50,9	47,5	49,9
N ₁₅₀ K ₈₀		46,8	47,0	43,1	45,6
N ₁₅₀ P ₆₀		46,5	46,9	43,0	45,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		47,9	47,5	44,7	46,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		46,3	46,2	42,6	45,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		46,2	46,3	42,7	45,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		46,5	46,4	42,5	45,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		46,4	46,2	42,4	45,0
НІР ₀₅	А	1,2	1,1	1,3	—
	В	1,1	1,0	1,2	—

З поліпшенням умов мінерального живлення рослин маса 1000 зерен знижувалась в усі роки проведення досліджень. При цьому найбільше зниження було у варіанті досліду з внесенням азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. на фосфорно-калійному тлі ($P_{60}K_{80}$) – з 49,9 до 42,4 г або на 18 %. За зменшення дози внесення фосфорних або калійних добрив у складі повного мінерального добрива спостерігалась лише тенденція зниження маси 1000 зерен.

Позитивна дія регулятора росту рослин на збільшення маси 1000 зерен проявлялась лише в умовах 2023 і 2024 років на тлі внесення високих доз повного мінерального добрива, а також у варіантах досліду $N_{150}K_{80}$ і $N_{150}P_{60}$ в умовах 2023 року. За посушливих умов у 2023 року не спостерігалось впливу на цей показник структури урожаю ячменю озимого.

У середньому за три роки проведення досліджень за внесення $N_{150}P_{30-60}K_{40-80}$ маси 1000 зерен ячменю озимого за дії регулятора росту рослин підвищувалася з 42,3–42,4 г до 45,0–45,1 г або на 6 %.

Важливим показником структури урожаю зернових колосових культур є маса зерна, що формується в одному колосі. Це інтегральний показник, який враховує як кількість зерен у колосі, такі масу 1000 зерен. Дослідженнями встановлено, що маса зерен в одному колосі ячменю озимого змінювалася під впливом різних чинників і була в межах 1,33–2,09 г, або змінювалася на 57 % (табл. 3.7). Вона значно змінювалася від погодних умов. Так, на неудобрених ділянках у 2023 році маса зерна в одному колосі була 2,09 г, а в 2024 і 2025 роках – відповідно 1,65 і 1,63 г. також слід звернути увагу, що в умовах 2023 року на тлі внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) цей показник був нижчим на 0,76 г або на 57 %. Це можна пояснити у першу чергу збільшенням кількості зерен у колосі. В умовах 2024 року, навпаки, удобрення в усіх варіантах досліду в різній мірі сприяло збільшенню маси зерен з одного колоса за виключенням варіанту досліду $N_{150}P_{60}$. У цьому році найбільша маса зерен

в одному колосі була за азотних систем удобрення (N_{75} , N_{150}) – 2,03 і 2,07 г, що більше за абсолютний контроль відповідно на 23 і 25 %. Аналогічні дані були отримані і в умовах 2025 року, але при цьому маса зерна в одному колосі достовірно не змінювалася на фосфорно-калійному тлі ($P_{60}K_{80}$).

Таблиця 3.7

Маса зерна в одному колосі ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин, г

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		2,09	1,65	1,63	1,79
N ₇₅		1,99	2,07	1,82	1,96
N ₁₅₀		2,05	2,03	1,89	1,99
P ₆₀ K ₈₀		1,97	1,71	1,67	1,78
N ₁₅₀ K ₈₀		2,03	1,72	1,87	1,87
N ₁₅₀ P ₆₀		1,69	1,66	1,86	1,73
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		1,93	1,89	1,81	1,88
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		1,33	1,73	1,90	1,65
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		1,39	1,73	1,86	1,66
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		1,44	1,73	1,86	1,67
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		1,41	1,70	1,87	1,66
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		1,96	1,52	1,57	1,68
N ₇₅		1,91	1,91	1,75	1,86
N ₁₅₀		2,00	1,91	1,91	1,94
P ₆₀ K ₈₀		1,84	1,57	1,58	1,66
N ₁₅₀ K ₈₀		1,99	1,81	1,87	1,89
N ₁₅₀ P ₆₀		1,91	1,81	1,87	1,86
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		1,84	1,95	1,79	1,86
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		1,92	1,89	1,91	1,91
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		1,94	1,91	1,88	1,91
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		1,95	1,90	1,88	1,91
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		1,92	1,90	1,90	1,91
НІР ₀₅	А	0,04	0,05	0,05	—
	В	0,05	0,06	0,05	—

У середньому за три роки проведення досліджень найвищу масу зерна (1,87–1,99 г) з одного колоса рослини ячменю ярого формували у варіантах

досліді з азотною системою удобрення, а також $N_{150}K_{80}$ і $N_{75}P_{30}K_{40}$. За внесення повного мінерального добрива $N_{150}P_{30-60}K_{40-80}$ маса зерен в одному колосі порівняно з абсолютним контролем була нижчою на 6–8 %.

Ефективність застосування регулятора росту рослин на посівах ячменю озимого залежала як від погодних умов, так і від особливостей удобрення. Так, в умовах 2023 і 2024 років це сприяло збільшенню маси зерна водному колосі на удобрених ділянках досліді, тоді як в 2025 році його достовірна дія не проявлялася. Навпаки, у деяких варіантах досліді (Без добрив, N_{75} , $P_{60}K_{80}$) відбулося зниження цього показника, що можна пояснити впливом посушливих погодних умов.

У середньому за три роки проведення досліджень регулятор росту рослин сприяв збільшенню маси зерна з одного колосу ячменю озимого за всіх систем удобрення, за виключенням варіанту досліді $P_{60}K_{80}$, на 11–14%.

У результаті проведених досліджень встановлено, що:

Висота рослин ячменю озимого збільшувалась від 96 до 125 см залежно від варіанту досліді на тлі без регулятора росту. При цьому на неудобрених ділянках цей показник змінювався від 83 до 115 см залежно від року проведення дослідження. Понижена температура повітря в 2023 і 2025 рр. у період березень–травень сповільнювала ріст рослин ячменю озимого у висоту. Оптимальна температура повітря для росту рослин ячменю озимого в 2024 р. забезпечували формування їх найвищої висоти рослин. Необхідно відзначити, що в 2023 р. висота рослин збільшувалась на 37 %, у 2025 – на 22, а в 2025 р. – на 27 %. Результати проведених досліджень свідчать, що найменше на висоту рослин впливало застосування фосфорних і калійних добрив – упродовж років досліджень цей показник зростав лише на 2–5 см. Варіанти досліді з неповним поверненням винесеного з урожаями фосфору й калію з добривами, а також внесення повного мінерального добрива істотно не впливає на висоту рослин порівняно з азотними системами удобрення. На тлі

застосування регулятора росту рослин їх висота формується в межах 69–94 см залежно від варіанту досліду та року проведення досліджень. Необхідно відзначити, що за внесення азотних добрив висота рослин зростає на 6–8 % порівняно з неудобреними ділянками. Площа з полеглими рослинами також змінюється залежно від погодних умов року проведення досліджень, удобрення та застосування регулятора росту рослин.

За азотної системи удобрення (N_{150}) зміни у роки проведення досліджень були від 384 до 538 шт/м² або 40 %. Найменші зміни (32%) у формуванні густоти продуктивного стеблостою за внесення повного мінерального добрива були за дози добрив $N_{75}P_{30}K_{40}$.

У цілому за роки проведення досліджень найбільш сприятливі умови для формування продуктивного стеблостою незалежно від системи застосування добрив і регулятора росту рослин склалися в 2025 році. Залежно від системи удобрення та погодних умов року кількість продуктивних стебел на одиницю площі посіву змінювалася від 324 до 552 шт/м² або 70 %. Це свідчить про можливий значний вплив цього чинника на формування врожаю зерна ячменю озимого.

Різні види мінеральних добрив і дози їх внесення по різному впливали на формування продуктивності стеблостою в усі роки проведення досліджень. Так, у середньому за три роки за азотної системи удобрення (N_{75} і N_{150}) кількість продуктивних стебел порівняно з абсолютним контролем підвищувалася відповідно на 40 і 57 шт/м² або 10 і 14 %. На фосфорно-калійному тлі ($P_{60}K_{80}$) внесення азотних добриву дозі 150 кг/га д. р. підвищувало цей показник на 57 шт/м² або на 24 %.

Сорт ячменю озимого Дев'ятий вал за цих умов формував відносно стабільну масу 1000 зерен у межах 41,9–51,4 г, тобто зміни становили 26 %. На ділянках без добрив маса 1000 зерен ячменю озимого у роки проведення досліджень була 47,3–50,7 г, або змінювалася на 7 %, тоді як за внесення повної дози мінеральних добрив – 41,1–43,5 г і зміни були ще меншими – 6 %. У середньому за три роки проведення досліджень найбільшу масу

1000 зерен (47,0–49,9 г) формували рослини у варіантах досліді без добрив, N_{75} і $P_{60}K_{80}$.

З поліпшенням умов мінерального живлення рослин маса 1000 зерен знижувалась в усі роки проведення досліджень. При цьому найбільше зниження було у варіанті досліді з внесенням азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. на фосфорно-калійному тлі ($P_{60}K_{80}$) – з 49,9 до 42,4 г або на 18 %. За зменшення дози внесення фосфорних або калійних добрив у складі повного мінерального добрива спостерігалась лише тенденція зниження маси 1000 зерен.

Позитивна дія регулятора росту рослин на збільшення маси 1000 зерен проявлялась лише в умовах 2023 і 2024 років на тлі внесення високих доз повного мінерального добрива, а також у варіантах досліді $N_{150}K_{80}$ і $N_{150}P_{60}$ в умовах 2023 року. За посушливих умов у 2023 року не спостерігалось впливу на цей показник структури урожаю ячменю озимого.

У середньому за три роки проведення досліджень найвищу масу зерна (1,87–1,99 г) з одного колоса рослини ячменю ярого формували у варіантах досліді з азотною системою удобрення, а також $N_{150}K_{80}$ і $N_{75}P_{30}K_{40}$. За внесення повного мінерального добрива $N_{150}P_{30-60}K_{40-80}$ маса зерен в одному колосі порівняно з абсолютним контролем була нижчою на 6–8 %.

Ефективність застосування регулятора росту рослин на посівах ячменю озимого залежала як від погодних умов, так і від особливостей удобрення. Так, в умовах 2023 і 2024 років це сприяло збільшенню маси зерна водному колосі на удобрених ділянках досліді, тоді як в 2025 році його достовірна дія не проявлялася. Навпаки, у деяких варіантах досліді (Без добрив, N_{75} , $P_{60}K_{80}$) відбулося зниження цього показника, що можна пояснити впливом посушливих погодних умов.

Результати розділу висвітлено в працях [149, 146].

РОЗДІЛ 4

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

4.1 Формування врожайності зерна та соломи

Найвищі та стабільні врожаї зерна ячменю озимого залежать від можливості максимального використання ґрунтово-кліматичних умов вирощування, а також здатності долати несприятливі метеорологічні фактори, що погіршують ріст і розвиток рослин [11]. Тому нові сорти повинні характеризуватися складною системою біохімічних, фізіологічних і господарсько-цінних ознак й властивостей, що забезпечують адаптивність до конкретних умов вирощування [137]. В останні роки зміни клімату стали очевидними у Лісостепу України. Осінній та весняний періоди часто супроводжуються посухою та високою температурою. Опади випадають нерівномірно, що характерно для зони нестабільного зволоження [133]. Ячмінь озимий може давати високі врожаї зерна лише на родючих ґрунтах та за внесення достатньої кількості добрив [130]. Тому в сучасних інтенсивних технологіях важливе місце займає використання мінеральних добрив. Особливо важливо проводити азотне удобрення посівів, яке має забезпечувати максимальну ефективність.

Нещодавні дослідження в багаторічних польових випробуваннях і сівоzmіною з ячменем озимим вивчали вплив азотного удобрення на врожайність зерна [44]. Азотне удобрення підвищує врожайність ячменю озимого, при цьому сучасні сорти демонструють покращену ефективність і кращу реакцію на вищі рівні азоту порівняно зі старими сортами [131].

Аналіз ефективності повинен оцінювати не лише чи повністю використовується потенціал урожайності, специфічний для конкретної ділянки, але й чи досягнуто економічного прибутку, який визначається як

рівень удобрення, що дає найвищу ефективність від азотних добрив [64]. Цей оптимум, що базується на стандартних цінах на мінеральний азот та зерно, можна оцінити за допомогою різних методів [50].

Внесення діамофоски $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{34}$ для підживлення в фазу початку кущення + N_{46} на початку виходу рослин у трубку та позакореневе підживлення сечовиною в дозі N_8 + мікродобриво Еколист у дозі 4,0 л/га сприяло формуванню врожаю зерна ячменю озимого сорту Атлант Миронівський на рівні 6,81 т/га, сорту Пасо – 7,29 т/га, що більше за контрольні ділянки (без удобрення) на 4,97–5,23 т/га [175]. Проте за такої системи удобрення необхідно провести чотири проходи технікою для внесення добрив відповідно до рекомендацій.

В умовах Правобережного Лісостепу України за внесення $N_{60}P_{60}K_{80}$ урожайність зерна ячменю ярого може становити 4,14–5,08 т/га залежно від сорту. За збільшення дози добрив до $N_{90}P_{90}K_{120}$ урожайність зерна зменшувалась до 4,04–4,63 т/га завдяки полягання посівів. Рівень урожайності зерна також залежав від виду регулятора росту рослин. Так, за умови застосування Хлормекват-хлориду 750 на тлі удобрення сприяло отриманню 5,45–5,98 т/га зерна. Застосування препарату Терпал сприяло отриманню 5,82–6,29 т/га зерна. Необхідно відзначити, що за внесення препарату Хлормекват-хлорид 750 на ділянках, де рослини не полягали урожайність дещо знижувалась порівняно з варіантами без застосування регулятора. При цьому такої тенденції не встановлено для регулятора росту Терпал [122].

Статистична обробка даних показує, що на кількість продуктивних стебел впливали система удобрення (35,8 %) та обробіток ґрунту (27 %); на довжину колоса – система удобрення (44,6 %), на кількість зерен в колосі – система удобрення (28 %), обробіток ґрунту (32,8 %), що також вплинуло на масу зерна з колосу (22 і 47 %) та біологічну врожайність (32,9 і 41,5 %) [136].

Через високу врожайність та екологічну значущість удобрення азотом,

частково нечіткі або суперечливі результати попередніх експериментів з удобрення та багато відкритих питань щодо ефективності удобрення, необхідні подальші порівняльні аналізи різних систем удобрення. Вони повинні включати різні умови застосування добрив, а також враховувати потенціал сорту.

Встановлено, що реакція ячменю озимого на застосування добрив змінювалась залежно від стійкості рослин до полягання (табл. 4.1). Найбільшу врожайність зерна отримано за вирощування ячменю озимого за внесення N_{75} – 7,76 т/га або більше на 22 % порівняно з контролем на тлі без застосування регулятора росту в 2023 р. При цьому рослини не полягали. Незважаючи на слабе полягання рослин ячменю озимого за внесення N_{150} врожайність збільшувалась лише на 6 % порівняно з варіантом N_{75} , що очевидно зумовлено потенціальною продуктивністю сорту Дев'ятий вал в межах погодних умов 2023–2024 рр. У решти варіантів дослідів врожайність змінювалась від 6,32 до 7,68 т/га, що зумовлено нижчою стійкістю рослин до полягання. Так, у варіантах із неповним повним поверненням фосфорних і калійних добрив, азотно-калійних та азотно-фосфорних системах стійкість до полягання була на рівні 3 бала в 2023 р. та 5 бала в 2024 р. Тому врожайність зерна ячменю озимого в 2023 р. була найменшою. У 2024 р. врожайність була більшою. При цьому впродовж двох років перевагу мав варіант із внесенням N_{75} .

У 2025 р. рослини ячменю озимого не полягали, що забезпечило формування 7,13–10,07 т/га врожаю зерна на тлі без застосування регулятора росту, тому в середньому за три роки досліджень цей показник був найбільшим у варіанті N_{150} . При цьому це було лише на 6 % більше варіанту з половиною норми азотних добрив. Варіант з внесенням $N_{75}P_{30}K_{40}$ не мав достовірної переваги порівняно з внесенням лише азотних добрив.

У середньому за три роки досліджень на тлі застосування регулятора росту рослин урожайність зерна ячменю озимого збільшувалась від

6,24 т/га на ділянках без добрив до 7,70 т/га за внесення N_{75} або на 23 %, а за внесення N_{150} – до 8,40 т/га, або на 35 %. При цьому порівняно з внесенням N_{75} урожайність збільшувалась лише на 9 %, що свідчить про ефективність застосування N_{75} у системі удобрення ячменю озимого сорту Дев'ятий вал.

Таблиця 4.1

Урожайність зерна ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин, т/га

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		6,45	6,27	7,13	6,62
N ₇₅		7,20	8,32	8,91	8,14
N ₁₅₀		7,54	8,53	9,77	8,61
P ₆₀ K ₈₀		6,77	6,60	7,56	6,98
N ₁₅₀ K ₈₀		7,61	7,49	9,87	8,32
N ₁₅₀ P ₆₀		6,27	7,21	9,80	7,76
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		7,34	8,02	9,02	8,13
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		5,01	7,62	10,07	7,57
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		5,24	7,55	9,81	7,53
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		5,44	7,51	9,83	7,59
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		5,33	7,43	9,91	7,56
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		6,05	5,78	6,89	6,24
N ₇₅		6,89	7,67	8,54	7,70
N ₁₅₀		7,34	7,99	9,87	8,40
P ₆₀ K ₈₀		6,31	6,08	7,14	6,51
N ₁₅₀ K ₈₀		7,43	7,89	9,92	8,41
N ₁₅₀ P ₆₀		7,15	7,88	9,86	8,30
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		6,97	8,31	8,91	8,06
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		7,42	8,41	10,13	8,65
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		7,45	8,36	9,95	8,59
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		7,51	8,30	9,98	8,60
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		7,38	8,33	10,05	8,59
НІР ₀₅	А	0,17	0,19	0,23	—
	В	0,15	0,16	0,19	—

Урожайність на тлі застосування регулятора росту також змінювалась залежно від стійкості рослин до полягання. При цьому примусове

пониження висоти рослин сприяло достовірному зменшенню врожайності зерна. Хоча необхідно відзначити, що рівень зниження цього показника становив лише 0,44–0,48 т/га залежно від системи удобрення. Приріст урожаю зерна від застосування регулятора росту за систем з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив становив 1,48–1,60 т/га (за стійкості до полягання 3–5 бала).

Ефективність застосування регулятора росту залежала від року проведення досліджень. Так, у 2023 р. за сильнішого полягання приріст урожаю зерна від застосування регулятора росту була 2,05–2,41 т/га за внесення повного мінерального добрива у різному поверненні фосфорних і калійних добрив. У 2024 р. 0,79–0,90 т/га, оскільки стійкість до полягання була вищою – 5 бала на системах вказаних вище. У 2025 р. врожайність зерна зменшувалась на 0,24–0,37 т/га завдяки понижень рослин, що свідчить про негативний вплив примусового зниження висоти стеблостою.

Необхідно відзначити, що тривале застосування фосфорно-калійної системи удобрення найменше впливало на формування врожайності зерна ячменю озимого, незважаючи на найвищу стійкість рослин до полягання. При цьому застосування регулятора росту рослин також знижували врожайність зерна.

Тенденція впливу удобрення та регулятора росту на формування врожаю соломи була подібною до врожайності зерна (табл. 4.2). У середньому за три роки досліджень на тлі без застосування регулятора росту рослин урожайність соломи ячменю озимого збільшувалась від 19,79 т/га на ділянках без добрив до 25,00 т/га за внесення N_{75} або на 26 %, а за внесення N_{150} – до 27,33 т/га, або на 38 %. При цьому порівняно з внесенням N_{75} урожайність збільшувалась лише на 8 %, що свідчить про ефективність застосування N_{75} у системі удобрення ячменю озимого сорту Дев'ятий вал.

На тлі застосування регулятора росту рослин урожайність соломи або зменшувалась, або була дещо більшою порівняно з ділянками без його

внесення, що зумовлено зменшенням вегетативної маси у результаті пониження рослин.

Таблиця 4.2

Урожайність соломи ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин за фактичної вологості, т/га

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		19,35	20,06	19,96	19,79
N ₇₅		20,88	28,29	25,84	25,00
N ₁₅₀		21,11	31,56	29,31	27,33
P ₆₀ K ₈₀		20,31	24,42	21,92	22,22
N ₁₅₀ K ₈₀		22,07	24,72	29,61	25,47
N ₁₅₀ P ₆₀		18,18	24,51	29,40	24,03
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		20,55	26,47	27,06	24,69
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		16,03	25,91	30,21	24,05
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		16,77	25,67	29,43	23,96
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		17,95	25,53	29,49	24,33
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		17,06	25,26	29,73	24,02
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		15,13	16,76	17,91	16,60
N ₇₅		17,23	23,01	23,91	21,38
N ₁₅₀		19,08	24,77	27,64	23,83
P ₆₀ K ₈₀		15,78	17,63	19,28	17,56
N ₁₅₀ K ₈₀		19,32	24,46	28,77	24,18
N ₁₅₀ P ₆₀		18,59	24,43	28,59	23,87
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		18,12	24,93	25,84	22,96
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		19,29	26,91	29,38	25,19
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		19,37	26,75	28,86	24,99
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		19,53	26,56	28,94	25,01
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		19,19	26,66	29,15	25,00
НІР ₀₅	А	0,48	0,55	0,58	—
	В	0,45	0,51	0,56	—

Примітка. Вологість соломи у 2023 р. – 25,1 %, у 2024 р. – 32,2 %, у 2025 р. – 30,7 %.

Необхідно відзначити, що набагато важливіші показники абсолютно сухої маси, оскільки вологість надземної маси може змінюватись у великому діапазоні. Встановлено, що в середньому за три роки досліджень

на тлі без застосування регулятора росту рослин урожайність абсолютно сухої маси соломи ячменю озимого збільшувалась від 13,98 т/га на ділянках без добрив до 17,57 т/га за внесення N_{75} або на 25 %, а за внесення N_{150} – до 19,17 т/га, або на 37 %. При цьому порівняно з внесенням N_{75} урожайність збільшувалась лише на 9 %.

Таблиця 4.3

Урожайність абсолютно сухої маси соломи ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин, т/га

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		14,49	13,60	13,84	13,98
N ₇₅		15,64	19,18	17,91	17,57
N ₁₅₀		15,81	21,40	20,31	19,17
P ₆₀ K ₈₀		15,21	16,56	15,19	15,65
N ₁₅₀ K ₈₀		16,53	16,76	20,52	17,94
N ₁₅₀ P ₆₀		13,62	16,62	20,37	16,87
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		15,39	17,94	18,75	17,36
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		12,01	17,57	20,94	16,84
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		12,56	17,40	20,39	16,79
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		13,45	17,31	20,44	17,06
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		12,77	17,13	20,60	16,84
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		11,33	11,36	12,41	11,70
N ₇₅		12,90	15,60	16,57	15,02
N ₁₅₀		14,29	16,79	19,15	16,75
P ₆₀ K ₈₀		11,82	11,95	13,36	12,38
N ₁₅₀ K ₈₀		14,47	16,58	19,94	17,00
N ₁₅₀ P ₆₀		13,92	16,56	19,82	16,77
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		13,57	16,90	17,91	16,13
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		14,45	18,25	20,36	17,68
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		14,51	18,14	20,00	17,55
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		14,62	18,01	20,06	17,56
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		14,37	18,07	20,20	17,55
НІР ₀₅	А	0,35	0,42	0,46	—
	В	0,31	0,41	0,43	—

На тлі застосування регулятора росту рослин урожайність абсолютно сухої маси соломи або зменшувалась, або була дещо більшою порівняно з

ділянками без його внесення, що зумовлено зменшенням вегетативної маси у результаті пониження рослин.

Урожайність абсолютно сухої маси соломи на тлі застосування регулятора росту також змінювалась залежно від стійкості рослин до полягання. При цьому примусове пониження висоти рослин сприяло достовірному зменшенню цього показника за умови стійкості рослин 7–9 бала. Хоча необхідно відзначити, що рівень зниження цього показника становив 1,16–3,66 т/га залежно від системи удобрення та року проведення досліджень. Приріст урожаю зерна від застосування регулятора росту за систем з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив становив 1,60–1,82 т/га (за стійкості до полягання 3–5 бала).

Ефективність застосування регулятора росту залежала від року проведення досліджень. Так, у 2023 р. за сильнішого полягання приріст урожаю абсолютно сухої маси від застосування регулятора росту був 0,30–2,44 т/га за внесення повного мінерального добрива у різному поверненні фосфорних і калійних добрив. У 2024 р. – 0,68–0,94 т/га, оскільки стійкість до полягання була вищою – 5 бала на системах вказаних вище. У 2025 р. врожайність абсолютно сухої маси зменшувалась на 0,40–1,43 т/га завдяки пониженню рослин, що свідчить про негативний вплив примусового зниження висоти стеблостою. При цьому на тлі без регулятора росту полягання було відсутнє.

Необхідно відзначити, що тривале застосування фосфорно-калійної системи удобрення найменше впливало на формування врожайності абсолютно сухої маси соломи ячменю озимого, незважаючи на найвищу стійкість рослин до полягання. При цьому застосування регулятора росту рослин також знижували урожайність абсолютно сухої маси соломи.

Ячмінь озимий формував досить високу масу соломи про, що свідчить відношення маси соломи до зерна (табл. 4.4). При цьому цей показник значно змінювався від низки чинників. Як у середньому, так і за роки проведення досліджень відношення соломи до зерна на тлі застосування

регулятора росту було нижче порівняно з ділянками, де його застосовували – 2,5–3,2.

Таблиця 4.4

Відношення врожаю соломи до врожаю зерна ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин

Варіант досліджу (чинник А)	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)				
Без добрив (контроль)	3,0	3,2	2,8	3,0
N ₇₅	2,9	3,4	2,9	3,1
N ₁₅₀	2,8	3,7	3,0	3,2
P ₆₀ K ₈₀	3,0	3,7	2,9	3,2
N ₁₅₀ K ₈₀	2,9	3,3	3,0	3,1
N ₁₅₀ P ₆₀	2,9	3,4	3,0	3,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,8	3,3	3,0	3,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	3,2	3,4	3,0	3,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	3,2	3,4	3,0	3,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	3,3	3,4	3,0	3,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	3,2	3,4	3,0	3,2
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	2,5	2,9	2,6	2,7
N ₇₅	2,5	3,0	2,8	2,8
N ₁₅₀	2,6	3,1	2,8	2,8
P ₆₀ K ₈₀	2,5	2,9	2,7	2,7
N ₁₅₀ K ₈₀	2,6	3,1	2,9	2,9
N ₁₅₀ P ₆₀	2,6	3,1	2,9	2,9
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,6	3,0	2,9	2,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	2,6	3,2	2,9	2,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	2,6	3,2	2,9	2,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	2,6	3,2	2,9	2,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	2,6	3,2	2,9	2,9

За умови меншої стійкості рослин до полягання відношення соломи до зерна мало тенденцію до збільшення від застосування добрив, що зумовлено наростанням маси стебла. Після полягання формування маси зернівок зменшувався, тому маса соломи була більшою.

У 2023 р. цей показник знижувався на ділянках, де рослини не полягали, а завдяки сильнішому полягання рослин відношення соломи до

зерна, навпаки, зростало.

Отже, результати дослідження врожайності зерна ячменю озимого сорту Дев'ятий вал свідчать, що рослини мали високу реакцію на застосування повного мінерального добрива. При цьому реакція на фосфорні та калійні добрива низька. Тривале застосування N_{75} упродовж двох років досліджень не знижувало стійкості рослин до полягання. Очевидно, що сівозміні доцільно під ячмінь озимий застосовувати лише азотні добрива. При цьому фосфорні та калійні необхідно вносити під наступну культуру для усунення дефіциту.

4.2 Вміст білка в зерні та його збір

Поліпшення умов мінерального живлення рослин ячменю озимого сприяло достовірному зростанню вмісту білка в зерні (табл. 4.5). Так, на тлі без застосування регулятора росту вміст білка зростав від 9,9 % на ділянках без добрив до 11,2 % за внесення N_{75} і до 12,7 % у варіанті N_{150} .

Варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив, а також азотно-калійна, азотно-фосфорна системи удобрення не мали переваг порівняно з внесенням лише азотних добрив.

За умови проведення застосування регулятора росту рослин вміст білка мав тенденцію до незначного його підвищення. При цьому різниця була не достовірною.

Подібно змінювався вміст білка впродовж років досліджень. Проте в 2023 р. завдяки нижчій температурі повітря його вміст був у межах 9,4–12,4 %, у 2024 р. – 10,3–13,4 %, а в 2025 р. – 10,0–13,0 % залежно від варіанту досліджу.

Відповідно до ДСТУ 3769–98. Ячмінь. Технічні умови зерно ячменю, вирощене в досліді може бути використане для продовольчих цілей, для виробництва солоду в спиртовому бродінні, для кормових цілей. Зерно, отримане на ділянках без добрив і на фосфорно-калійній системі

відповідає першому класу якості пивоварного ячменю.

Таблиця 4.5

Вміст білка в зерні ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин, %

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		9,4	10,3	10,0	9,9
N ₇₅		10,2	12,0	11,4	11,2
N ₁₅₀		12,2	13,3	12,7	12,7
P ₆₀ K ₈₀		9,5	10,1	10,1	9,9
N ₁₅₀ K ₈₀		12,3	13,2	12,7	12,7
N ₁₅₀ P ₆₀		12,1	13,3	12,8	12,7
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		10,4	12,3	11,6	11,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		12,3	13,4	12,8	12,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		12,2	13,3	12,8	12,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		12,1	13,4	12,7	12,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		12,4	13,3	12,7	12,8
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		9,5	10,4	10,2	10,0
N ₇₅		10,1	12,1	11,5	11,2
N ₁₅₀		12,3	13,2	13,0	12,8
P ₆₀ K ₈₀		9,4	10,2	10,2	9,9
N ₁₅₀ K ₈₀		12,4	13,1	12,8	12,8
N ₁₅₀ P ₆₀		12,5	13,3	12,8	12,9
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		10,3	12,2	11,8	11,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		12,5	13,3	12,9	12,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		12,4	13,3	12,9	12,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		12,3	13,4	13,0	12,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		12,4	13,4	12,9	12,9
НІР ₀₅	А	0,3	0,4	0,4	—
	В	0,2	0,2	0,2	—

Необхідно відзначити, що за збором білка перевагу мало внесення лише азотних добрив у варіанті N₁₅₀ без застосування регулятора росту рослин (табл. 4.6). При цьому варіанти з повним мінеральним добривом з різним поверненням фосфорних і калійних добрив на тлі застосування регулятора росту мали збір білка подібний до застосування N₁₅₀ без регулятора росту.

Таблиця 4.6

**Умовний збір білка з урожаю зерна ячменю озимого залежно від
удобрення та регулятора росту рослин, кг/га**

Варіант досліджу (чинник А)	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)				
Без добрив (контроль)	606	646	713	655
N ₇₅	734	998	1016	916
N ₁₅₀	920	1134	1241	1098
P ₆₀ K ₈₀	643	667	764	691
N ₁₅₀ K ₈₀	936	989	1253	1059
N ₁₅₀ P ₆₀	759	959	1254	991
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	763	986	1046	932
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	616	1021	1289	975
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	639	1004	1256	966
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	658	1006	1248	971
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	661	988	1259	969
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	575	601	703	626
N ₇₅	696	928	982	869
N ₁₅₀	903	1055	1283	1080
P ₆₀ K ₈₀	593	620	728	647
N ₁₅₀ K ₈₀	921	1034	1270	1075
N ₁₅₀ P ₆₀	894	1048	1262	1068
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	718	1014	1051	928
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	928	1119	1307	1118
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	924	1112	1284	1106
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	924	1112	1297	1111
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	915	1116	1296	1109

У середньому за три роки проведення досліджень збір білка на тлі застосування регулятора росту збільшувався від 655 до 916 кг/га за внесення N₇₅, до 1098 кг/га – за внесення N₁₅₀. На тлі з регулятором росту рослин збір білка був меншим порівняно з ділянками без регулятора росту. У середньому за три роки проведення досліджень збір білка збільшувався від 626 до 869 кг/га за внесення N₇₅, до 1080 кг/га – за внесення N₁₅₀. Це зумовлено зменшенням урожайності зерна від застосування регулятора росту в роки, коли рослини не полягали. При цьому зменшення довжини

стебла ячменю озимого зумовлювало незначне зменшення врожайності зерна. Проте в 2023 р. за сильного полягання рослин ячменю озимого збір білка був на 165–254 кг/га більшим на тлі внесення регулятора росту порівняно з ділянками без його застосування.

Більша врожайність зерна та вміст білка в 2024 і 2025 рр. забезпечили найвищий збір білка порівняно з 2023 р. При цьому найвищу ефективність мало застосування N_{150} .

Отже, ефективність застосування добрив під ячмінь озимий змінюються залежно від погодних умов року дослідження та стійкості рослин до полягання. Найвищу стійкість рослин і урожайність зерна забезпечує внесення N_{75} – 7,20–8,32 т/га залежно від року дослідження. Ячмінь озимий має високу реакцію на внесення повного мінерального добрива, що зумовлює формування великої вегетативної маси і полягання. Тому за такого сценарію удобрення необхідно застосовувати регулятори росту. Встановлено, що застосування регуляторів росту забезпечує 0,79–2,41 т/га врожаю зерна залежно від стійкості рослин до полягання. При цьому застосування регуляторів росту на рослинах без полягання сприяє незначному зниженню врожаю зерна. Вміст білка за такого сценарію вирощування не змінюється.

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

У середньому за три роки досліджень на тлі застосування регулятора росту рослин урожайність зерна ячменю озимого збільшувалась від 6,24 т/га на ділянках без добрив до 7,70 т/га за внесення N_{75} або на 23 %, а за внесення N_{150} – до 8,40 т/га, або на 35 %. При цьому порівняно з внесенням N_{75} урожайність збільшувалась лише на 9 %, що свідчить про ефективність застосування N_{75} у системі удобрення ячменю озимого сорту Дев'ятий вал.

Урожайність на тлі застосування регулятора росту також змінювалась залежно від стійкості рослин до полягання. При цьому примусове

пониження висоти рослин сприяло достовірному зменшенню врожайності зерна. Хоча необхідно відзначити, що рівень зниження цього показника становив лише 0,44–0,48 т/га залежно від системи удобрення. Приріст урожаю зерна від застосування регулятора росту за систем з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив становив 1,48–1,60 т/га (за стійкості до полягання 3–5 бала).

Ефективність застосування регулятора росту залежала від року проведення досліджень. Так, у 2023 р. за сильнішого полягання приріст урожаю зерна від застосування регулятора росту була 2,05–2,41 т/га за внесення повного мінерального добрива у різному поверненні фосфорних і калійних добрив. У 2024 р. 0,79–0,90 т/га, оскільки стійкість до полягання була вищою – 5 бала на системах вказаних вище. У 2025 р. врожайність зерна зменшувалась на 0,24–0,37 т/га завдяки пониженню рослин, що свідчить про негативний вплив примусового зниження висоти стеблостою.

Необхідно відзначити, що тривале застосування фосфорно-калійної системи удобрення найменше впливало на формування врожайності зерна ячменю озимого, незважаючи на найвищу стійкість рослин до полягання. При цьому застосування регулятора росту рослин також знижували врожайність зерна.

Встановлено, що в середньому за три роки досліджень на тлі без застосування регулятора росту рослин урожайність абсолютно сухої маси соломи ячменю озимого збільшувалась від 13,98 т/га на ділянках без добрив до 17,57 т/га за внесення N_{75} або на 25 %, а за внесення N_{150} – до 19,17 т/га, або на 37 %. При цьому порівняно з внесенням N_{75} урожайність збільшувалась лише на 9 %.

На тлі застосування регулятора росту рослин урожайність абсолютно сухої маси соломи або зменшувалась, або була дещо більшою порівняно з ділянками без його внесення, що зумовлено зменшенням вегетативної маси у результаті пониження рослин.

Урожайність абсолютно сухої маси соломи на тлі застосування

регулятора росту також змінювалась залежно від стійкості рослин до полягання. При цьому примусове пониження висоти рослин сприяло достовірному зменшенню цього показника за умови стійкості рослин 7–9 бала. Хоча необхідно відзначити, що рівень зниження цього показника становив 1,16–3,66 т/га залежно від системи удобрення та року проведення досліджень. Приріст урожаю зерна від застосування регулятора росту за систем з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив становив 1,60–1,82 т/га (за стійкості до полягання 3–5 бала).

Ефективність застосування регулятора росту залежала від року проведення досліджень. Так, у 2023 р. за сильнішого полягання приріст урожаю абсолютно сухої маси від застосування регулятора росту був 0,30–2,44 т/га за внесення повного мінерального добрива у різному поверненні фосфорних і калійних добрив. У 2024 р. – 0,68–0,94 т/га, оскільки стійкість до полягання була вищою – 5 бала на системах вказаних вище. У 2025 р. врожайність абсолютно сухої маси зменшувалась на 0,40–1,43 т/га завдяки пониженню рослин, що свідчить про негативний вплив примусового зниження висоти стеблостою. При цьому на тлі без регулятора росту полягання було відсутнє.

Ячмінь озимий формував досить високу масу соломи про, що свідчить відношення маси соломи до зерна. При цьому цей показник значно змінювався від низки чинників. Як у середньому, так і за роки проведення досліджень відношення соломи до зерна на тлі застосування регулятора росту було нижче порівняно з ділянками, де його застосовували – 2,5–3,2.

Поліпшення умов мінерального живлення рослин ячменю озимого сприяло достовірному зростанню вмісту білка в зерні. Так, на тлі без застосування регулятора росту вміст білка зростав від 9,9 % на ділянках без добрив до 11,2 % за внесення N_{75} і до 12,7 % у варіанті N_{150} .

Варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив, а також азотно-калійна, азотно-фосфорна системи удобрення не мали переваг порівняно з внесенням лише азотних добрив.

За умови проведення застосування регулятора росту рослин вміст білка мав тенденцію до незначного його підвищення. При цьому різниця була не достовірною.

Подібно змінювався вміст білка впродовж років досліджень. Проте в 2023 р. завдяки нижчій температурі повітря його вміст був у межах 9,4–12,4 %, у 2024 р. – 10,3–13,4 %, а в 2025 р. – 10,0–13,0 % залежно від варіанту досліду.

Необхідно відзначити, що за збором білка перевагу мало внесення лише азотних добрив у варіанті N_{150} без застосування регулятора росту рослин. При цьому варіанти з повним мінеральним добривом з різним поверненням фосфорних і калійних добрив на тлі застосування регулятора росту мали збір білка подібний до застосування N_{150} без регулятора росту.

У середньому за три роки проведення досліджень збір білка на тлі застосування регулятора росту збільшувався від 655 до 916 кг/га за внесення N_{75} , до 1098 кг/га – за внесення N_{150} . На тлі з регулятором росту рослин збір білка був меншим порівняно з ділянками без регулятора росту. У середньому за три роки проведення досліджень збір білка збільшувався від 626 до 869 кг/га за внесення N_{75} , до 1080 кг/га – за внесення N_{150} .

Результати досліджень, опубліковано в працях [150, 148].

РОЗДІЛ 5

ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЯЧМЕНЕМ ОЗИМИМ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

5.1 Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі

У сучасних умовах господарювання доцільним є застосування ресурсоощаджувальних технологічних складових, які сприяють зменшенню енерговитрат [74]. Одним із таких напрямів, ефективність якого підтверджена численними дослідженнями на різних культурах, є використання біопрепаратів і регуляторів росту рослин [135]. Їх результативність заслуговує на окрему увагу за вирощування ячменю – як озимого, так і ярого.

Ячмінь належить до найдавніших культур світу. Озима форма, в порівнянні з пшеницею озимою, здатна забезпечувати вищі врожаї, однак у періоди різких температурних коливань може зазнавати значних ушкоджень або навіть вимерзати [174]. Зміною строків сівби озимих культур можна створювати різні абіотичні умови – варіювати температуру, суму додатних температур, тривалість світлового дня та кількість опадів. Саме тому під час розроблення нормативів і технологічних умов вирощування нових сортів пшениці та ячменю озимих важливим є визначення їхньої реакції на різні абіотичні чинники, зокрема строки сівби [111].

У період активного росту рослини інтенсивно поглинають поживні речовини, на вміст яких впливають як прямі, так і непрямі чинники. Щоб досягти високої урожайності, польові культури повинні засвоювати значні обсяги елементів живлення з ґрунту [41]. Однак у різні фази розвитку рослин потреба в елементах живлення змінюється, що пов'язано з перебудовою внутрішніх біохімічних процесів, унаслідок чого засвоєння

поживних речовин є нерівномірним.

Дослідження показують, що у фазу бутонізації надземна частина рослини повинна містити 4,7–5,3 % азоту, 0,55–0,65 – P_2O_5 і приблизно 4,2 % K_2O на суху масу. Поліпшення мінерального живлення сприяє підвищенню концентрації цих елементів у тканинах рослин [112].

На думку багатьох вчених, ячмінь озимий накопичує найбільшу кількість основних елементів живлення на початку весняного куціння, після чого їх вміст у рослинах поступово зменшується і досягає мінімуму під кінець вегетації [144]. Наявність таких даних дозволяє коригувати дози внесення добрив у пізніші фази розвитку культури.

Азот відіграє ключову роль у формуванні врожаю, оскільки бере участь у більшості обмінних процесів рослин. Його дефіцит негативно впливає на їх продуктивність [120]. У багатьох ґрунтах, зокрема й українських, азоту або бракує, або його вміст є мінімальним, тому він має бути пріоритетним у системі удобрення. Для темно-каштанових ґрунтів Південної України, де вирощується ячмінь озимий із використанням зрошення, рекомендована доза внесення азотних добрив становить 90 кг/га д. р. [51].

Вчені з Європи, США та інших країн наголошують на важливості регуляторів росту рослин у сучасному землеробстві поряд із добривами й засобами захисту. Застосування регуляторів росту підвищує ефективність поглинання поживних речовин, стимулює розвиток кореневої системи, а також сприяє адаптації рослин до стресових умов, що, у свою чергу, позитивно впливає на врожайність [57].

Експериментальні роботи [32], підтверджують позитивний вплив таких препаратів на розвиток зернових культур. Регулятори росту, що містять збалансовані комплекси фітогормонів, мікроелементів і біологічно активних сполук, можуть стати ефективним інструментом управління ростовими процесами і врожаєм.

Нещодавні дослідження з багаторічними польовими випробуваннями і

сівозміною з ячменем озимим вивчали вплив азотного удобрення на врожайність зерна [78]. Азотне удобрення підвищує врожайність озимого ячменю, причому сучасні сорти демонструють покращену ефективність і кращу реакцію на вищі рівні азотного живлення порівняно зі старими сортами [132]. Аналіз ефективності повинен оцінювати не лише те, чи повністю реалізується потенціал урожайності, специфічний для конкретної ділянки, але й те, чи досягнуто економічного оптимуму, який визначається як рівень удобрення, що дає найвищий чистий прибуток від одиниці азоту [142].

Через високу врожайність та екологічну значущість азотного удобрення, частково нечіткі або суперечливі результати попередніх експериментів з удобрення та багато відкритих питань щодо ефективності удобрення, необхідні подальші порівняльні аналізи різних систем удобрення.

Вміст азоту в зерні показує як рівень забезпеченості цим елементом живлення, так і формування його якості. Дослідженнями встановлено, що цей показник під час проведення досліджень змінювався від 1,65 до 2,35 % на суху масу, або на 42 % (табл. 5.1).

Погодні умови у роки проведення досліджень менше, ніж удобрення впливали на вміст азоту в зерні. Так, на ділянках без добрив він змінювався на 10 %, тоді як у варіанті виробничого контролю ($N_{150}P_{60}K_{80}$) на 9 %. Найменші зміни були у варіанті досліду з внесенням лише фосфорних і калійних добрив.

У середньому за три роки проведення досліджень за внесення повного мінерального добрива у дозі $N_{150}P_{30-40}K_{40-80}$, а також у варіантах досліду N_{150} , $N_{150}K_{80}$, $N_{150}P_{60}$ вміст азоту в зерні ячменю озимого підвищувався з 1,74 до 2,23–2,25 % на суху масу, або на 28–29 %. З видів добрив у складі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) у порівнянні з парними їх поєднаннями найбільший вплив мали азотні – 29 %, тоді як фосфорні й калійні як по роках досліджень, так і в цілому лише мали тенденцію

позитивного впливу. За зниження дози повного мінерального добрива вдвічі (до $N_{75}P_{30}K_{40}$) вміст азоту в зерні зменшувався на 11 %.

Таблиця 5.1

Вміст азоту в зерні ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту, % на суху масу

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		1,65	1,81	1,75	1,74
N ₇₅		1,79	2,11	2,00	1,96
N ₁₅₀		2,14	2,33	2,23	2,23
P ₆₀ K ₈₀		1,67	1,77	1,77	1,74
N ₁₅₀ K ₈₀		2,16	2,32	2,23	2,23
N ₁₅₀ P ₆₀		2,12	2,33	2,25	2,23
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		1,82	2,16	2,04	2,01
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		2,16	2,35	2,25	2,25
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		2,14	2,33	2,25	2,24
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		2,12	2,35	2,23	2,23
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		2,18	2,33	2,23	2,25
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		1,67	1,82	1,79	1,76
N ₇₅		1,77	2,12	2,02	1,97
N ₁₅₀		2,16	2,32	2,28	2,25
P ₆₀ K ₈₀		1,65	1,79	1,79	1,74
N ₁₅₀ K ₈₀		2,18	2,30	2,25	2,24
N ₁₅₀ P ₆₀		2,19	2,33	2,25	2,26
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		1,81	2,14	2,07	2,01
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		2,19	2,33	2,26	2,26
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		2,18	2,33	2,26	2,26
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		2,16	2,35	2,28	2,26
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		2,18	2,35	2,26	2,26
НІР ₀₅	А	0,05	0,07	0,06	—
	В	0,04	0,05	0,04	—

Що до впливу регулятора росту рослин на вміст азоту в зерні ячменю озимого. То не було виявлено змін як за різних погодних умов. Так і удобрення. У цілому за три роки проведення досліджень простежувалася лише тенденція поліпшення цього показника майже в усіх варіантах

досліді, за виключенням варіантів $P_{60}K_{80}$ і $N_{75}P_{30}K_{40}$.

Вміст фосфору в зерні ячменю озимого є більш стабільним показником, ніж азоту (табл. 5.2). Дослідженнями встановлено, що у варіантах досліді цей показник був у межах 0,79–0,98 % на суху масу або змінювався на 24 %. На ділянках без добрив зміни за роками досліджень були 9 %, а за внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – 18 %.

Таблиця 5.2

Вміст фосфору (P_2O_5) у зерні ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту, % на суху масу

Варіант дослідіу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,85	0,91	0,93	0,90
N ₇₅		0,82	0,90	0,91	0,88
N ₁₅₀		0,81	0,90	0,90	0,87
P ₆₀ K ₈₀		0,92	0,96	0,98	0,95
N ₁₅₀ K ₈₀		0,80	0,90	0,90	0,87
N ₁₅₀ P ₆₀		0,80	0,92	0,92	0,88
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,83	0,91	0,92	0,89
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,79	0,88	0,93	0,87
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,79	0,88	0,93	0,87
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,79	0,89	0,92	0,87
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,80	0,89	0,93	0,87
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		0,86	0,92	0,92	0,90
N ₇₅		0,84	0,91	0,90	0,88
N ₁₅₀		0,83	0,90	0,90	0,88
P ₆₀ K ₈₀		0,93	0,97	0,97	0,96
N ₁₅₀ K ₈₀		0,82	0,90	0,90	0,87
N ₁₅₀ P ₆₀		0,86	0,93	0,93	0,91
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,84	0,92	0,92	0,89
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,83	0,91	0,93	0,89
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,83	0,91	0,92	0,89
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,83	0,90	0,93	0,89
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,82	0,90	0,92	0,88
НІР ₀₅	А	0,02	0,03	0,03	—
	В	0,02	0,02	0,02	—

У середньому за три роки проведення досліджень найвищий вміст фосфору в зерні ячменю озимого був у варіанті $P_{60}K_{80}$ – 0,95 % на суху масу і знижувався в інших варіантах досліді на 5–8 %.

Застосування регулятора росту рослин як залежно від погодних умов, так і від удобрення не мало істотного впливу на вміст фосфору в зерні. Лише простежувалась тенденція його підвищення у варіантах досліді з внесенням фосфорних добрив.

Отже, можна зробити висновок, що вміст фосфору в зерні ячменю озимого є досить стабільним показником і мало залежить від погодних умов і удобрення. Це можна пояснити контролем цього показника на генетичному рівні.

Вміст калію в зерні ячменю озимого у варіантах досліді та залежно від погодних умов року досліджень змінювався від 0,57 до 0,71 % на суху масу або на 25 % (табл. 5.3). Незначний вплив на нього мали погодні умови. Так, на ділянках без добрив зміни були на 11 %, а на тлі застосування регулятора росту рослин – на 16 %. За внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – відповідно на 5 і 8 %. Це свідчить, що застосування регулятора росту рослин сприяє більш стабільному вмісту калію в зерні ячменю озимого.

У середньому за три роки проведення досліджень у варіантах досліді з удобренням вміст калію в зерні ячменю озимого був у межах 0,58–0,68 % на суху масу. При цьому найбільше калію накопичувалося у зерні варіантів досліді $P_{60}K_{80}$ і $N_{150}K_{80}$ – відповідно 0,68 і 0,65 % на суху масу. За внесення повного мінерального добрива в дозі $N_{75-150}P_{30-60}K_{40-80}$ вміст калію в зерні був 0,60–0,61 % за вмісту на абсолютному контролі 0,60 % на суху масу.

Таблиця 5.3

Вміст калію (K_2O) в зерні ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту, % на суху масу

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,60	0,63	0,57	0,60
N ₇₅		0,61	0,61	0,56	0,59
N ₁₅₀		0,61	0,60	0,55	0,59
P ₆₀ K ₈₀		0,68	0,70	0,65	0,68
N ₁₅₀ K ₈₀		0,65	0,66	0,63	0,65
N ₁₅₀ P ₆₀		0,60	0,60	0,53	0,58
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,62	0,63	0,58	0,61
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,59	0,62	0,60	0,60
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,58	0,62	0,60	0,60
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,58	0,61	0,60	0,60
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,59	0,62	0,61	0,61
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		0,61	0,64	0,55	0,60
N ₇₅		0,60	0,62	0,53	0,58
N ₁₅₀		0,59	0,60	0,51	0,57
P ₆₀ K ₈₀		0,69	0,71	0,67	0,69
N ₁₅₀ K ₈₀		0,67	0,68	0,63	0,66
N ₁₅₀ P ₆₀		0,60	0,61	0,52	0,58
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,62	0,64	0,59	0,62
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,65	0,66	0,61	0,64
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,63	0,62	0,60	0,62
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,63	0,63	0,60	0,62
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,65	0,65	0,61	0,64
НІР ₀₅	А	0,01	0,01	0,01	—
	В	0,01	0,01	0,01	—

У середньому за три роки проведення досліджень у варіантах досліджу з внесенням повного мінерального добрива у дозі N₁₅₀P₃₀₋₆₀K₄₀₋₈₀ вміст калію в зерні ячменю озимого підвищувався до 0,62–0,64 % на суху масу.

У соломі ячменю озимого, порівняно із зерном, вміст азоту менший приблизно в десять разів (табл. 5.4). При цьому його зміни більше

залежали від особливостей удобрення, ніж від погодних умов року проведення досліджень. Так, у варіанті досліду Без добрив вміст азоту в соломі ячменю озимого змінювався від 0,19 до 0,21 % на суху масу, або на 11 %, а на тлі застосування регулятора росту рослин – від 0,20 до 0,22 % на суху масу, або на 10 %.

Таблиця 5.4

Вміст азоту в соломі ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту, % на суху масу

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,21	0,20	0,19	0,20
N ₇₅		0,25	0,26	0,25	0,25
N ₁₅₀		0,27	0,29	0,27	0,28
P ₆₀ K ₈₀		0,19	0,19	0,18	0,19
N ₁₅₀ K ₈₀		0,25	0,27	0,28	0,27
N ₁₅₀ P ₆₀		0,25	0,27	0,28	0,27
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,26	0,28	0,27	0,27
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,23	0,26	0,30	0,26
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,23	0,26	0,30	0,26
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,22	0,26	0,29	0,26
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,23	0,25	0,29	0,26
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		0,22	0,21	0,20	0,21
N ₇₅		0,25	0,26	0,25	0,25
N ₁₅₀		0,28	0,30	0,27	0,28
P ₆₀ K ₈₀		0,20	0,20	0,19	0,20
N ₁₅₀ K ₈₀		0,29	0,30	0,29	0,29
N ₁₅₀ P ₆₀		0,29	0,31	0,29	0,30
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,26	0,28	0,27	0,27
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,29	0,32	0,31	0,31
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,29	0,32	0,31	0,31
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,29	0,31	0,31	0,30
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,28	0,31	0,31	0,30
НІР ₀₅	А	0,01	0,01	0,01	—
	В	0,01	0,01	0,01	—

У варіантах досліду з внесенням повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) зміни вмісту азоту в сухій масі соломи становили 30 %, а на тлі застосування регулятора росту рослин були значно меншими – 10 %.

У середньому за три роки проведення досліджень внесення азотних добрив у дозі 75–150 кг/га д.р. у різних поєднаннях з фосфорними і калійними добривами сприяло підвищенню вмісту азоту в соломі ячменю озимого з 0,20 до 0,25–0,27 % на суху масу, або на 25–35 %. Застосування регулятора росту рослин сприяло підвищенню вмісту азоту в соломі ячменю озимого на 5–19 % у всіх варіантах досліду, за виключенням варіантів N_{75} і N_{150} .

Дослідження показали, що солома ячменю озимого містить фосфору приблизно стільки ж, як і азоту (табл. 5.5). Залежно від чинників, що вивчалися в досліді вміст фосфору в соломі змінювався від 0,19 до 0,29 % на суху масу і був найбільшим в усі роки проведення досліджень за внесення в сівозміні лише фосфорних і калійних добрив (варіант $P_{60}K_{80}$).

Погодні умови в усіх варіантах досліду мали незначний вплив на цей показник. Так, у варіанті досліду Без добрив його зміни були у межах 0,22–0,34 %, а у 3 варіанті виробничого контролю ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – 0,20–0,23 % на суху масу. При цьому необхідно зазначити, що у варіанті досліду із застосуванням регулятора росту рослин вміст фосфору був вищому рівні – 0,23–0,25 % на суху масу залежно від року проведення дослідження.

У середньому за три роки проведення досліджень в усіх варіантах досліду, за виключенням $P_{60}K_{80}$ і $N_{150}P_{60}$, спостерігалось зниження вмісту фосфору в сухій масі соломи з 0,23 до 0,20–0,22 %. Проте на тлі застосування регулятора росту рослин це зниження спостерігалось лише у варіантах досліду без внесення фосфорних добрив (N_{75} , N_{150} і $N_{150}K_{80}$). У цілому застосування регулятора росту рослин у варіантах досліду з внесенням фосфорних добрив спостерігалась тенденція, або достовірне підвищення вмісту фосфору в соломі. Це свідчить про те, що рослини здатні ліпше використовувати фосфати добрив на формування врожаю.

Таблиця 5.5

**Вміст фосфору (P_2O_5) у соломі ячменю озимого залежно від удобрення
та застосування регулятора росту, % на суху масу**

Варіант досліджу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,23	0,24	0,22	0,23
N ₇₅		0,22	0,22	0,20	0,21
N ₁₅₀		0,21	0,21	0,19	0,20
P ₆₀ K ₈₀		0,26	0,29	0,27	0,27
N ₁₅₀ K ₈₀		0,21	0,22	0,20	0,21
N ₁₅₀ P ₆₀		0,25	0,28	0,25	0,26
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,21	0,23	0,21	0,22
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,20	0,24	0,23	0,22
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,20	0,23	0,22	0,22
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,20	0,24	0,23	0,22
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,20	0,23	0,21	0,21
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		0,23	0,24	0,22	0,23
N ₇₅		0,22	0,22	0,20	0,21
N ₁₅₀		0,21	0,21	0,20	0,21
P ₆₀ K ₈₀		0,27	0,29	0,28	0,28
N ₁₅₀ K ₈₀		0,21	0,23	0,20	0,21
N ₁₅₀ P ₆₀		0,26	0,29	0,25	0,27
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,23	0,24	0,22	0,23
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,23	0,25	0,24	0,24
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,21	0,24	0,24	0,23
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,23	0,25	0,24	0,24
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,21	0,25	0,23	0,23
НІР ₀₅	А	0,01	0,01	0,01	—
	В	0,01	0,01	0,01	—

Вміст калію в соломі ячменю озимого був значно вищим, ніж у сумі азоту й фосфору (табл. 5.6). При цьому необхідно зазначити, що його зміни залежно від чинників, що вивчалися в досліді були менш значними – від 0,81 до 0,99 % на суху масу або на 22 %. Ще меншими вони були залежно від погодних умов у роки проведення досліджень, що свідчить про значну

здатність чорнозему опідзоленого забезпечувати рослини ячменю озимого цим елементом живлення. Навіть у варіанті досліді з внесенням калійних добрив у дозі 80 кг/га д. р. на азотно-фосфорному тлі ($N_{150}P_{60}$) вміст калію в соломі підвищувався лише на 0,09 % на суху масу.

Таблиця 5.6

Вміст калію (K_2O) в соломі ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту, % на суху масу

Варіант дослідіу (чинник А)		Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
		2023	2024	2025	
Без регулятора росту (чинник В)					
Без добрив (контроль)		0,85	0,90	0,88	0,88
N ₇₅		0,82	0,91	0,85	0,86
N ₁₅₀		0,81	0,90	0,84	0,85
P ₆₀ K ₈₀		0,92	0,97	0,96	0,95
N ₁₅₀ K ₈₀		0,91	0,95	0,95	0,94
N ₁₅₀ P ₆₀		0,82	0,90	0,83	0,85
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,84	0,94	0,86	0,88
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,89	0,95	0,98	0,94
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,85	0,93	0,88	0,89
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,89	0,93	0,95	0,92
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,88	0,95	0,99	0,94
З регулятором росту					
Без добрив (контроль)		0,86	0,92	0,89	0,89
N ₇₅		0,83	0,91	0,85	0,86
N ₁₅₀		0,80	0,90	0,84	0,85
P ₆₀ K ₈₀		0,94	0,99	0,97	0,97
N ₁₅₀ K ₈₀		0,92	0,95	0,95	0,94
N ₁₅₀ P ₆₀		0,81	0,90	0,82	0,84
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀		0,86	0,94	0,88	0,89
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀		0,92	0,96	0,98	0,95
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀		0,89	0,94	0,89	0,91
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀		0,89	0,93	0,96	0,93
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀		0,93	0,96	0,99	0,96
НІР ₀₅	А	0,02	0,03	0,03	—
	В	0,02	0,02	0,02	—

У середньому за три роки проведення досліджень у варіантах досліді без внесення калійних добрив вміст калію в соломі, порівняно з

абсолютним контролем, знижувався лише на 2–3 %. Застосування регулятора росту рослин не мало істотного впливу на вміст калію в соломі, або спостерігалася лише тенденція підвищення його вмісту у деяких варіантах досліджу.

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

Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм зерна та соломи ячменем озимим значно змінювалось залежно від погодних умов року проведення дослідження, удобрення і застосування регулятора росту рослин ячменю озимого (табл. 5.7). Так, найбільші показники господарського винесення отримано в 2025 р. – 133,9–257,3 кг/га залежно від варіанту досліджу. В умовах 2024 р. цей показник змінювався від 124,6 до 233,3 кг/га, а в 2023 р. – від 121,9 до 82,5 кг/га залежно від системи удобрення на тлі без регулятора росту рослин. Зменшення господарського винесення азоту в 2023 і 2024 рр. у варіантах із парними комбінаціями фосфорних і калійних добрив, а також з повним мінеральним добривом зумовлено поляганням рослин ячменю озимого. Вища стійкість до полягання в 2025 р. забезпечувала значне збільшення винесення азоту з урожаєм зерна та соломи.

На тлі застосування регулятора росту рослин удобрення забезпечувало збільшення господарського винесення азоту. Так, господарське винесення змінювалось від 111,6–130,8 кг/га у контролі до 181,8–263,3 кг/га за внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$).

Отже, можна зробити висновок, що на господарське винесення азоту з урожаєм зерна й соломи ячменю озимого значно впливають як погодні умови, особливо на тлі застосування мінеральних добрив, у першу чергу азотних, так і системи застосування добрив.

Таблиця 5.7

**Господарське винесення азоту з урожаєм зерна й соломи ячменю
озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин, кг/га**

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
Без добрив (контроль)	121,9	124,6	133,9	126,8
N ₇₅	149,9	200,5	198,1	182,8
N ₁₅₀	181,5	233,3	242,0	218,9
P ₆₀ K ₈₀	125,9	132,1	142,5	133,5
N ₁₅₀ K ₈₀	182,5	194,5	246,6	207,8
N ₁₅₀ P ₆₀	148,6	189,6	246,3	194,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	155,2	199,0	208,5	187,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	120,6	199,8	257,3	192,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	125,4	196,7	250,7	190,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	128,9	196,8	247,7	191,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	129,1	191,9	249,6	190,2
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	111,6	114,6	130,8	119,0
N ₇₅	137,3	180,6	189,6	169,2
N ₁₅₀	176,2	209,5	245,3	210,4
P ₆₀ K ₈₀	113,1	117,5	135,3	121,9
N ₁₅₀ K ₈₀	181,0	205,6	249,4	212,0
N ₁₅₀ P ₆₀	175,2	209,4	247,9	210,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	143,6	200,3	207,0	183,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	181,8	227,2	260,3	223,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	181,5	225,8	255,7	220,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	181,8	223,6	257,9	221,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	178,3	224,4	258,2	220,4

У середньому за три роки проведення досліджень у варіанті досліджу виробничого контролю (N₁₅₀P₆₀K₈₀) господарське винесення азоту підвищувалося на 65,8 кг/га або на 52 %. За внесення менших доз фосфорних і калійних добрив у складі повного мінерального добрива (варіанти досліджу N₁₅₀P₃₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₄₀, N₁₅₀P₃₀K₈₀) спостерігалось незначне зменшення господарського винесення азоту – лише на 1,5–2,4 кг/га, або на 1 %.

Застосування регулятора росту рослин сприяло кращому засвоєнню

ячменем озимим азоту у варіантах дослідів з внесенням повного мінерального добрива. Так, у варіанті $N_{150}P_{60}K_{80}$ господарське винесення азоту збільшувалося на 30,5 кг/га, або на 16 %.

Господарське винесення ячменем озимим фосфору, як показали проведені розрахунки, були майже у два рази меншими, ніж азоту (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

**Господарське винесення фосфору (P_2O_5) з урожаєм зерна й соломи
ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин,
кг/га**

Варіант дослідів	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
Без добрив (контроль)	80,5	81,6	87,4	83,2
N ₇₅	85,2	106,6	105,5	99,1
N ₁₅₀	85,7	111,0	114,2	103,6
P ₆₀ K ₈₀	93,0	102,5	104,7	100,2
N ₁₅₀ K ₈₀	87,0	94,9	117,4	99,7
N ₁₅₀ P ₆₀	77,2	103,5	128,5	103,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	84,7	104,1	110,8	99,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	58,0	99,8	128,7	95,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	60,7	97,1	123,4	93,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	63,9	99,0	124,7	95,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	62,1	96,3	122,5	93,7
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	70,8	73,0	81,9	75,2
N ₇₅	78,2	94,4	99,2	90,5
N ₁₅₀	82,4	97,1	114,7	98,0
P ₆₀ K ₈₀	82,4	85,4	97,0	88,3
N ₁₅₀ K ₈₀	82,8	99,2	116,7	99,5
N ₁₅₀ P ₆₀	89,1	111,1	128,5	109,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	81,5	106,4	109,9	99,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	86,2	111,4	129,9	109,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	83,7	108,9	126,8	106,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	87,2	109,3	127,9	108,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	82,3	109,6	126,0	105,9

Як і азоту, винесення фосфору значно залежало від погодних умов і

удобрення. Так, у варіанті досліду абсолютного контролю у роки проведення досліджень воно було від 80,5 до 87,4 кг/га, або змінювалося на 9 %, тоді як на тлі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) зміни були у межах 58,0–128,7 кг/га, або на 122 %. На тлі застосування регулятора росту рослин ці зміни становили відповідно 16 і 51 %.

Застосування в сівозміні різних видів мінеральних добрив, їх доз і поєднань у середньому за три роки проведення досліджень сприяло збільшенню господарського винесення фосфору ячменем озимим на 5,9–19,8 кг/га або на 7–24 %. На тлі застосування регулятора росту рослин у варіантах досліду Без добрив, N_{75} , N_{150} , $P_{60}K_{80}$, $N_{75}P_{30}K_{40}$ простежувалось зменшення господарського винесення фосфору, тоді як в інших варіантах – його збільшення. Так, за внесення повного мінерального добрива у дозі $N_{150}P_{30-60}K_{40-80}$ господарське винесення фосфору збільшувалося в середньому за три роки проведення досліджень з 93,7–95,9 кг/га до 105,9–109,2 кг/га.

Я видно з даних табл. 5.9, ячмінь озимий з урожаєм зерна й соломи виносить багато калію, що на рівні господарського винесення азоту, а в деяких варіантах досліду й перевищує його.

Господарське винесення калію у варіанті досліду абсолютного контролю майже не залежало від погодних умов, тоді як залежно від удобрення змінювалося в значних межах – від 139,4 до 257,2 кг/га. В середньому за три роки проведення досліджень внесення калійних добрив у дозі 80 кг/га д.р. на азотно-калійному тлі ($N_{150}P_{60}$) збільшувало господарське винесення калію на 17,5 кг/га або на 10 %. За зменшення в складі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) частки калію вдвічі (до 30 кг/га д.р.) господарське винесення калію урожаєм зменшувалося лише на 1,9 кг/га або на 1 %.

Таблиця 5.9

**Господарське винесення калію (K_2O) з урожаєм зерна й соломи
ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин,
кг/га**

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
Без добрив (контроль)	156,5	156,4	156,7	156,6
N ₇₅	166,0	218,2	195,1	193,1
N ₁₅₀	167,6	236,6	216,8	207,1
P ₆₀ K ₈₀	179,5	200,4	188,1	189,3
N ₁₅₀ K ₈₀	192,9	201,7	248,4	214,4
N ₁₅₀ P ₆₀	144,0	186,8	213,8	181,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	168,4	212,1	206,3	195,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	132,3	207,5	257,2	199,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	133,0	202,0	230,0	188,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	146,8	200,4	244,9	197,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	139,4	202,3	255,9	199,2
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	129,1	136,3	143,0	136,1
N ₇₅	142,7	182,9	179,7	168,5
N ₁₅₀	151,5	192,3	204,2	182,7
P ₆₀ K ₈₀	148,6	155,4	170,7	158,3
N ₁₅₀ K ₈₀	175,9	203,7	243,1	207,6
N ₁₅₀ P ₆₀	149,7	190,4	206,6	182,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	153,8	204,7	202,8	187,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	174,4	222,9	252,6	216,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	169,5	215,1	229,4	204,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	170,8	212,5	244,1	209,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	174,9	220,0	252,7	215,8

Вплив регулятора росту рослин на господарське винесення калію з урожаєм зерна й соломи ячменем озимим був таким же, як і на винесення азоту й фосфору. Так, на тлі його застосування у варіантах досліджу Без добрив, N₇₅, N₁₅₀, P₆₀K₈₀, N₁₅₀K₈₀, N₇₅P₃₀K₄₀ спостерігалось зниження цього показника. В інших варіантах досліджу – навпаки – підвищення. Так, у варіанті досліджу N₁₅₀P₆₀K₈₀ господарське винесення калію підвищувалось на 17.6 кг/га або на 9 %.

Отже, господарське винесення основних елементів живлення зерном і соломою ячменю озимого залежить як від погодних умов, так і від удобрення. Неоднозначний вплив на їх тлі має застосування регулятора росту рослин.

Відносне винесення азоту з урожаєм зерна та відповідної кількості соломи ячменю озимого збільшувалось від внесення добрив (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

**Відносне винесення азоту з урожаєм зерна й відповідної кількості
соломи ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту
рослин, кг/т**

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
Без добрив (контроль)	20,5	21,9	20,4	20,9
N ₇₅	22,7	26,9	24,5	24,7
N ₁₅₀	26,0	30,8	27,3	28,0
P ₆₀ K ₈₀	20,0	22,2	20,4	20,9
N ₁₅₀ K ₈₀	25,9	28,8	27,6	27,4
N ₁₅₀ P ₆₀	25,6	29,3	27,7	27,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	23,0	27,8	25,6	25,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	26,0	29,0	28,3	27,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	25,8	28,9	28,3	27,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	25,6	29,0	27,9	27,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	26,1	28,6	27,9	27,5
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	19,8	21,8	20,6	20,7
N ₇₅	21,5	26,1	24,4	24,0
N ₁₅₀	25,9	29,2	27,2	27,4
P ₆₀ K ₈₀	19,2	21,2	20,5	20,3
N ₁₅₀ K ₈₀	26,2	29,1	27,7	27,7
N ₁₅₀ P ₆₀	26,4	29,7	27,7	28,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	22,3	26,8	25,6	24,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	26,4	30,3	28,5	28,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	26,2	30,3	28,5	28,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	26,1	30,1	28,6	28,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	26,0	30,1	28,5	28,2

Так, у середньому за три роки досліджень на тлі без регулятора росту

рослин цей показник зростав від 20,9 у варіанті без добрив до 24,7–28,0 кг/т зерна за внесення добрив. При цьому відносне винесення значно змінювалось залежно від погодних умов років проведення досліджень. Вищими показники були у 2025 р., а меншими у 2023 і 2024 рр.

Застосування регулятора росту рослин майже не змінювало відносне винесення азоту з урожаєм зерна та соломи. Так, цей показник був у межах 19,8–21,8 кг/т у варіанті без добрив і від 26,4 до 30,3 кг/т. При цьому тенденція відносного винесення азоту впродовж років досліджень була подібно до ділянок без застосування регулятора росту рослин.

Відносне винесення фосфору з урожаєм зерна та відповідної кількості соломи ячменю озимого залежно від чинників, що вивчалися в досліді було в межах від 13,7 до 20,3 кг/т або змінювалося на 48 % (табл. 5.11).

Як видно з даних табл. 5.11, у варіанті досліді Без добрив ці показники були значно меншими – від 15,4 до 16,8 кг/т або 9 %. За внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) зміни цього показника залежно від погодних умов становили 19 %.

У цілому, в середньому за три роки проведення досліджень, в усіх варіантах досліді, за виключенням $P_{60}K_{80}$ і $N_{150}P_{60}$, показник відносного винесення фосфору або не змінювався або зменшувався і був найменшим у варіанті $N_{150}K_{80}$ – 15,1 кг/т. Це менше порівняно з абсолютним контролем на 0,8 т/га або на 5 %.

На тлі застосування регулятора росту рослин ячмінь озимий більш економно використовував фосфор на формування врожаю. Так, у варіанті абсолютного контролю відносне винесення фосфору знижувалося на 0,8 кг/т, а за виробничого контролю ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – практично залишилося без змін. При цьому найбільш економно фосфор використовувався за азотної і фосфорно-калійної систем удобрення – відносне винесення фосфору з урожаєм зерна та соломи зменшувалося на 0,6–1,2 кг/т.

Таблиця 5.11

**Відносне винесення фосфору (P_2O_5) з урожаєм зерна й відповідної
кількості соломи ячменю озимого залежно від удобрення та
регулятора росту рослин, кг/т**

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
Без добрив (контроль)	15,4	16,8	15,5	15,9
N ₇₅	14,6	16,5	14,9	15,3
N ₁₅₀	14,0	16,8	14,7	15,2
P ₆₀ K ₈₀	17,0	20,3	17,6	18,3
N ₁₅₀ K ₈₀	14,1	16,3	15,0	15,1
N ₁₅₀ P ₆₀	15,3	18,7	16,7	16,9
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	14,2	16,7	15,5	15,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	14,3	17,0	16,2	15,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	14,3	16,6	15,9	15,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	14,5	17,1	16,1	15,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	14,4	16,7	15,6	15,6
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	14,4	16,2	14,9	15,1
N ₇₅	13,9	15,7	14,6	14,7
N ₁₅₀	13,8	15,5	14,6	14,6
P ₆₀ K ₈₀	16,1	18,1	17,3	17,1
N ₁₅₀ K ₈₀	13,7	16,1	14,8	14,9
N ₁₅₀ P ₆₀	15,4	18,3	16,6	16,7
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	14,4	16,4	15,6	15,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	14,3	17,1	16,3	15,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	13,8	16,8	16,2	15,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	14,3	17,0	16,3	15,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	13,7	17,0	15,9	15,5

Відносне винесення калію на формування одиниці зерна й відповідної кількості соломи ячменем озимим також змінювалося як від погодних умов, так і від удобрення та впливу регулятора росту рослин (табл. 9.12). ці зміни були у межах 26,7–42,9 кг/т або 61 %. У варіанті досліджу абсолютного контролю вони становили 16 %, а виробничого контролю (N₁₅₀P₆₀K₈₀) – 12 %. При цьому у варіанті виробничого контролю, порівняно з абсолютним, простежувалося збільшення відносного

винесення калію на 3,8 кг/га або на 12 %.

Таблиця 5.12

**Відносне винесення калію (K₂O) з урожаєм зерна й відповідної
кількості соломи ячменю озимого залежно від удобрення та
регулятора росту рослин, кг/т**

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
Без добрив (контроль)	31,5	35,1	30,3	32,3
N ₇₅	29,9	37,0	30,3	32,4
N ₁₅₀	28,8	39,3	30,7	32,9
P ₆₀ K ₈₀	34,4	42,9	34,3	37,2
N ₁₅₀ K ₈₀	32,9	38,0	34,8	35,2
N ₁₅₀ P ₆₀	29,8	36,6	30,2	32,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	29,7	37,3	31,6	32,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	34,4	38,5	35,4	36,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	33,0	37,8	32,4	34,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	35,2	37,7	34,5	35,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	34,1	38,5	35,8	36,1
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	27,6	33,1	28,6	29,8
N ₇₅	26,8	33,5	29,1	29,8
N ₁₅₀	26,7	33,9	28,6	29,7
P ₆₀ K ₈₀	30,4	35,8	32,9	33,0
N ₁₅₀ K ₈₀	30,6	36,3	33,9	33,6
N ₁₅₀ P ₆₀	27,1	34,0	29,0	30,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	28,6	34,6	31,4	31,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	30,4	37,3	34,5	34,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	29,4	36,3	31,8	32,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	29,4	36,1	33,8	33,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	30,7	37,2	34,8	34,2

Щодо впливу регулятора росту рослин, то в середньому за три роки проведення досліджень простежувалось незначне зниження показника відносного винесення калію з урожаєм зерна й відповідної кількості соломи.

Розрахунки показали, що в господарському винесенні основних елементів живлення ячменем озимим найбільшу частку становить азот –

30,4–43,0 % (табл. 5.13). При цьому необхідно зазначити, що цей показник менше залежав від погодних умов року проведення досліджень, ніж від особливостей удобрення. Так, у абсолютному контролі він був у межах 34,0–35,4 %, а за внесення повної дози мінеральних добрив ($N_{150}P_{60}K_{80}$) підвищувався до 38,8–40,0 %.

Таблиця 5.13

**Частка азоту в господарському винесенні основних елементів
живлення ($N + P_2O_5 + K_2O$) ячменем озимим залежно від удобрення та
регулятора росту рослин, %**

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
Без добрив (контроль)	34,0	34,4	35,4	34,6
N ₇₅	37,4	38,2	39,7	38,4
N ₁₅₀	41,7	40,2	42,2	41,4
P ₆₀ K ₈₀	31,6	30,4	32,7	31,6
N ₁₅₀ K ₈₀	39,5	39,6	40,3	39,8
N ₁₅₀ P ₆₀	40,2	39,5	41,8	40,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	38,0	38,6	39,7	38,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	38,8	39,4	40,0	39,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	39,3	39,7	41,5	40,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	38,0	39,7	40,1	39,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	39,1	39,1	39,7	39,3
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	35,8	35,4	36,8	36,0
N ₇₅	38,3	39,4	40,5	39,4
N ₁₅₀	43,0	42,0	43,5	42,8
P ₆₀ K ₈₀	32,9	32,8	33,6	33,1
N ₁₅₀ K ₈₀	41,2	40,4	40,9	40,8
N ₁₅₀ P ₆₀	42,3	41,0	42,5	41,9
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	37,9	39,2	39,8	39,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	41,1	40,5	40,5	40,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	41,8	41,1	41,8	41,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	41,3	41,0	40,9	41,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	40,9	40,5	40,5	40,7

У середньому за три роки проведення досліджень за внесення $N_{150}P_{30-60}K_{40-80}$ частка азоту в господарському винесенні основних елементів

живлення становила 39,2–40,2 %.

Частка фосфору в господарському винесенні основних елементів живлення в деяких варіантах дослідів була в два рази меншою, ніж азоту (табл. 5.14).

Таблиця 5.14

Частка фосфору в господарському винесенні основних елементів живлення N + P₂O₅ + K₂O) ячменем озимим залежно від удобрення та регулятора росту рослин, %

Варіант дослідів	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
Без добрив (контроль)	22,4	22,5	23,1	22,7
N ₇₅	21,2	20,3	21,2	20,9
N ₁₅₀	19,7	19,1	19,9	19,6
P ₆₀ K ₈₀	23,3	23,6	24,1	23,7
N ₁₅₀ K ₈₀	18,8	19,3	19,2	19,1
N ₁₅₀ P ₆₀	20,9	21,6	21,8	21,4
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	20,7	20,2	21,1	20,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	18,7	19,7	20,0	19,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	19,0	19,6	20,4	19,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	18,8	20,0	20,2	19,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	18,8	19,6	19,5	19,3
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	22,7	22,5	23,0	22,8
N ₇₅	21,8	20,6	21,2	21,2
N ₁₅₀	20,1	19,5	20,3	20,0
P ₆₀ K ₈₀	23,9	23,8	24,1	24,0
N ₁₅₀ K ₈₀	18,8	19,5	19,2	19,2
N ₁₅₀ P ₆₀	21,5	21,7	22,0	21,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	21,5	20,8	21,1	21,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	19,5	19,8	20,2	19,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	19,3	19,8	20,7	19,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	19,8	20,0	20,3	20,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	18,9	19,8	19,8	19,5

Застосування регулятора росту рослин сприяло незначному підвищенню частки азоту в господарському винесенні основних елементів живлення ячменем озимим в усіх варіантах дослідів. Так, у варіанті дослідів

виробничого контролю ($N_{150}P_{60}K_{80}$) це підвищення становило 1,3 %.

Цей показник менше залежав від погодних умов, а більше від удобрення. Так, у варіанті досліді абсолютного контролю він був у межах 22,4–23,1 %, а за виробничого контролю ($N_{150}P_{60}K_{80}$) знижувався і становив 18,7–20,0 %. Найбільша частка винесеного фосфору в господарському винесенні основних елементів живлення була на фосфорно-калійному тлі ($P_{60}K_{80}$) – 23,7 %, а найменша (19,1 %) – у варіанті досліді $N_{150}K_{80}$.

На тлі застосування регулятора росту рослин як за роки проведення досліджень, так і в середньому за три роки, простежувалося незначне підвищення частки фосфору у господарському винесенні основних елементів живлення ячменем ярим.

Поряд з азотом, у господарському винесенні основних елементів живлення ячменем озимим становить калій (табл. 5.15). Як видно з даних табл. 5.15, це показник залежно від досліджуваних чинників змінювався в межах від 30,3 до 46,1 %. При цьому залежно від погодних умов частка калію в господарському винесенні основних елементів живлення на абсолютному контролі становила 41,5–43,6 %, а у виробничому контролі ($N_{150}P_{60}K_{80}$) була дещо нижчою – 40,0–42,6 %. Найбільша частка калію в господарському винесенні основних елементів живлення була на фосфорно-калійному тлі (варіант $P_{60}K_{80}$) – 44,8 %, а найменша (38,1 %) – на азотно-калійному тлі (варіант $N_{150}P_{60}$).

Застосування регулятора росту рослин сприяло деякому зниженню частки калію у господарському винесенні основних елементів живлення ячменем озимим.

Таблиця 5.15

**Частка калію в господарському винесенні основних елементів
живлення N + P₂O₅ + K₂O) ячменем озимим залежно від удобрення та
регулятора росту рослин, %**

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
Без добрив (контроль)	43,6	43,1	41,5	42,7
N ₇₅	41,4	41,5	39,1	40,7
N ₁₅₀	38,5	40,7	37,8	39,0
P ₆₀ K ₈₀	45,1	46,1	43,2	44,8
N ₁₅₀ K ₈₀	41,7	41,1	40,6	41,1
N ₁₅₀ P ₆₀	38,9	38,9	36,3	38,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	41,2	41,2	39,3	40,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	42,6	40,9	40,0	41,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	41,7	40,7	38,1	40,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	43,2	40,4	39,7	41,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	42,2	41,2	40,7	41,4
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	41,4	42,1	40,2	41,2
N ₇₅	39,8	39,9	38,4	39,4
N ₁₅₀	36,9	38,5	36,2	37,2
P ₆₀ K ₈₀	43,2	43,4	42,4	43,0
N ₁₅₀ K ₈₀	40,0	40,1	39,9	40,0
N ₁₅₀ P ₆₀	36,2	37,3	35,4	36,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	40,6	40,0	39,0	39,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	39,4	39,7	39,3	39,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	39,0	39,1	37,5	38,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	38,8	39,0	38,8	38,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	40,2	39,7	39,7	39,8

Баланс основних елементів живлення в ґрунті має важливе значення в управлінні живлення сільськогосподарських культур і збереження та поліпшення здоров'я ґрунту. Розрахунки показали, що баланс азоту був різним і залежав від стійкості рослин ячменю озимого до полягання (табл. 5.16). Тривале застосування 150 кг/га д. р. азотних добрив у 2023 р. без регулятора росту сприяло формуванню додатного балансу азоту, що свідчить про менше засвоєння його з добрив. У 2024 і 2025 рр. таке явище

було відсутнє. Необхідно відзначити, що навіть застосування регулятора росту рослин у 2023 р. баланс азоту був на рівні +10,1 – +13,8 кг/га. Від’ємний баланс азоту формувався у 2025 р. незалежно від застосування регулятора росту рослин, що свідчить про екологічну безпечність застосування азотних добрив у польовій сівозміні.

Таблиця 5.16

**Баланс азоту в ґрунті за під посівами ячменю озимого залежно від
удобрення та регулятора росту рослин умови залишення соломи на
полі, кг/га**

Варіант дослідів	Рік проведення досліджень		
	2023	2024	2025
Без регулятора росту			
Без добрив (контроль)	–91,5	–97,4	–107,6
N ₇₅	–35,8	–75,6	–78,3
N ₁₅₀	11,2	–21,2	–37,2
P ₆₀ K ₈₀	–97,0	–100,6	–115,2
N ₁₅₀ K ₈₀	8,8	0,8	–39,1
N ₁₅₀ P ₆₀	35,5	5,3	–39,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	–40,2	–73,8	–82,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	57,0	–4,1	–44,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	53,5	–1,5	–39,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	50,7	–1,8	–38,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	50,3	0,9	–39,9
З регулятором росту			
Без добрив (контроль)	–86,7	–90,7	–106,0
N ₇₅	–30,0	–65,0	–73,2
N ₁₅₀	13,8	–9,1	–43,6
P ₆₀ K ₈₀	–89,5	–93,6	–109,9
N ₁₅₀ K ₈₀	11,0	–5,9	–41,6
N ₁₅₀ P ₆₀	15,2	–8,1	–40,4
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	–33,3	–78,0	–83,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	10,1	–18,8	–47,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	10,6	–17,8	–43,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	10,6	–17,8	–45,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	11,9	–18,4	–45,6

Встановлено, що застосування регулятора росту рослин з внесенням добрив сприяє ефективнішому засвоєнню азоту з добрив. При цьому

застосування N_{75} незалежно від регулятора росту рослин упродовж років досліджень забезпечує від'ємний баланс азоту. Відносне винесення азоту змінюється від 14,2–15,5 кг/т у варіанті без добрив до 18,6–20,2 кг/т за внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$ на тлі без регулятора росту. Застосування регулятора росту рослин забезпечує відносне винесення азоту на рівні 14,3–15,7 кг/т у контролі та 18,9–20,1 кг/т за внесення повного мінерального добрива.

Як видно з даних табл. 5.17, баланс фосфору в ґрунті значно залежав від систем застосування добрив і в меншій мірі від погодних умов у роки проведення досліджень. В умовах 2023 року додатний баланс азоту складався лише у варіантах досліді з внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{150}P_{60}K_{40-80}$, а також $P_{60}K_{60}$ та $N_{150}P_{60}$. В умовах 2024 року простежувались такі ж закономірності, а в умовах 2025 року в усіх варіантах досліді складався від'ємний $N_{150}P_{60}K_{40}$ баланс фосфору в діапазоні від – 3,7 до –75,6 кг/га.

У середньому за три роки проведення досліджень внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. на тлі $N_{150}K_{40-80}$ забезпечувало додатний баланс фосфору на рівні +2,6 кг/га, тобто він складався майже урівноваженим. Застосування регулятора росту рослин на тлі цієї дози внесення фосфорних добрив баланс фосфору погіршувався і становив –5,9 ...–6,6 кг/га, що свідчить про більше накопичення фосфору в урожаї.

Необхідно також звернути увагу, що навіть за умови залишення соломи ячменю озимого на полі на добриво, за азотних систем удобрення як на тлі застосування регулятора росту рослин, так і без нього складається різко дефіцитний баланс фосфору, що перевищує більш як 60 кг/га.

Таблиця 5.17

Баланс фосфору (P_2O_5) у ґрунті за під посівами ячменю озимого

**залежно від удобрення та регулятора росту рослин умови
залишення соломи на полі, кг/га**

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень		
	2023	2024	2025
Без регулятора росту			
Без добрив (контроль)	–47,2	–49,0	–57,0
N ₇₅	–50,8	–64,4	–69,7
N ₁₅₀	–52,5	–66,1	–75,6
P ₆₀ K ₈₀	6,5	5,5	–3,7
N ₁₅₀ K ₈₀	–52,3	–58,0	–76,4
N ₁₅₀ P ₆₀	16,9	3,0	–17,6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	–22,4	–32,8	–41,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	26,0	2,4	–20,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	–5,6	–27,1	–48,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	23,0	2,5	–17,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	–6,6	–26,9	–49,2
З регулятором росту			
Без добрив (контроль)	–44,7	–45,7	–54,6
N ₇₅	–49,8	–60,1	–66,1
N ₁₅₀	–52,4	–61,8	–76,4
P ₆₀ K ₈₀	9,5	9,3	0,4
N ₁₅₀ K ₈₀	–52,4	–61,1	–76,8
N ₁₅₀ P ₆₀	7,1	–3,1	–18,9
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	–20,3	–35,8	–40,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	7,0	–5,8	–21,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	–23,2	–35,4	–48,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	6,4	–4,3	–19,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	–22,1	–34,4	–49,5

Відомо, що чорнозем опідзолений має значні запаси як валового, так і рухомих сполук калію, тому вважається, що його баланс може бути дефіцитним. Розрахунками встановлено, що застосування калійних добрив на тлі N₁₅₀P₆₀ у дозі 40 кг/га д. р. забезпечує додатний баланс калію у ґрунті з показником 0,9 кг/га, тобто був урівноваженим (табл. 5.18). за умови застосування регулятора росту рослин на цьому тлі ячмінь озимий більше засвоював калію, тому в середньому за три роки проведення досліджень баланс його складався з незначним дефіцитом – –5,7 кг/га.

Таблиця 5.18

Баланс калію (K₂O) в ґрунті під посівами ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин за умови залишення соломи на полі, кг/га

Варіант дослідів	Рік проведення досліджень		
	2023	2024	2025
Без регулятора росту			
Без добрив (контроль)	–33,3	–34,0	–34,9
N ₇₅	–37,8	–43,7	–42,9
N ₁₅₀	–39,5	–44,0	–46,2
P ₆₀ K ₈₀	40,4	40,2	37,8
N ₁₅₀ K ₈₀	37,5	37,5	26,5
N ₁₅₀ P ₆₀	–32,3	–37,2	–44,7
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	0,9	–3,5	–5,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	54,6	39,4	28,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	13,8	–0,2	–10,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	12,9	0,6	–10,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	53,0	40,4	28,0
З регулятором росту			
Без добрив (контроль)	–31,7	–31,8	–32,6
N ₇₅	–35,6	–40,9	–38,9
N ₁₅₀	–37,2	–41,2	–43,3
P ₆₀ K ₈₀	42,5	42,9	38,9
N ₁₅₀ K ₈₀	37,2	33,8	26,3
N ₁₅₀ P ₆₀	–36,9	–41,4	–44,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	2,9	–5,8	–5,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	38,5	32,3	26,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	–0,4	–4,6	–11,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	–0,7	–5,0	–11,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	38,7	33,5	27,3

У результаті проведених досліджень встановлено, що:

Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм зерна та соломи ячменем озимим значно змінювалось залежно від погодних умов року проведення дослідження, удобрення і застосування регулятора росту рослин ячменю озимого. Так, найбільші показники господарського винесення отримано в 2025 р. – 133,9–257,3 кг/га залежно від варіанту дослідів. В умовах 2024 р. цей показник змінювався від 124,6 до 233,3 кг/га, а в 2023 р. – від 121,9 до 82,5 кг/га залежно від системи удобрення на тлі

без регулятора росту рослин. Зменшення господарського винесення азоту в 2023 і 2024 рр. у варіантах із парними комбінаціями фосфорних і калійних добрив, а також з повним мінеральним добривом зумовлено поляганням рослин ячменю озимого. Вища стійкість до полягання в 2025 р. забезпечувала значне збільшення винесення азоту з урожаєм зерна та соломи.

Господарське винесення ячменем озимим фосфору, як показали проведені розрахунки, були майже у два рази меншими, ніж азоту. Як і азоту, винесення фосфору значно залежало від погодних умов і удобрення. Так, у варіанті досліді абсолютного контролю у роки проведення досліджень воно було від 80,5 до 87,4 кг/га, або змінювалося на 9 %, тоді як на тлі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) зміни були у межах 58,0–128,7 кг/га, або на 122 %. На тлі застосування регулятора росту рослин ці зміни становили відповідно 16 і 51 %.

Господарське винесення калію у варіанті досліді абсолютного контролю майже не залежало від погодних умов, тоді як залежно від удобрення змінювалося в значних межах – від 139,4 до 257,2 кг/га. В середньому за три роки проведення досліджень внесення калійних добрив у дозі 80 кг/га д. р. на азотно-калійному тлі ($N_{150}P_{60}$) збільшувало господарське винесення калію на 17,5 кг/га або на 10 %. За зменшення в складі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) частки калію вдвічі (до 30 кг/га д. р.) господарське винесення калію урожаєм зменшувалося лише на 1,9 кг/га або на 1 %.

Вплив регулятора росту рослин на господарське винесення калію з урожаєм зерна й соломи ячменем озимим був таким же, як і на винесення азоту й фосфору. Так, на тлі його застосування у варіантах досліді Без добрив, N_{75} , N_{150} , $P_{60}K_{80}$, $N_{150}K_{80}$, $N_{75}P_{30}K_{40}$ спостерігалось зниження цього показника. В інших варіантах досліді – навпаки – підвищення. Так, у варіанті досліді $N_{150}P_{60}K_{80}$ господарське винесення калію підвищувалося на 17.6 кг/га або на 9 %.

Встановлено, що застосування регулятора росту рослин з внесенням добрив сприяє ефективнішому засвоєнню азоту з добрив. При цьому застосування N_{75} незалежно від регулятора росту рослин упродовж років досліджень забезпечує від'ємний баланс азоту. Відносно винесення азоту змінюється від 14,2–15,5 кг/т у варіанті без добрив до 18,6–20,2 кг/т за внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$ на тлі без регулятора росту. Застосування регулятора росту рослин забезпечує відносно винесення азоту на рівні 14,3–15,7 кг/т у контролі та 18,9–20,1 кг/т за внесення повного мінерального добрива.

Як видно з даних табл. 6,17, баланс фосфору в ґрунті значно залежав від систем застосування добрив і в меншій мірі від погодних умов у роки проведення досліджень. В умовах 2023 року додатний баланс азоту складався лише у варіантах досліді з внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{150}P_{60}K_{40-80}$, а також $P_{60}K_{60}$ та $N_{150}P_{60}$. В умовах 2024 року простежувались такі ж закономірності, а в умовах 2025 року в усіх варіантах досліді складався від'ємний $N_{150}P_{60}K_{40}$ баланс фосфору в діапазоні від – 3,7 до –75,6 кг/га.

Розрахунками встановлено, що застосування калійних добрив на тлі $N_{150}P_{60}$ у дозі 40 кг/га д. р. забезпечує додатний баланс калію у ґрунті з показником 0,9 кг/га, тобто був урівноваженим. за умови застосування регулятора росту рослин на цьому тлі ячмінь озимий більше засвоював калію, тому в середньому за три роки проведення досліджень баланс його складався з незначним дефіцитом – 5,7 кг/га.

Результати, подані в розділі, висвітлено в працях [171].

РОЗДІЛ 6

АГРОХІМІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПІД ЯЧМІНЬ ОЗИМИЙ

Оцінювання ефективності застосування добрив має важливе значення у стабілізації і підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур. Вона залежить як від вартості одиниці діючої речовини добрив, витрат на їх застосування, так і від вартості вирощеного врожаю.

Як показали проведені розрахунки, витрати добрив на формування одиниці приросту врожаю зерна ячменю озимого залежать як від система застосування добрив, так і від погодних умов у роки проведення досліджень (табл. 6.1).

Як видно з даних табл. 6.1, найвищі витрати поживних речовин добрив на формування приросту врожаю (326–438 кг/т) в усі роки проведення досліджень були у варіанті досліду з внесенням лише фосфорних і калійних добрив (варіант досліду $P_{60}K_{80}$). За азотної системи удобрення (N_{75} і N_{150}) вони становили відповідно 60 і 87 кг/т. За внесення на тлі азотних добрив і калійних (варіант $N_{150}K_{80}$) – витрати підвищувалися до 157 кг д. р./т зерна. При цьому необхідно зазначити, що за цим показником фосфорні добрива в дозі 60 кг/га д. р. внесені на тлі N_{150} значно знижували витрати добрив на формування одиниці приросту врожаю – з 157 до 101 кг/т, або на 36 %.

У середньому за три роки проведення досліджень за внесення добрив у дозі $N_{75}P_{30}K_{40}$, $N_{150}P_{60}K_{40}$, $N_{150}P_{30}K_{40}$ показник витрат добрив на формування приросту врожаю був майже однаковим – 104–197 кг д. р./т зерна ячменю озимого. За зменшення в складі повного мінерального добрива дози калію до 40 кг/га д. р., або ще й фосфору до 30 кг/га д. р. витрати добрив зменшувалися відповідно до 98 і 85 кг д. р./т зерна.

Таблиця 6.1

**Витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю зерна ячменю
озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту
рослин, кг д. р.**

Варіант досліджу	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
N ₇₅	100	37	42	60
N ₁₅₀	138	66	57	87
P ₆₀ K ₈₀	438	424	326	396
N ₁₅₀ K ₈₀	198	189	84	157
N ₁₅₀ P ₆₀	0	223	79	101
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	163	83	77	107
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	0	215	99	104
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	0	172	82	85
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	0	202	93	98
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	0	224	94	106
З регулятором росту				
N ₇₅	89	40	45	58
N ₁₅₀	116	68	50	78
P ₆₀ K ₈₀	538	467	560	522
N ₁₅₀ K ₈₀	167	109	76	117
N ₁₅₀ P ₆₀	191	100	71	121
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	158	57	72	96
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	212	110	90	137
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	157	85	72	105
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	171	99	81	117
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	195	102	82	127

Дослідженнями встановлено, що на показник витрат добрив на формування одиниці зерна ячменю озимого значно впливають погодні умови року проведення досліджень. навіть за внесення невисокої дози азотних добрив (варіант N₇₅) він змінювався в межах 37–100 кг д. р./т зерна, а найбільш сталим був у варіанті досліджу N₇₅P₃₀K₄₀ і змінювався в межах 77–163 кг д. р./т зерна.

Показник витрат добрив на формування одиниці маси зерна у варіантах досліджу із застосуванням регулятора росту рослин був більш

стабільним в усіх варіантах дослідів. При цьому необхідно зазначити, що в середньому за три роки проведення досліджень він знижувався лише за азотної системи удобрення.

З даних табл. 6.2 видно, що системи застосування добрив і погодні умови значно впливають на окупність приростом урожаю зерна ячменю озимого.

Таблиця 6.2

**Окупність 1 кг д. р. добрив приростом урожаю ячменю озимого
залежно від удобрення та застосування регулятора росту, кг зерна**

Варіант дослідів	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
N ₇₅	10,0	27,3	23,7	20,4
N ₁₅₀	7,3	15,1	17,6	13,3
P ₆₀ K ₈₀	2,3	2,4	3,1	2,6
N ₁₅₀ K ₈₀	5,0	5,3	11,9	7,4
N ₁₅₀ P ₆₀	-0,9	4,5	12,7	5,4
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	6,1	12,1	13,0	10,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-5,0	4,7	10,1	3,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-5,5	5,8	12,2	4,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-4,0	5,0	10,8	3,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-4,3	4,5	10,7	3,6
З регулятором росту				
N ₇₅	11,2	25,2	22,0	19,5
N ₁₅₀	8,6	14,7	19,9	14,4
P ₆₀ K ₈₀	1,9	2,1	1,8	1,9
N ₁₅₀ K ₈₀	6,0	9,2	13,2	9,4
N ₁₅₀ P ₆₀	5,2	10,0	14,1	9,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	6,3	17,4	13,9	12,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	4,7	9,1	11,2	8,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	6,4	11,7	13,9	10,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	5,8	10,1	12,4	9,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	5,1	9,8	12,2	9,0

Встановлено, що в умовах 2023 року у варіантах дослідів N₁₅₀P₆₀ і з внесенням повного мінерального добрива в дозі N₁₅₀P₃₀₋₆₀K₄₀₋₈₀ не отримали приросту врожаю. В умовах 2024 і 2025 років в усіх варіантах

досліді 1 кг д. р. добрив давав приріст урожаю в межах 2,4–27,3 кг зерна ячменю озимого.

У середньому за три роки проведення досліджень найвищою окупність одиниці діючої речовини добрив була за азотної системи удобрення (варіанти досліді N_{75} і N_{150}) і за внесення половинної дози мінерального добрива ($N_{75}P_{30}K_{40}$) – відповідно 20,4, 13,3 і 10,4 кг зерна. Найнижчим цей показник був у варіанті досліді $P_{60}K_{80}$ і за внесення повного мінерального добрива в дозі $N_{150}P_{30-60}K_{40-80}$ – 2,6–4,2 кг.

Застосування регулятора росту рослин як за роками проведення досліджень, так і в середньому за три роки сприяло підвищенню окупності одиниці діючої речовини добрив, за виключенням варіантів досліді N_{75} і $P_{60}K_{80}$, де простежувалась тенденція зниження цього показника.

Показники енергетичної ефективності застосування добрив є більш стабільними, ніж економічної ефективності певної складової технології вирощування культури, тому що вони не залежать від цінової політики на засоби виробництва та одержаний урожай.

Як видно з даних табл. 6.3, енергоємність приросту врожаю зерна ячменю озимого змінювалася як від погодних умов у роки проведення досліджень, так і від системи застосування добрив і регулятора росту рослин. У варіантах досліді з внесенням лише мінеральних добрив цей показник був у межах 6,9–29,2 ГДж/га і був найвищим у варіанті досліді за азотної системи удобрення (варіанти досліді N_{75} і N_{150}), а також за внесення половинної дози повного мінерального добрива (варіант $N_{150}K_{80}$) – відповідно 29,2 ГДж/га, 38,2 і 32,6 ГДж/га.

Таблиця 6.3

**Енергоємність приросту врожаю зерна ячменю озимого залежно від
удобрення та застосування регулятора росту, ГДж/га**

Варіант досліджу	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
N ₇₅	14,3	39,2	34,1	29,2
N ₁₅₀	20,9	43,2	50,5	38,2
P ₆₀ K ₈₀	6,1	6,3	8,2	6,9
N ₁₅₀ K ₈₀	22,2	23,3	52,4	32,6
N ₁₅₀ P ₆₀	-3,4	18,0	51,1	21,9
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	17,0	33,5	36,2	28,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-27,5	25,8	56,2	18,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-23,1	24,5	51,3	17,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-19,3	23,7	51,7	18,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-21,4	22,2	53,2	18,0
З регулятором росту				
N ₇₅	16,1	36,2	31,6	27,9
N ₁₅₀	24,7	42,3	57,0	41,3
P ₆₀ K ₈₀	5,0	5,7	4,8	5,2
N ₁₅₀ K ₈₀	26,4	40,4	58,0	41,6
N ₁₅₀ P ₆₀	21,0	40,2	56,8	39,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	17,6	48,4	38,6	34,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	26,2	50,3	62,0	46,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	26,8	49,4	58,5	44,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	27,9	48,2	59,1	45,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	25,4	48,8	60,5	44,9

За внесення повного мінерального добрива в дозі N₁₅₀P₃₀₋₆₀K₄₀₋₈₀ енергоємність приросту врожаю істотно не відрізнялася і була в межах 17,5–18,7 ГДж/га.

Як видно з даних табл. 6.3, застосування регулятора росту рослин в усіх варіантах досліджу та в усі роки проведення досліджень забезпечувало приріст енергоємності врожаю зерна ячменю озимого, за виключенням варіантів досліджу N₇₅ і P₆₀K₈₀. При цьому необхідно зазначити що за цим показником найбільш ефективним було застосування регулятора росту рослин у варіантах досліджу N₁₅₀P₆₀ і за внесення N₁₅₀P₃₀₋₆₀K₄₀₋₈₀, де

енергоємність приросту врожаю збільшувалася з 17,5–21,9 до 39,3–46,2 ГДж/га.

Показник чистого енергетичного доходу за різних систем удобрення та застосування регулятора росту рослин на ячменеві озимому залежав від погодних умов і змінювався в значних межах (табл. 6.4). У середньому за три роки проведення досліджень найвищим він був за азотної системи удобрення (варіанти досліду N_{75} і N_{150}), а також у варіантах $N_{150}K_{80}$ і $N_{75}P_{30}K_{40}$ – 20,9–25,2 ГДж/га. Найнижчим енергетичний дохід був у варіантах досліду $P_{60}K_{80}$ і за внесення повного мінерального добрива в дозі $N_{150}P_{30-60}K_{40-80}$ – лише 2,1–3,8 ГДж/га.

Таблиця 6.4

Чистий енергетичний дохід від застосування добрив і регулятора росту під ячмінь озимий, ГДж/га

Варіант досліду	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
N ₇₅	7,8	32,7	27,6	22,7
N ₁₅₀	7,9	30,2	37,5	25,2
P ₆₀ K ₈₀	3,0	3,2	5,1	3,8
N ₁₅₀ K ₈₀	8,4	9,5	38,6	18,8
N ₁₅₀ P ₆₀	-18,7	2,7	35,8	6,6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	9,0	25,5	28,2	20,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-43,6	9,7	40,1	2,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-37,6	10,0	36,8	3,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-35,0	8,0	36,0	3,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-36,3	7,3	38,3	3,1
З регулятором росту				
N ₇₅	9,6	29,7	25,1	21,4
N ₁₅₀	11,7	29,3	44,0	28,3
P ₆₀ K ₈₀	1,9	2,6	1,7	2,1
N ₁₅₀ K ₈₀	12,6	26,6	44,2	27,8
N ₁₅₀ P ₆₀	5,7	24,9	41,5	24,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	9,6	40,4	30,6	26,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	10,1	34,2	45,9	30,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	12,3	34,9	44,0	30,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	12,2	32,5	43,4	29,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	10,5	33,9	45,6	30,0

Встановлено, що за показником чистої енергетичної ефективності застосування регулятора росту рослин на ячмені озимому було особливо ефективним у варіантах досліді з внесенням високої дози азотних добрив – 150 кг/га д. р. При цьому енергетичний дохід підвищувався до 24,0–30,4 ГДж/га.

Як видно з даних табл. 6.5, коефіцієнт енергетичної ефективності застосування добрив і регулятора росту рослин під ячмінь озимий у проведеному досліді змінювався в досить широких межах – від –2,7 і до 5,03.

Таблиця 6.5

Коефіцієнт енергетичної ефективності застосування добрив і регулятора росту рослин під ячмінь озимий

Варіант дослідіу	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятору росту				
N ₇₅	1,21	5,03	4,24	3,49
N ₁₅₀	0,60	2,33	2,88	1,94
P ₆₀ K ₈₀	0,97	1,04	1,65	1,22
N ₁₅₀ K ₈₀	0,61	0,69	2,80	1,37
N ₁₅₀ P ₆₀	-1,23	0,18	2,34	0,43
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	1,13	3,18	3,52	2,61
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-2,71	0,60	2,49	0,13
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-2,60	0,69	2,54	0,21
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-2,23	0,51	2,29	0,19
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-2,44	0,49	2,57	0,21
З регулятором росту				
N ₇₅	1,47	4,56	3,86	3,30
N ₁₅₀	0,90	2,25	3,39	2,18
P ₆₀ K ₈₀	0,60	0,85	0,54	0,67
N ₁₅₀ K ₈₀	0,91	1,92	3,20	2,01
N ₁₅₀ P ₆₀	0,38	1,63	2,71	1,57
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	1,20	5,05	3,83	3,36
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	0,63	2,12	2,85	1,87
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	0,85	2,40	3,04	2,10
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	0,78	2,07	2,77	1,87
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	0,71	2,27	3,06	2,01

У середньому за три роки проведення досліджень на тлі застосування лише різних систем удобрення цей показник був у межах 0,13–3,49. Коефіцієнт енергетичної ефективності застосування добрив найбільше знижувався на тлі застосування азотних і фосфорних добрив.

Застосування регулятора росту рослин сприяло підвищенню коефіцієнта енергетичної ефективності застосування мінеральних добрив до 0,67–3,30 залежно від системи удобрення. При цьому найбільший показник формувався у варіанті досліду з внесенням половинної дози добрив від виробничого контролю – у варіанті $N_{75}P_{30}K_{40}$.

Енергетична собівартість приросту врожаю ячменю озимого залежала як від погодних умов, так і систем застосування добриву (табл. 6.6).

Таблиця 6.6

Енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту, ГДж

Варіант досліду	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без регулятора росту				
N ₇₅	8,7	3,2	3,7	5,2
N ₁₅₀	11,9	5,8	4,9	7,5
P ₆₀ K ₈₀	9,7	9,4	7,2	8,8
N ₁₅₀ K ₈₀	11,9	11,3	5,0	9,4
N ₁₅₀ P ₆₀	–85,0	16,3	5,7	–21,0
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	9,0	4,6	4,2	5,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	–11,2	11,9	5,5	2,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	–12,0	11,3	5,4	1,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	–15,5	12,7	5,8	1,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	–13,3	12,8	5,4	1,6
З регулятором росту				
N ₇₅	7,7	3,4	3,9	5,0
N ₁₅₀	10,1	5,9	4,4	6,8
P ₆₀ K ₈₀	11,9	10,3	12,4	11,6
N ₁₅₀ K ₈₀	10,0	6,5	4,6	7,0
N ₁₅₀ P ₆₀	13,9	7,3	5,2	8,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	8,7	3,2	4,0	5,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	10,8	6,2	5,1	7,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	11,2	5,8	4,7	7,3

У середньому за три роки проведення досліджень енергетична собівартість 1 т зерна найвищою була у варіанті досліді $N_{150}K_{80}$ – 9,4 ГДж, а найнижчими ці показники формувалися за внесення повного мінерального добрива в дозі $N_{150}P_{30-60}K_{40-80}$ – в межах 1,0–2,1 ГДж. Найнижчою енергетична собівартість була у варіанті досліді $N_{150}P_{60}K_{40}$.

На тлі застосування регулятора росту рослин енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна ячменю озимого залежала від системи застосування добрив. Так, у варіанті досліді з азотною системою удобрення та внесенням $N_{75}P_{30}K_{40}$ вона частково знижувалася, а в інших варіантах досліді підвищувалася. Наприклад, у варіанті досліді виробничого контролю ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – з 1,0 до 7,6 ГДж. Зниження дози внесення фосфорних і калійних добрив лише частково зменшувало енергетичну собівартість – до 6,9–7,4 ГДж/т зерна.

Економічну ефективність розраховували з урахуванням, що вартість 1 т зерна ячменю озимого в 2023 р. становив 8,2 тис. грн, у 2024 р. – 8,0, а в 2025 р. – 7,2 тис. грн, вартість 1 т аміачної селітри відповідно 20,0 тис. грн, 19,0 і 18,0 тис. грн, 1 т калію хлористого – 24,0 тис. грн, 22,0 і 20,0 тис. грн, суперфосфату гранульованого – 16,0 тис. грн, 14,0 і 12,0 тис. грн. Вартість застосування регулятора росту рослин становило відповідно 0,9 тис. грн/га, 0,7 і 0,7 тис. грн/га. Вартість цих засобів істотно впливала на витрати на застосування мінеральних добрив і регулятора росту рослин (табл. 6.7).

Як видно з даних табл. 6.7, витрати на застосування добрив і регулятора росту рослин у роки проведення досліджень змінювалися в широких межах – від 4,0 тис. до 17,6 тис. грн/га. Найбільшими вони були за внесення азотних і фосфорних добрив (варіант $N_{150}K_{80}$) і повного мінерального добрива $N_{150}P_{30-60}K_{40-80}$ у дозі (11,0–16,7 тис. грн/га). Витрати по роках досліджень найбільше залежали від вартості придбання добрив.

Таблиця 6.7

**Витрати на застосування добрив і регулятора росту рослин під ячмінь
озимий, тис. грн/га**

Варіант досліджу	Рік проведення дослідження		
	2023	2024	2025
Без регулятора росту			
N ₇₅	4,4	4,2	4,0
N ₁₅₀	8,8	8,4	7,9
P ₆₀ K ₈₀	7,9	7,1	6,2
N ₁₅₀ K ₈₀	11,9	11,2	10,5
N ₁₅₀ P ₆₀	13,6	12,6	11,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	8,4	7,7	7,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	16,7	15,4	14,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	12,8	11,9	11,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	15,2	14,0	12,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	14,3	13,3	12,3
З регулятором росту			
N ₇₅	5,3	4,9	4,7
N ₁₅₀	9,7	9,1	8,6
P ₆₀ K ₈₀	8,8	7,8	6,9
N ₁₅₀ K ₈₀	12,8	11,9	11,2
N ₁₅₀ P ₆₀	14,5	13,3	12,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	9,3	8,4	7,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	17,6	16,1	14,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	13,7	12,6	11,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	16,1	14,7	13,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	15,2	14,0	13,0

Необхідно звернути увагу, що витрати на застосування повного мінерального добрива в дозі N₇₅P₃₀K₄₀ в усі роки проведення досліджень були меншими, ніж за азотної системи удобрення (варіант досліджу N₁₅₀). Зниження в складі повного мінерального добрива (N₁₅₀P₆₀K₈₀) дози фосфору, калію або їх обох удвічі (варіанти N₁₅₀P₃₀K₈₀, N₁₅₀P₆₀K₄₀, N₁₅₀P₃₀K₄₀) у середньому за три роки проведення досліджень відповідно знижувало витрати на 2,1 тис., 1,4 тис. і 3,5 тис. грн/га.

Застосування регулятора росту рослин у варіанті виробничого контролю (N₁₅₀P₆₀K₈₀) збільшувало витрати порівняно з тлом мінеральних

добрив у середньому за три роки проведення досліджень на 0,77 тис. грн/га або на 5 %.

Одним з основних показників, які формують економічну ефективність застосування добрив є вартість одержаного від них приросту врожаю. Як видно з даних табл. 6.8, вартість приросту зерна ячменю озимого залежала як від погодних умов, так і від систем удобрення та застосування регулятора росту рослин і змінювалася від –11,8 тис. до 23,3 тис. грн/га. При цьому необхідно зазначити, що в умовах 2023 року порівняно з абсолютним контролем вартість приросту врожаю зерна у варіантах дослідів N₁₅₀K₈₀ і за внесення N₁₅₀P₃₀₋₆₀K₄₀₋₈₀ була меншою на 1,5 тис. – 11,8 тис. грн/га. За погодних умов 2024 і 2025 рр. за всіх систем удобрення вартість приросту врожаю була вищою.

Таблиця 6.8

Вартість приросту врожаю зерна ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту рослин, тис. грн/га

Варіант дослідів	Рік проведення дослідження		
	2023	2024	2025
Без регулятора росту			
N ₇₅	6,2	16,4	12,8
N ₁₅₀	8,9	18,1	19,0
P ₆₀ K ₈₀	2,6	2,6	3,1
N ₁₅₀ K ₈₀	9,5	9,8	19,7
N ₁₅₀ P ₆₀	–1,5	7,5	19,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	7,3	14,0	13,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	–11,8	10,8	21,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	–9,9	10,2	19,3
З регулятором росту			
N ₇₅	6,9	15,1	11,9
N ₁₅₀	10,6	17,7	21,5
P ₆₀ K ₈₀	2,1	2,4	1,8
N ₁₅₀ K ₈₀	11,3	16,9	21,8
N ₁₅₀ P ₆₀	9,0	16,8	21,4
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	7,5	20,2	14,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	11,2	21,0	23,3
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	11,5	20,6	22,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	10,9	20,4	22,8

За показником вартості приросту врожаю необхідно звернути увагу на застосування регулятора росту рослин на тлі різних систем удобрення. Це сприяло забезпеченню збільшення вартості приросту врожаю зерна ячменю озимого в усіх варіантах дослідів і особливо на тлі застосування високої дози азотних добрив. При цьому необхідно звернути увагу, що на тлі внесення лише фосфорних і калійних добрив в усі роки проведення досліджень застосування регулятора росту рослин знижувало цей показник. Також було зниження вартості приросту врожаю у варіанті дослідів N₇₅ в умовах 2024 і 2025 років відповідно на 1,3 тис. і 0,9 тис. грн/га.

У середньому за три роки проведення досліджень у варіанті виробничого контролю застосування регулятора росту рослин сприяло підвищенню вартості приросту врожаю ячменю озимого з 6,7 тис. до 18,5 тис. грн/га або на 176 %.

Інтегральним показником ефективності застосування мінеральних добрив і регулятора росту рослин, який враховує витрати на їх застосування та вартість приросту від них одержано врожаю, є умовно чистий прибуток. Як видно з даних табл. 6.9, у роки проведення досліджень він змінювався залежно від удобрення та застосування регулятора росту рослин від –28,5 тис до 11,8 тис. грн/га.

Показник умовно чистого прибутку від застосування добрив в умовах 2023 року був від’ємним – від –1,1 тис. до –28 тис. грн/га в усіх варіантах дослідів, за виключенням азотної системи удобрення (варіанти N₇₅ і N₁₅₀). Це ж спостерігалось і в умовах 2024 року, але збитковість була меншою – від 1,5 тис. до 4,6 тис. грн/га. При цьому у цьому ж році у варіантах дослідів N₇₅, N₁₅₀ і N₇₅P₃₀K₄₀ умовно чистий прибуток становив відповідно 12,2 тис., 9,7 тис. і 6,3 тис. грн/га.

В умовах 2025 року за всіх систем удобрення, за виключенням варіанту дослідів P₆₀K₈₀, було одержано умовно чистий прибуток у межах

6,5 тис. – 11,1 тис. грн/га.

Таблиця 6.9

**Умовно чистий прибуток від застосування добрив і регулятора росту
рослин під ячмінь озимий, тис. грн/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження		
	2023	2024	2025
Без регулятора росту			
N ₇₅	1,8	12,2	8,9
N ₁₅₀	0,1	9,7	11,1
P ₆₀ K ₈₀	-5,3	-4,4	-3,1
N ₁₅₀ K ₈₀	-2,4	-1,5	9,2
N ₁₅₀ P ₆₀	-15,1	-5,0	7,7
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	-1,1	6,3	6,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-28,5	-4,6	7,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-22,7	-1,7	8,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-23,4	-4,1	6,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-23,5	-4,0	7,7
З регулятором росту			
N ₇₅	1,6	10,2	7,2
N ₁₅₀	0,9	8,6	12,8
P ₆₀ K ₈₀	-6,7	-5,4	-5,1
N ₁₅₀ K ₈₀	-1,5	5,0	10,6
N ₁₅₀ P ₆₀	-5,5	3,5	9,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	-1,7	11,8	6,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-6,4	4,9	8,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-2,2	8,1	10,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-4,1	5,5	8,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-4,3	6,4	9,7

За внесення регулятора росту рослин ефективність застосування добрив під ячмінь озимий значно була кращою, за виключенням варіантів досліджу N₇₅ і P₆₀K₈₀. Як і без регулятора росту, так і на тлі його застосування удобрення ячменю озимого в умовах 2023 року було збитковим – -1,5 тис....-6,4 тис. грн/га, що значно менше, ніж без застосування регулятора росту рослин.

В умовах 2024 і 2025 років в усіх варіантах з удобренням і застосуванням регулятора росту рослин, за виключенням P₆₀K₈₀, був

одержаний умовно чистий прибуток у межах 3,5 тис. – 11,8 тис. грн/га.

У роки проведення досліджень застосування регулятора росту рослин особливо ефективно проявляло дію на тлі внесення високої дози азотних добрив у складі повного мінерального добрива. Так, наприклад, у варіанті досліді виробничого контролю ($N_{150}P_{60}K_{80}$) був одержаний збиток 8,7 тис. грн/га, а на тлі застосування регулятора росту рослин – умовно чистий прибуток 7,0 тис. грн/га. За внесення половини цієї дози добрив ($N_{75}P_{30}K_{40}$) показник умовно чистого прибутку відповідно становив 3,9 тис. і 5,6 тис. грн/га.

Отже, застосування регулятора росту рослин сприяє підвищенню ефективності застосування мінеральних добрив під ячмінь озимий, особливо на тлі внесення високих доз азотних добрив.

У результаті проведених досліджень встановлено, що ефективним є застосування регулятора росту вносити азотні добрива в дозі не більше N_{75} . За внесення повного мінерального добрива в дозі $N_{75}P_{30}K_{40}$ застосовувати регулятор росту Хлормекват-хлорид 750 в фазу BBCH30–32.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено вирішення науково-прикладних завдань та виявленні загальних закономірностей формування продуктивності ячменю озимого залежно від удобрення в чотирипільній сівозміні, що виявляється в наступному:

1. Висота рослин ячменю озимого збільшувалась від 96 до 125 см залежно від варіанту досліду на тлі без регулятора росту. При цьому на неудобрених ділянках цей показник змінювався від 83 до 115 см залежно від року проведення дослідження. Понижена температура повітря в 2023 і 2025 рр. у період березень–травень сповільнювала ріст рослин ячменю озимого у висоту. Варіанти досліду з неповним поверненням винесеного з урожаннями фосфору й калію з добривами, а також внесення повного мінерального добрива істотно не впливає на висоту рослин порівняно з азотними системами удобрення. На тлі застосування регулятора росту рослин їх висота формується в межах 69–94 см залежно від варіанту досліду та року проведення досліджень. Необхідно відзначити, що за внесення азотних добрив висота рослин зростає на 6–8 % порівняно з неудобреними ділянками. Площа з полеглими рослинами також змінюється залежно від погодних умов року проведення досліджень, удобрення та застосування регулятора росту рослин.

2. Різні види мінеральних добрив і дози їх внесення по різному впливали на формування продуктивності стеблостою в усі роки проведення досліджень. Так, у середньому за три роки за азотної системи удобрення (N_{75} і N_{150}) кількість продуктивних стебел порівняно з абсолютним контролем підвищувалася відповідно на 40 і 57 шт/м² або 10 і 14 %. На фосфорно-калійному тлі ($P_{60}K_{80}$) внесення азотних добриву дозі 150 кг/га д. р. підвищувало цей показник на 57 шт/м² або на 24 %.

Сорт ячменю озимого Дев'ятий вал за цих умов формував відносно стабільну масу 1000 зерен у межах 41,9–51,4 г, тобто зміни становили 26 %.

На ділянках без добрив маса 1000 зерен ячменю озимого у роки проведення досліджень була 47,3–50,7 г, або змінювалася на 7 %, тоді як за внесення повної дози мінеральних добрив – 41,1–43,5 г і зміни були ще меншими – 6 %. У середньому за три роки проведення досліджень найбільшу масу 1000 зерен (47,0–49,9 г) формували рослини у варіантах дослідів без добрив, N_{75} і $P_{60}K_{80}$.

3. У середньому за три роки досліджень на тлі застосування регулятора росту рослин урожайність зерна ячменю озимого збільшувалась від 6,24 т/га на ділянках без добрив до 7,70 т/га за внесення N_{75} або на 23 %, а за внесення N_{150} – до 8,40 т/га, або на 35 %. При цьому порівняно з внесенням N_{75} урожайність збільшувалась лише на 9 %, що свідчить про ефективність застосування N_{75} у системі удобрення ячменю озимого сорту Дев'ятий вал.

Урожайність на тлі застосування регулятора росту також змінювалась залежно від стійкості рослин до полягання. При цьому примусове пониження висоти рослин сприяло достовірному зменшенню врожайності зерна. Хоча необхідно відзначити, що рівень зниження цього показника становив лише 0,44–0,48 т/га залежно від системи удобрення. Приріст урожаю зерна від застосування регулятора росту за систем з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив становив 1,48–1,60 т/га (за стійкості до полягання 3–5 бала).

4. За умови проведення застосування регулятора росту рослин вміст білка мав тенденцію до незначного його підвищення. При цьому різниця була не достовірною. Необхідно відзначити, що за збором білка перевагу мало внесення лише азотних добрив у варіанті N_{150} без застосування регулятора росту рослин. При цьому варіанти з повним мінеральним добривом з різним поверненням фосфорних і калійних добрив на тлі застосування регулятора росту мали збір білка подібний до застосування N_{150} без регулятора росту.

У середньому за три роки проведення досліджень збір білка на тлі

застосування регулятора росту збільшувався від 655 до 916 кг/га за внесення N_{75} , до 1098 кг/га – за внесення N_{150} . На тлі з регулятором росту рослин збір білка був меншим порівняно з ділянками без регулятора росту. У середньому за три роки проведення досліджень збір білка збільшувався від 626 до 869 кг/га за внесення N_{75} , до 1080 кг/га – за внесення N_{150} .

5. Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм зерна та соломи ячменем озимим значно змінювалось залежно від погодних умов року проведення дослідження, удобрення і застосування регулятора росту рослин ячменю озимого. Так, найбільші показники господарського винесення отримано в 2025 р. – 133,9–257,3 кг/га залежно від варіанту досліду. В умовах 2024 р. цей показник змінювався від 124,6 до 233,3 кг/га, а в 2023 р. – від 121,9 до 82,5 кг/га залежно від системи удобрення на тлі без регулятора росту рослин. Зменшення господарського винесення азоту в 2023 і 2024 рр. у варіантах із парними комбінаціями фосфорних і калійних добрив, а також з повним мінеральним добривом зумовлено поляганням рослин ячменю озимого. Вища стійкість до полягання в 2025 р. забезпечувала значне збільшення винесення азоту з урожаєм зерна та соломи.

Господарське винесення ячменем озимим фосфору, як показали проведені розрахунки, були майже у два рази меншими, ніж азоту. Як і азоту, винесення фосфору значно залежало від погодних умов і удобрення. Так, у варіанті досліду абсолютного контролю у роки проведення досліджень воно було від 80,5 до 87,4 кг/га, або змінювалося на 9 %, тоді як на тлі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) зміни були у межах 58,0–128,7 кг/га, або на 122 %. На тлі застосування регулятора росту рослин ці зміни становили відповідно 16 і 51 %.

Господарське винесення калію у варіанті досліду абсолютного контролю майже не залежало від погодних умов, тоді як залежно від удобрення змінювалося в значних межах – від 139,4 до 257,2 кг/га. В середньому за три роки проведення досліджень внесення калійних добрив

у дозі 80 кг/га д. р. на азотно-калійному тлі ($N_{150}P_{60}$) збільшувало господарське винесення калію на 17,5 кг/га або на 10 %. За зменшення в складі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) частки калію вдвічі (до 30 кг/га д. р.) господарське винесення калію урожаєм зменшувалося лише на 1,9 кг/га або на 1 %.

Вплив регулятора росту рослин на господарське винесення калію з урожаєм зерна й соломи ячменем озимим був таким же, як і на винесення азоту й фосфору. Так, на тлі його застосування у варіантах дослідів Без добрив, N_{75} , N_{150} , $P_{60}K_{80}$, $N_{150}K_{80}$, $N_{75}P_{30}K_{40}$ спостерігалось зниження цього показника. В інших варіантах дослідів – навпаки – підвищення. Так, у варіанті дослідів $N_{150}P_{60}K_{80}$ господарське винесення калію підвищувалося на 17.6 кг/га або на 9 %.

Встановлено, що застосування регулятора росту рослин з внесенням добрив сприяє ефективнішому засвоєнню азоту з добрив. При цьому застосування N_{75} незалежно від регулятора росту рослин упродовж років досліджень забезпечує від'ємний баланс азоту. Відносно винесення азоту змінюється від 14,2–15,5 кг/т у варіанті без добрив до 18,6–20,2 кг/т за внесення $N_{150}P_{60}K_{80}$ на тлі без регулятора росту. Застосування регулятора росту рослин забезпечує відносно винесення азоту на рівні 14,3–15,7 кг/т у контролі та 18,9–20,1 кг/т за внесення повного мінерального добрива.

6. Баланс фосфору в ґрунті значно залежав від систем застосування добрив і в меншій мірі від погодних умов у роки проведення досліджень. В умовах 2023 року додатний баланс азоту складався лише у варіантах дослідів з внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{150}P_{60}K_{40-80}$, а також $P_{60}K_{60}$ та $N_{150}P_{60}$. В умовах 2024 року простежувались такі ж закономірності, а в умовах 2025 року в усіх варіантах дослідів складався від'ємний $N_{150}P_{60}K_{40}$ баланс фосфору в діапазоні від – 3,7 до –75,6 кг/га.

Розрахунками встановлено, що застосування калійних добрив на тлі $N_{150}P_{60}$ у дозі 40 кг/га д. р. забезпечує додатний баланс калію у ґрунті з показником 0,9 кг/га, тобто був урівноваженим. за умови застосування

регулятора росту рослин на цьому тлі ячмінь озимий більше засвоював калію, тому в середньому за три роки проведення досліджень баланс його складався з незначним дефіцитом – $-5,7$ кг/га.

7. Економічно ефективним є застосування регулятора росту вносити азотні добрива в дозі не більше N_{75} . За внесення повного мінерального добрива в дозі $N_{75}P_{30}K_{40}$ застосовувати регулятор росту Хлормекват-хлорид 750 в фазу ВВСН 30–32.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі опідзоленому для отримання високого врожаю ячменю озимого вносити азотні добрива в дозі не більше N_{75} . За внесення повного мінерального добрива в дозі $N_{75}P_{30}K_{40}$ застосовувати регулятор росту Хлормекват-хлорид 750 в фазу ВВСН 30–32 (1,5 л/га).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abbott L. K., McDonald L. M., Wong M. T. et al. The potential role of biological amendments for profitable grain production – a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2018. № 256. P. 34–50. doi: 10.1016/j.agee.2017.12.021.
2. Adamenko T. I. Changes in agro-climatic conditions of the cold period in Ukraine with global warming. *Agronomy*. 2006. 34. C. 12–13.
3. Argento F., Anken T., Abt F., Vogelsanger E., Walter A., Liebisch F. Site-specific nitrogen management in winter wheat supported by low-altitude remote sensing and soil data. *Precis. Agric.* 2021. Vol. 22. P. 364–386.
4. Balducci E., Beccari G., Orfei M. et al. Nitrogen fertilization management and seeding density differently affect net blotch incidence and grain yield in one two-row and one six-row cultivar of barley. *Ital. J. Agron.* 2024. № 19. P. 100–119.
5. Balducci E., Beccari G., Orfei M., Tini F., Covarelli L., Benincasa P. Nitrogen fertilization management and seeding density differently affect net blotch incidence and grain yield in one two-row and one six-row cultivar of barley. *Ital. J. Agron.* 2024. Vol. 19. 100019.
6. Barker R., Molle F. Perspectives on Asian irrigation. Bangkok: Asian Institute of Technology. 2002.
7. Bechtel D.B., Abecassis J., Shewry P.R., Evers A.D. Development, Structure and Mechanical Properties of the Wheat Grain. In: Khan K, Shewry PR, editors. *Wheat: Chemistry and Technology*. 4 th edition. AACCI International Inc. 2009. P. 51–95.
8. Begum K., Khanom S., Sikder A. H. F. et al. Nutrient uptake by plants from different land types of Madhupur soil. *Bangladesh Journal of Scientific Research*. 2015. 28 (2). C. 113–121. doi: <https://doi.org/10.3329/bjsr.v28i2.26782>.
9. Benčíková M., Slamka P. Dynamics of change of nutrition content

in dry matter of winter barley Barcelona and Babylon varieties. 2007.

Retrieved

from

<https://mnet.mendelu.cz/mendelnet07agro/articles/fyto/bencikova.pdf>.

10. Benda R. V. Economic efficiency of growing winter barley depending on the timing of sowing and mineral nutrition. Bulletin Institute of Agriculture of Steppe Zone NAAS of Ukraine. 2014. № 6. P. 70–73.
11. Bezikonnyi P., Myalkovsky R., Gorash O., Potapsky Yu. Effect of herbicides and soil treatments on beet yield. Ukrainian Journal of Ecology. 2021. Vol. 11(3). P. 1–7.
12. Bhatla S. C. Plant growth regulators: An overview. In Plant physiology, development and metabolism. Singapore: Springer. 2018. doi: 10.1007/978-981-13-2023-1_14.
13. Bielski S., Romanekas K., Šarauskis E. Impact of nitrogen and boron fertilization on winter triticales productivity parameters. Agronomy. 2020. Vol. 10(2). 279.
14. Bouhlal O., Affricot J.R., Puglisi D. et al. Malting quality of ICARDA elite winter barley (*Hordeum vulgare* L.) germplasm grown in Moroccan middle atlas. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2021. № 2. P. 401–412. doi: 10.1080/03610470.2021.1978036.
15. Boyko V. I., Lebid Ye. M., Rybka V. S. Economics of grain production (with the basics of organization and production technology). Kyiv : National Scientific Centre “Institute of Agrarian Economics”. 2008.
16. Cappellari L.D.R., Chiappero J., Palermo T.B. et al. Volatile organic compounds from rhizobacteria increase the biosynthesis of secondary metabolites and improve the antioxidant status in *Mentha piperita* L. Grown under salt stress. Agronomy. 2020. № 10. P. 1094. doi: 10.3390/agronomy10081094.
17. Chernobay S. V. Formation of indicators of the quality of spring barley grain under the influence of the seeding rate and foliar top dressing. Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region. 2014. № 4. P. 163–169.

18. Csajbók J., Pepó P., Kutasy E. Photosynthetic and agronomic traits of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. *Agronomy*. 2020. № 10 (12). doi: 10.3390/agronomy10121999.
19. Császár O., Tóthné Bogdányi F., Tóth F., Lajos K. Evaluation of two artificial defoliation methods to simulate damage by the cereal leaf beetle (*Oulema melanopus*) larvae in winter wheat. *Acta Aliment.* 2022. Vol. 57. P. 115–126.
20. Daniela T., Marcel B., Ioan V. Studies regarding dynamics of water and nutrients absorption in winter barley and wheat. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2014. № 57. P. 367–371. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/264037831>.
21. Domaratskiy Ue., Berdnikova O., Bazaliy V. et al. Dependence of winter wheat yielding capacity an mineral nutrition in irrigation Conditions of Southern Steppe of Ukraine. *Indian journal of Ecology*. 2019. 46 (3). C. 594–598.
22. Dudar I., Lytvyn O., Pavkovych S. et al. Yield of winter barley depending on mineral nutrition. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*. 2022. № (26). P. 72–76. <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.072>
23. Dynamics of the content of nutrients in winter barley plants depending on the variety. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2021. № 26(3). P. 66–76
24. El Chami D., Galli F. An assessment of seaweed extracts: Innovation for sustainable agriculture. *Agronomy*. 2020. № 10. P. 1433. doi: 10.3390/agronomy10091433.
25. Ertani A., Nardi S., Altissimo A. Review: Long-term research activity on the biostimulant properties of natural origin compounds. *Acta Horticulturae*. 2013. № 1009. P. 181–188. doi: 10.17660/ActaHortic.2013.1009.22.
26. Gabriel A., Gandorfer M. Adoption of digital technologies in

agriculture – An inventory in a european small-scale farming region. *Precis. Agric.* 2022. Vol. 24. P. 68–91.

27. Gamayunova V., Panfilova A., Baklanova T. et al. V. The increase of grain production in ukrainian steppe area by means of barley cultivation and its nutrition optimisation. *Scientific Horizons*. 2020. 23(2). P. 15–23. [10.33249/2663-2144-2020-87-02-15-23](https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-15-23)

28. Gamayunova V.V., Kuvshinova A.O. Formation of the main indicators of grain quality of winter barley varieties depending on biopreparations for growing under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2021. 22(4). P. 86–92. doi: 10.12912/27197050/137864.

29. Gorash O., Klymyshena R., Zinchenko O. et al. Influence of foliar fertilization with micro-fertilizers on physiological grain quality of spring malting barley. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11(5). P. 15–20.

30. Gorobets M.V., Pysarenko P.V., Chaika T.O. et al. Scientific approaches to the greening the technology of growing spring barley in conditions of the left – bank Forest-steppe. *Sci Prog Innov.* 2020. № 4. P. 142–149.

31. Gray W. M. Hormone regulation of plant growth and development. *PLoS Bio.* 2004. № 2. 311 p. doi: 10.1371/journal.pbio.0020311.

32. Han X., Hu C., Chen Y., Qiao Y., Liu D., Fan J., Li S., Zhang Z. Crop Yield Stability and Sustainability in a Rice-Wheat Cropping System Based on 34-Year Field Experiment. *Eur. J. Agron.* 2020. Vol. 113. 125965.

33. Horobets M., Chaika T., Korotkova I. et al. Influence of growth stimulants on photosynthetic activity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) crops. *International Journal of Botany Studies*. 2021. № 6(2). P. 340–345.

34. Hryhoriv Ya Ya, Butenko A.O., Moisiienko V.V. et al. Photosynthetic activity of *Camelina sativa* plants depending on technological measures of growing under conditions of Precarpathians of Ukraine. *Mod Phytomorphol.* 2021. № 15. P. 17–21.

35. Hrytsayenko Z.M., Ponomarenko S.P., Karpenko V.P., Leontyuk, I.B. (Biologically active substances in crop production. Uman: Uman State Agrarian University. 2008.
36. Iqbal N., Khan N.A., Ferrante A. et al. Ethylene role in plant growth, development and senescence: Interaction with other phytohormones. London: Front Plant Sci. 2017.
37. Ishchenko V.A., Kozelets H.M. Formation of spring barley productivity depending on seed inoculation with a biopreparation and foliar fertilization in the Steppe of Ukraine. *Agrology*. 2021. 4. P. 180–186.
38. Izawa T. What is going on with the hormonal control of flowering in plants? *The Plant Journal*. 2021. № 105. P. 431–445. doi: 10.1111/tpj.15036.
39. Jain J. L. Plant hormones. *Fundamentals of biochemistry*. New Delhi: S. Chand & Company. 2005.
40. József C., Péter P., Erika K. Photosynthetic and agronomic traits of winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *Varieties Agronomy*. 1999. № 10. doi: 10.3390/agronomy10121999.
41. Känkänen H., Eriksson C. Effects of Undersown Crops on Soil Mineral N and Grain Yield of Spring Barley. *Eur. J. Agron.* 2007. Vol. 27. P. 25–34.
42. Karazhbey H. Status and prospects of winter barley in the seed market of Ukraine. 2018. Retrieved from <https://infoindustria.com.ua/stan-ta-perspektivi-yachmenyu-ozimogo-na-nasinnnyevomu-rinku-ukrayini/>.
43. Kasatkina T., Gamayunova V. Perspective is that the particularity of the barley is vivid on the countryside. *Sci Horiz*. 2018. № 7–8. P. 131–138.
44. Keszthelyi S., Bosnyakne E.H., Horváth D., Csóka Á., Kovacs G., Donkó T. Nutrient content restructuring and CT-measured density, volume attritions on damaged beans caused by *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Plant Prot. Res.* 2018. Vol. 58. P. 91–95.
45. Keszthelyi S., Hoffmann R., Lukács H. Objective Assessment of the Damage Caused by *Oulema melanopus* in Winter Wheat with Intensive

Cultivation Technology Under Field Conditions. AgriEngineering. 2024. Vol. 6. P. 4538–4548.

46. Korotkova I., Marenych M., Hanhur V. et al. Weed control and winter wheat crop yield with the application of herbicides, nitrogen fertilizers, and their mixtures with humic growth regulators. *Acta Agrobotanica*. 2021. № 74. P. 748. doi: 10.5586/aa.748.

47. Korotkova I., Marenych M., Hanhur V. et al. Weed control and winter wheat crop yield with the application of herbicides, nitrogen fertilizers, and their mixtures with humic growth regulators. *Acta Agrobotanica*. 2021. № 74. P. 748. doi: 10.5586/aa.748.

48. Krasilovets Y.G., Kuzmenko N.V., Sklyarovskiy K.M. Climate change and optimization of winter wheat sowing period. *Herald of Agrarian Science*. 2009. № 11. P. 16–19.

49. Kryvenko A., Pochkolina S., Elkin I. Yield of different varieties of winter cereals in dependence on terms of sowing in the Black Sea conditions. *Scientific Journal "Science Rise"*. 2019. № 9–10 (62–63). P. 12–16. doi: 10.15587/2313–8416.2019.181392.

50. Kuhn T., Enders A., Gaiser T., Schäfer D., Srivastava A.K., Britz W. Coupling crop and bio-economic farm modelling to evaluate the revised fertilization regulations in Germany. *Agric. Syst.* 2020. Vol. 177. 102687.

51. Kunelius H.T., Johnston H.W., MacLeod J.A. Effect of Undersowing Barley with Italian Ryegrass or Red Clover on Yield Crop Composition and Root Biomass. *Agric. Ecosyst. Environ.* 1992. Vol. 38. P. 127–137.

52. Ladha J.K., Dawe D., Pathak H. et al. How extensive are yield declines in long term rice-wheat experiments in Asia? *Field Crops Research*. 2023. № 81. P. 159–180. doi: 10.1016/S0378–4290(02)00219–8.

53. Laidig F., Feike T., Klocke B. et al. Long-term breeding progress of yield, yield-related, and disease resistance traits in five cereal crops of German variety trials. *Theoretical and Applied Genetics*. 2021. 134 (12). P. 3805–3827.

<https://doi.org/10.1007/s00122-021-03929-5>

54. Li G. H., Cheng Q., Li L., Lu D. L. et al. P and K use efficiency and maize yield responses to fertilization modes and densities. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. № 20. P. 78–86. doi: 10.1016/S2095–3119(20)63214–2.
55. Lykhochvor V. V., Horash O. S., Potoplyak O. I. Barley yield depending on elements of intensification of cultivation technology. 2020. *Agronom*. № 1. P. 112–116.
56. Lykhochvor V.V., Matkovska, M.V. Influence of morphoregulations on the growth and development of winter barley. Retrieved from <https://www.agronom.com.ua/vplyv-morforegulyatoriv-na-rist-i-rozvytokyachmenyu-ozymogo/>.
57. Macholdt J., Piepho H.-P., Honermeier B. Mineral NPK and Manure Fertilisation Affecting the Yield Stability of Winter Wheat: Results from a Long-Term Field Experiment. *Eur. J. Agron*. 2019. Vol. 102. P. 14–22.
58. Macholdt J., Styczen M. E., Macdonald A. J. et al. Long-term analysis from a cropping system perspective – Yield stability, environmental adaptability, and production risk of winter barley. *European Journal of Agronomy*. 2020. 117. p. 126056. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126056>
59. Malinovsky F.G., Thomsen F., M–L., Nintemann J., et al. An evolutionarily young defense metabolite influences the root growth of plants via the ancient TOR signaling pathway. 2017. *eLife*. doi: 10.7554/eLife.29353.
60. Marzec M., Alqudah A.M. Key hormonal components regulate agronomically important traits in barley. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018. 19, 795. doi: 10.3390 %2Fijms19030795.
61. Masliiov S.V., Korzhova N.A., Yarchuk I.I., Luklyanchuk V.F. The impact of different kinds of mineral nutrition on growth and development of spring barley in the steppe zone of Ukraine. *Sci Prog Innov*. 2019. № 4. P. 28–35.
62. Metoui B.M.O., Hidri R., Talbi-Zribi O. et al. Auxin and proline

producing rhizobacteria mitigate salt-induced growth inhibition of barley plants by enhancing water and nutrient status. *S Afr J Bot.* 2020. № 128. P. 209–217.

63. Mittermayer M., Donauer J., Kimmelman S., Maidl F.-X., Hülsbergen K.-J. Effects of different nitrogen fertilization systems on crop yield and nitrogen use efficiency – Results of a field experiment in southern Germany. *Heliyon.* 2024. Vol. 10. e28065.

64. Mittermayer M., Maidl F.-X., Donauer J., Kimmelman S., Liebl J., Hülsbergen, K.-J. Optimizing Nitrogen Use Efficiency and Yield in Winter Barley: A Three-Year Study of Fertilization Systems in Southern Germany. *Applied Sciences.* 2025. Vol. 15(1). 391.

65. Mohan S., Singh M., Kumar R. Effect of nitrogen, phosphorus and zinc fertilization on yield and quality of kharif fodder – a review. *Agricultural Reviews.* 2015. № 36. P. 218–226. doi: 10.5958/0976–0741.2015.00025.2.

66. Mosier A.R., Bleken M.A., Chaiwanakupt P. et al. Policy implications of human accelerated nitrogen cycling. *Biogeochem.* 2001. № 52. P. 281–320. doi: 10.1023/A:1006430122495.

67. Onufrán L.I. Productivity of spring barley depending on the variety, sowing rates and fertilizers. *Taurian Sci Herald.* 2013. № 83. P. 96–100.

68. Pampana S., Rossi A., Arduini I. Biosolids benefit yield and nitrogen uptake in winter cereals without excess risk of N leaching. *Agronomy.* 2021. № 11. P. 1482. doi: 10.3390/agronomy11081482.

69. Panfilova A., Mohylnitska A., Gamayunova V. et al. Modeling the impact of weather and climatic condition and nutrition variants on the yield of spring barley varieties (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomy Research.* 2020. № 18 (s2). P. 1388–1403. <http://doi.org/10.15159/AR.20.159>

70. Panfilova, A., Korkhova, M., Gamayunova, V. et al. Formation of photosynthetic and grain yield of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) depend on varietal characteristics and plant growth regulators. *Agronomy Research.* 2019. № 17(2). P. 608–620. doi: 10.15159/ar.19.099.

71. Paradikovic N., Vinkovic T., Vinkovic Vrcek I. et al. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: An example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2011. № 91. P. 2146–2152. doi: 10.1002/jsfa.4431.
72. Prey L., Hu Y., Schmidhalter U. High-Throughput Field Phenotyping Traits of Grain Yield Formation and Nitrogen Use Efficiency: Optimizing the Selection of Vegetation Indices and Growth Stages. *Front. Plant Sci*. 2019. № 10. 1672.
73. 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.
74. Seremesic S., Milosev D., Djalovic I., Zeremski T., Ninkov J. Management of Soil Organic Carbon in Maintaining Soil Productivity and Yield Stability of Winter Wheat. *Plant Soil Environ*. 2011. Vol. 57. P. 216–221.
75. Shestak V., Hnativ P. Yield of winter barley with different systems of mineral fertilizer and use of urease inhibitor. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*. 2022. № 24 (97). P. 21–30. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9703>
76. Shkatula Yu.M., Barsky D.O. Yield of winter barley depending on the fertilization system. *Agriculture and Forestry*. 2021. № 21. P. 82–94. doi: 10.37128/2707-5826-2021-2-7.
77. Singh C.B., Jayas D.S., Paliwal J., White, NDG. Identification of Insect-Damaged Wheat Kernels using Short-Wave Near-Infrared Hyperspectral and Digital Colour Imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2010. Vol. 73. P. 118–125.
78. Suwara I., Pawlak-Zaręba K., Gozdowski D., Perzanowska A. Physical Properties of Soil after 54 Years of Long-Term Fertilization and Crop Rotation. *Plant Soil Environ*. 2016. Vol. 62. P. 389–394.
79. The National Center of Seed Science and Variety Study. (2021).

Catalog of varieties and hybrids of the breeding and genetic institute.

Retrieved from <https://sgi.in.ua/data/documents/Katalog-sortiv-i-gibridiv-SGI-NCNS-2021.pdf>.

80. Tkalich I.D., Sidorenko Yu.Ya. et al. Productivity of two-handed winter barley on autumn and spring sowing depending on seed treatment and background nutrition. Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2016. № 11. P. 31–35.

81. Torres-Ruiz J.M., Cochard H., Delzon S., Boivin T., Burlett R., Cailleret M., Martin-St Paul N.K. Plant hydraulics at the heart of plant, crops and ecosystem functions in the face of climate change. *New Phytol.* 2024. Vol. 241. P. 984–999.

82. Tricase C., Amicarelli V., Lamonaca E., Rana R.-L. Economic analysis of the barley market and related uses: Grasses as food and feed. 2018. doi: 10.5772/intechopen.78967.

83. Van De Velde K., Ruelens P., Geuten K. et al. Exploiting DELLA signaling in cereals. *Trends Plant Sci.* 2017. № 22. P. 880–893. doi: 10.1016/j.tplants.2017.07.010.

84. Vasilescu L., Sîrbu A., Psota V. et al. Technological quality of some winter barley varieties for malt. *Analele Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea*. 2017. № 85. P. 33–39.

85. Veremeenko S., Tkachuk S., Trusheva S. The influence of microfertilizers and plant growth regulators on the yield and grain quality of spring barley. *Sci Horiz.* 2020. № 1. P. 14–21.

86. Verstegen H., Köneke O., Korzun V., Broock R. The world importance of barley and challenges to further improvements: Part of the biotechnology in agriculture and forestry book series. *Agriculture*. 2014. № 69. P. 3–19. doi: 10.1007/978-3-662-44406-1_1.

87. Vlasiuk O. The efficiency of use of bio preparations on wheat and spring barley crops. *Bull Agric Sci.* 2021. 99. P. 23–30.

88. Volkohon V.V., Dimova S.B., Volkohon K.I. et al. Biological

aspects of crops fertilizing systems. *Agric Microbiol.* 2015. 22. P. 13–29.

89. Weggler-Beaton K., Graham R.D., McLaughlin M.J. The influence of low rates of air-dried biosolids on yield and phosphorus and zinc nutrition of wheat (*Triticum durum*) and barley (*Hordeum vulgare*). *Australian Journal of Soil Research.* 2003. № 41(2). P. 293–308. doi: 10.1071/SR02074.

90. Werner T., Motyka V., Strnad M. et al. Regulation of plant growth by cytokinin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2001. № 98. P. 10487–10492. doi: 10.1073/pnas.171304098.

91. White P.J., Brown P.H. Plant nutrition for sustainable development and global health. *Annals of Botany.* 2010. № 105(7). P. 1073–1080. doi: 10.1093/aob/mcq085.

92. Wu H., Xiang J., Zhang Y.P. et al. Effects of post-anthesis nitrogen uptake and translocation on photosynthetic production and rice yield. *Scientific Reports.* 2018. № 8. P. 12891. doi: 10.1038/s41598-018-31267-y.

93. Wu L.Q., Cui Z.L., Chen X.P. et al. Change in phosphorus requirement with increasing grain yield for Chinese maize production. *Field Crops Res.* 2015. № 180. P. 216–220. doi: 10.1016/j.fcr.2015.06.001.

94. Yigit A., Chmielewski F.-M. A deeper insight into the yield formation of winter and spring barley in relation to weather and climate variability. *Agronomy.* 2024. 14(7). 15–23. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071503>

95. Zaiets S., Onufron L., Fundirat K. et al. Dynamics of the content of nutrients in winter barley plants depending on the variety, sowing dates and plant growth regulators. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science.* 2022. № 26(3). P. 66–76.

96. Zandonadi D. B., Busato J. G. Vermicompost humic substances: Technology for converting pollution into plant growth regulators. *IJESER.* 2012. № 3. P. 73–84.

97. Zaiets S. O., Kisil L. B. Growth and development of winter barley varieties in autumn depending on hydrothermal conditions, sowing dates and

growth regulators. Interdepartmental Thematic Scientific Collection. Irrigated Agriculture. 2018. № 70. P. 13–16.

98. Zaiets S. O., Onufran L. I. Productivity of winter barley varieties on irrigated lands depending on the precursor and background of nitrogen nutrition. In Interdepartmental thematic scientific collection: Irrigated agriculture. Kherson: Aylant. 2016. P. 42–46.

99. Zhan A., Zou C.Q., Ye Y.L. et al. Estimating on-farm wheat yield response to potassium and potassium uptake requirement in China. Field Crops Res. 2016. № 191. P. 13–19. doi: 10.1016/j.fcr.2016.04.001.

100. Zheng H., Li W., Jiang J., Liu Y., Cheng T., Tian Y., Zhu Y., Cao W., Zhang Y., Yao X. A Comparative Assessment of Different Modeling Algorithms for Estimating Leaf Nitrogen Content in Winter Wheat Using Multispectral Images from an Unmanned Aerial Vehicle. Remote Sens. 2018. Vol. 10. 2026.

101. Баган А. В., Шакалій С. М., Юрченко С. О., Четверик О. О. Формування посівних якостей насіння зернобобових і зернових культур. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 7–11.

102. Вінюков О. О., Коробова О. М., Бондарева О. Б., Коноваленко Л. І. Використання біо- та рістрегулюючих препаратів для підвищення продуктивності та якості зерна ячменю ярого. *Збалансоване природо-користування*. 2017. № 3. С. 46–50.

103. Вінюков О. О., Мамєдова Е. І., Сіпун О. Л., Солов'янова К. В. Вплив препарату Сизам на продуктивність ячменю ярого залежно від фону живлення. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 6. С. 135–138.

104. Гамаюнова В.В., Касаткіна Т.О. Вплив оптимізації живлення ячменю ярого на формування якості зерна в умовах Південного Степу України. *Наукові горизонти*. 2019. № 10 (83). С. 3–12.

105. Гирка А. Д. та ін. Формування врожайності та якості зерна ячменю ярого залежно від регуляторів росту і удобрення. *Зернові*

культури. 2017. С. 59–65.

106. Гирка А. Д., Вінюков О. О., Андрейченко О. Г., Кулик І. О. Вплив біопрепаратів і регуляторів росту на продуктивність рослин ячменю ярого голозерного та півчастого в умовах північного Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. № 3. С. 65–68.

107. Гирка А.Д., Бокун О.І., Мамєдова Е.І. Вплив попередників, мінеральних добрив і біопрепаратів на формування елементів структури врожайності ячменю ярого в Північному Степу України. *Зернові культури*. 2017. Т. 1. № 1. С. 51–55.

108. Гораш О.С., Климишена Р.І. Ячмінь: управління ростом і розвитком. Навчальний посібник. Кам'янець-Подільський, 2021. 312 с.

109. Горщар О. А., Горщар В. І., Оксєленко О. М. Вплив біопрепарату Альбіт на розвиток хвороб в період вегетації ячменю ярого та його врожайність. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 92. С. 9–14.

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

111. Господаренко Г. М., Любич В. В., Нєвлад В. І., Гавриленко В. С. Фотосинтезувальна система рослин ячменю ярого голозерного залежно від системи удобрення. *Збірник Уманського НУС*. 2024. Вип. 105. С. 294–312.

112. Господаренко Г. М., Любич В. В., Пригуляк Р. М., Гавриленко В. С. Агрохімічні параметри родючості чорноземі опідзоленого під посівами ячменю ярого голозерного за різних систем удобрення. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106. Ч. 1. С. 356–396.

113. Гриник І. В., Пати́ка В. П., Шкатула Ю. М. Мікробіологічні основи підвищення врожайності та якості зернових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 4. С. 7–11.

114. Грицаєнко З.М., Пономаренко С. П., Карпенко В.П.,

Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. Київ : Нічлава, 2008. 352 с.

115. Гудзенко В. М. Урожайність, пластичність та стабільність ячменю озимого у центральному Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип.103. С. 231–240.

116. 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.

117. Заєць С. О. Продуктивність ячменю озимого залежно від видів азотних добрив та підживлення. *Бюл. Інст. Сільського господарства степової зони НААН України*. 2016. № 11. С. 73–79.

118. Заєць С. О., Кисіль Л. Б. Ріст та розвиток сортів ячменю озимого восени залежно від гідротермічних умов, строків сівби та регуляторів росту. *Зрошуване землеробство*. 2018. Вип. 70. С. 13–16.

119. Заєць С. О., Онуфран Л. І. Ячмінь ярий на півдні України : монографія. Інститут зрошуваного землеробства НААН України. Херсон : Олді-Плюс, 2019. 162 с.

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

121. Каленська С. М., Токар Б. Ю. Урожайність ячменю ярого залежно від рівня мінерального живлення. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2015. Вип. 23. С. 30–33

122. Каленська С. М., Холодченко Р. М., Токар Б. Ю. Вплив мінеральних добрив та ретардантного захисту на урожайність ячменю ярого пивоварного. *Агробіологія*. 2015. № 1. С. 56–58.

123. Каращук Г. В., Казанок О. О. Урожай та якість зерна сортів ячменю озимого залежно від регуляторів росту рослин в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 9. С. 21–25.

124. Касаткіна Т. О., Гамаюнова В. В. Перспективи та особливості вирощування ячменю ярого на півдні України. *Наукові горизонти*. 2018. № 7–8. С. 131–138.
125. Кобилецька М. С., Терек О. І. Біохімія рослин. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2017. 270 с.
126. Лихочвор В. В., Гораш О. С., Потопляк О. І. Урожайність ячменю залежно від елементів інтенсифікації технології вирощування. *Агроном*. 2018. № 1. С.112–114.
127. Лихочвор В. В., Матковська М. В. Урожайність сортів озимого ячменю залежно від норм добрив, морфорегуляторів та фунгіцидів в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 62. С. 91–101.
128. Лихочвор В. В., Матковська М. В. Вплив морфорегуляторів на ріст і розвиток ячменю озимого. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С.82–95.
129. Лінчевський А. А., Легкун І. Б. Нове ставлення до культури ячменю і селекція в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 9. С.34–42.
130. Любич В. В. Біологічна цінність білка пшениці спельти залежно від походження сорту та лінії. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. Умань. 2016. Вип. 89. С. 199–206.
131. Любич В. В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА*. 2017. № 3. С. 18–24.
132. Любич В. В. Круп'яні властивості зерна пшениці спельти залежно від сорту. *Збірник Уманського НУС*. 2021. Вип. 99. С. 146–161.
133. Любич В. В. Ознаки якості хліба різного борошна сортів і ліній пшениць. *Збірник Уманського НУС*. Умань. 2018. Вип. 92. С. 64–76.
134. Любич В. В. Селекційна цінність нових сортів тритикале ярого. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2021.

Вип. 97. С. 3–11.

135. Любич В. В., Железна В. В. Хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти залежно від удобрення і тривалості зберігання. *Агробіологія*. 2021. С. 75–84.

136. Любич В. В., Невлад В. І., Мартинюк А. Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 152–159.

137. Любич В. В., Новіков В. В. Вплив параметрів водотеплового оброблення зерна спельти на показники ефективності вироблення борошна. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № . 2(61). С. 134–138.

138. 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.

139. 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.

140. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського НУС*. 2023. №2. С. 74–82.

141. 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.

142. Любич В. В. Якість хліба з різного борошна пшениці спельти залежно від сорту. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 155–162.

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

145. 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.

146. Любич В. В., Сулима А. М. Ріст рослин ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 19–20 листопада 2025 р.). Дніпро : ДДАЕУ, 2025. С. 127–129.

147. Любич В. В., Сулима А. М. Роль удобрення в стратегії збалансованого використання ресурсного потенціалу ґрунту за вирощування ячменю озимого. «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів»: збірник тез міжнародної інтернет-конференції, 17 червня 2025 р. Умань, 2025. С. 184–187.

148. Любич В. В., Сулима А. М. Формування якості зерна ячменю озимого за різних видів і доз добрив з використанням регулятора росту. Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети. Збірник матеріалів IV Міжнародної науково–практичної конференції, 12 вересня 2025 року, м. Одеса, Україна. Одеса : Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, 2025. С. 36–37.

149. Любич В. В., Сулима А. С. Показники росту рослин ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 182–186. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.30>

150. Любич В. В., Сулима А. С. Урожайність та якість зерна ячменю озимого залежно від агротехнологічних заходів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106. Ч. 1. С. 593–602. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-593-602
151. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця, 2017. 588 с.
152. Мазур В. А., Поліщук І. С., Телекало Н. В., Мордванюк М. О. Рослинництво: навчальний посібник. (Частина І). Вінниця : ТОВ «Друк» 2020. 352 с.
153. Макуха О. В. Вплив біопрепаратів на ріст і розвиток сортів ячменю ярого в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 63–71.
154. Мамєдова Е. І. Ефективність застосування біопрепаратів та мінеральних добрив при вирощуванні ячменю ярого після різних попередників. Стан і перспективи впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур: II міжнародна науково-практична конференція. Дніпро, 2017. С. 74–75.
155. Маслійов С. В., Коржова Н. О., Ярчук І. І., Люклянчук В. Ф. Вплив різних видів мінерального живлення на ріст і розвиток ячменю ярого в зоні Степу України. *Вісник ПДАА*. 2019. № 4. С. 28–35.
156. Орловський М. Й., Тимощук Т. М., Конопчук О. В. та ін. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність пшениці озимої в умовах Західного Полісся України. *Наукові горизонти*. 2019. № 11. С. 77–85.
157. Паламарчук В. Д. Морфологічні особливості та урожайність ячменю ярого залежно від системи удобрення. *Зернові культури*. 2023. Том 7. № 2. С. 285–292. doi: 10.31867 / 2523–4544/0288
158. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Каленська С. М., Єрмакова Л. М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Київ, 2013. 636 с.

159. Панфілова А. В., Гамаюнова В. В. Продуктивність сортів ячменю ярого залежно від оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14. № 3. С. 310–315.
160. Панфілова А.В., Гамаюнова В.В. Вплив оптимізації живлення на висоту рослин та врожайність зерна сортів ячменю ярого в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 4. С. 42–47.
161. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. Львів : НВФ «Українські технології». 2020. 806 с.
162. Петриченко В. Ф., Романюк В. І. Вплив факторів інтенсифікації на якість зерна ячменю ярого в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 105. С. 127–134.
163. Поліщук М. І. Продуктивність ячменю ярого залежно від застосування регуляторів росту рослин в умовах Лісостепу Правобережного. Вплив змін клімату на онтогенез рослин: матеріали доповідей міжнародної науково-практичної конференції. Миколаїв, 2018. С. 80–82.
164. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України. Київ : Аграрна наука, 2005. 343 с.
165. Полупан М. І., Соловей В. Б., Кисіль В. І., Величко В. А. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України. Київ : Колообіг, 2005. 425 с.
166. Польовий А. М., Божко Л. Ю. Довгострокові агрометеорологічні прогнози. Одеса : Видавництво «ТЕС», 2013.
167. Попов С. І., Кузьменко Н. В., Гутянський Р. А., Глибокий О. М., Міхальов І. А. Урожайність сортів ячменю пивоварного залежно від умов вирощування. *Зернові культури*. 2024. Том 8. № 2.
168. Пшениця спельта. Г. М. Господаренко, П. В. Костогриз,

В. В. Любич, Ф. М. Парій, С. П. Полторецький, І. О. Полянецька, Л. О. Рябовол, Я. С. Рябовол, О. Г. Сухомуд. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ. Р. ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 312 с.

169. Рассадіна І. Ю., Леонова К. П., Садовський І. С., Власенко С. О. Якість зерна ячменю ярого залежно від підживлення рослин мінеральним азотом. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2021. Вип. 98. Ч. 1. С. 192–199.

170. Рябчун Н. І., Тимчук В. М., Садовой О. О. Формування структури площ озимих зернових культур з урахуванням їх адаптивності до умов середовища. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2015. № 19. С. 86–95.

171. Сулима А. С. Господарське винесення азоту посівами ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 107, Ч. 1. С. 456–464. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-456-464

172. Tsvei Ya.P., Gorash O., Prysiazhniuk O.I. et al. Effect of crop rotation and fertilization of sugar beet on the formation of maximum bioethanol yield. *Plant Archives*, 2020. Vol. 20. Supplement 2. P. 268–274.

173. Тинько В. В., Поліщук М. І. Вплив на висоту рослин ярого ячменю мінеральних і мікродобрих в умовах Правобережного Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 2 (25). С. 227–235. doi: 10.37128/2707-5826-2022-2-18

174. Тинько В.В. Позакореневі підживлення, як фактор підвищення рівня зернової продуктивності ячменю ярого. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 17. С. 223–234.

175. Тучапський О. Р. Вплив рівня мінерального живлення на продуктивність ячменю озимого в умовах Західного Лісостепу України. *Вісник Львівського державного аграрного університету: Агрономія*. 2005. № 9. С. 113–117.

176. Федорчук М. І., Нагірний В. В. Зимостійкість сортів озимого

ячменю за лабільних параметрів клімату на півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2018. 104. С. 108–114.

177. Цилюрик О. І., Шапка В. П. Вплив обробітку ґрунту та удобрення на ріст і розвиток рослин ячменю ярого в Північному Степу України. *Збірник наукових праць. Землеробство, рослинництво, овочівництво та багаторічництво*. 2016. № 95. С. 87–95.

178. Чайковська Л. О. Ефективність поєданого використання біопрепаратів на основі фосфатмобілізувальних бактерій та мінеральних добрив при вирощуванні зернових на півдні України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. Вип. 13. С. 52–58.

179. Шкатула Ю. М., Барський Д. О. Урожайність озимого ячменю залежно від системи удобрення. *Рослинництво, сучасний стан*. 2022. № 21. С. 82–94.

180. Ярчук І. І., Божко В. Ю., Мороз О. О. Зимостійкість та продуктивність сортів ячменю озимого залежно від строків сівби та норм висіву. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 3. С. 54–57.

181. Ярчук І. І., Божко В. Ю., Келипенко М. М. Агроекологічні аспекти формування продуктивності посівів ячменю озимого залежно від мінеральних добрив. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технологічного університету*. 2013. Спец. випуск. С. 295–298.

182. Ященко Л. А. Продуктивність ячменю ярого за використання препарату поліміксобактерин. *Молодий вчений*. 2015. № 7 (22). Ч. 1. С. 30.

ДОДАТКИ

Додаток А.1

5

«ПОГОДЖЕНО»

В. о. ректора Уманського національного
університету

Владилена СОКИРСЬКА

01.2026

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор

Тетяна СУЛИМА

« 19 »

01



АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи аспіранта кафедри агрохімії і ґрунтознавства Сулими А. С. на тему «Продуктивність ячменю озимого за різних доз і їх поєднань у польовій сівозміні в умовах Правобережного Лісостепу України», виконаної в Уманському національному університеті, впроваджено в технологічному процесі підприємства.

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення ячменю озимого.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення соняшнику впроваджено на площі 55 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає внесення добрив у дозі $N_{75}P_{30}K_{40}$ після кукурудзи.
4. **Економічна ефективність** – 25,2 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
агрохімії і ґрунтознавства
Уманського національного
університету

Андрій СУЛИМА

Додаток А.2

6

«ПОГОДЖЕНО»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В. о. ректора Уманського національного
університету

Директор

Владилена СОКИРСЬКА

Віталій БОЙЧУК

01.2026

« 15 » 01



АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи аспіранта кафедри агрохімії і ґрунтознавства Сулими А. С. на тему «Продуктивність ячменю озимого за різних доз і їх поєднань у польовій сівозміні в умовах Правобережного Лісостепу України», виконаної в Уманському національному університеті, впроваджено в технологічному процесі підприємства.

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення ячменю озимого.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення соняшнику впроваджено на площі 93 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає внесення добрив у дозі $N_{60}P_{30}K_{30}$ після соняшнику.
4. **Економічна ефективність** – 29,2 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
агрохімії і ґрунтознавства
Уманського національного
університету

Андрій СУЛИМА

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**Сулими Андрія Сергійовича***Статті у фахових виданнях України*

1. Любич В. В., Сулима А. С. Показники росту рослин ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 182–186. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.30>

2. Любич В. В., Сулима А. С. Урожайність та якість зерна ячменю озимого залежно від агротехнологічних заходів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106. Ч. 1. С. 593–602. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-593-602

3. Сулима А. С. Господарське винесення азоту посівами ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 107. Ч. 1. С. 456–464. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-456-464

Матеріали науково-практичних конференцій

4. Любич В. В., Сулима А. М. Формування якості зерна ячменю озимого за різних видів і доз добрив з використанням регулятора росту. Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети. Збірник матеріалів IV Міжнародної науково–практичної конференції, 12 вересня 2025 року, м. Одеса, Україна. Одеса: Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, 2025. С. 36–37.

5. Любич В. В., Сулима А. М. Ріст рослин ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій

виросування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 19–20 листопада 2025 р.). Дніпро: ДДАЕУ, 2025. С. 127–129.

6. Любич В. В., Сулима А. М. Роль удобрення в стратегії збалансованого використання ресурсного потенціалу ґрунту за виросування ячменю озимого. «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів»: збірник тез міжнародної інтернет-конференції, 17 червня 2025 р. Умань, 2025. С. 184–187.