

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ГАВРИЛЕНКО ВЛАДИСЛАВ СЕРГІЙОВИЧ

УДК (631.547.4+631.559):633.16:631.816

ДИСЕРТАЦІЯ

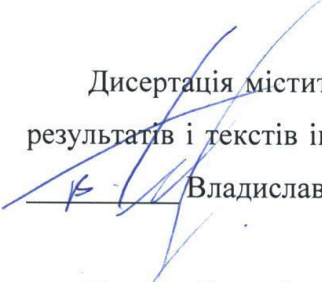
**ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО
ЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ
У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

201 – Агрономія

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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


Владислав ГАВРИЛЕНКО

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

Умань – 2024

АНОТАЦІЯ

Гавриленко В. С. Формування продуктивності ячменю ярого голозерного за різного удобрення у Правобережному Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (20 – Аграрні науки та продовольство). – Уманський національний університет садівництва, Умань, 2024.

Ячмінь голозерний є перспективною зерною культурою, потенціал урожайності якої ще повністю не розкритий. Його можна використовувати як для харчових цілей, так і як корм для тварин. Інтерес до ячменю голозерного нині відновлюється, оскільки він невибагливий до вирощування та унікальний за своїм складом (білка, вітамінів та ін.). Його зерно не має плівки і може використовуватися в будь-якому технологічному процесі, тому що під час переробки зерна зберігаються всі корисні складові – β -глюкани, токоли, протоантоціанідини та інші речовини, які містяться в алейроновому та субалейроновому шарах зернівки. Перевага голозерних сортів у харчовому використанні обумовлена оптимальним хімічним складом зерна, вищим вмістом білка, мікроелементів і вітамінів. Оптимізація системи удобрення рослин забезпечуватиме максимальну реалізацію генетичного потенціалу нових сортів ячменю. Саме ці питання і визначили напрямок наших досліджень.

У дисертації наведено результати вивчення поживного режиму ґрунту, формування показників росту та розвитку рослин (динаміка висоти рослин, тривалість фаз розвитку, польова схожість і виживання рослин, показники фотосинтезувальної системи, структура врожаю), врожайність і якість зерна, вміст основних елементів живлення в зерні та соломі, господарське та відносне їх винесення, баланс та його інтенсивність, результати агрохімічного, енергетичного, економічного та комплексного оцінювання застосування добрив під ячмінь ярий голозерний.

Уперше для умов нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України обґрунтовані продукційні зміни у рослинах ячменю голозерного за різних доз і комбінації добрив, розроблено систему його удобрення, яка передбачає внесення фосфорних і калійних добрив під зяблевий обробіток ґрунту, а азотних – під передпосівну культивуацію.

Проведені дослідження дозволили оцінити вплив різних систем удобрення ячменю голозерного після кукурудзи у сівозміні короткої ротації на показники поживного режиму ґрунту, врожайність і якість зерна, баланс елементів живлення в ґрунті. Вони є основою для розроблення системи його удобрення на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу, що дозволяє підвищити і стабілізувати врожайність на рівні 3,55 т/га високоякісного зерна, а її приросту від удобрення 1,86–0,90 т/га з отриманням прибутку 7,2 тис. грн/га.

Найбільший вміст потенційно доступного азоту в ґрунті зафіксовано на початку вегетації ячменю голозерного. При цьому різниця є і за роками проведення досліджень. Так, у 2023 році на ділянках без добрив вміст азоту мінеральних сполук порівняно з 2021 роком вищий на 2,2 мг/кг або на 31 %. Різниця при цьому у варіанті досліді з внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{70}P_{60}K_{70}$ також була 4,4 мг/кг або 11 %. У період достигання зерна ячменю ярого голозерного у 2021 р. випало 57,3 мм опадів, у 2022 р. – 27,1, а в 2023 р. – 61,4 мм, що впливало на вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті.

На стадії повної стиглості зерна азотна частка в складі повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) сприяє підвищенню висоти рослин залежно від погодних умов року проведення досліджень на 11–40 %, тоді як фосфорна і калійна не впливає. При цьому необхідно зазначити, що зниження в складі повного мінерального добрива частки фосфору, калію або обох цих елементів живлення достовірно не знижує висоту рослин ячменю ярого голозерного.

Встановлено, що застосування добрив достовірно підвищує виживання

рослин ячменю ярого голозерного. Так, у середньому за три роки цей показник становить 83,8 % за вирощування на неудобрених ділянках. Застосування лише фосфорних і калійних добрив підвищує виживання рослин на 1 % (85,0 %). Азотна складова досліджених систем удобрення забезпечує виживання рослин на рівні 91,4–91,7 %, що більше на 9 % порівняно з контролем.

Застосування азотної складової окремо та сумісно з фосфорними або калійними добривами значно підвищує площу листової поверхні. При цьому її рівень змінюється залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Так, в умовах більшої кількості опадів площа листків зростає від 26,5 до 45,1–80,6 тис. м²/га залежно від удобрення. У 2023 р. цей показник збільшується відповідно від 11,6 до 20,3–26,6 тис. м²/га.

У результаті проведених досліджень встановлено, що складові структури урожаю ячменю ярого голозерного піддаються впливу погодних умов і застосуванню добрив. На виживання рослин найбільше впливає застосування добрив. Формування продуктивних стебел змінюється залежно від кількості опадів у період березень–квітень, а також від строку сівби. Формування маси зерна в одному колосі – від густоти продуктивних стебел і погодних умов упродовж вегетаційного періоду. При цьому рівень реалізації складових структури урожаю визначається системою удобрення.

У середньому за три роки проведення досліджень поліпшення умов мінерального живлення ячменю голозерного сприяло достовірному підвищенню врожайності зерна – на 14–23 % (за виключенням ділянок з внесенням P₆₀K₇₀). Із видів мінеральних добрив найбільший вплив на формування врожаю мають азотні, які на тлі P₆₀K₇₀ у дозі N₇₀ забезпечують 19 % його приросту. Зменшення дози добрив у двічі (до N₃₅P₃₀K₃₅) істотно не знижує врожай ячменю ярого. Урожайність на ділянках досліду з неповним поверненням із мінеральними добривами фосфору і калію, винесеного з урожаєм майже не відрізняється від ділянок з повним мінеральним добривом. Необхідно також зазначити, що врожайність зерна ячменю голозерного значно змінюється

залежно від погодних умов у роки проведення досліджень. Так, у 2021 р. застосування N_{35} забезпечує врожайність зерна 3,35 т/га проти 3,28 т/га у варіанті без добрив, проте це підвищення недостовірне. Вилягання рослин ячменю голозерного зменшує її до 2,86–3,17 т/га залежно від системи удобрення або на 5–13 %.

Встановлено, що рослини ячменю голозерного мають різну стійкість до вилягання залежно від систем удобрення в умовах 2021 р. Так, найвища вона у варіанті досліду без добрив і на фосфорно-калійному тлі становить 5–7 бала. У решти варіантів досліду цей показник нижчий – 3 бала, що вплинуло на формування врожаю ячменю голозерного.

У середньому за три роки проведення досліджень на ділянках без добрив вміст білка становить 15,5 % і підвищується в інших варіантах досліду залежно від доз, видів мінеральних добрив і їх поєднань на 1–10 %. При цьому застосування лише азотних добрив у дозі 35–70 кг/га д. р. сприяє підвищенню вмісту білка в зерні на 7–8 %. Внесення ж 70 кг/га азоту добрив на тлі $P_{60}K_{70}$ значно ефективніше і підвищує вміст білка на 10 %. З основних елементів живлення у складі повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) найбільше сприяє підвищенню вмісту білка азотна складова (на 8 %), потім фосфорна і калійна – по 2 %. Зі зменшенням дози мінеральних добрив удвічі (варіант $N_{35}P_{30}K_{35}$) вміст білка формується меншим на 0,4 абс. %. Зі зменшенням у складі повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) вдвічі дози внесення фосфору, калію або обох цих елементів живлення спостерігається лише тенденція до зменшення вмісту білка на 0,1–0,3 абс. %.

У результаті проведених досліджень встановлено, що вміст загального азоту в зерні ячменю ярого голозерного становить 2,72–2,98 %, вміст фосфору – 0,91–1,01, вміст калію – 0,62–0,71 % на суху речовину залежно від системи удобрення. У соломі вміст калію найвищий, а вміст фосфору та азоту – найнижчий.

Найбільші показники винесення фосфору та калію забезпечували системи удобрення з більшою часткою фосфорних і калійних добрив. На

господарське винесення азоту найбільше впливало застосування азотних добрив. Встановлено, що в середньому за три роки досліджень господарське винесення азоту на ділянках без добрив становить 79,4 кг/га, фосфору – 32,8 кг/га, калію – 58,3 кг/га. Застосування повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) збільшує його відповідно до 131,3 кг/га, 54,5 і 102,2 кг/га.

Відносне винесення азоту зростає від 18,7 до 22,0–24,0 кг/т зерна та відповідну кількість соломи або на 18–28 % у варіантах, які містять азотну складову. Застосування фосфорно-калійної системи удобрення забезпечує цей показник на рівні 19,4 кг/т або більшим на 4 %. Застосування мінеральних добрив збільшує відносне винесення фосфору від 7,7 до 8,5–10,1 кг/т або на 10–31 %, а калію – від 13,7 до 15,0–18,9 кг/т зерна та відповідну кількість соломи ячменю ярого голозерного, або на 9–38 %.

Розрахунки свідчать, що найвищий коефіцієнт засвоєння азоту становить за внесення N_{35} – 76,3 %, а збільшення дози азотних добрив до 70 кг/га д. р. знижує його до 51,9 %. Застосування фосфорних і калійних добрив сприяє підвищенню цього показника до 55,7–67,1 %, крім варіанту $N_{70}P_{30}K_{35}$.

Найнижчий коефіцієнт засвоєння фосфору з добрив отримано за фосфорно-калійної та азотно-фосфорної системи удобрення – 10,8–11,2 %. Найвище засвоєння фосфору з добрив отримано на ділянках, де застосовували 30 кг/га д. р. фосфорних добрив – 35,7–37,0 %. Застосування 60 кг/га д. р. фосфорних добрив у складі повного мінерального добрива забезпечує 20,7–25,0 % засвоєння фосфору з добрив. Найвищий коефіцієнт засвоєння калію з добрив за внесення N_{70} у складі повного мінерального добрива за дози калійних добрив 35 кг/га д. р. – 65,7–70,3 %. Найменше ячменем ярим голозерним засвоюється калію за фосфорно-калійної системи удобрення – 18,9 %.

Баланс елементів живлення за умови видалення соломи із поля був від'ємним для азоту та калію і майже на всіх варіантах для фосфору. За умови залишення соломи на полі баланс азоту був також від'ємним

незалежно від системи удобрення. Баланс фосфору та калію додатній при застосуванні систем удобрення, які містять фосфорні та калійні добрива, крім варіанту $N_{70}P_{30}K_{70}$ для фосфору. Ділянки без добрив та азотні системи удобрення забезпечують від'ємний баланс азоту, фосфору та калію.

За індексом комплексного оцінювання найкраща система удобрення з внесенням $N_{35}P_{30}K_{35}$. Дещо їй поступається система удобрення з внесенням $N_{70}K_{70}$ і $N_{70}P_{30}K_{35}$. У цих варіантах дослідів не лише з економічного та енергетичного погляду покриваються витрати, але й відновлюється або й підвищується родючість ґрунту.

В умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі опідзоленому для отримання високого врожаю та якості зерна ячменю ярого голозерного з урахуванням агрохімічної та енергетичної ефективності і перспектив відновлення родючості ґрунту рекомендується застосовувати $N_{35}P_{30}K_{35}$ за умови вирощування після кукурудзи у чотиріпільній сівозміні.

Ключові слова: ячмінь ярий голозерний, дози мінеральних добрив, ріст і розвиток рослин, структура врожаю, врожайність, технологічні властивості зерна, господарське винесення, відносне винесення, елементи живлення, баланс елементів живлення.

ANNOTATION

V. S. Gavrylenko. Productivity of spring hulless barley under different fertilization in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Ph. D. thesis in specialty 201 "Agronomy" (20 – Agricultural sciences and food). – Uman National University of Horticulture, Uman, 2024.

Hulless barley is a promising grain crop, the yield potential of which has not yet been fully disclosed. It can be used for both food purposes and animal feed. Interest in hulless barley is currently being revived, as it is unpretentious in cultivation and unique in its composition (protein, vitamins, etc.). Its grain does not have a husk and can be used in any technological process, because during grain processing all useful components are preserved – β -glucans, tocopherols, protoanthocyanidins and other substances contained in the aleurone and subaleurone layers of the grain. The advantage of hulless varieties in food use is due to the optimal chemical composition of the grain, the higher content of protein, microelements and vitamins. Optimizing the plant fertilization system will provide maximum realization of the genetic potential of new barley varieties. It was these questions that determined the direction of our study.

The dissertation presents the results of the study of the soil nutrient regime, the indicators of plant growth and development (dynamics of plant height, duration of development stages, field germination and survival of plants, indicators of photosynthesis of the root system, crop structure), yield and quality of grain, the content of the main nutrients in grain and straw, their economic and relative removal, balance and its intensity, results of agrochemical, energetic, economic and comprehensive evaluation of the use of fertilizers for spring barley.

For the first time, under the conditions of unstable moisture in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine, production changes in hulless barley plants under different doses and combinations of fertilizers have been substantiated. And a system of its fertilization has been developed which provides for the introduction of phosphorus

and potassium fertilizers under tillage, and nitrogen – under pre-sowing cultivation. The conducted studies made it possible to evaluate the effect of different fertilization systems of hulless barley after corn in a short crop rotation on indicators of the soil nutrient regime, grain yield and quality, and nutrient balance in the soil. They are the basis for the development of its fertilization system on the podzolic chernozem in the Right Bank Forest Steppe which makes it possible to increase and stabilize the yield at the level of 3.55 t/ha of high-quality grain, and its increase from fertilization is 1.86–0.90 t/ha with a profit of 7.2 thousand hryvnias/ha. The highest content of potentially available nitrogen in the soil is at the beginning of the vegetative period of hulless barley. Moreover, there is a difference in the years of research. Thus, in 2023, the nitrogen content of mineral compounds in areas without treatment is higher by 2.2 mg/kg or by 31 % compared to 2021. At the same time, the difference in the experiment variant with the application of complete mineral fertilizer in the dose of $N_{70}P_{60}K_{70}$ was also 4.4 mg/kg or 11 %. During the ripening period of hulless spring barley grain in 2021, 57.3 mm of precipitation fell, in 2022 – 27.1, and in 2023 – 61.4 mm which affected the nitrogen content of mineral compounds in the soil.

At full-ripe stage, the nitrogen component in the complete mineral fertilizer ($N_{70}P_{60}K_{70}$) contributes to increase the height of plants depending on the weather conditions of the research year by 11–40 %, while the phosphorus and potassium components do not affect. In addition, it should be noted that a decrease in the proportion of phosphorus, potassium or both of these nutrients in the composition of a complete mineral fertilizer does not significantly reduce the height of hulless spring barley plants.

It was found that the use of fertilizers significantly increases the survival of hulless spring barley plants. Thus, on average over three years, this indicator is 83.8 % for growing on unfertilized areas. The application of only phosphorus and potassium fertilizers increases plant survival by 1 % (85.0 %). The nitrogen component of the studied fertilization systems ensures plant survival at the level of 91.4–91.7 % which is 9 % more than the control.

The use of the nitrogen component separately and in combination with phosphorus or potassium fertilizers significantly increases the leaf surface area. Moreover, its level changes depending on the weather conditions of the vegetative season. Thus, in conditions of more precipitation, the leaf area increases from 26.5 to 45.1–80.6 thousand m²/ha depending on fertilizer. In 2023, this indicator will increase from 11.6 to 20.3–26.6 thousand m²/ha, respectively.

As a result of the conducted research, it was established that the structure elements of the spring barley harvest are influenced by weather conditions and the application of fertilizers. The survival of plants is most affected by the use of fertilizers. The formation of productive stems varies depending on the amount of precipitation in the March-April period, as well as the sowing period. The formation of grain mass in one ear depends on the density of productive stems and weather conditions during the growing season. At the same time, the realization level of crop structure elements is determined by the fertilization system.

On average, for three years, conducting studies to improve the conditions of mineral nutrition of hulless barley contributes to a reliable increase in grain yield – by 14–23 % (excluding areas with P₆₀K₇₀). Of the types of mineral fertilizers, nitrogen fertilizers have the greatest effect on crop formation which against the background of P₆₀K₇₀ in N₇₀ dose provide 19 % of its increase. A two-fold decrease in the dose of fertilizers (to N₃₅P₃₀K₃₅) does not significantly reduce spring barley yield. The yield in the experiment plots with incomplete return with mineral fertilizers of phosphorus and potassium removed with the harvest does not almost differ from the plots with complete mineral fertilizer. It should also be noted that the grain yield of hulless barley varies significantly depending on the weather conditions during the research years. Thus, in 2021, the use of N₃₅ provides a grain yield of 3.35 t/ha compared to 3.28 t/ha in no treatment variant, but this increase is unreliable. Lodging of hulless barley plants reduces it to 2.86–3.17 t/ha depending on the fertilization system or by 5–13 %.

It was found that hulless barley plants have different lodging resistance depending on fertilization systems in the conditions of 2021. Thus, it is the highest

in the experiment variant without fertilizers and on a phosphorus-potassium background – 5–7 points. In the remaining experiment variants, this indicator is lower – 3 points, which affected the formation of the hulless barley crop.

On average, over the three years of research on plots without fertilizers, the protein content is 15.5 % and increases by 1–10 % in other experiment variants depending on the doses, types of mineral fertilizers and their combinations. At the same time, the use of only nitrogen fertilizers at a dose of 35–70 kg/ha per year contributes to an increase in the protein content of grain by 7–8 %. The introduction of 70 kg/ha of nitrogen fertilizers against the background of $P_{60}K_{70}$ is significantly more effective and increases the protein content by 10 %. Of the main nutrients in the composition of complete mineral fertilizer ($N_{70}P_{60}K_{70}$), nitrogen component contributes the most to increasing the protein content (by 8 %) followed by phosphorus and potassium – 2 %. When the dose of mineral fertilizers is reduced by half (variant $N_{35}P_{30}K_{35}$), the protein content is formed less by 0.4 abs. %. With a decrease in the composition of the complete mineral fertilizer ($N_{70}P_{60}K_{70}$) by half the dose of phosphorus, potassium or both of these nutrients, there is a tendency to decrease the protein content by 0.1–0.3 abs. %. As a result of the conducted research, it was established that the total nitrogen content in hulless spring barley grain is 2.72–2.98 %, phosphorus content is 0.91–1.01 %, and potassium content is 0.62–0.71 % depending on fertilization system. Potassium content is the highest in straw, and the content of phosphorus and nitrogen is the lowest.

Fertilization systems with a higher proportion of phosphorus and potassium fertilizers provided the highest phosphorus and potassium removal indicators. The application of nitrogen fertilizers had the greatest effect on the economic nitrogen removal. It was found that, on average, over three years of research, the economic removal of nitrogen is 79.4 kg/ha, phosphorus – 32.8 kg/ha, potassium – 58.3 kg/ha in no treatment plots. Application of complete mineral fertilizer ($N_{70}P_{60}K_{70}$) increases it to 131.3 kg/ha, 54.5 and 102.2 kg/ha, respectively.

Relative nitrogen removal increases from 18.7 to 22.0–24.0 kg/t of grain and

the corresponding amount of straw or by 18–28 % in variants that contain nitrogen component. The use of the phosphorus-potassium system ensures this indicator at the level of 19.4 kg/t or by 4 %. The use of mineral fertilizers increases the relative phosphorus removal from 7.7 to 8.5–10.1 kg/t or by 10–31 %, and potassium – from 13.7 to 15.0–18.9 kg/t of grain and the corresponding amount of hulless spring barley straw, or 9–38 %.

Calculations show that the highest nitrogen uptake coefficient is 76.3 % when applying N_{35} , and increasing the dose of nitrogen fertilizers to 70 kg/ha per year reduces it to 51.9 %. The use of phosphorus and potassium fertilizers contributes to increasing this indicator to 55.7–67.1 %, except for the $N_{70}P_{30}K_{35}$ variant.

The lowest uptake coefficient of phosphorus from fertilizers was obtained under phosphorus-potassium and nitrogen-phosphorus fertilization systems – 10.8–11.2 %. The highest phosphorus uptake from fertilizers was obtained in the areas where 30 kg/ha of phosphorus fertilizers were applied – 35.7–37.0 %. The use of 60 kg/ha of phosphorus fertilizers as part of complete mineral fertilizer provides 20.7–25.0 % of phosphorus uptake from fertilizers. The highest rate of potassium uptake from fertilizers when applying N_{70} as part of a complete mineral fertilizer at doses of potassium fertilizers of 35 kg/ha per year is 65.7–70.3 %. Hulless barley absorbs the least amount of potassium on the phosphorus-potassium fertilization system – 18.9 %.

Nutrient balance under the condition of straw removal was negative for nitrogen and potassium and in almost all variants for phosphorus. When straw was left in the field, nitrogen balance was also negative regardless of the fertilization system. The balance of phosphorus and potassium is positive when applying fertilization systems that contain phosphorus and potassium fertilizers, except for $N_{70}P_{30}K_{70}$ variant for phosphorus. No-treatment plots and nitrogen fertilization systems provide a negative balance of nitrogen, phosphorus, and potassium. A further study of the productivity of new varieties of spring barley in a four-field crop rotation with long-term use of fertilizers was obtained.

According to the comprehensive assessment index, the best fertilization system with $N_{35}P_{30}K_{35}$ application. It is slightly inferior to the fertilization system with the application of $N_{70}K_{70}$ and $N_{70}P_{30}K_{35}$. In these experiment variants, not only from an economic and energetic point of view, costs are covered, but also soil fertility is restored or increased.

In the conditions of the Right Bank Forest Steppe on podzolic chernozem, to obtain a high yield and grain quality of spring barley, taking into account the agrochemical and energy efficiency and the prospects of restoring soil fertility, use $N_{35}P_{30}K_{35}$ under the condition of growing after corn in a four-field crop rotation.

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

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України

1. Гавриленко В. С. Вплив тривалого застосування мінеральних добрив на відносне винесення, коефіцієнт використання та інтенсивність балансу основних елементів живлення ячменю ярого голозерного. *Аграрні інновації*. 2023. № 22. С. 25–30.

2. Гавриленко В. С. Баланс основних елементів живлення у ґрунті під посівами ячменю ярого голозерного залежно від удобрення. *Подільський вісник*. 2023. Вип. 4. С. 14–18.

3. Гавриленко В. С. Формування основних елементів структури урожаю ячменю ярого голозерного залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 24–29.

4. Гавриленко В. С. Вплив удобрення на врожайність ячменю голозерного. *Збірник Уманського НУС*. 2023. Вип. 103. С. 225–231.

Матеріали науково-практичних конференцій

5. Господаренко Г. М., Любич В. В., Гавриленко В. С. Реакція ячменю ярого голозерного на родючість ґрунту та удобрення на чорноземі опідзоленому. *Агрохімічні ресурси та управління агроландшафтів: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції* (Київ, 23–25 листопада 2021 р.). Київ: НУБІП, 2021. С. 24–29.

6. Господаренко Г. М., Любич В. В., Гавриленко В. С. Урожайність і якість зерна ячменю голозерного за різних систем удобрення. *Інноваційні зернопродукти і технології: тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції* (Умань, 21 лютого 2022 р.). Умань: Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2022. С. 35–36.

7. Господаренко Г. М., Любич В. В., Гавриленко В. С. Продуктивність ячменю голозерного залежно від рівня мінерального живлення. *Агрохімічні ресурси та управління біопродуктивністю агроландшафтів: II Міжнародна науково-практична конференція* (Київ, 11–13 жовтня 2022 р.). Київ: НУБІП, 2022. С. 20–26.

8. Господаренко Г., Гавриленко В. Поживний режим ґрунту під ячменем ярим голозерним за різного удобрення в польовій сівозміні. *Рубіновські читання: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції* (Умань, 16 травня 2023 р.). Умань: Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2023. С. 21–22.

ЗМІСТ

	стор.	
ВСТУП	17	
РОЗДІЛ 1	ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА УДОБРЕННЯ ЯЧМЕНЮ ГОЛОЗЕРНОГО (огляд літератури)	24
1.1	Агроекологічні особливості культури	24
1.2	Особливості мінерального живлення ячменю голозерного	42
1.3	Продуктивність ячменю голозерного за різного удобрення	55
РОЗДІЛ 2	УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	64
2.1	Ґрунтово-кліматичні та погодні умови	64
2.2	Методика проведення досліджень	73
РОЗДІЛ 3	ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ ТА ПОКАЗНИКИ РОСТУ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	80
3.1	Поживний режим ґрунту	80
3.2	Тривалість вегетаційного періоду та висота рослин	91
3.3	Польова схожість і виживання рослин	94
3.4	Фотосинтезувальна система рослин	99
3.5	Структура врожаю	111
РОЗДІЛ 4	ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ГОЛОЗЕРНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	122
4.1	Урожайність зерна та соломи	122
4.2	Формування якості зерна	130
РОЗДІЛ 5	ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЯЧМЕНЕМ ЯРИМ ГОЛОЗЕРНИМ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	139

5.1	Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі	139
5.2	Винесення основних елементів живлення з урожаєм і баланс їх у ґрунті	141
РОЗДІЛ 6	АГРОХІМІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ ПІД ЯЧМІНЬ ЯРИЙ ГОЛОЗЕРНИЙ	155
6.1	Агрохімічна ефективність	155
6.2	Економічна ефективність	157
6.3	Енергетична ефективність	160
6.4	Комплексна оцінка ефективності	163
	ВИСНОВКИ	166
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	169
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	170
	ДОДАТКИ	199

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Продуктивність і стабільність землеробства значно залежать від рівня родючості ґрунтів. Після проведення земельної реформи в Україні зазвичай господарства, що вирощують польові культури, мають чисто рослинницький напрям і в господарському колообігу поживних речовин відсутній гній. У сівозмінах короткої ротації зростає частка кожної культури, що позначається на засвоєнні елементів живлення з добрив і ґрунту. Тому змінюються підходи до системи удобрення сільськогосподарських культур. Актуальним також є уточнення кількісних характеристик вивезення та балансу основних елементів живлення в різних ґрунтово-кліматичних умовах з метою розроблення практичних рекомендацій з оптимізації продукційного процесу сільськогосподарських культур і охорони довкілля.

Україна є одним із найбільших виробників і експортерів зерна у світі. Основними культурами є пшениця озима, кукурудза, ячмінь. Значне поширення культури ячменю у світі і, зокрема, в Україні обумовлене його продовольчою, зернофуражною та технічною цінністю, високою продуктивністю, невибагливістю до умов вирощування та високою чутливістю до складових технологій вирощування. Завдяки кращій збалансованості за амінокислотним складом білка, особливо за вмістом дефіцитного лізину, ячмінь за поживною цінністю значно переважає пшеницю. Він є незамінною сировиною для пивоваріння, виготовлення харчових продуктів і технічної переробки. Значні площі посіву ячменю зосереджено в Правобережному Лісостепу. Серед чинників, які визначають рівень зернової продуктивності ячменю важливе місце займає оптимальне забезпечення рослин поживними речовинами й вибір кращого попередника. Варто відзначити вагомий внесок у розроблення й удосконалення системи удобрення ячменю присвячені праці М. М. Городнього, О. С. Гораша, О. Жатова, Б. Князева, О. Бачинського, А. М. Малієнко, В. В. Іваніни, С. П. Танчика, І. А. Шувара,

Г. М. Господаренка та ін. Їх дослідження сприяли впровадженню у виробництво низки обґрунтованих систем удобрення, що давали змогу відновлювати родючість ґрунтів та отримувати високі врожаї якісного зерна.

Зацікавленість товаровиробників культурою ячменю обумовлюється збалансованістю за амінокислотним складом і добрим засвоєнням. За багатьма якісними показниками зерно ячменю переважає інші зернові культури. Особливо цінні голозерні сорти. Вони мають вищий вміст білка та незамінних амінокислот, нижчий рівень витрат під час переробки, збільшений на 30–40 % вихід крупи, вищу закупівельну ціну.

Ячмінь голозерний є перспективною зерновою культурою, потенціал урожайності якої ще повністю не розкритий. Його можна використовувати як для харчових цілей, так і як корм для тварин. Інтерес до ячменю голозерного нині відновлюється, оскільки він невибагливий до вирощування та унікальний за своїм складом (білка, вітамінів та ін.). Його зерно не має плівки і може використовуватися в будь-якому технологічному процесі, тому що під час його переробки зберігаються всі корисні складові – β -глюкани, токоли, протоантоціанідіни та інші речовини, які містяться в алейроновому та субалейроновому шарах зернівки. Перевага голозерних сортів у харчовому використанні обумовлена оптимальним хімічним складом зерна, вищим вмістом білка, мікроелементів і вітамінів.

В агрономії проводять багато досліджень залежності рівня показників харчових властивостей зерна ячменю від ґрунтово-кліматичних умов вирощування та генотипу. Проте їх результати різняться як за місцем проведення, так і за сортами. Тому продовження подібних дослідів не втрачає актуальності. Оптимізація системи удобрення рослин забезпечуватиме максимальну реалізацію генетичного потенціалу нових сортів ячменю ярого голозерного. Саме ці питання і визначили напрямок наших досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. В основу дисертації покладені результати науково-дослідної роботи автора, що виконувалась упродовж 2021–2023 років і була складовою частиною

тематики досліджень кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва, яка входила до складу ПНД НААН 1 «Раціональне використання стале управління ґрунтовими ресурсами, збереження родючості та здоров'я ґрунтів, захист їх від деградації» («Ґрунтові ресурси України: інформаційне забезпечення, раціональне використання, менеджмент, технології») за завданням 01.03.02.01. Ф. Удосконалення теоретичне підґрунтя інформаційно-методичного забезпечення сталого управління азотним, фосфорним і калійним живленням сільськогосподарських культур (2021–2025 рр., номер державної реєстрації 0121U107666), а також програми наукових досліджень Уманського НУС «Оптимізація використання природного і ресурсного потенціалу агроєкосистем Правобережного Лісостепу України» (2021–2025 рр., номер державної реєстрації 0116U003207) за тематикою кафедри агрохімії і ґрунтознавства «Забезпечення раціонального використання ґрунтових ресурсів та управління мінеральним живленням сільськогосподарських культур».

Мета і завдання досліджень. Оптимізувати і рекомендувати сільськогосподарському виробництву нову, досконалішу систему удобрення ячменю голозерного в короткоротаційній сівозміні на основі оптимального поєднання різних видів мінеральних добрив і їх доз, які забезпечать підвищення врожайності та поліпшення якості зерна.

Для досягнення поставленої мети програмою досліджень передбачалось вирішення наступних завдань:

- встановити вплив різних видів мінеральних добрив, їх доз і поєднань на поживний режим чорнозему опідзоленого;
- визначити вплив удобрення на ріст і розвиток ячменю голозерного;
- виявити особливості формування щільності агроценозу ячменю голозерного та продуктивність фотосинтезу;
- з'ясувати особливості засвоєння основних елементів живлення ячменем голозерним залежно від системи удобрення;

- визначити вплив удобрення на формування врожайності та якісні показники зерна ячменю голозерного;
- розкрити вплив чинників зовнішнього природного середовища та складових системи удобрення на формування структури урожайності ячменю голозерного;
- визначити варіювання рівня врожайності та показників якості зерна за різних систем удобрення;
- провести оцінювання ефективності застосування різних систем удобрення під ячмінь голозерний.

Об'єкт дослідження – процеси і закономірності зміни поживного режиму чорнозему опідзоленого, росту, розвитку й формування врожайності та якості зерна ячменю голозерного в сівозміні короткої ротації за різних систем удобрення в умовах Правобережного Лісостепу.

Предмет дослідження – ячмінь голозерний, чорнозем опідзолений, види й дози мінеральних добрив і їх поєднання, врожайність та якість зерна.

Предмет дослідження – оптимізація системи удобрення ячменю голозерного на чорноземі опідзоленому в умовах Правобережного Лісостепу застосуванням різних видів і доз мінеральних добрив.

Методи дослідження. У роботі застосовували системне поєднання загальнонаукових (експерименту, аналізу, синтезу, дедукції, індукції, спостереження, абстрагування, узагальнення) і спеціальні – польовий (закладання дослідів у польових умовах для з'ясування достовірності впливу метеорологічних чинників і удобрення); лабораторний (дослідження фізіологічних і агрохімічних кількісних і якісних змін у рослинах і ґрунті); розрахунково-гравіметричний (встановлення параметрів показників складових структури урожаю та визначення врожайності зерна й соломи); розрахунково-порівняльний (оцінювання агрохімічної, економічної і економічної ефективності); математичної статистики (дисперсійний, кореляційний і графічне відображення одержаних у досліді даних).

Наукова новизна отриманих результатів полягає у встановленні

формування врожайності та якості зерна ячменю ярого голозерного залежно від тривалого застосування різних видів і доз мінеральних добрив у польовій сівозміні.

Уперше для умов нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України обґрунтовані продукційні зміни у рослинах ячменю голозерного за різних доз і комбінацій добрив, розроблено систему його удобрення, яка передбачає внесення фосфорних і калійних добрив під зяблеву обробку ґрунту, а азотних – під передпосівну культивуацію.

Наукову цінність мають експериментальні дані впливу різних систем удобрення на фотосинтетичний потенціал посівів, складові структури урожаю ячменю голозерного, динаміки засвоєння та винесення основних елементів живлення з урожаєм зерна і соломи.

Удосконалено: теоретичні підходи і практичні заходи формування врожаю ячменю голозерного залежно від удобрення; систему його удобрення уточненням доз мінеральних добрив та їх поєднанням; методичний підхід щодо розрахунку ефективності різних систем удобрення ячменю голозерного.

Дістало подальшого розвитку обґрунтування можливості зниження дози мінеральних добрив під ячмінь голозерний, що вирощується в короткоротаційній сівозміні після кукурудзи, а також рекомендації щодо їх впровадження у господарствах Правобережного Лісостепу.

Практичне значення отриманих результатів. Проведені дослідження дозволили оцінити вплив різних систем удобрення ячменю голозерного після кукурудзи у сівозміні короткої ротації на показники поживного режиму ґрунту, врожайність і якість зерна, баланс елементів живлення в ґрунті. Вони є основою для розроблення системи його удобрення на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. Застосування $N_{35}P_{30}K_{35}$ дозволяє підвищити і стабілізувати врожайність на рівні 2,78–3,40 т/га високоякісного зерна (вміст білка – 14,7–19,8 %, вміст крохмалю – 58,3–62,5 %, натура зерна – до 736–797 г/л), а її приріст від удобрення 0,83–1,50 т/га з отриманням

прибутку 4,0 тис. грн/га.

Запропонована система удобрення ячменю голозерного пройшла перевірку у виробничих умовах і впроваджена в агроформуваннях Черкаської області на площі 57 га. Достовірний приріст урожайності зерна при застосуванні запропонованої системи удобрення сягав 1,25 т/га, порівняно із загальноприйнятою системою. *Оптимізована система удобрення дає змогу* забезпечувати формування високого та якісного врожаю за максимально можливого зниженого хімічного навантаження на навколишнє природне середовище.

Особистий внесок здобувача. Автор під керівництвом наукового керівника безпосередньо брав участь в обґрунтуванні теми дослідження, розробленні програми і методики її виконання, закладанні польових дослідів і виконанні спостережень, провів інформаційний пошук, проаналізував вітчизняну та іноземну літературу за темою дисертації. На основі отриманих результатів польових і лабораторних досліджень, їх аналізу, теоретичного та математичного обґрунтування сформулював висновки і рекомендації та забезпечив їх впровадження у виробництво. Одержані результати є доробком автора і повністю належать йому. Публікації з оприлюднення отриманих результатів підготовлено самостійно та у співавторстві, де автором висвітлено власні отримані результати та ідеї. Особистий внесок в опублікованих у співавторстві наукових працях полягає у виконанні дослідження, узагальненні отриманих результатів і підготовці матеріалів до друку.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення та результати проведених досліджень оприлюднено та обговорювалися на засіданнях кафедри (щорічний звіт виконання плану), Міжнародній науковій інтернет-конференції «Інноваційні зернопродукти і технології» (Умань, 21 лютого 2022 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Агрохімічні ресурси та управління агроландшафтів» (Київ, 23–25 листопада 2021 р.), II Міжнародній науково-практичній конференції «Агрохімічні ресурси та

управління біопродуктивністю агроландшафтів» (м. Київ, 11–13 жовтня 2022 р.), Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Рубіновські читання» (Умань, 16 травня 2023 р.).

Публікації. За результатами проведених досліджень дисертаційної роботи опубліковано 8 наукових праць, з яких 4 статті у вітчизняних фахових виданнях і 4 праці у матеріалах науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Основний текст дисертаційної роботи викладено на 202 сторінках комп'ютерного набору, який включає вступ, шість розділів, які ілюстровано 50 таблицями і 3 рисунками, висновки, рекомендації виробництву, список використаних джерел, додатки. Обсяг основного тексту 152 сторінки комп'ютерного набору. Список опрацьованих літературних джерел налічує 279 найменування, з них – 236 кирилицею та латиницею – 43.

РОЗДІЛ 1
ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНО ЖИВЛЕННЯ ТА УДОБРЕННЯ
ЯЧМЕНЮ ГОЛОЗЕРНОГО
(огляд літератури)

1.1 Агроекологічні особливості культури

Провідною галуззю сільського господарства в Україні є зерновиробництво. Для збільшення і стабілізації виробництва зерна в Україні значну увагу приділяють підвищенню врожайності всіх зернових культур, у тому числі ячменю. Ячмінь є стратегічно важливою продовольчою, кормовою та технічною культурою. Серед зернових культур за площами посіву ячмінь займає третє місце після кукурудзи і пшениці [137]. Значне поширення культури ячменю у світі і, зокрема, в Україні обумовлене його високою врожайністю, невибагливістю до умов вирощування та чутливістю до складових агротехнології [82].

За обсягами виробництва та експорту ячменю Україна входить до найпотужніших світових його виробників поряд із Німеччиною, Канадою та Францією. За даними ФАО посівні площі ячменю у світі близько 80 млн га, що займає четверте місце серед хлібних злаків після пшениці, рису та кукурудзи. При цьому валовий збір ячменю становить близько 160 млн т на рік з часткою України 8 % [121, 139]. За даними ФАО, у світі 42–48 % зерна ячменю використовують на промислову переробку, 16 – на кормові цілі, 15 – на харчові і 6–8 % – у пивоварінні [9]. Поряд із кукурудзою ячмінь є одним із основних складових концентрованого корму в раціонах годівлі високопродуктивних тварин. Зерно ячменю ярого містить до 15 % білка, 75 – вуглеводів, 2 – жиру, 5–5,5 – клітковини і до 3 % зольних елементів. В 1 кг зерна міститься 1,2 кормових одиниць і 100 г перетравного протеїну, що більше, ніж у зерні вівса та жита. Важливо, що білок є повноцінним за амінокислотним складом, а також за вмістом таких амінокислот, як лізин

(5,5 г/кг), триптофан (1,7 г/кг), метіонін (2,0 г/кг) і цистин (1,9 г/кг), ферментів, вітамінів групи B, D, E, A [206].

Ячмінь звичайний – одна із давніх зернових культур, що окультурена людиною ще 10–13 тис. років тому. Його зерно було важливим продуктом харчування, проте кращий за смаковими властивостями пшеничний хліб поступово витіснив ячмінний [140, 273].

Відповідно до сучасних уявлень рід *Hordeum* L. ділиться на два підроди: *Hordeum* L. (ячмінь) і *Hordeastrum* (Doell.) Rouy – ячмінні трави [119]. У свою чергу підрід *Hordeum* L. має один вид (*Hordeum vulgare* L.). Культурний вид ячменю поділяється на три підвиди залежно від кількості розвинених плодоносних колосків на членіку стрижня колоса:

– дворядний (*H. s. distichum* L.) – на кожному виступі членика має три колоски, з яких лише один середній утворює зернівку, а два з боків залишаються безплідними, тому колос формується з двох рядів зернівок;

– багаторядний (*H. s. vulgare* L.) – нормально розвиваються всі три колоски на кожному виступі членика й утворюється в колосі шість рядів зернівок;

– проміжний (*H. s. intermedium* Vav. et. Ort.) – на кожному черговому виступі членика розвивається різна кількість плодоносних колосків – від одного до трьох, а в колосі формується невизначена кількість рядів зернівок.

Культурний ячмінь – однорічна яра або озима трав'яниста рослина, що у межах кожного підвиду має групи плівчастих і голозерних різновидів. Нині відомо 58 різновидів багаторядного голозерного ячменю (convar *coeleste*) і 38 різновидів дворядного голозерного ячменю (convar *distichon*). Первинними центрами їхнього походження є країни Передньої Азії: Туреччини, Сирії, Ізраїлю, Трансіорданії, Месопотамії і держав сучасного Закавказзя. Тут зустрічається велика різноманітність як плівчастих, так і голозерних різновидів ячменю. Звідти ячмінь проник на всі континенти і пройшов довгий шлях у своєму розвитку до сучасних сортів, що придатні для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах за різних технологій

вирощування і переробки отриманої сировини [127, 128].

В Україні вирощують переважно ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) дворядного або шестирядного підвиду [127]. Стабілізація виробництва зерна цієї культури сприяє вирішенню проблеми забезпечення надійного балансу продовольчого та фуражного зерна у вітчизняному зернопродуктовому підкомплексі. Ячмінь має важливе значення не тільки у зростанні продуктивності тваринництва, але й у підвищенні ефективності зернового господарства в цілому. Однак за середньорічною урожайністю зерна ячменю Україна поступається країнам Західної Європи [128]. Тому сучасні технології вирощування цієї культури повинні бути спрямовані на більш повну реалізацію генетичного потенціалу сортів [187]. Однією із важливих складових технології вирощування ячменю є оптимізація системи удобрення. Це один із найбільш ефективних засобів підвищення врожайності ячменю ярого. Проте для більш повної реалізації потенціалу продуктивності необхідна раціональна система удобрення, яка б належним чином задовольняла вимоги рослин до умов мінерального живлення [90]. У разі дотримання цієї умови урожайність культури підвищується на 50 % і більше [175]. Тому дослідження впливу систем удобрення на для оптимізації живлення рослин ячменю ярого є актуальними.

Ячмінь використовують для годівлі тварин, виробництва пива та лікєро-горілчаних напоїв, а також безпосередньо в харчуванні людини. Порівняно з іншими польовими культурами він менше вимогливий до умов вирощування та є економічно стабільнішим, із меншими витратами і простішою технологією культивування. Він успішно може вирощуватися в умовах помірного, континентального та субтропічного клімату [275].

Урожайність зерна є основним показником ефективності виробництва ячменю. Досягти стабільно високого її рівня можна створенням сприятливих умов для росту й розвитку рослин. Залежно від географічного регіону перевагу віддають різним видам ячменю. Розрізняють ячмінь ярий і озимий як із дво-, так і з шестирядним колосом. Це пояснюється

використанням на різні цілі та умовами вирощування [274]. Ячмінь ярий може бути страховою культурою в роки, коли від морозів гине озимина, площі засівають ярим [139]. Сучасні технології сприяють пришвидшенню створення нових сортів, які відповідають вимогам аграрного виробництва [271]. Сорт є важливим чинником інтенсифікації виробництва. Завдяки сортозаміні врожай можна збільшити на 20–30 %. Нині саме сорт є найдешевшим важелем впливу на стабілізацію виробництва та підвищення врожайності зернових культур [27].

Формування та розвиток певної культури є динамічним процесом. Їх інтенсивність залежить від біологічних особливостей видів, а також фактичного рівня селекції і технології [138]. У виборі технології вирощування ячменю важливим є розробка чітких підходів до основних її складових – сорту, норми висіву, способу сівби і особливостей застосування добрив [136].

Вчені Л. І. та О. Л. Улічі [210] стверджують, що недостатня характеристика сортів, занесених до Державного реєстру, зумовлює необхідність після реєстраційних сортовивчень. Це дає можливість ліпше оцінити сорти і більш повно визначити їх придатність для конкретного регіону, де вони можуть забезпечувати стабільно високу продуктивність і доцільність ведення його насінництва.

Сорти інтенсивного типу повинні мати такі показники: висока врожайність зерна і пластичність, здатність давати стабільний врожай незалежно від погодних умов, низька частка плівок, порожніх зерен, стійкість до вилягання та осипання зерна, ураження хворобами і пошкодження шкідниками, стійкість до несприятливих абіотичних чинників [136].

В одних і тих самих умовах різні сорти мають неоднакову продуктивність – як щодо якості, так і кількості. Рослини різних сортів неоднаково стійкі до шкідливих організмів і несприятливих умов вирощування. Високі і сталі врожаї зерна дають сорти, що найбільш

пристосовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов і за умови дотримання відповідної агротехнології. Нині створено сорти ячменю нового покоління – голозерні. Вони характеризуються нижчим потенціалом продуктивності, але мають більший вміст білка та незамінних амінокислот, нижчий рівень витрат на переробку, більший вихід крупи [182]. Але ця група сортів досить неоднорідна за вимогами до умов вирощування у зв'язку з меншою тривалістю селекційного процесу [178]. Потенціал сучасних голозерних сортів ячменю нижчий, порівняно з плівчастими. Можливість створення сортів ячменю голозерного типу з урожайністю на рівні плівчастих сортів показують деякі селекціонери, оскільки ця ознака не пов'язана з морфологією квітки і генами голозерності [262].

Проблема розроблення технологій вирощування ячменю голозерного є актуальною. Є необхідність уточнення окремих складових технологічного процесу вирощування, оскільки сорти, створені в різних селекційних центрах зазвичай мають неоднакові вимоги для формування високого рівня врожайності [194].

Збільшення виробництва зерна з високими показниками якості є основним завданням селекціонерів і агрономів. Пришвидшене розмноження насіння нових сортів зі збереженням їх цінних ознак і властивостей є однією з умов розв'язання цієї проблеми [188]. За інтенсивних технологій важливе значення має повніше використання біологічних особливостей районованих сортів. Для цього необхідно створити оптимальні умови вирощування. В першу чергу сорти повинні добре реагувати на поліпшення мінерального живлення внесенням добрив, бути стійкими до шкідливих організмів і конкурентними у боротьбі з бур'янами [28].

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур характеризуються посиленою увагою до самої рослини як біологічного засобу виробництва. Вони мають ґрунтуватись на глибоких знаннях рослинного організму та його біологічних особливостей, процесах формування основних складових продуктивності, впливу на них умов

зовнішнього природного середовища, агротехнологічних і агрохімічних чинників [133]. Вважається, що половина приросту врожайності зернових культур досягається завдяки створенню оптимальних умов живлення рослин застосуванням добрив, а інша половина приросту припадає на удосконалення інших складових технології, сортів тощо [203]. Добрива мають вирішальне значення у збереженні й підвищенні родючості ґрунтів. Якщо добрива використовують на полях сівозміни за обґрунтованою системою та за зрівноваженого або додатного балансу поживних речовин і за чіткого виконання всіх вимог технологічних операцій, то підвищується родючість ґрунту й спостерігається стале підвищення врожайності культур [52].

Отже, високий врожай якісного зерна ячменю можна одержати за умов дотримання технології вирощування та врахування біологічних особливостей сорту. Завдяки збалансованому мінеральному живленню рослин можна керувати кількістю та якістю врожаю [32]. Нестачу добрив частково можна компенсувати застосуванням бактеріальних препаратів і мікродобрив, які не лише сприятимуть підвищенню врожайності, а й поліпшенню якості продукції [126].

Для отримання високого врожаю обов'язковим є забезпечення рослин упродовж вегетаційного періоду достатньою кількістю поживних речовин. Важливо також зменшити вплив стресових чинників у критичні періоди. Це можна зробити позакореневими підживленнями відповідними комплексами удобрювальними продуктами, які містять мікроелементи у хелатній формі, гумінові речовини тощо [122]. Важливо також врахувати, що на початку розвитку рослини живляться лише поживними речовинами насінини і її оболонки. Основою наступного розвитку рослин є коріння. Особливо важливо забезпечити молоді корені доступними поживними речовинами [168].

Нині більше поширені дві форми ячменю – яра й озима, менше дворучка. Ячмінь озимий введений у культуру близько 8 тис. років тому

[190]. До середини минулого тисячоліття ячмінне борошно було основною складовою хлібних виробів. Ячмінь озимий зазвичай вирощується для виробництва кормів, менше – в пивоварінні. Завдяки своїм поживним якостям зерно ячменю відносять до найбільш поживного [12]. Ячмінь озимий у структурі світових площ посіву займає близько 30 %. У зв'язку з більш високою врожайністю порівняно з ярим, створенням нових зимостійких сортів, потеплінням клімату багато європейських країн перейшли на вирощування ячменю озимого повністю (Румунія, Болгарія) або частково (Німеччина, Франція, Угорщина, Польща).

Зацікавленість вітчизняних товаровиробників ячменем у першу чергу зумовлена його збалансованістю за амінокислотним складом білка. Зокрема зерно ячменю за вмістом дефіцитного лізину, своєю поживною цінністю значно переважає пшеницю. Ячмінь ярий є незамінною сировиною для пивоваріння, виготовлення харчових продуктів і технічної переробки [83]. Проте посівні площі цієї культури за два десятиліття скоротилися вдвічі. Це відбулося через розширення посівних площ рентабельніших культур: кукурудзи, соняшнику та сої. За сприятливих погодних умов вирощування ячменю та застосування інтенсивних технологій рівень урожайності зерна може сягати 9,0–10,0 т/га. За експортом зерна ячменю Україна посідає третє місце у світі [144].

Значна частина посівів ячменю ярого зосереджена у степовому та лісостеповому регіонах, які характеризуються недостатнім і нестійким зволоженням, високими температурами упродовж вегетації, що зазвичай суттєвого знижує врожай зерна та його якість. Серед чинників, які визначають рівень продуктивності ячменю ярого важливе місце займає оптимальне забезпечення рослин елементами мінерального живлення та сорт. Це потребує вивчення їх сумісної дії, а також впливу кожного чинника окремо на врожай і якість зерна та підвищення стабільності цих показників в умовах Правобережного Лісостепу України. Це визначає актуальність проведення наукових досліджень і має безперечний як

науковий, так і практичний інтерес. Упродовж останніх десятиліть унаслідок порушення законів землеробства у системі аграрного виробництва стан агроecosystem України зазнає значних негативних змін, що викликає деградацією та виснаження ґрунтових ресурсів. Інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур за від'ємного балансу поживних речовин спричиняють подальше виснаження ресурсів ґрунту [180].

Ячмінь вирощувався для харчового використання щонайменше 10 тис. років тому і був популярним ще в Давньому Єгипті, Греції та Римі. Нині він викликає цікавість і в інших високоцивілізованих країнах – Канаді, США, Австралії, Фінляндії, Швеції, Данії, Франції та інших [181, 237]. В Україні простежується зростання споживання населенням круп'яних продуктів. Тому увага до круп'яних культур підвищується у зв'язку з необхідністю отримання якісного зерна, що придатне для виробництва продуктів харчування [132]. Нині спостерігається зміна напрямку використання культури ячменю із кормового, переважно фуражного, на харчовий. Широко використовувати зерно ячменю для виготовлення харчових продуктів дозволяють його багатий склад і розмаїття корисних властивостей [183]. У кормовому напрямі використання звертають увагу на підвищений вміст білка, його амінокислотний склад і вміст жиру, у харчовому – на крупність, виповненість зерна, підвищений вміст білка. При цьому повинен бути низький вміст жиру, щоб унаслідок його окиснення під час зберігання зерно не згіркло [11].

Проведеними дослідженнями із селекції сортів ячменю для функціонального харчування встановлено, що вміст білка в голозерних зразків завжди є вищим (17,1–21,1 %), ніж у плівчастих (12,5–14,1 %) – як озимих, так і ярих форм. У дослідженні з визначення перетравлюваності білків встановлено, що фракція розчинних білків у крупі з голозерних сортів була вищою (33,4–45,9 %), ніж у комерційній крупі (29,3 %) [195].

До сортів ячменю харчового напрямку використання сучасними

вимогами передбачена висока склоподібність ендосперму. Вона відображає структуру внутрішніх тканин зерна та характеризує ступінь щільності ендосперму. Між склоподібністю та борошністістю існує сильна залежність. На склоподібність зерна впливають умови його вирощування. Її підвищенню сприяють посушливі умови вегетації, особливо в період наливу та досягання зерна. Сильний вплив на проявлення склоподібності має швидкість висихання зерна під час досягання [270]. Склоподібне зерно ячменю зазвичай містить більше білка, ніж борошністе.

Вміст білка, клейковини і склоподібність можна віднести до основних показників якості зерна. Виробників будь-якої продукції у першу чергу цікавить підвищений вміст білка, але якщо для виготовлення круп і макаронних виробів потрібні склоподібні зерна ячменю, то для хлібопекарської промисловості важливішим є показник вмісту клейковини і борошніста консистенція ендосперму [47].

Важливою складовою харчової цінності зерна ячменю є вміст олії та її жирнокислотний склад. Жирнокислотний склад олії ячменю залежить від генотипу [179]. При цьому загальною закономірністю є переважання в складі лінолевої кислоти. Так, у різних дослідженнях одержано наступні дані щодо вмісту жирних кислот: лінолевої 51,7 %, олеїнової 19,9 і пальмітинової 18,5 % [259], лінолевої 39,5–53,4 %, ліноленої 4,7–25,1, пальмітинової 17,7–23,8 і олеїнової 14,0–22,4 % [260], лінолевої 50,7–57,9 %, пальмітинової 18,3–27,0, олеїнової 12,2–21,2 і ліноленої 4,3–7,1 % [247], лінолевої 51,6–55,4 %, олеїнової 14,8–21,1 і ліноленої 3,9–5,5 % [246]. При цьому сорт і умови його вирощування мали незначний вплив на жирнокислотний склад зерна [243].

Зерно голозерного ячменю не має плівки і може бути використаним у будь-якому технологічному процесі, тому що під час його переробки зберігаються всі корисні складові. До таких відносяться β -глюкани, токоли, протоантоціанідіни та інші речовини, які містяться в алейроновому та субалейроновому шарах зернівки [232].

Проведені в Україні дослідження можливості використання ячменю голозерного в харчових цілях узгоджуються зі світовою тенденцією активного відродження харчового ячменю. Він визнаний продуктом функціонального харчування, що знижує ризик захворювання на смертоносні патології сучасного людства: коронарну хворобу серця, діабет другого типу, рак [152].

Культура ячменю голозерного нині набирає популярності в розвинених країнах світу для харчового напряму використання з високим функціональним статусом. Ячмінь у низці розвинених країн (Канада, Австралія, США, Південна Корея, Китай) характеризують як «супер-фуд», а світова селекція ячменю голозерного орієнтує цю культуру перш за все у напрямі харчового використання [258]. Крім цього поширення голозерного ячменю пов'язано не тільки з природним, але і з людським чинником. Так, у країнах, де ячмінь голозерний є найважливішим продуктом харчування ця культура є переважаючою [269].

Серед згаданих основних селекційних ознак ячменю голозерного такі: 1) стійкість рослин до полягання; 2) висока якість (повнота) вимолоту зерна; 3) форма зерна і конфігурація зародка зернівки – вирішальні ознаки голозерного ячменю, від яких залежить польова схожість насіння; 4) рядність, фізичні та морфологічні особливості колоса, які визначають якість вимолоту зерна [155].

Крупи, пластівці та інші харчові продукти, виготовлені з ячменю, мають високу поживність та високу харчову цінність завдяки вмісту унікальних некрохмалистих полісахаридів (спрощено – β -глюканів), комплексу речовин з широким спектром антиоксидантної активності, набору вітамінів групи В, ніотинової кислоти, цінних мінералів [148].

У харчуванні людини важливе значення мають клітковина та мінерали, які не синтезуються людським організмом. Ячмінь є важливим джерелом цих складових як показників якості харчового зерна. Однією з найбільш цінних у харчовому відношенні фракцій зерна ячменю є некрохмалисті полісахариди, які є структурними складовими плівки алейронового шару та

ендосперму і становлять фракцію, яку називають загальна дієтична клітковина. Вона не перетравлюється травною системою, але має дієтичну цінність. Загальна клітковина, як комплекс харчової цінності складається з нерозчинної та розчинної. Обидві вони значно впливають на процеси травлення [268].

Клейковина як пшениці, так і ячменю (хоча й значно меншою мірою, ніж пшениці) характеризується імунореактивністю, тобто здатністю індукувати у кишківнику чутливих людей аутоімунну реакцію (запалення). Крайнім виявом гострої патологічної реакції на клейковину є спадкова хвороба целиакія. Целиакія викликає несприйняття харчових продуктів, виготовлених із зерна пшениці, жита, тритикале чи ячменю, причому чисельність осіб-носіїв цієї патології у світі невпинно зростає [245].

Харчові продукти з ячменю мають дієтичні властивості. Встановлено, що вся антиоксидантна активність фенольних сполук зосереджена в периферійних шарах зернівки. Тому при виготовленні продуктів з плівчастого зерна ячменю під час шліфування видаляється частина цінних для здоров'я нутрієнтів. За відсутності шліфування ячменю голозерного всі цінні складові зберігаються в зерні та виготовленій продукції. Фенольні кислоти посилюють антиоксидантну активність крупи ячменю [267]. Глікемічний індекс білого пшеничного хліба перевищує 90 GI, а ячменю – 35 GI [266]. Зерно ячменю містить також цінні некрохмалисті полісахариди, або дієтичну клітковину. Саме ця складова їжі метаболує в кишківнику людини і в готовому вигляді потрапляє до бактерій. Тому ячмінь вважають продуктом здорового кишківника. Вважається, що ячмінь найкраще переробляти у борошно, а потім добавляти до звичайного борошна і робити хліб 50 на 50. На ринку Канади, наприклад, дуже багато продуктів із пшенично-ячмінного борошна, вироблених за подібною рецептурою. Вихід цінної крупи з ячменю голозерного становить 90 %, тоді як зі звичайного 30 % маси зерна втрачається під час обдирання. Тому вихід крупи становить лише 55–60 % маси. Але найважливішим є те, що крупа з ячменю

голозерного містить оболонку і зародок зерна [45].

Урожайність зерна ячменю ярого залишається низькою. Тому важливою національною проблемою є удосконалення технології його вирощування, що забезпечить реалізацію генетичного потенціалу нових сортів культури. Отримання високих і стабільних урожаїв ячменю з відповідними технологічними показниками зерна залежить від рівня мінерального живлення [196]. Ця культура, порівняно з іншими ярими, дуже вимоглива до живлення [50]. Це можна пояснити коротким вегетаційним періодом – 65–90 діб, слаборозвинутою кореневою системою та інтенсивним засвоєнням поживних речовин на початку вегетації – у віці від 15 до 30 діб. Для формування 1 т зерна та відповідної кількості соломи ячмінь у середньому споживає 23–30 кг азоту, 10–15 – P_2O_5 і 20–25 кг K_2O . При цьому основна кількість елементів живлення надходить у рослину вже у фазі кушіння. Отже, існує необхідність в уточненні особливостей макро- та мікроелементного живлення на агрохімічних фонах із тривалим дефіцитним балансом окремих елементів і за внесення зонально рекомендованих доз добрив. Важливо також врахувати, що ефективність добрив значно залежить від строків, форм і способів їх внесення, а потреба рослин в окремих елементах живлення змінюється впродовж вегетації. Необхідно зазначити, що культура ячменю добре реагує на добрива і за правильного їх застосування підвищується її врожайність, стійкість рослин до посухи, шкідників і хвороб, поліпшується якість зерна [51].

Ячмінь ярий має високий генетичний потенціал, але характеризується великим діапазоном урожайності зерна (до 40 %) залежно від біотичних і абіотичних чинників. За сприятливих погодних умов рівень урожайності може досягати 9,0–10,0 т/га. Проте, для повнішої реалізації потенціалу продуктивності сортів ячменю ярого наявних біокліматичних ресурсів недостатньо. Тому актуальним є розробка ресурсощадних технологій вирощування, що забезпечують високий рівень реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів завдяки оптимізації мінерального живлення

рослин [192].

Розроблені раніше технології вирощування ячменю не давали можливості отримувати високі врожаї з належними показниками якості і в умовах сучасних економічних реалій є низько- або й нерентабельними. У зв'язку з цим виникає потреба науково обґрунтувати агротехнологічні складові технологій вирощування ячменю ярого. Важливим резервом підвищення врожайності зерна та поліпшення показників його якості є його вирощування в науково обґрунтованих сівозмінах та застосування мінеральних і органічних добрив, які дадуть можливість найповніше реалізувати потенційні можливості культури [7].

У зв'язку зі створенням нових високопродуктивних сортів, особливо голозерних, актуальним є встановлення придатності їх до умов вирощування в Правобережному Лісостепу України. Важливо також порівняти урожайність голозерних сортів із плівчастими.

Голозерні форми ячменю порівняно із плівчастими мають значно вищий вміст протеїну і, що особливо важливо, – незамінних амінокислот. Тому безплівчасте зерно голозерних сортів ячменю є незамінним продуктом як для харчування людей, так і для відгодівлі худоби й птиці. Крупи, пластівці та інші харчові продукти, виготовлені з ячменю, мають високу поживність та виняткову харчову цінність завдяки присутності в них унікальних некрохмалистих полісахаридів (спрощено – β -глюканів), комплексу речовин з широким спектром антиоксидантної активності, набору вітамінів групи В, нікотинової кислоти, цінних мінералів [233].

Характерною особливістю вирощування ячменю ярого в Україні є варіювання показників врожайності та валових зборів зерна. Через недотримання технологій і несприятливі агрокліматичні умови потенціал урожайності сучасних сортів ячменю ярого використовується лише на 30–50 %, а в окремі роки знижується до 24 %. Тому оптимізація технологій вирощування ячменю ярого завдяки збалансованій системі удобрення, зокрема внесення азотних добрив у дозі N_{90} на фосфорно-калійному тлі $P_{45}K_{45}$

та застосування регуляторів росту рослин (Біном або Терпал) забезпечує формування урожайності 6,39–5,78 т/га та вмісту білка (13,8–13,9 %). При цьому генетичний потенціал сортів Набат і Вінницький 28 реалізується на 60–70 % [169].

Ячмінь пройшов довгий шлях від первинних примітивних форм до сучасних сортів продовольчого напрямку використання. Вважається, що ще скіфи почали запроваджувати його в культуру поряд з іншими зерновими [8]. На перший погляд, немає різниці у видах використання голозерних і плівчастих ячменів. Насправді різниця є і досить істотна. Вона криється в особливостях тієї й іншої форми ячменю. Для отримання крупи високої якості використовуються найбільш цінні сорти ячменю. Відповідно до Держстандарту вони повинні мати жовтий колір зерна, натуру – не менше 630 г/л. За формою зерно повинно бути еліптичним або ромбічним. Консистенція ендосперму повинна бути борошниста, а вихід перлової крупи не менше ніж 44 %. Смак каші – більш як 4,5 балів. Всім цим вимогам більше відповідають сорти ячменю голозерного. Крім того, вони не вимагають витрат на звільнення від квіткових плівок. Незважаючи на велике харчове значення ячменю, він залишається перш за все кормовою культурою. Ячмінна солома може згодуватися худобі та використана для підстилки худобі. Годівля змішаним кормом відновлює принцип збалансованості раціонів. Це дозволяє підвищити ефективність використання кормів на 15–30 %. У пивоварінні ячмінь голозерний за низкою властивостей має переваги порівняно з плівчастим. Для цього необхідно внести деякі зміни у технологічний процес, наприклад, замінити природну фільтрацію через плівки штучними фільтрами [182]. Як хлібна рослина ячмінь голозерний не має перспектив, тому що хліб з ячмінного борошна має низьку якість – він досить грубий, солодкуватий на смак, швидко черствіє.

Отже, з проведеного огляду літератури можна зробити висновок про такі недоліки ячменю голозерного: низька адаптивна здатність до зміни умов навколишнього природного середовища, що спонукає формуванню

нестабільної продуктивності; нижча посухостійкість, стійкість до вилягання та до грибних захворювань; випинання центрального зародкового корінця за межі сфери поверхні зернівки, що спричинює підвищене травмування насіння під час обмолоту і, як наслідок, зниження їх польової схожості. В той же час зерно ячменю голозерного має суттєву перевагу за вмістом білка та незамінних амінокислот, що є генетично обумовленою ознакою. Крім того, виявлено значні сортові відмінності за морфологією крохмальних зерен, їхньою щільністю, складом і структурою амілопектину, скловидністю, які впливають на перетравність кормів ячменю з голозерного. Зерно ячменю містить різну кількість полісахаридів, які представлені β -глюканами (бета-глюкан). У пивоварінні β -глюкани гальмують солодіння зерна, сприяють слабкому відділенню сула, утруднюють фільтрацію пива, утворення небажаного осаду. Але як частина дієтичної клітковини у ячмінних висівках і в борошні, ці сполуки активно знижують вміст холестерину в крові. Тому при використанні зерна на корм тваринам або в їжу високий вміст β -глюканів є корисним [241].

Нині у світі проявляється тенденція до перебудови у бік енергоощадних технологій. При цьому стає важливим не тільки обсяг продукції, але і витрати на її виробництво. Тому переведення частини виробництва плівчастого ячменю на голозерний міг би виявитися досить доцільним. Вважається, що плівчастість є одним з основних недоліків ячменю, який не дає можливості отримувати високоякісні продукти харчування після переробки [263].

Важливе значення для розвитку рослин ячменю має коренева система. У ячменю, як і в інших злакових культур, вона мичкувата, складається з первинних (зародкових) і вторинних (вузлових) коренів. Вони беруть участь в обмінних процесах рослини завдяки поглинальній і синтезувальній функцій. [43]. В умовах надлишкового надходження частина елементів живлення акумулюється в коренях [49] і можуть бути затребувані рослиною в умовах ґрунтового стресу. За потужністю розвитку зародкової кореневої

системи можна оцінювати не тільки якість насіння і давати прогноз продуктивності рослин, а й про стійкість рослин до несприятливих екологічних чинників: засолення, дефіциту мінерального живлення, тощо [53].

Вважається, що ячмінь (як півчастий, так і голозерний) – посухостійка та невибаглива до ґрунтово-кліматичних умов культура, яка дає гарантовані врожаї зерна навіть у посушливих регіонах.

З огляду на можливі напрями використання ячменю голозерного (на кормові та продовольчі цілі) слід звернути увагу на формування сортами таких технологічних параметрів, як натура зерна, скловидність, а також біохімічних показників білка, лізину та інших незамінних амінокислот. Єдине, для ячменю голозерного необхідно звернути увагу лише на підготовку насіння. Плівка звичайного ячменю захищає зародок від травмування. У голозерного ячменю цієї плівки немає, зародок виступає за овал зернівки, тому під час механічного обмолоту може травмуватися. Це потрібно враховувати і відповідно регулювати комбайн при збиранні такого ячменю для насінневих цілей.

Глобальне потепління та зміни клімату вимагають внесення корективів у технології вирощування сільськогосподарських культур. Ячмінь є культурою з низькою вразливістю до впливу агрокліматичних змін та адаптованою до вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах [239]. Встановлено, що в північній частині Правобережного Лісостепу на формування продуктивності ячменю ярого найбільше впливають температурний режим травня та режим зволоження квітня [198]. В умовах Західного Лісостепу врожайність ячменю ярого значно залежить від суми активних температур ($R^2 = 0,838$) і кількості опадів ($R^2 = 0,892$) [230].

Дослідженнями, проведеними в центральній частині Лісостепу України упродовж 12 років, встановлено, що параметри гідротехнічного режиму вегетації ячменю ярого значно варіювали, що зумовлювало зміну тривалості проходження етапів органогенезу та рівня формування врожайності зерна

(2,52–6,92 т/га). При цьому найхарактернішим проявом дії несприятливих абіотичних чинників є підвищення температури повітря та нерівномірність випадання опадів [81].

За даними досліджень, проведених за посушливих умов вегетаційного періоду, встановлено найвищий вміст білка у досліджених зразків ячменю, за достатнього вологозабезпечення – найнижчий [43]. В інших дослідженнях встановлено, що ячмінь голозерний двохранний за вмістом білка перевищує голозерний шестирядний і плівчастий сорти [236]. Аналогічні висновки про вплив погодних умов на вміст білка в зерні ячменю зроблено й іншими ученими [16, 42].

Кількість зерен у колосі – одна з важливих елементів структури врожаю зернових колосових культур, яка має важливе значення в підвищенні їхньої зернової продуктивності. Цей показник контролюється великою кількістю генів, дія і взаємодія яких значною мірою зазнає змін від впливу умов зовнішнього середовища [229]. Кількість зерен у колосі залежить від багатьох чинників: строків і способів сівби, густоти стеблостою, рівня мінерального живлення та ін. Ефективність технологічних чинників – застосування мінеральних добрив і норм висіву насіння в управлінні кількістю зерен у колосі ячменю ярого має важливе значення [38]. З підвищенням доз мінеральних добрив озерненість колосу ячменю знижується: у контрольному варіанті вона становила 24,7 шт., а у варіанті досліді N₉₀P₁₂₀K₁₂₀ – лише 22,9 шт. Збільшення норм висіву насіння також спричиняло зменшення кількості зерен у колосі 24,4 шт. за норми висіву 250 нас./м² до 22,7 шт. за норми 400 нас./м² [39].

Отримані результати впливу на реалізацію біологічного потенціалу рослин за кількістю зерен у колосі ячменю ярого внесених мінеральних добрив та позакореневого підживлення мікродобривами «Вуксал Р Мах» і «Вуксал Grain», вказують на закономірності зменшення озерненості колоса ячменю: без добрив – 25,1 шт., варіант N₃₀P₄₅K₄₅ – 23,7 шт. і варіант N₆₀P₉₀K₉₀ – 23,3 шт. Застосування позакореневого підживлення рослин ячменю

забезпечило поліпшення озерненості у варіанті досліді $N_0P_0K_0$ – від 24,5 до 25,5 шт., $N_{30}P_{45}K_{45}$ – від 23,0 до 24,3 і у варіанті $N_{60}P_{90}K_{90}$ – від 22,6 до 23,9 шт. зерен у колосі [123].

На основі досліджень, проведених на чорноземі типовому малогумусному Правобережного Лісостепу України, було зроблено наступні висновки:

1. В основі розробки основних складових технології вирощування ячменю голозерного першочерговим є встановлення раціональних доз добрив, що є основою для реалізації продуктивного потенціалу культури.

2. Застосування ретардантного захисту посівів сприяє збереженості більшої кількості рослин на одиниці площі завдяки збільшенню стійкості їх до вилягання, що має позитивний вплив на формування величини урожаю.

3. Комплексне застосування ретардантів і добрив є більш ефективним. На тлі застосуванні лише мінеральних добрив досліджувані сорти ячменю ярого формують урожайність на рівні 4,14–5,08 т/га ($N_{60}P_{60}K_{80}$), за умов збільшення їх дози до $N_{90}P_{90}K_{120}$ урожайність знижується через вилягання посівів до рівня 4,04–4,63 т/га.

4. Застосування препарату ретардантної дії Хлормекват-хлорид 750 у поєднанні з добривами забезпечує врожайність на рівні 5,45–5,98 т/га, а з препаратом Терпал – 5,82–6,29 т/га [108].

Огляд і теоретичне узагальнення наукової літератури переконливо свідчать, що як власне селекція ячменю голозерного, так і селекція його на підвищення якості зерна пов'язана з певними труднощами. Основною причиною є низька життєздатність насіння у сортів голозерного ячменю, яка пов'язана з травмуванням зародка і ендосперму через відсутність механічного захисту (як у плівчастих) проти дії несприятливих чинників, більша сприйнятливості до хвороб, сильна мінливість у розвитку кореневої системи під впливом зовнішніх чинників. Тому ячмінь голозерний у різних ґрунтово-кліматичних умовах може по-різному реагувати на умови мінерального живлення як у відношенні формування врожаю, так і його якості.

1.2 Особливості мінерального живлення ячменю голозерного

Потреба різних сільськогосподарських культур в елементах живлення неоднакова. Крім того, одна і та ж рослина в різні періоди вегетації вимагає неоднакового живлення [58]. Тому забезпечення потреби рослин у поживних речовинах у період, коли вони найбільш чутливі до їх нестачі і за найбільшої у них потреби, внесення необхідних добрив є одним із важливих завдань системи удобрення окремих культур сівозміни. На нормальний розвиток рослин негативно впливає як нестача, так і надлишок будь-якого елемента живлення [147]. Тому при розробці системи удобрення мають бути враховані особливості мінерального живлення не лише культур, але і їх сортів [112]. Різні рослини для свого росту й розвитку вимагають різних умов зовнішнього навколишнього середовища. Знання цих умов дозволяє повніше задовольнити ці вимоги, особливо в такому важливому чиннику, як мінеральне живлення [242].

Збільшення обсягів виробництва круп в Україні можливе за нарощування виробництва голозерних сортів ячменю з високими показниками якості. Широке їх впровадження вимагає застосування раціональних технологій вирощування. Тому актуальним питанням є ефективне управління складовими урожайності в структурі врожаю, розвитком рослин у створенні високопродуктивних посівів з метою забезпечення формування високого врожаю необхідної якості. Регулювання ростом і розвитком рослин значною мірою залежить від рівня їх мінерального живлення [212].

У науковій літературі накопичений значний фактичний матеріал щодо потреб ячменю в поживних речовинах. Ці вимоги до мінерального живлення рослин обумовлені їх генотиповими особливостями. Ефективність удобрення визначається складним комплексом умов: ґрунтова родючість; біологічні особливості сорту; технологія вирощування; дози, форми, строки і способи

внесення добрив; кліматичні та погодні умови.

Широкий ареал вирощування ячменю у світі характеризує його пристосованість до різних ґрунтово-кліматичних умов. До ґрунтів і їх родючості ячмінь дуже вимогливий. Короткий період вегетації, слабкий розвиток і невисока засвоювальна здатність кореневої системи зумовлюють високу його потребу в поживних речовинах. Кращими за гранулометричним складом є ґрунти середнього і важкого гранулометричного складу, менш придатні ґрунти легкого гранулометричного складу, непридатні – заболочені з близьким стоянням ґрунтових вод [6]. Високі врожаї ячменю отримують на ґрунтах з нейтральною і слабокислою реакцією. Високу чутливість до кислій реакції ґрунтового розчину ячмінь проявляє вже на початку вегетації. Найбільш сприятливою реакцією ґрунтового розчину є рН 5,8–7,3. Ґрунт повинен бути добре аерованим [40].

Ярий ячмінь – дуже вимоглива культура до ґрунтової родючості, що пояснюється коротким вегетаційним періодом (90–100 діб) і досить швидким засвоєнням елементів живлення, а також слаборозвинутою кореневою системою (особливо на початкових стадіях росту й розвитку) з низькою здатністю засвоєння важкодоступних форм живлення. Тому важливою умовою інтенсивного росту й розвитку ячменю є достатнє забезпечення його легкодоступними сполуками елементів на початкових фазах – від проростання до виходу в трубку. До фази виходу в трубку він споживає майже 67 % калію, приблизно 46 % фосфору, а також більшу частину загальної потреби азоту. До початку цвітіння ячмінь поглинає 80–85 % поживних речовин з ґрунту. Тому важливо, щоб рослини були забезпечені поживними речовинами від початку свого розвитку, адже компенсувати їхню нестачу в подальшому майже неможливо [102, 106].

Ячмінь ярий серед зернових культур найбільш вимогливий до наявності в ґрунті доступних сполук елементів живлення і добре реагує на удобрення, що пов'язано з його інтенсивним кущінням і наростанням вегетативної маси, коротким періодом засвоєння поживних

речовин [84]. Але вплив мінеральних добрив у різних ґрунтово-кліматичних умовах на продуктивність та якість зерна ячменю багатогранний і вивчений поки що не повністю.

Упродовж усієї вегетації у рослинах відбуваються біологічні та фізіологічні процеси, а основні елементи живлення суттєво впливають на них. Завдяки застосуванню мінеральних добрив поліпшується амінокислотний склад зерна, його хімічні показники, у ньому збільшується вміст загального азоту та сирого протеїну [257]. Інтенсивність засвоєння елементів живлення рослинами ячменю є динамічним і відрізняється за фазами росту й розвитку. Ячмінь найбільше засвоює елементи живлення в період від фази кушіння до виходу в трубку [54]. Для отримання високого врожаю обов'язковим є забезпечення рослин упродовж вегетаційного періоду достатньою кількістю поживних речовин, а також зменшення стресових чинників у критичні періоди позакореневими підживленнями відповідними комплексами, які містять мікроелементи у хелатній формі, гумінові речовини тощо [220]. Для одержання високих і сталих урожаїв важливим є забезпечення його в достатній кількості доступними елементами живлення, зокрема азотом, фосфором і калієм [142]. Ячмінь ярий наближується до пшениці озимої за винесенням азоту, фосфору і калію. Середнє винесення цих елементів з однією тонною зерна становить відповідно 29, 11 та 20 кг [59]. Проте це залежить від біологічних особливостей сортів, наявних запасів поживних речовин у ґрунті, попередників, тощо. На формування 1 тонни зерна та відповідної кількості соломи ячмінь ярий виносить із ґрунту 14–27 кг азоту, 11–15 кг фосфору та 13–24 кг калію. Тому удобренню належить важливе місце у впливі на забезпеченість рослин основними елементами живлення за фазами розвитку та врожайність ячменю ярого [134].

На початкових фазах розвитку рослини ячменю живляться лише поживними речовинами з насінини і його оболонки. Основою здоров'я рослини є коріння. Особливо важливо забезпечити молоді корені

доступними поживними речовинами [62].

Швидкодійним чинником підвищення врожайності ячменю та поліпшення якості його зерна є добрива [60]. Ця культура краще за інші зернові добре використовує післядію добрив [135].

Для обґрунтування системи удобрення сільськогосподарських культур важливим показником є витрати елементів живлення рослинами на формування одиниці врожаю, а винесення елементів живлення є найважливішим показником для визначення оптимальних доз добрив [5]. Згідно численних даних рослини сільськогосподарських культур засвоюють з мінеральних добрив: 40–50 % азоту, 10–20 – фосфору та 50–60 % калію. Причому, найбільшу кількість елементів мінерального живлення ячмінь засвоює до колосіння азоту, фосфору і калію близько 67 % від максимального [207].

Отже, в системі застосування добрив необхідно враховувати відношення рослин до реакції ґрунтового середовища, засвоювальну здатність кореневої системи стосовно поживних речовин, динаміку їх засвоєння та винесення з урожаєм. Це дозволить правильно підібрати відповідні форми мінеральних добрив, дози, строки і способи їх внесення, що сприятиме створенню найбільш сприятливих умов для формування врожаю [61].

Азот – один з основних елементів для ефективної життєдіяльності рослин. Він є основним елементом росту і розвитку рослин, оскільки забезпечує найбільший приріст урожаю і поліпшення якості зерна. Він входить до складу амінокислот, ферментів, нуклеїнових кислот, хлорофілу. Азот підвищує інтенсивність дихання і обміну речовин, стимулює ростові процеси. Надлишкове живлення азотом призводить до сильного куціння, вегетативного росту рослин та їх вилягання [63]. Вирішення проблеми азотного живлення рослин в Україні, так і в усьому світі постійно залишається в полі зору вчених і практиків. Реалізувати потенціал сорту чи гібриду слід не високими дозами добрив, а оптимізацією властивостей ґрунту, що забезпечують відновлення його родючості, створення життєво

важливих для рослин режимів відповідно до їх біологічних потреб і відсутності негативного зсуву мікробоценозів [211].

За даними досліджень, проведених на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу, оптимальний вміст основних елементів живлення в наземній масі, що дає змогу отримати високу врожайність зерна, становить: у фазу кущіння – 4,7–5,3 % азоту, 0,55–0,65 – P_2O_5 і 4,2–4,2 % K_2O [70]. Зі збільшенням доз добрив збільшується і вміст цих елементів у рослині [73]. Дані про фактичний вміст елементів живлення для певних сортів залежно від регіону вирощування необхідні для контролю забезпеченості ними рослин й коригування доз застосування у майбутньому.

Залежно від забезпеченості азотом визначається інтенсивність синтезу білка та інших азотистих сполук, формування врожаю культури. У складі сухої речовини рослин зерна ячменю ярого азоту міститься 1–3 %, у соломі – 0,5–1,0 % залежно від сорту та удобрення [71].

Основні чинники, що впливають на ефективність землеробства: дефіцит вологи, невисока ґрунтова родючість, особливо недостатнє азотне живлення в усіх природно-кліматичних зонах. Тому найважливішою умовою формування високої продуктивності сільськогосподарських культур і, перш за все зернових, що займають провідне місце у Правобережному Лісостепу, є оптимізація азотного живлення [159]. З методичного погляду питання забезпеченості сільськогосподарських культур азотом найскладніше, оскільки спостерігається залежність вмісту його мінеральних сполук у ґрунті від погодних умов, попередника, агротехнології тощо [244]. Кількість його в ґрунтах упродовж вегетаційного періоду сильно варіює залежно від спрямованості процесів амоніфікації і нітрифікації [253].

Накопичення нітратів у ґрунті проходить з різною інтенсивністю й визначається біокліматичними і агротехнологічними умовами. Поряд з накопиченням азоту в ґрунті одночасно відбувається зменшення його запасу засвоєнням рослинами і мікроорганізмами, втратам від денітрифікації, вимивання та поверхневого стоку [68].

Динаміка агрохімічного обстеження орних ґрунтів України свідчить про збільшення площ з низьким і середнім вмістом азоту легкогідролізованих сполук [235]. Різні функції азоту (екологічні, фізіолого-біохімічні, агрохімічні) та значення у формуванні врожаїв потребують перегляду способів оптимізації азотного живленням сільськогосподарських культур [265].

Підтримувати оптимальний азотний режим чорноземів важкого й середнього гранулометричного складу простіше, ніж фосфорного й калійного. Внесенні азотні добрива поповнюють поряд з нітратною та амонійною, й інші форми ґрунтового азоту [74]. Поповнення запасів його мінеральних сполук завдяки іншим формам, що є у ґрунті, зазвичай відстають від темпів засвоєння його рослинами [79].

Вміст азоту в чорноземі опідзоленому складає 0,15–0,20 % від загальної маси ґрунту й прямо залежить від вмісту органічних речовин [76]. Вважається [255], що азотні добрива зміщують рівновагу між різними формами азоту в ґрунті в бік підвищення частки у складі мінеральних сполук нітратів.

Висока ефективність азотних добрив досягається за правильного строку внесення. Вона залежить від інтенсивності ростових процесів, надходження азоту, характеру відтоку ассимилянтів з вегетативних органів і повнішого переміщення азоту з вегетативних органів у зерно. Під час вивчення динаміки накопичення азоту в різних органах рослин ячменю було встановлено, що азот, засвоєний в період наливу зерна, використовується рослинами для накопичення білка в колосі більш ефективно, ніж азот, що надходить з вегетативних органів [240]. Це підтверджує, що значна частина азоту при підживленні надходить у зерно.

Слід зауважити, що відносно вибору строку внесення азотних добрив немає єдиної думки і до нині серед учених ведеться дискусія. Одні вчені [157] рекомендують азотні добрива під ячмінь ярий вносити навесні, інші [234] – роздрібно, під зяб і весною. В дослідженнях [124] таке

використання азоту не мало переваги перед одноразовим внесенням усієї дози під зяблевий обробіток ґрунту. Більш того, дані [202] свідчать про зниження врожаю за роздільного внесення азотних добрив. Тому вважається [254], що ефективність весняного використання азотних добрив залежить від погодних умов.

Основну кількість фосфору рослини ячменю засвоюють на перших етапах життя і створюють його запас, який потім реутилізується. За недостатньої забезпеченості фосфором молодих рослин урожай знижується, незалежно від посиленого фосфорного живлення в пізніші фази їх росту й розвитку [146].

За умови правильного застосування добрив урожай інтенсивних сортів за недостатнього зволоження збільшується на 15–20 %, економніше витрачається рослинами вода на формування одиниці врожаю, зростає стійкість рослин проти посухи, хвороб та шкідників, суттєво поліпшується якість зерна [107]. Ефективність внесення мінеральних добрив також визначається біологічними особливостями сортів і метою вирощування ячменю, рівнем родючості ґрунту та погодними умовами року [143]. Сучасні сорти, стійкі до вилягання, здатні ефективно використовувати високі дози азотних добрив. Особливо зростає врожайність на бідних цим елементом ґрунтах. Однак, на чорноземних ґрунтах внесення азотних добрив понад 60 кг/га по д. р. може викликати біологічні втрати врожаю ячменю внаслідок раннього вилягання рослин [156]. На сірих лісових ґрунтах і чорноземах опідзолених ячмінь добре реагує на азотні та фосфорні добрива, а на чорноземах глибоких особливо ефективно фосфорні добрива. На дерново-підзолистих ґрунтах завдяки добривам формується до 55 % врожаю, на лісових ґрунтах – до 28 і на чорноземах – до 20 % [174].

Ефективність добрив на території України зростає з Півдня на Північ та зі Сходу на Захід, що зумовлено поступовим переходом від високородючих чорноземів до менш родючих сірих лісових та дерново-підзолистих ґрунтів, а також кращою забезпеченістю рослин водою [44].

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 дослідах [64].

Дослідження проведені в умовах Західного Лісостепу свідчать, що максимальний приріст урожайності зерна ячменю ярого 0,73 і 0,75 т/га або 25 %, в середньому за роки досліджень одержано у варіантах до сл і д у з внесенням $N_{30}P_{40}K_{60}$ і $N_{60}P_{80}K_{120}$, де N_{30} вносили під передпосівну культивуацію та N_{30} на IV етапі органогенезу [117]. Також строки внесення азотних добрив впливають на накопичення білків у зерні. За даними [252], строки внесення значно сильніше відображались на білковості зерна, ніж на його врожайності. Перенесення позакореневого азотного підживлення ячменю з фази кушіння та виходу в трубку на період колосіння та наливання зерна істотно підвищує вміст білка та знижує ураженість рослин борошністою россою. Вплив азотних добрив на вміст білка в зерні також залежить від вологості й поживного режиму ґрунту, погодних умов і засвоєння азоту з добрив і ґрунту [131].

Поліпшення азотного живлення рослин зазвичай істотно не впливає на амінокислотний склад кожної окремої фракції білка ячменю, однак проходять зміни в амінокислотному складі сумарного білка. При цьому зі збільшенням спирторозчинної, бідної лізином і деякими іншими незамінними амінокислотами фракції, погіршується амінокислотний склад і знижується біологічна цінність білка [125].

Німецькі вчені [264] також вказують, що поліпшення азотного живлення ячменю знижує біологічну цінність білка в результаті зменшення кількості лізину та деяких інших незамінних амінокислот в білковому комплексі зерна. Але, у перерахунку на 1кг зерна, вміст лізину, за підвищених доз азотних добрив, збільшується, а також підвищується його перетравність.

Вплив азотних добрив на якісні показники зерна ячменю значно залежить і від вологозабезпечення. За достатнього зволоження азотні добрива більше впливають на рівень урожайності ячменю і значно менше на вміст білка в зерні, а посушливих умовах – навпаки. Так, на Єрастівській дослідній станції у середньому за чотири роки проведення досліджень за достатнього зволоження приріст урожайності ячменю сорту Донецький 8 від внесення N_{30-60} становив 0,36–0,48 т/га; вміст білка у зерні збільшувався порівняно з контролем на 0,3–0,4 %. У середньому за два роки з посушливими умовами внесення таких доз азотних добрив практично не сприяло приросту врожаю, тоді як білковість зерна зростала на 0,9–1,3 %. Вплив азотних добрив на врожай і якість зерна в значній мірі визначається біологічними властивостями сортів. Найефективніше реагують на поліпшення умов мінерального живлення сорти інтенсивного типу [101]. За внесення великих доз мінеральних добрив спостерігалось навіть зменшення вмісту білка. Однією з основних причин малоефективного використання рослинами азоту є дефіцит вологозабезпечення рослин, що призводить до уповільнення темпів засвоєння ними азоту [105].

Характер впливу азотних добрив на якість зерна істотно залежить і від строків внесення. Встановлено, що ранні строки внесення сприяють збільшенню врожаю, а пізні – позитивно впливають на такі якісні показники зерна, як маса 1000 зерен і білковість, зменшується його крохмалистість, тобто покращувалася його кормова цінність і погіршувались пивоварні якості [41].

Показано [31], що дефіцит азоту в ґрунті збільшується внаслідок винесення його бур'янами, через мінералізацію органічної речовини післязбиральних решток, за несвоєчасного і неякісного обробітку ґрунту. Для того щоб сформувати в зерні ячменю високий вміст білка, потрібно досягти і підтримувати у ґрунті бездефіцитний баланс поживних речовин, зокрема азоту. Нестача в поживному середовищі фосфору гальмує засвоєння азоту рослинами і синтез білків.

Усім процесам життєдіяльності рослин сприяє фосфор, якого вони засвоюють значно менше, ніж азоту. Вміст фосфору в рослинах становить 0,5–1 % сухої речовини, зокрема, на мінеральні сполуки припадає близько 10–15 %, а на органічні – 85–90 % [69]. Особливості фосфорного живлення в процесі онтогенезу визначають стан рослин і процеси метаболізму.

Потреба рослин ячменю у фосфорі змінюється залежно від стадії розвитку. Основну кількість фосфору рослини засвоюють на перших етапах життя, коли створюють його запас, а ростові та структурні процеси відбуваються інтенсивно. Потім він реутилізується і використовується під час формування й наливу зерна, коли активно синтезуються білок і крохмаль. Недостатня забезпеченість фосфором молодих рослин може призвести до недобору врожаю, незважаючи на посилене фосфорне живлення в пізніші строки [75].

Надходження фосфору в рослини ячменю залежить від доз мінеральних добрив. При цьому спостерігається тенденція підвищення його вмісту. На здатність поглинання рослинами фосфору впливає його вміст і форми сполук у ґрунті, а також співвідношення з іншими елементами живлення [65]. Тканини рослин мають здатність регулювати надходження фосфору до рослини, однак в умовах достатньої кількості фосфору у поживній суміші може відбуватися надлишкове його поглинання. Зазвичай між вмістом фосфору в ґрунті та рослинах не існує тісного кореляційного зв'язку.

Зменшення вмісту фосфору в рослинах означає його переміщення в репродуктивні органи під час їхнього формування і досягання врожаю. Тобто фосфор, поглинений у ранні фази розвитку, забезпечує формування продуктивності рослин на пізніших етапах, забезпечуючи збільшенню частки зерна в біомасі врожаю [160]. Фосфор має важливе значення в енергетичному (вуглеводному) і білковому обміні рослин. Тому достатня забезпеченість ним рослин сприяє нормальному росту й активації таких важливих фізіологічних процесів, як фотосинтез і дихання

[163]. Проте низка вчених відзначили, що з поліпшенням фосфорного живлення вміст білка в зерні зменшується, але збільшується його врожай. Це явище пояснюють ефектом ростового розбавлення [261].

Калій має важливе значення для проходження фізіологічних і біохімічних процесів. Він сприяє регулюванню водного та азотного обмінів, підвищує пружність тканин і стійкість рослин до вилягання, пришвидшує налив зерна. Особливо важливе значення має посилення живлення пивоварного ячменю. Цей елемент живлення не лише сприяє підвищенню врожаю зерна, але й одночасно поліпшує його пивоварні якості – підвищує вміст крохмалю та екстрактивність [15]. Під впливом калійних добрив зменшується білковість зерна і помітно збільшується вміст крохмалю. Це пояснюється тим, що за високого рівня калійного живлення в результаті інтенсивного відтоку вуглеводів із вегетативної маси у зерні накопичується багато крохмалю і відповідно зменшується вміст білка [151]. Також, для отримання якісної сировини для пивоваріння необхідно дозу фосфорних і калійних добрив збільшити на 20–25 %, а дозу азотних обмежити [145].

Роль калію в житті рослин різноманітна. Він активує переміщення вуглеводів із вегетативних органів до колоса. Це сприяє кращому наливу зерна та підвищенню в ньому вміст білка. Достатня забезпеченість калієм поліпшує кушіння, сприяє розвитку кореневої системи, міцної соломини, що запобігає виляганням. Калій разом із фосфором краще впливає на використання рослинами азоту, сприяє накопиченню цукрів, пришвидшує відтік вуглеводів, що сприяє збільшенню виповненості та крупності зернівок, підвищує міцність стебла та знижує ураженість рослин хворобами. Максимальна потреба рослин у калії – перший період вегетації [46].

Ефективність калійних добрив залежить від вмісту калію в ґрунті й має найбільше значення на ґрунтах з легким гранулометричним складом, які поширені в зонах Лісостепу та Полісся [37].

Поряд з основними елементами живлення для розвитку рослин і формування врожаю не менш важливе значення мають сірка та магній. Зі

зменшенням обсягів застосування органічних добрив обумовлюється дефіцит магнію. Вирішення проблеми дефіциту магнію також сприяло проведення вапнування ґрунтів, оскільки зазвичай вапнякові добрива містили магній. Нині спостерігається тенденція зменшення вмісту магнію в ґрунті. Магній стимулює та поліпшує засвоєння азоту й калію на початкових етапах росту та розвитку культури, поліпшує процес фотосинтезу (магній є основним структурним елементом у молекулі хлорофілу) і цим самим впливає на розвиток асиміляційного апарату. Сірка є у складі органічних сполук, що представлені переважно рослинними рештками та гумусом [129].

Ефективність мінеральних добрив залежить не лише від доз, але і від співвідношення в них елементів живлення. Після низки проведених досліджень в умовах Західного Лісостепу їх рекомендується вносити під ячмінь з таким співвідношення елементів живлення 1 : 1,5 : 1,5 [35].

В умовах Південного Степу України внесення рекомендованої дози мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}$) під передпосівну культивування ячменю ярого та проведення позакореневих підживлень посівів у фазі початку виходу рослин у трубку та колосіння препаратом Ескорт-біо, що забезпечує формування найбільшої висоти рослин. Урожайність зерна ячменю ярого при цьому значно залежить і змінюється під впливом біологічних особливостей сорту та забезпеченості рослин елементами живлення [164].

У дослідженнях, проведених в умовах зрошення Півдня України, встановлено прямий кореляційний зв'язок урожайності зерна з вмістом азоту і фосфору в біологічній масі ячменю ярого [103].

Висока ефективність мінеральних добрив досягається лише за дотримання обґрунтованої регіональної технології вирощування культури. У багатьох регіонах України кліматичні та погодні умови також мають значний вплив на формування їх урожайності та ефективність добрив. Дія погодних умов на ріст і розвиток рослин, поживний режим ґрунту та ефективність добрив зазвичай залежить від водного й температурного режимів, тривалості

вегетаційного періоду. Кожна окрема складова погодних умов має різнобічний вплив на формування врожаю та якості продукції. Погодні умови визначають спрямованість й інтенсивність процесів перетворення добрив у ґрунті, мають прямий вплив на умови росту й розвитку рослин і засвоєння ними поживних речовин [34]. Вони часто мають вирішальне значення. Умови погоди впливають як на доступність поживних речовин з ґрунту, так і на ефективність дії добрив на рослини. За значної нестачі води добрива не дають позитивної дії або навіть можуть негативно впливати на формування врожаю [33].

Продуктивність культур у значній мірі визначається відповідним рівнем їх мінерального живлення. Чим він вищий, тим за умов оптимального забезпечення вологою рослини більше синтезують вуглеводів і ліпше здатні засвоювати поживні речовини [208].

Інтенсивна технологія вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі внесення мінеральних добрив, сприяють послабленню впливу несприятливих метеорологічних чинників на формування врожаю. Встановлений позитивний вплив оптимального живлення рослин фосфором і калієм на обводненість колоїдів плазми і зниження коефіцієнта транспірації. Застосування добрив знижує витрати вологи на створення одиниці продуктивної частини врожаю на 20–30 % [48]. Проте в умовах значної й тривалої посухи внесені добрива, особливо азотні, підвищують концентрацію ґрунтового розчину, що може токсично вплинути на рослину [29].

Отже, ячмінь ярий – вимоглива культура до рівня родючості ґрунту, що можна пояснити його коротким вегетаційним періодом та інтенсивним засвоєнням поживних елементів. Він має слаборозвинуту кореневу систему (особливо в початковий період росту й розвитку) з низьким рівнем засвоєння важкодоступних форм мінеральних сполук. Тому важливою умовою інтенсивного росту та розвитку ячменю є достатнє забезпечення його легкодоступними сполуками поживних речовин у початкові періоди

розвитку, адже компенсувати їхню нестачу в подальшому майже неможливо. Крім того, внесення добрив уможлиблює поповнення винесення врожаєм поживних речовин і продуктивні їхні втрати з ґрунту (внаслідок вітрової і водної ерозії, випаровування в атмосферу, вимивання поза межі кореневмісного шару ґрунту тощо), а отже, дає змогу не тільки відновлювати, а й підвищувати родючість ґрунту та продуктивність сільськогосподарських культур, забезпечувати охорону довкілля.

Дози внесення мінеральних добрив під ячмінь ярий насамперед залежать від ґрунтово-кліматичних умов вирощування, параметрів родючості ґрунту, особливостей сорту й мети вирощування. Особливості живлення рослин чітко проявляються не тільки у застосуванні певних доз добрив, а й у правильному поєднанні в них елементами живлення, які мають значно більше значення у формуванні продуктивності, ніж кількість внесених добрив. Доза внесення мінеральних добрив під посіви ячменю залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Зазвичай на чорноземних ґрунтах вносять $N_{30-45}P_{40-60}K_{40-50}$, на малородючих – її збільшують до 60–90 кг/га д. р. Основну кількість добрив під ячмінь ярий, особливо фосфорних і калійних, вносять під зяблевий обробіток ґрунту, а також під передпосівну культивуацію та в рядки під час сівби. За умов достатнього зволоження він добре реагує і на підживлення сходів азотом. Із усіх ярих колосових культур ячмінь найкраще використовує і окупує пряму дію й післядію добрив.

Отже, при вирощуванні ячменю за інтенсивною технологією до внесення мінеральних добрив необхідно підходити диференційовано з урахуванням багатьох чинників, а саме умов зволоження, рівня родючості ґрунту, попередників, строків внесення, біологічних властивостей сортів, післядії добрив та напрямку використання вирощеного врожаю.

1.3 Продуктивність ячменю голозерного за різного удобрення

Якісний і високий урожай ячменю можна одержати за умов

дотримання технології вирощування та врахування біологічних особливостей культури. Завдяки збалансованості мінерального живлення рослин можна керувати кількістю та якістю врожаю [118].

Добрива – першочерговий і найбільш ефективний засіб зростання врожайності зерна ячменю. Дози добрив та їх співвідношення під ячмінь ярий необхідно коригувати з урахуванням біологічних особливостей сорту, вмісту рухомих сполук елементів живлення у ґрунті, попередників і мети використання його зерна [189]. Добрива сприяють збільшенню рухомих форм азоту, фосфору та калію в ґрунті. Між кількістю внесених добрив, вмістом рухомих форм поживних речовин у ґрунті та врожайністю культур встановлено тісний кореляційний зв'язок. Саме рухомі форми цих сполук сприяють стабілізації рівня врожайності та зменшенню негативного впливу погодних умов [114]. Застосування добрив сприяє поліпшенню поживного режиму ґрунтів [4]. Нині серед найголовніших проблем сільськогосподарського виробництва є деградація ґрунтів, стрімке погіршення їхньої родючості та ігнорування закону повернення основних елементів живлення, винесених урожаєм [186]. Одним зі способів запобігання цьому є внесення оптимальних доз мінеральних добрив [13].

Відомо, що раціональна система удобрення повинна враховувати потреби рослин в елементах живлення впродовж життєвого циклу, своєчасно забезпечувати їх потрібними елементами живлення в необхідних кількостях і співвідношеннях та найдоцільніших формах. При цьому наголошується, що при удобренні ґрунту під ячмінь треба звертати увагу на його сортові особливості [20]. Встановлено, що навіть середні врожаї ячменю беруть із ґрунту більше азоту, фосфору й калію на формування одиниці врожаю, порівняно з іншими зерновими культурами. Також доведено, що повне мінеральне удобрення дає більший приріст урожайності зерна, ніж удобрення тільки одним елементом або парними комбінаціями основних елементів живлення [161].

З урахуванням біологічних особливостей сорту, гідротермічних умов,

типу ґрунту та вмісту елементів живлення в легкодоступній формі визначається співвідношення елементів у складі повного мінерального добрива [238]. Нестачу добрив частково можна компенсувати застосуванням бактеріальних препаратів і мікродобрив, які не лише сприятимуть підвищенню врожайності, а й поліпшенню якості продукції [2].

На чорноземі потужному важкосуглинковому північно-західної частини Лісостепу оптимальна доза мінеральних добрив під ячмінь ярий незалежно від сорту є $N_{32}P_{32}K_{32}$ [176].

Основна роль у підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур належить азоту. Він є важливим біологічним елементом. Величина загального запасу азоту в ґрунтах є показником їх потенційної родючості [159].

Для встановлення оптимальних доз і строків внесення азотних добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур використовують різні методи визначення потенційно доступного азоту [87]. Вони передбачають визначення вмісту азоту нітратів, обмінного амонію і легкомінералізованих органічних сполук, тобто безпосередньо засвоюваного азоту мінеральних сполук і його найближчого резерву. Найбільше корелює з вмістом азоту у вегетативних органах рослин і з величиною врожаю кількість азоту мінерального в кореневмісному шарі ґрунту [88]. Це визначає перевагу його застосування для ґрунтової діагностики азотного живлення рослин. Проте аналіз ґрунту не може передбачити вплив на поглинання рослинами поживних речовин і їх зміни від таких чинників, як погодні умови, вибіркова поглинальна здатність культур із ґрунту залежно від фаз розвитку, мікробіологічних процесів у ґрунті, тощо. Тому під час вегетації для оцінювання і коригування мінерального живлення культур застосовують рослинну діагностику [36].

Режим мінерального живлення, агрономічні властивості ґрунтів і фітосанітарний стан значною мірою визначається кількістю і якістю рослинної маси, що надходить у ґрунт після різних культур.

Сільськогосподарські культури внаслідок різних біологічних особливостей і технологій їх вирощування неоднаково впливають на режим лабільних органічних речовин [17]. Рослинні рештки містять багато елементів живлення, які використовують наступні культури сівозміни. Тому облік їхньої маси і наявності в них поживних речовин необхідне для вирішення низки важливих питань, таких як розробка систем удобрення, структури сівозмін, системи обробітку ґрунту та ін.

Вважають [80], що фосфорні добрива на низькому азотно-калійному тлі треба вносити у дозі 40 кг/га д. р., а на середньому та підвищеному – 60 кг/га д. р. При цьому середній коефіцієнт використання фосфору з добрив складає 34–36 %. Завдяки збільшенню доз азотних добрив коефіцієнт підвищується, а за збільшення фосфорних – знижується.

Співвідношення елементів живлення в складі повного мінерального добрива визначається типом ґрунту, його забезпеченістю елементами у легкодоступній формі, гідротермічними умовами і біологічними особливостями сорту [248].

Під ярий ячмінь мінеральні добрива пропонують вносити в такій дозі: $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$ [18]. У разі розміщення ячменю після стерньових попередників і на ґрунтах з низькою родючістю дозу мінеральних добрив збільшують на 25–30 %. Фосфорні і калійні добрива вносять під зяб, азотні – застосовують навесні [38].

У ґрунтово-кліматичних умовах Північного Степу на чорноземах звичайних з метою отримання 3,08–3,33 т/га зерна I класу якості ячмінь ярий сорту Галактик слід вирощувати після пшениці озимої за технологією, що передбачає основне внесення мінеральних добрив дозою $N_{20}P_{20}K_{20}$, локальне підживлення рослин у фазі кущіння N_{30} та застосування мікродобрива Реаком-СР-Зерно для передпосівної обробки насіння (3 л/т) та позакореневого підживлення рослин наприкінці фази кущіння (3 л/га). За вирощування після кукурудзи і соняшнику для забезпечення формування відповідно 3,03–3,30 т/га зерна I класу та 2,91–3,15 т/га зерна II класу, треба

вносити $N_{40}P_{40}K_{40}$ з локальним підживленням рослин у фазі куціння азотом дозою N_{30} та застосовувати мікродобриво Реаком-СР-Зерно для передпосівної обробки насіння (3 л/т) та позакореневого підживлення рослин наприкінці фази куціння (3 л/га) [116].

На Слобожанському дослідному полі ННЦ «Інституту ґрунтознавства і агрохімії імені О. Н. Соколовського», у шестипільній зерно-просапній сівозміні з багаторічними травами на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому між варіантами дослідів за врожайністю ячменю ярого не виявлено суттєвої різниці. При цьому за посушливих погодних умов коригування живлення ячменю ярого позакореневою обробкою після закінчення фази куціння та у пізніші строки не має суттєвого впливу і не є ефективним прийомом. Основною причиною вважаються біологічні особливості рослин ячменю ярого, який потребує максимуму елементів живлення саме на ранніх етапах онтогенезу – до закінчення фази куціння. Результати ґрунтової та рослинної діагностики мінерального живлення ячменю виявили незбіжність, що ймовірно причиною є несприятливі погодні умови на початку вегетації рослин. Коригування живлення ячменю ярого позакореневими підживленнями після закінчення фази куціння та у пізніші строки не має суттєвого впливу і не є ефективним прийомом [37].

В умовах Правобережного Лісостепу на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах внесення мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{45}K_{45}$ і застосування регуляторів росту рослин (Терпал або Біном) забезпечувало реалізацію генетичного потенціалу сортів Набат і Вінницький 28 на 60–70 %. При цьому рівень урожайності зерна відповідно складав 6,39–5,78 т/га за показника вмісту білка (13,8–13,9 %), що важливо при використанні його на кормові цілі [130].

На основі отриманих результатів досліджень, їх енергетичного і економічного аналізу та оцінювання на конкурентоспроможність для отримання максимальної урожайності ячменю ярого (6,39 т/га) з високим вмістом у ньому білка (14,0 %) в Правобережному Лісостепу рекомендується

мінеральні добрива вносити у дозі $N_{90}P_{45}K_{45}$ та проводити обробку посівів ячменю ярого інтенсивних сортів регулятором росту рослин Терпал (мепікват-хлорид (305 г/л) + етефон (155 г/л)) у фазу початок виходу в трубку у дозі 2 л/га [187].

Вирощування інтенсивних сортів ячменю озимого сортів Атлант Миронівський і Пасо потребує внесення діаміфоски у дозі $N_{10}P_{26}K_{26}$ до сівби, весняного підживлення аміачною селітрою (N_{34}), а в період виходу рослин у трубку – карбаміду в дозі N_{46} і позакореневого підживлення карбамідом з мікродобривом Еколист у дозі 4,0 л/га. Завдяки цьому можна отримати урожайність зерна сорту Атлант Миронівський на рівні 6,90 т/га, а Пасо – 7,42 т/га, що більше за контрольні ділянки на 4,70–5,06 т/га [226].

Для підвищення врожайності ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу на чорноземі опідзоленому середньосуглинковому в польовій сівозміні слід запроваджувати оптимальні комбіновані системи мінерального, органічного та органо-мінерального удобрення, що включають в себе традиційне удобрення: дію мінеральних добрив і післядію гною, а також альтернативних добрив – соломи попередника з компенсальною дозою азоту 10 кг/т у поєднанні з сидеральною біомасою гірчиці білої. Приріст урожаю зерна був у межах від 2,04 до 2,19 т/га порівняно з контролем [22].

На темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу найвищий урожай (4,11 т/га) ячменю ярого отримали за внесення добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Приріст урожайності відносно контролю становив 0,92 т/га, або 30 %, за врожаєм на контролі 3,19 т/га. При цьому зібране зерно відповідало вимогам пивоварного призначення [18].

На сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті Карпатського регіону застосування безпосередньо під ячмінь ярий мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ і заорювання один раз за ротацію сівозміни 40 т/га гною забезпечує формування врожайності зерна на рівні 3,50–3,91 т/га залежно від підтипу сівозміни [231].

На темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Лісостепу найбільшу врожайність ячменю озимого сорту Монро 5,81 т/га при запрограмованій 6,0 т/га, в середньому за роки досліджень, одержали за внесення розрахункових мінеральних добрив у дозі $N_{114}P_{115}K_{115}$. Приріст урожайності в цьому варіанті становив 2,85 т/га, або 96 %, а до рекомендованої дози $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 1,30 т/га. Рекомендована доза $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечила врожайність 4,51 т/га, що дало приріст урожайності до контролю 1,55 т/га, або 52 %. Найнижча врожайність зерна – 2,96 т/га була у контрольному варіанті дослідження – без внесення добрив. Найвищий вміст білка 10,9 % і його загальний вихід 0,63 т/га одержано за внесення розрахункової дози добрив на запрограмовану врожайність 6,0 т/га. В інших варіантах вміст білка був дещо нижчий, а на контролі – найнижчим і становив 9,3 % при загальному виході 0,27 т/га [166].

У дослідженнях Т. В. Качанової [115] відзначено важливу роль дозування добрив: внесення азотних і фосфорних добрив у дозі $N_{90}P_{60}$ забезпечило на 0,34 т/га вищу за контроль врожайність зерна – 2,27 т/га та на 0,20 т/га вищу, ніж у варіанті з внесенням $N_{60}P_{40}$ (внесення $N_{60}P_{40}$ забезпечувало зниження приросту врожайності зерна відносно контролю).

Вивчення впливу норм висіву та мінеральних добрив на складові продуктивності та врожайність ячменю ярого голозерного і плівчастого на чорноземі глибокому вилуженому легкосуглинковому в умовах Північного Лісостепу показало, що оптимально поєднувати норми висіву (4 млн насінин/га) та дози мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$). При цьому отримано найвищий рівень урожайності ячменю голозерного (5,21 т/га) і плівчастого (5,37 т/га) та найбільший приріст урожаю від внесення добрив – відповідно 1,34 (31 %) та 1,18 т/га (28 %) [193].

Одним із ефективних способів оптимізації живлення є проведення позакореневих підживлень рослин в основні періоди вегетації необхідними елементами живлення [249]. Поліпшення живлення забезпечує зменшення стресів у рослин, викликаних несприятливими погодними умовами, що є невід'ємною складовою інтенсивного вирощування сільськогосподарських

культур [250].

За вирощування ячменю ярого на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу позакореневі підживлення посіву ячменю ярого добривом органічного походження Фертігрейн Фоліар на різних фонах мінерального живлення є ефективним заходом підвищення вмісту білка в зерні. Так, проведення підживлення на тлі мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечує вміст білка в зерні на рівні 11,5 %, що було найвищим показником у досліді. Приріст вмісту білка відносно фону (мінеральних добрив) становив 0,27 % [15]. У цих же умовах поєднання основного мінерального удобрення з позакореневим підживленням добривами органічного походження з умістом мікроелементів забезпечує підвищення врожаю зерна. Внесення Фрея–Аква на тлі мінеральних добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ створює оптимальні умови живлення рослин, що сприяє отриманню найвищого показника їхньої висоти на рівні 84 см. Відносно контролю без підживлення добривами з умістом мікроелементів приріст висоти ячменю становив 2 см, а врожайність зерна підвищувалася на 0,33 т/га [16].

Мінеральні добрива не тільки підвищують урожайність ячменю, а й поліпшують якість зерна. Вміст білка є важливим показником якості зерна, який визначає цільове його призначення – продовольче або для пивоваріння. Безпосередній вплив на підвищення вмісту білка має кількість у ґрунті азоту мінеральних сполук за оптимальної забезпеченості фосфором і калієм [228].

Отже, з проведеного огляду літературних джерел можна зробити висновок, що ячмінь добре реагує на внесення мінеральних добрив. Особливо важливо забезпечити оптимальне живлення рослин на початку вегетації. Більш пізніші кореневі та позакореневі підживлення менш ефективні. Ячмінь голозерний, порівняно з плівчастим, має нижчий рівень урожайності, менше виносить елементів живлення з ґрунту. Тому може потребувати і менших доз внесення добрив. Ці питання є актуальними і потребують проведення додаткових досліджень у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Висновки до розділу 1:

1. Недостатня характеристика сортів ячменю голозерного, занесених до Державного реєстру, зумовлює необхідність детальніше оцінити їх продукційні можливості для конкретних ґрунтово-кліматичних умов регіону.

2. Група голозерних сортів ячменю у зв'язку з меншою тривалістю селекційного процесу досить неоднорідна за вимогами до умов вирощування, в тому числі мінерального живлення.

3. Вихід цінної крупи із зерна ячменю голозерного біля 90 % (тоді як із плівчастого – 55–60 %). Крім того, вона містить цінні складові – оболонку й зародок зернівки.

4. Ячмінь голозерний досить вимогливий до родючості ґрунту. Порівняно короткий вегетаційний період, ймовірність полягання посівів, слабкий розвиток кореневої системи і невисока її засвоювальна здатність зумовлюють необхідність ретельного підходу до оптимізації живлення застосуванням удобрювальних продуктів.

5. До системи удобрення ячменю голозерного потрібно підходити диференційовано з урахуванням рівня родючості ґрунту. Умов зволоження, попередників, післядії добрив, біологічних властивостей сорту та напряду використання вирощеного зерна.

6. Ячмінь голозерний добре реагує на внесення мінеральних добрив, але формує нижчий рівень урожайності порівняно з плівчастими сортами, тому може потребувати і менших доз внесення добрив і в іншому поєднанні елементів живлення.

Результати досліджень, викладені в розділі, опубліковано в працях [56, 67].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Ґрунтово-кліматичні та погодні умови

Формування продуктивності сільськогосподарських культур, у тому числі і ячменю ярого, залежить не лише від агротехнології, а й від ґрунтово-кліматичних умов регіону вирощування. Детальний їх аналіз дозволяє знайти певні їх складові, що можуть суттєво впливати на ріст і розвиток рослин та особливості формування врожаю та показники його якості в певних умовах [174].

Дослідження проводилися впродовж 2021–2023 рр. на дослідному полі Уманського національного університету садівництва в стаціонарному польовому досліді (№ 87 реєстрації НААН України), що територіально розміщується в м. Умань Черкаської обл. з географічними координатами 48°46' північної широти і 30°14' східної довготи [200]. Воно розташоване в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції [162]. У межах України лісостепова ґрунтово-кліматична зона є перехідною від чорноземно-степової до лісо-лучної. Вона поділяється на три підзони: Правобережно-Дніпровську, Лівобережно-Дніпровську та Прикарпатську.

Підзона Правобережного Лісостепу є однією із найбільш продуктивних за агробіологічним потенціалом. Ґрунтовий покрив зони сформований ґрунтоутворювальними породами лесами і лесовидними суглинками, досить строкатий – ясно-сірі лісові ґрунти – 3,8 %, сірі лісові – 11,3, темно-сірі опідзолені – 13, чорноземи опідзолені – 21,6, чорноземи типові – 36,5, лучно-чорноземні – 2,8 і лучні ґрунти – 3,5 % [172].

Рельєф дослідного поля Уманського НАУ розміщений на підвищеному, вирівняному плато на висоті 245 м над рівнем моря. Воно утворилося на вододілі південно-східної і північно-західної експозицій. Поверхня плато

вирівняна, має незначний нахил – менше ніж 2–3°. Поверхневого стоку талих і атмосферних вод зазвичай не спостерігається, тому змиву ґрунту майже не відбувається. Підземні води залягають на глибині 20 м і глибше, тому їх вплив на водоспоживання сільськогосподарських культур, формування будови і властивостей ґрунту майже відсутній. Вологість у цьому регіоні є лімітувальним чинником для формування високих врожаїв. Поповнення запасів ґрунтової вологи відбувається лише завдяки атмосферним опадам [205].

Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземом опідзоленим важкосуглинкового гранулометричного складу, що сформувався на лесі (за класифікацією FAO/WRB, 2022 – Phaeosems). За своїми генетичними властивостями він займає проміжне місце між чорноземом типовим і темно-сірим опідзоленим ґрунтом [173]. Тому, одержані в польових дослідках на чорноземі опідзоленому дані можуть бути поширені й на ці підтипи чорноземних ґрунтів.

Профіль чорнозему опідзоленого чітко виражений. Він об'єднує генетичні ознаки, що притаманні чорнозему типовому (має високий вміст гумусу та глибоку гумусованість по профілю, пронизаний кротовинами та ін.) і темно-сірим лісовим ґрунтам (чітка диференціація профілю за алювіально-ілювіальним типом, ущільнення та оглинювання в середній частині профілю, глибока вилуженість карбонатів, білувата присипка в гумусовому горизонті) [204]. Гумусованість профілю залежить від експозиції і крутизни схилу, рівня зволоження. На ґрунтах важкого гранулометричного складу зазвичай чітко виділяються ілювіальний та елювіальний горизонти. Ці ознаки більше проявляються на схилах північних експозицій.

Чорнозему опідзоленому характерні порівняно з іншими підтипами чорноземів невеликі запаси гумусу та глибоке залягання карбонатів. Зазвичай карбонати залягають досить глибоко, що унеможливорює їх капілярне підняття до гумусового горизонту. Тому у верхній частині гумусового горизонту періодично може спостерігатися дефіцит кальцію в ґрунтовому

розчині. Це спричиняє незначне його підкислення [172].

Гранулометричному складу чорнозему опідзоленого зазвичай притаманне переважання крупних пилюватих (40–65 %), мулистих (17–40) часточок і фізична глина (23–65 %) [173]. Характерною особливістю є також перерозподіл до 5 % мулистих часточок з елювіального в ілювіальний горизонт. Верхній горизонт збіднений на півтораоксида, але в ньому більше SiO_2 .

Чорноземи опідзолені мають високу природну родючість. Проте тривале сільськогосподарське його використання призвело до агрофізичної деградації, значних втрат гумусу і, як наслідок, відбулося значне зниження їх потенційної природної родючості.

Вміст гумусу в шарі ґрунту 0–20 см перед закладанням стаціонарного досліду в 2010 році був підвищений (3,8 %), реакція ґрунтового розчину – дуже слабкокисло ($\text{pH}_{\text{ксі}} 5,8$), гідролітична кислотність 2,8 смоль/кг, сума ввібраних основ 24,8 смоль/кг, ємність катіонного обміну 27,6 смоль/кг, ступінь насиченості основами 89,9 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький (105 мг/кг), рухомих сполук фосфору і калію – підвищений (відповідно 106 і 132 мг/кг). Ґрунт характеризується середнім вмістом кальцію, магнію, низьким вмістом рухомих сполук мангану, цинку та міді, середнім вмістом кобальту [209].

Отже, чорнозем опідзолений досліду має сприятливі агрохімічні та фізико-хімічні властивості і є придатним для вирощування зернових культур за умови достатнього вологозабезпечення, мінерального живлення рослин, температурного режиму та інших чинників. За належної агротехнології він здатний забезпечити отримання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур.

Встановлення ефективності будь-яких агротехнологічних заходів не можливе без врахування агрокліматичних ресурсів регіону. Абіотичні чинники у взаємодії з чинниками, що вивчаються в досліді, визначають ефективність варіантів, що вивчаються в досліді [211]. Аналіз взаємодії

агрокліматичних чинників із процесами росту й розвитку певної сільськогосподарської культури на основі застосування конкретних агротехнологічних заходів є складовою, яка визначає можливість застосування оптимального варіанту досліду в регіоні з огляду на можливе лімітування реалізації позитивного ефекту від цього агрозаходу за несприятливих погодних умов [1]. Поряд з впливом складових технології вирощування сільськогосподарських культур на формування їх урожаю та якості продукції, погодні умови вегетаційного періоду мають значний вплив [216]. В умовах Правобережного Лісостепу волога є одним з основних чинників, що лімітує реалізацію їх продуктивного потенціалу [1].

Клімат регіону, де проводились дослідження, за даними метеостанції Умань, розміщеної за два кілометри від стаціонарного досліду, за тепловим режимом помірно-середньо-континентальний із нестійким зволоженням, холодними умовами взимку і жаркими, а часто і сухими улітку. Сума активних температур у межах 2400 на півночі та 3200 на півдні Правобережного Лісостепу. Гідротермічний коефіцієнт 1,1–1,2, але може змінюватися в більш широких межах. За основними складовими погоди він належить до нестійкого зволоження. За даними метеостанції Умань, середня температура повітря в січні – $-3,4^{\circ}\text{C}$, у червні – $+20,9^{\circ}\text{C}$. Середньорічна температура повітря – $+8,8^{\circ}\text{C}$. В окремі роки спостерігається відхилення температур від середніх багаторічних показників.

Опадів за теплий період року випадає в середньому 395 мм, але їх розподіл у часі нерівномірний, за холодний – 191 мм. Гідротермічний коефіцієнт 1,1, але він значно змінюється по роках і періодах вегетації сільськогосподарських культур. Загалом вегетаційний період триває близько 210 діб, а період активної вегетації (температура вище 10°C) – 165 діб.

Період з середньодобовою температурою вище ніж $+5^{\circ}\text{C}$ триває до 230 діб, понад $+10^{\circ}\text{C}$ залежно від року – 140–160 діб.

Середньобагаторічний час весняного відновлення вегетації за стійкого переходу середньодобової температури через $+5^{\circ}\text{C}$ припадає на 29 березня,

припинення біологічної вегетації зазвичай настає 6 листопада [1].

Для регіону проведення досліджень характерні чітко виражені пори року. За пониження температури повітря до $+15^{\circ}\text{C}$ настає осінній період. У період проведення досліджень він був тривалим, зазвичай теплим і сонячним. Перехід температури повітря нижче $+10^{\circ}\text{C}$ настає із середини жовтня. У кінці жовтня наступала похмура та дощова погода. В осінній період випадали дощі, що сприяло відновленню запасів вологи у ґрунті.

Зима зазвичай починається в другій половині листопада і настає за стійкого переходу середньодобової температури повітря через 0°C . Зими характеризувалися переважно теплою, хмарною погодою. Періодично спостерігалися відлиги. Зимовий період закінчується на початку березня. Середня його тривалість 105–115 діб, але в окремі роки можуть бути значні відхилення. Найхолоднішим є січень і характеризується зниженням середньої температури повітря до рівня $-3... - 4^{\circ}\text{C}$. За зимовий період випадає 112 мм опадів, тобто лише 19 % від річної кількості. Стійкий сніговий покрив зазвичай утворюється з другої декади грудня. Глибина промерзання ґрунту в середньому сягає 58 см, в окремі роки – до 100 см.

Потепління, тобто перехід середньодобової температури повітря через 0°C , зазвичай відбувається в другій декаді березня і вважається початком весни. Тривалість весняного періоду, зазвичай триває до початку третьої декади травня, 55–65 діб. Весняний період характеризується невисокою температурою повітря ($9-10^{\circ}\text{C}$) та незначною кількістю опадів 129 мм, що становить 22 % річної кількості.

Ґрунт до глибини 30 см зазвичай відтає в середині березня, а на повну глибину промерзання – в кінці березня або в першій декаді квітня. Агрофізична зрілість верхнього шару ґрунту настає 10–15 квітня, а біологічна – в кінці квітня або на початку травня. В травні можуть бути заморозки. Останні заморозки на поверхні ґрунту відмічаються 5–10 травня, а в повітрі – 25 травня.

Літній період у регіоні настає на початку третьої декади травня і

характеризується переходом середньодобової температури повітря через позначку +15 °С. Зазвичай він триває 100–115 діб і закінчується до середини вересня. Погодні умови літнього періоду позитивно впливають на ріст і розвиток зернових культур помірного поясу. Проте в окремі роки спостерігається літня посуха. Вона спричинена тривалою відсутністю атмосферних опадів і дією високих температур повітря, що призводить до значної транспірації і великих втрат ґрунтових запасів вологи. Ці явища посилюють природне ущільнення чорнозему опідзоленого, тому зазвичай у середині вегетаційного періоду він стає злитим, брилистим, верхній шар ущільнюється. В окремі роки навпаки, можуть спостерігатися часті та інтенсивні зливові дощі [1].

За літній період у середньому випадає 198 мм, що складає 34 % середньобагаторічної кількості. За період з температурою вище, ніж +10 °С середня кількість опадів зменшується з 370 мм на півночі до 300 мм на півдні регіону. Гідротермічний коефіцієнт при цьому також знижується з 1,4 до 1,1.

Погодні умови у роки проведення польових дослідів мали певні особливості (табл. 2.1, 2.2).

Таблиця 2.1

Кількість атмосферних опадів у період вегетації у роки проведення польових дослідів, мм (за даними метеостанція Умань)

Рік	Місяць					За період вегетації
	III	IV	V	VI	VII	
	Середньобагаторічне значення					
	36	41	52	81	68	278
2021	32,4	49,9	56,4	104,7	89,8	252,4
2022	13,4	57,7	22,4	36,3	28,1	157,9
2023	27,2	129,6	42,4	15,8	82,5	297,5

Температура повітря в період вегетації у роки проведення польових дослідів, °С (за даними метеостанція Умань)

Рік	Місяць					Середнє значення за період вегетації
	III	IV	V	VI	VII	
	Середньобагаторічне значення					
	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	13,5
2021	2,0	7,4	14,0	19,8	23,2	13,3
2022	2,0	8,6	14,5	20,5	21,0	13,3
2023	5,1	8,8	15,4	19,6	21,3	14,0

Весна 2021 року видалася холодною. Середньомісячні температури була нижче багаторічних значень у березні – на 0,5 °С, квітні – 2,3 і у травні – на 1,4 °С. Упродовж березня було аномально прохолодно з різкими змінами середньодобових температур повітря. Інтенсивність опадів була нерівномірною та різної інтенсивності. Квітень також відрізнявся нестійкою прохолодною погодою, в окремі періоди з мінусовою температурою на тлі достатнього вологозабезпечення. У травні був нерівномірний розподіл атмосферного зволоження та тепла зі значною зміною температур. За весняний період сума опадів була в межах кліматичної норми і лише на 9,7 мм перевищувала середньобагаторічне значення. У цілому весняний період був сприятливим за зволоженням і температурним режимом для одержання сходів і початкового росту зернових колосових культур, у тому числі ячменю голозерного.

Літній період 2021 року був одним із найтепліших за період тривалих метеорологічних спостережень з контрастним температурним режимом, проте при цьому температура не була вищою багаторічних рекордних показників. Окремі періоди були з прохолодними днями і холодними ночами, інші – зі спекотними днями і задухою. Оподи випадали нерівномірно з різною інтенсивністю, тому впродовж тривалого періоду вегетації вологозабезпечення рослин було нерівномірним. У червні та липні на тлі

інтенсивного наростання середньодобових температур вище $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ був досить нерівномірний розподіл атмосферних опадів. Друга частина липня та серпень характеризувались високими амплітудними змінами опадів і температури. Середня температура повітря літнього сезону на $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ була вищою за середню багаторічну величину. Сума атмосферних опадів була на $66,4\text{ мм}$ більше кліматичної норми і становила $264,4\text{ мм}$. За період вегетації ячменю голозерного гідротермічний коефіцієнт становив $1,2$, що вказує на недостатнє зволоження. В межах місяців він змінювався від $1,8$ у червні (надмірне зволоження) до $1,33$ – у липні 1 (достатнє зволоження) [158].

Погодні умови 2021 і 2022 рр. були сприятливішими для росту та розвитку ячменю ярого порівняно з 2023 р. (табл. 2.3). Крім цього, більша кількість опадів і сприятлива температура повітря 2021 р. зумовили полягання посівів, що негативно вплинуло на продуктивність рослин.

Таблиця 2.3

Кількість опадів (за 5 діб до початку та до кінця фази росту) і діб з оптимальною температурою в різні фази росту та розвитку ячменю ярого голозерного

Рік урожаю	Фаза росту та розвитку рослин				
	ВВСН 10	ВВСН 20	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 73
Кількість опадів, мм					
2021	40,4	8,5	57,9	5,6	58,7
2022	34,7	2,6	30,2	0,5	23,3
2023	0,0	43,5		14,7	0,0
Кількість діб з оптимальною/неоптимальною температурою					
2021	16/0	11/0	21/5	7/0	17/0
2022	16/0	8/4	17/5	1/5	14/11
2023	5/8	25/7		3/6	5/15

Погодні умови весняного періоду 2023 року видалися холодними і дощовими. Ґрунт тривалий час не прогрівався, хоч був і немерзлим. Це зумовило пізніший строк сівби ячменю. Сівбу його провели лише в I декаді травня. Ґрунт був грудкуватим, тому сходи були нерівномірні.

Минулорічна дощова осінь з пізнім завершенням збору кукурудзи, призвела до того, що довелося пізно завершувати основну підготовку ґрунту. Крім того, пізня, холодна та дощова весна на два тижні змістила початок посівної. Але з іншого боку, була певна перевага перед минулим роком – у метровому шарі ґрунту були значні запаси вологи.

На початку другої декади травня 2023 року запаси продуктивної вологи під посівами ячменю ярого в шарі ґрунту 0–20 см були достатніми (31 мм). Вологозабезпечення метрового шару ґрунту було оптимальним (160 мм). У цілому агрометеорологічні умови для росту й розвитку ячменю ярого у другій–третьій декаді травня були сприятливими.

Опадів за сільськогосподарський 2022–2023 рік випало 486 мм, що на 100 мм менше середньобагаторічного показника, або 83 % кліматичної норми. Найбільш сухо було у січні–лютому, червні, навпаки – надмірно дощовим видався листопад–грудень, квітень і липень.

Так, за квітень–травень опадів випало 172 мм, що на 79 мм більше середньорічного. Отже, особливо засушливими були червень, серпень і вересень.

Показники температури повітря впродовж 2022–2023 сільськогосподарського року були нерівномірними. З жовтня до квітня температура повітря на 0,9–3,6 °C була вищою, а лише в квітні на 0,9 °C нижчою середніх багаторічних показників. Це сприяло значним втратам запасів води із ґрунту. За таких умов забезпеченість рослин водою була в цілому на початку вегетації доброю, а в подальшому задовільною.

Отже, за даними агрометеорологічних спостережень у 2023 році були певні відхилення показників погодних умов від середньобагаторічних даних. У цілому в цьому році вони були сприятливими для вирощування польових

культур, у тому числі і ячменю ярого.

Отже, в цілому ґрунтово-кліматичні умови регіону придатні для формування високої продуктивності ячменю ярого голозерного. При цьому необхідно зазначити, що погодні умови за період проведення досліджень знаходились у межах норми відхилень для умов нестійкого зволоження. З урахуванням біологічних особливостей ячменю ярого, найбільш складні умови для реалізації його потенціалу складались в умовах 2022 року, особливо у період червня–липня. Погодні умови 2023 року вегетації ячменю ярого були з найкращим вологозабезпеченням. У підсумку співвідношення надмірного зволоження у окремі періоди вегетації за різкої зміни середньодобових температур мали різний вплив на ростові процеси і продукційний процес рослин ячменю. В цілому, відповідно до поданих даних погодні умови у роки проведення досліджень можна охарактеризувати як відносно сприятливі для росту й розвитку ячменю голозерного як за характером зволоження, так і за температурним режимом, а певна їх контрастність дозволяє використати абіотичну складову в системі оцінювання отриманих експериментальних даних.

2.2 Методика проведення дослідження

Дослідження проводили у тривалому стаціонарному досліді, закладеному в 2010 році [200]. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя) (табл. 2.4).

У варіанті досліді $N_{110}P_{60}K_{80}$, який було визначено виробничим контролем, насиченість добривами 1 га площі сівозміни розраховано з метою 100 %-го компенсування винесення основних елементів живлення із зерном і насінням культурами сівозміни. Схему досліді передбачає вивчення можливості за результатами проведених досліджень зниження доз окремих видів мінеральних добрив, а також оптимального їх поєднання. Розміщення

варіантів у досліді послідовне з триразовим повторенням. Загальна площа дослідної ділянки 36 м², облікова – 25 м².

Таблиця 2.4

**Схема стаціонарного польового досліду «Агрохімічна ефективність
різного співвідношення видів мінеральних добрив у зерно-просапній
сівозміні»**

Варіант досліду (насиченість добривами 1 га площі сівозміни)	Сівозміна			
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	—	—	—	—
N ₅₅	N ₇₅	N ₈₀	N ₃₅	N ₃₀
N ₁₁₀	N ₁₅₀	N ₁₆₀	N ₇₀	N ₆₀
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	P ₆₀ K ₇₀	P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₅₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ K ₇₀	N ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₅₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	N ₇₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₆₀
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀

Відповідно до схеми досліду застосовували такі види мінеральних добрив: селітра аміачна, суперфосфат гранульований і калій хлористий. Фосфорні та калійні добрива в досліді вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивуацію та в підживлення пшениці озимої. Нетоварну частину врожаю культур сівозміни (солому, стебелиння) залишали на полі на добриво.

У досліді вирощували ячмінь звичайний ярий (*Hordeum vulgare* L.) голозерний, дворядний, харчового призначення сорт Ахіллес. Сорт

створений методом відбору з популяції від схрещування сорту типового південного екотипу Южний із сортом Jet (зразок з Ефіопії) і належить до унікального ботанічного різновиду *glabronudum* (голе зерно і гладенькі ості) [152]. Оригінатором сорту є Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення [113]. Сорт рекомендований для вирощування в усіх зонах України. Напрями технологічного використання його зерна – харчовий (хліб, пластівців, макаронні вироби, сухі сніданки) і кормовий. Максимальна зафіксована врожайність зерна становила 8,2 т/га [152].

Сорт Ахіллес має характерні господарські та біологічні властивості. Він не вибагливий до родючості ґрунту. Рослини помірно кущаться, заввишки 80–85 см, досить посухостійкі та стійкі до вилягання. Під час сортовипробування сорт задовільно перезимовував навіть за температури – 12 °С у зоні вузла кущіння і без снігового покриву. Однак сіяти під зиму досить ризиковано [113]. Потенціал зернової продуктивності ячменю ярого сорту Ахіллес може бути реалізований лише за сівби у максимально ранні строки [152].

Рослина має дворядний, остистий колос, ості гладенькі, зазубрені. Зерно легко вимолочується. Воно формується крупним, видовженим, масою 1000 зерен 55 г, легко відокремлюється від колоскової луски, вимолочуваність 95 %, біле, склоподібне зі слабким антоціановим забарвленням, зародок дещо виступає за овал зернівки і тому за інтенсивного обмолоту може травмуватися, що приводить до зниження польової схожості. Тому під час обмолоту, особливо насінневих посівів, необхідно ретельно регулювати роботу молотильного апарату комбайна з метою мінімального пошкодження зародку зернівки. Обмолот краще здійснювати за підвищеної вологості зерна – 16–18 % [113].

Зерно без плівки, легко розмелюється в борошно чи переробляється у крупу або пластівці. У зв'язку з високою харчовою цінністю зародка та оболонки зернівки рекомендується помел у оббивне борошно, яке доцільніше

використовувати у чистому вигляді або в суміші з пшеничним у відношенні 50 : 50. Крупа із голозерного ячменю порівняно з плівчастими формами ячменю має на 1–2 % вищий вміст білка, містить практично без втрат усі біологічно важливі складові зерна і є біологічно ціннішим харчовим продуктом. Особливо це стосується крупи із ячменю голозерного з чорним і синім зерном [152].

Технологія вирощування ячменю голозерного в досліді була така ж, як рекомендована для регіону проведення досліджень для сортів плівчастого ячменю, за виключенням досліджуваних систем удобрення. В сівозміні ячмінь голозерний розміщувався після кукурудзи.

Після збирання попередника проводилося дискування на глибину 6–8 см та оранка на 22–24 см. Весною проводили вирівнювання зябу та передпосівну культивуацію.

Система удобрення ячменю передбачала внесення під зяблеву оранку фосфорних (суперфосфату гранульованого) та калійних добрив (калію хлористого). Весною під передпосівну культивуацію згідно схеми досліду вносили азотні добрива (аміачну селітру). Всі удобрювальні продукти, які використовувалися в досліді включені в «Перелік пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» [167].

Сівбу ячменю проводили за температурного режиму ґрунту 3–4 °С, сівалкою СЗ-3,6 з шириною міжрядь 15 см. Норма висіву насіння 4,5 млн схожих насінин на 1 га. Глибина загортання насіння 5 см.

Дослідження проводилися згідно загальноприйнятих методик з наукових досліджень [99]. Для обґрунтування особливостей формування урожайності та якості зерна ячменю голозерного виконували обліки і спостереження за періодами основних фенологічних фаз росту й розвитку рослин. Вони включали фенологічні спостереження, облік густоти стояння рослин, біометричні вимірювання, обчислення площі листової поверхні, облік урожаю і його структури. Визначали поживний режим ґрунту та показники якості зерна.

Вміст нітратного та амонійного азоту визначали за ДСТУ 4729:2007 [94], рухомих сполук фосфору та калію – за ДСТУ 4405:2005 [91].

Під час вегетації ячменю голозерного виконувалися такі обліки і спостереження:

– динаміку росту рослин встановлювали вимірюванням висоти типових десяти рослин з кожного варіанту досліду;

– площу листової поверхні – множенням довжини і ширини листка на коефіцієнт 0,67 у динаміці [99];

Фотосинтетичний потенціал посівів за певні проміжки часу визначали за формулою

$$\Phi\Pi = 0,5 (L_1 + L_2) \times T,$$

де $\Phi\Pi$ – фотосинтетичний потенціал, тис. м² · діб/га;

L_1 і L_2 – площа листової поверхні у певні фази розвитку, тис. м²/га;

T – тривалість міжфазного періоду, діб.

Чисту продуктивність фотосинтезу (г/м² площі листків за добу) розраховували за формулою

$$\text{ЧПФ} = B/\text{СФПП},$$

де B – урожайність зерна та соломи, г/га;

СФПП – сумарний фотосинтетичний потенціал посіву, м² · діб/га.

– структуру урожаю ячменю перед збиранням урожаю [99];

– облік урожаю зерна проводили методом суцільного збирання [99].

Аналітичні дослідження проводилися згідно загальноприйнятих методик за такими показниками:

– вміст сухої речовини – термогравіметричним методом;

– вміст основних елементів живлення в рослинному матеріалі після мокрого озолення за МВВ 31-497058-019-2005 [149];

– показники якості зерна (вміст білка та крохмалю) методом інфрачервоної спектроскопії [92];

– масу 1000 зерен за ДСТУ ISO 520:2015 [95], натуру зерна за ДСТУ 4233:2003 [93].

Коефіцієнти використання основних елементів живлення (N, P, K) з мінеральних добрив розраховували різницевим методом, порівнянням варіанту досліду з повним мінеральним добривом (NPK) і з парними їх комбінаціями (PK, NK, NP) [66].

Баланс елементів живлення в ґрунті розраховували за спрощеною методикою. Азот, що надходив у ґрунт з насінням, атмосферними опадами і фіксований з повітря вільноіснуючими мікроорганізмами прирівнювали до природних витрат (ерозія, вимивання, звітрювання), вважали, що втрати фосфору та калію від ерозії й вимивання покривалися надходженням з насінням і атмосферними опадами [52].

Оптимальну систему удобрення визначали за показниками агрохімічної, економічної та енергетичної ефективності з урахуванням витрат на застосування мінеральних добрив і збирання та доробку додаткового врожаю за технологічними картами та цін реалізації насіння ячменю у IV кварталі 2023 року [66]. Енергетичну ефективність та індекс комплексного оцінювання (ІКО) ефективності систем удобрення ячменю голозерного – за методикою описаною Г. М. Господаренком [52].

Для статистичної обробки одержаних експериментальних даних результатів проведених досліджень і визначення їх достовірності використовували пакет стандартних програм (MSOfficeExcel) і дисперсійний аналіз. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку між одержаними у досліді показниками використовували коефіцієнт кореляції за шкалою R. E. Chaddock: 0,1–0,3 – незначний; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1 – функціональний.

Індекс стабільності визначали за формулою

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

де HE – найбільший прояв ознаки;

LE – найменший прояв ознаки.

Висновки до розділу:

1. Характеристика чорнозему опідзоленого місця проведення польових досліджень вказує на його типовість для Правобережного Лісостепу та придатність для вирощування зернових культур, у тому числі і ячменю голозерного.
2. Агrometeorологічні умови у роки проведення досліджень, були типовими для регіону, хоч і мали певні відхилення. Це дозволило об'єктивно оцінити вплив систем удобрення, що вивчалися в досліді, на поживний режим ґрунту, процеси росту, розвитку та формування продуктивності ячменю голозерного.
3. Спостереження, обліки відбір зразків ґрунту й рослин і проведення їх аналізів виконували згідно ДСТУ та загальноприйнятих методик. Технологія вирощування ячменю голозерного в досліді була загальноприйнятою для регіону, крім систем удобрення, що вивчалися в досліді.

РОЗДІЛ 3

ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ ТА ПОКАЗНИКИ РОСТУ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

За реакцією на якість ґрунтів ячмінь більш подібний до пшениці, ніж до жита чи вівса [3]. Він ліпше росте на родючих структурованих ґрунтах з глибоким гумусовим горизонтом, близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину ($\text{pH}_{\text{сол}} 5,6\text{--}7,0$). Переваги культури ячменю перед іншими зерновими у формуванні вищого врожаю завдяки волозі, накопиченій у верхніх шарах ґрунту в осінньо-зимовий період. Має високу стійкість проти посухи і, порівняно з пшеницею ярою, більш скоростиглий. Прирости його врожаю від внесення добрив також вищі, ніж інших зернових культур [185].

На формування продуктивності ячменю ярого впливає низка чинників: природна родючість ґрунту, повітряний, водний, поживний режими, попередники, сорт. Серед них найважливішим є забезпеченість рослин поживними речовинами. Високу продуктивність ячменю ярого можна отримати лише за збалансованого живлення рослин необхідними елементами. Вважається, що для отримання високих його врожаїв у чорноземі опідзоленому має бути 100–150 мг/кг рухомих сполук фосфору і 120–180 мг/кг рухомих сполук калію [165].

3.1 Поживний режим ґрунту

Ячмінь ярий, порівняно з іншими зерновими культурами, має короткий період засвоєння поживних речовин. Особливі його вимоги до умов мінерального живлення також пояснюється слабким розвитком кореневої системи на початку росту. До того ж він має слабку здатність засвоювати елементи з важкорозчинних сполук і формувати на початку вегетації колос – через 8–12 діб після з'явлення сходів [2]. Ці біологічні особливості культури і

визначають підвищені вимоги до родючості ґрунту та умов мінерального живлення на початку вегетації. До закінчення куштиння рослини засвоюють близько половини азоту та фосфору і 75 % калію від загальної потреби [154]. Достатнє забезпечення рослин елементами живлення в наступні фази росту й розвитку не дає бажаного ефекту. Добрива є основним чинником відновлення і підвищення родючості ґрунту та забезпечують близько 40 % приросту врожаю [191].

Землеробське використання ґрунту і застосування добрив може змінювати властивості ґрунту. Тому ґрунти, які мають однакову природну родючість, можуть різнитися за ефективною родючістю. Різні сільськогосподарські культури і навіть їх сорти можуть на це реагувати підвищенням або зниженням врожаю та зміною його якості.

Азот добрив може вимиватися з кореневмісного шару ґрунту або звітрюватися. З усіх макроелементів він найбільше виноситься з урожаєм і має слабку післядію [30]. Навіть за внесення високих доз мінеральних добрив до 50 % від загального винесення азоту урожаєм рослини засвоюють із ґрунтових запасів [251]. У ґрунт азот надходить з добривами, а також завдяки біологічній фіксації – симбіотичній і несимбіотичній. Несимбіотична азотфіксація за внесення лише мінеральних добрив не змінюється [271]. Тому забезпеченість рослин азотом залежить не лише від загального його вмісту в ґрунті, але й від внесеного азоту з добривами, що змінює вміст у ньому мінеральних форм – нітратів та обмінного амонію [77].

Вміст нітратів та обмінного амонію в ґрунті є динамічним показником і залежать від багатьох чинників. Тому характеризувати ступінь забезпечення рослин азотом за одноразовим визначенням його вмісту в ґрунті не вдається, а лише визначення динаміки упродовж вегетаційного періоду дає певне уявлення про азотний режим ґрунту.

Внесені добрива насамперед змінюють вміст найбільш рухомих фракцій азоту – мінеральних і неспецифічних органічних сполук. На це також впливає збільшення у ґрунті кількості рослинних решток. У співвідношенні

азотовмісних сполук важливе значення мають температура й вологість ґрунту, а також вилучення післязбиральних решток, тому вміст азоту мінеральних сполук істотно змінюється не тільки за роками, а й упродовж вегетаційного періоду [78].

На прямий вплив кількості внесеного у ґрунт азоту добрив на вміст мінеральних його сполук вказують результати досліджень низки учених [86]. Вміст азоту мінеральних сполук залежить від температурного режиму і вологості ґрунту, а також інтенсивності протікання мікробіологічних процесів. Поряд з процесами амоніфікації і нітрифікації в ґрунті, проходить засвоєння азоту рослинами і мікроорганізмами, втрати внаслідок денітрифікації.

Оптимальне живлення ячменю ярого азотом необхідно забезпечити у першу чергу на ранніх етапах онтогенезу, з деякими обмеженнями його надходження в рослини у кінці вегетації, коли потреби колосків, що ростуть, задовольняються реутилізацією азоту листового апарату [89].

Як видно з даних табл. 3.1, вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті є досить мінливим показником. Він залежить як від погодних умов вегетаційного періоду. Особливостей удобрення в сівозміні, так і стадії розвитку рослин ячменю голозерного. Ці зміни були у межах від 3,5 до 43,8 мг/кг. Найбільший вплив азоту мінеральних сполук у ґрунті мали дози внесення азотних добрив. Вплив інших видів мінеральних добрив (фосфорних і калійних) на цей показник був незначним і знаходився у межах помилки дослідження ($HP_{05} = 1,1-1,8$). Ця закономірність зберігалася впродовж усього періоду вегетації ячменю ярого голозерного.

Найбільший вміст потенційно доступного азоту в ґрунті був на початку вегетації ячменю голозерного. При цьому різниця була і за роками проведення досліджень. Так, у 2023 році на ділянках без добрив вміст азоту мінеральних сполук порівняно з 2021 роком був вищим на 2,2 мг/кг, або на 31 %. Різниця при цьому у варіанті дослідження з внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{70}P_{60}K_{70}$ також була 4,4 мг/кг або 11 %.

Таблиця 3.1

Динаміка вміст азоту мінеральних сполук ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) у шарі ґрунту 0–20 см під посівами ячменю ярого голозерного, мг/кг

Варіант досліджу	Фаза росту та розвитку		
	ВВСН 20	ВВСН 73	ВВСН 93
2021 р.			
Без добрив (контроль)	7,3	3,5	6,1
N ₃₅	19,2	12,9	18,7
N ₇₀	38,1	24,6	29,8
P ₆₀ K ₇₀	7,2	9,1	11,1
N ₇₀ K ₇₀	38,8	25,5	30,5
N ₇₀ P ₆₀	38,7	25,5	30,3
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	19,8	13,6	19,1
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	39,4	26,1	30,8
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	39,1	26,1	30,6
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	39,1	25,9	30,4
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	39,4	26,1	30,5
<i>HIP</i> ₀₅	1,6	1,1	1,4
2022 р.			
Без добрив (контроль)	8,3	6,9	5,7
N ₃₅	21,1	12,0	12,5
N ₇₀	39,5	20,1	20,4
P ₆₀ K ₇₀	8,1	14,0	9,6
N ₇₀ K ₇₀	39,8	20,6	21,1
N ₇₀ P ₆₀	39,8	20,6	20,8
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	21,6	12,7	13,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	43,3	21,0	21,3
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	42,7	20,5	21,1
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	42,9	20,7	21,2
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	43,0	20,6	21,1
<i>HIP</i> ₀₅	1,8	1,2	1,4
2023 р.			
Без добрив (контроль)	9,5	5,3	9,4
N ₃₅	25,6	10,6	17,2
N ₇₀	43,3	17,8	31,1
P ₆₀ K ₇₀	9,1	5,3	12,0
N ₇₀ K ₇₀	43,4	18,1	31,5
N ₇₀ P ₆₀	43,4	18,1	31,3
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	26,2	11,0	17,7
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	43,9	18,7	31,8
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	43,6	18,5	31,6
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	43,8	18,2	31,6
<i>HIP</i> ₀₅	1,7	1,1	1,4

З цього можна зробити висновок, що погода має також істотний вплив на формування азотного режиму ґрунту. За внесення азотних добрив вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті підвищувався значно більше, ніж доза його внесення. Це пояснюється підвищенням мікробіологічної властивості ґрунту, що сприяє утворенню так званого «екстра-азоту».

З розвитком рослин вміст азоту мінеральних сполук зменшувався внаслідок інтенсивного поглинання рослинами і мікроорганізмами, а також зниження процесів амоніфікації і нітрифікації за нестачі вологи у ґрунті. У фазу ВВСН 73 ячменю його вміст був меншим, ніж на ділянках без добрив – на 17–52 %, так і за внесення добрив, наприклад, у варіанті дослідів $N_{70}P_{60}K_{70}$ – на 34–57 % залежно від погодних умов року досліджень. Підвищення чи зниження дози внесення азотних добрив неодмінно впливало на запаси азоту мінеральних сполук у ґрунті.

Одержані дані свідчать про інтенсивне засвоєння азоту рослинами ячменю у міжфазний період ВВСН 20 – ВВСН 73, а також зниження мікробіологічних процесів у ґрунті.

У період досягання зерна ячменю ярого голозерного у 2021 р. випало 57,3 мм опадів, у 2022 р. – 27,1, а в 2023 р. – 61,4 мм, що впливало на вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті. Тому під кінець вегетації ячменю голозерного вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті частково підвищувався, що перш за все свідчить про значне зменшення засвоєння його рослинами. При цьому переваги удобрених ділянок залишалися, хоч і знижувалась різниця між варіантами дослідів із застосуванням добрив.

Джерелом фосфору для живлення рослин виступає лише ґрунт і внесенні добрива. Вміст фосфору в ґрунтах залежить від ґрунтоутворювальної породи, ступеню її вивітрювання і вмісту в ґрунті органічних речовин. Лише 10–20 % загального фосфору в ґрунті є доступним для рослин, важкодоступний складає 50–60 і 20–40 % є практично недоступним. Внесенні у ґрунт фосфорні добрива піддаються перетворенням з утворенням різних форм мінеральних і органічних фосфатів [159]. Щоб збільшити вміст рухомих сполук фосфору в

ґрунті, необхідно їх вносити в дозах, які перевищують винесення його врожаєм, а також фіксацію у вигляді важкорозчинних сполук.

У живленні рослин основне значення мають мінеральні сполуки фосфору, які представлені залишками апатиту, фосфориту, солями фосфорних кислот. Вміст потенційно доступного для рослин фосфору в ґрунті змінюється в значних межах і залежить від ґрунту, його окультуреності, способів і строків внесення органічних і мінеральних добрив, зокрема фосфорних, засвоєння фосфору рослинами упродовж вегетації і біологічними особливостями вирощуваних сільськогосподарських культур.

Аналізуючи дані табл. 3.2, можна відмітити, що найбільший вміст рухомих сполук фосфору у ґрунті спостерігався на початку вегетації ячменю ярого голозерного, оскільки у цей період рослини мало їх засвоюють.

Вміст рухомих фосфатів у ґрунті, порівняно з азотом мінеральних сполук, більше залежав від удобрення, ніж від погодних умов. Так, різниця за їх вмістом на неудобрених ділянках між роками досліджень була 4–9 мг/кг ґрунту за $НР_{05} = 5–6$ мг/кг. На ділянках з внесенням повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) різниця також була незначною – 4–5 мг/кг.

Значне зменшення вмісту рухомих сполук фосфору у ґрунті спостерігалось за період інтенсивного росту рослин ячменю голозерного, особливо на ділянках дослідів з внесенням лише азотних і калійних добрив (варіант $N_{70}K_{70}$) на 5–14 мг/кг або на 8–19 %.

У міжфазний період ячменю голозерного ВВСН 73 – ВВСН 93 вміст рухомих фосфатів у ґрунті залишався майже на одному рівні. Це свідчить про те, що у цей період ячмінь голозерний майже не засвоює фосфор з ґрунту, тому проходить відновлення його вмісту з важкорозчинних мінеральних сполук і органофосфатів.

Згідно прийнятої шкали групування ґрунтів за здатністю забезпечувати рослини фосфором напочатку вегетації ячменю голозерного на ділянках без внесення фосфорних добрив була низькою, тоді як в інших варіантах – середньою (80–120 мг/кг) і навіть підвищеною за внесення P_{60} .

Таблиця 3.2

Динаміка вмісту рухомих сполук фосфору в шарі ґрунту 0–20 см під посівами ячменю ярого голозерного, мг P₂O₅/кг

Варіант досліджу	Фаза росту та розвитку		
	ВВСН 20	ВВСН 73	ВВСН 93
2021 р.			
Без добрив (контроль)	76	70	73
N ₃₅	77	68	69
N ₇₀	73	62	63
P ₆₀ K ₇₀	130	121	123
N ₇₀ K ₇₀	75	61	62
N ₇₀ P ₆₀	128	115	116
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	112	105	107
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	125	114	115
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	111	103	104
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	124	115	117
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	112	104	105
<i>HIP</i> ₀₅	6	4	4
2022 р.			
Без добрив (контроль)	80	74	77
N ₃₅	75	67	65
N ₇₀	70	60	58
P ₆₀ K ₇₀	131	123	122
N ₇₀ K ₇₀	69	60	59
N ₇₀ P ₆₀	130	122	120
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	111	103	101
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	129	119	116
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	112	101	100
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	128	120	118
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	110	101	100
<i>HIP</i> ₀₅	5	4	3
2023 р.			
Без добрив (контроль)	71	68	70
N ₃₅	68	62	65
N ₇₀	65	60	64
P ₆₀ K ₇₀	135	129	130
N ₇₀ K ₇₀	65	60	63
N ₇₀ P ₆₀	133	125	127
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	115	109	110
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	133	128	129
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	113	108	110
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	133	129	131
<i>HIP</i> ₀₅	6	4	4

Під час проходження в рослинах ячменю процесів онтогенезу відбувалося інтенсивне засвоєння фосфатів з ґрунту. В наступні строки визначення рівень забезпеченості рослин фосфором відповідно залишався низьким і середнім. Слід зазначити, що найбільш інтенсивне зменшення вмісту рухомих сполук фосфору було з періоду кушіння до фази молочної стиглості зерна ячменю ярого голозерного.

У фазу повної стиглості зерна ячменю голозерного в усіх досліджуваних варіантах, де проводилось удобрення вміст рухомих сполук фосфору в шарі ґрунту 0–20 см перевищував контроль.

Отже, на ділянках досліду без внесення добрив був низький рівень забезпеченості ячменю ярого голозерного фосфором упродовж вегетації, а у варіантах з внесенням низьких доз добрив не змінився впродовж вегетації і був середнім. У варіантах досліду де вносилися високі дози фосфорних добрив забезпеченість рослин ячменю рухомими сполуками фосфору впродовж вегетації знижується.

Калій, поряд з азотом і фосфором, належить до основних елементів мінерального живлення рослин. Рівень забезпеченості ним рослин є невід'ємним показником якості ґрунту. В ґрунті є значні запаси калію, проте не всі його сполуки доступні для живлення рослин. Забезпеченість рослин калієм зазвичай визначають за вмістом у ґрунті водорозчинних і обмінних його сполук [63]. Внесений калій фіксується ґрунтом, що зменшує доступність його для живлення рослин, але це сприяє тривалій післядії калійних добрив і запобігає вимиванню.

За тривалого землеробського використання ґрунту без застосування добрив у ґрунті зменшується кількість калію як рухомих його сполук, так і валового [100]. Застосування добрив у дозах, що перевищують вилучення калію з ґрунту, сприяє підвищенню вмісту рухомих його сполук у ґрунті. За систематичного внесення калійних добрив рухомість обмінної форми калію зростає, що пояснюється збільшенням кількості його іонів у ґрунтовогому

вбирному комплексі і зниженням енергії, з якою вони утримуються твердою фазою ґрунту [63].

Рослини під час живлення засвоюють у першу чергу найбільш рухомі форми калію – водорозчинний та обмінний. Інші форми калію використовуються в процесі живлення також, але після руйнування калієвмісних мінералів, відмирання і мінералізації мікроорганізмів і переходу його із необмінного в обмінну форму. Тому зазвичай цей процес відстає від потреб рослин у калії для формування високого врожаю, що і спонукає до додаткового його внесення з добривами [104].

Проведені дослідження показали, що вміст рухомих сполук калію в ґрунті залежав від кількості внесених добрив, погодних умов вегетаційного періоду та інтенсивності використання його рослинами (табл. 3.3).

Вміст рухомого калію в ґрунті повторює динаміку вмісту рухомих фосфатів. У варіантах дослідження без внесення калійних добрив він був на рівні 77–95 мг/кг ґрунту залежно від доз внесення азотних і фосфорних добрив, погодних умов і строку відбору зразків.

За внесення калійних добрив вміст рухомих сполук калію в ґрунті був у межах 118–146 мг/кг, тобто мав підвищену здатність забезпечувати рослини калієм. У динаміці за період вегетації ячменю голозерного з урахуванням показників $НІР_{05}$ зміни були несуттєвими. Це свідчить про те, що чорнозем опідзолений здатний у достатній мірі забезпечувати рослини ячменю голозерного калієм і відновлювати початковий його вміст.

За отриманими даними про вміст рухомих сполук калію в ґрунті в середньому за роки проведених досліджень можна зробити висновок, що на початку вегетації ячменю ярого голозерного спостерігається найвищий його вміст у всіх варіантах дослідження з подальшим його зменшенням унаслідок інтенсивного використання рослинами, а також переходу в необмінні форми.

Таблиця 3.3

**Динаміка вмісту рухомих сполук калію в шарі ґрунту 0–20 см під
посівами ячменю ярого голозерного, мг К₂О/кг**

Варіант досліджу	Фаза росту та розвитку		
	ВВСН 20	ВВСН 73	ВВСН 93
2021 р.			
Без добрив (контроль)	96	90	87
N ₃₅	93	87	82
N ₇₀	92	84	80
P ₆₀ K ₇₀	140	141	137
N ₇₀ K ₇₀	135	133	130
N ₇₀ P ₆₀	90	86	81
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	123	118	114
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	136	130	125
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	121	117	112
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	120	115	111
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	135	131	125
<i>HIP</i> ₀₅	6	4	3
2022 р.			
Без добрив (контроль)	90	85	83
N ₃₅	88	82	80
N ₇₀	87	81	80
P ₆₀ K ₇₀	137	136	133
N ₇₀ K ₇₀	134	129	126
N ₇₀ P ₆₀	85	80	77
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	118	113	110
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	132	126	122
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	117	112	108
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	116	110	106
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	131	125	121
<i>HIP</i> ₀₅	5	3	3
2023 р.			
Без добрив (контроль)	101	95	91
N ₃₅	98	92	86
N ₇₀	97	89	84
P ₆₀ K ₇₀	145	146	141
N ₇₀ K ₇₀	140	138	134
N ₇₀ P ₆₀	95	91	85
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	128	123	118
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	141	135	129
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	126	122	116
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	125	120	115
<i>HIP</i> ₀₅	7	5	3

Як за даними різних учених [109], так і результатами проведених досліджень найбільша інтенсивність поглинання калію рослинами ячменю ярого проходить від фази кущіння до фази молочної стиглості зерна. Упродовж цього відрізка вегетаційного періоду вміст рухомого калію у ґрунті зменшився у варіанті без добрив на 6–10 %, тоді як за внесення калійних добрив у дозі 70 кг/га д. р. воно становило менше – на 4–6 %.

Відновлення вмісту калію в ґрунті в кінці вегетаційного періоду проходило за рахунок припинення засвоєння рослинами, мінералізації органічних і зниженням активності ґрунтової мікрофлори.

Отже, тривале застосування добрив не тільки підвищують вміст, але й змінюють динаміку рухомих сполук калію в чорноземі опідзоленому. При застосуванні мінеральних добрив спостерігається збільшення амплітуди зміни вмісту калію впродовж вегетації ячменю голозерного. Погодні умови у роки проведення досліджень мало впливали на показники вмісту рухомих сполук калію в ґрунті, тому різниця між роками була не значною.

Отже, застосування мінеральних добрив у сівозміні і безпосередньо під ячмінь голозерний істотно впливає на поживний режим чорнозему опідзоленого. Застосування добрив у досліді підвищує вміст і запаси мінеральних сполук азоту, рухомих сполук фосфору та калію в шарі ґрунту 0–20 см. Найкращий поживний режим ґрунту складався за внесення повного мінерального добрива з високими дозами азотної складової. Але, як відомо [110], оптимальний вміст рухомих сполук фосфору і калію в ґрунті для зернових культур знаходиться в межах 150 мг/кг ґрунту. Отже, у варіантах із застосуванням фосфорних і калійних добрив у дозі 70 кг/га д. р. рослини були достатньо забезпечені цими елементами живлення і вони не були лімітувальними чинниками створення врожаю. Динаміка вмісту поживних речовин у ґрунті впродовж вегетаційного періоду ячменю голозерного була подібна за всіх систем удобрення, а різниця спостерігалася лише в амплітуді змін.

3.2 Тривалість вегетаційного періоду та висота рослин

Значним резервом підвищення продуктивності ячменю ярого голозерного є вміння ефективно та цілеспрямовано використовувати адаптаційний потенціал сортів цієї культури залежно від якості ґрунту та удобрення. У зв'язку з цим важливим є вирішення питання значного підвищення ефективності використання сортових ресурсів ячменю поліпшенням системи управління їх мінеральним живленням. Оптимізація прийняття правильного рішення повинна ґрунтуватися на правильному підборі доз і поєднань різних видів добрив для ділянок з різною родючістю ґрунту.

На формування продуктивності ячменю голозерного значний вплив має не лише тривалість вегетації, але й міжфазних періодів. Як видно з даних табл. 3.4, погодні умови мали значний вплив як на строки сівби, так і на проходження фаз росту й розвитку рослин. Так, якщо різниця між строками сівби у роки проведення була 18 діб, тоді як між строками збирання врожаю – лише 5 діб. Хоч різниця міжфазних періодів неначе була незначною, але в кінцевому результаті тривалість вегетаційного періоду змінювалась у досить широких межах – 74–96 діб, тобто у 2022 році, порівняно з 2023 роком збільшувалась на 30 %. З цього можна зробити висновок, що ячмінь голозерний ярий досить сильно реагує на погодні умови у період вегетації. Це відповідно і впливає на формування його продуктивності.

Ячмінь ярий відноситься до культур з підвищеною вимогою до умов зволоження та вмісту елементів живлення в ґрунті. Застосування мінеральних добрив сприяє економнішому використанню вологи (з розрахунку на одиницю врожаю). Високий вміст поживних речовин у ґрунті в доступній формі сприяє надходженню їх у рослини, що пом'якшує негативну дію нестачі вологи [153].

Оптимальне живлення рослин забезпечує зменшення стресів у рослин, що викликані дією на них несприятливими погодних умов. Встановлено, що

зростання висоти рослин на різних фонах мінерального живлення позитивно впливає на продуктивність ячменю ярого [170]. Існує тісний кореляційний зв'язок між урожайністю та висотою рослин за внесення мінеральних добрив, який описується коефіцієнтом детермінації 0,96 [171].

Таблиця 3.4

**Тривалість вегетаційного періоду ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення**

Рік урожаю	Строк сівби, збирання врожаю та початок фаз росту й розвитку рослин						
	Сівба	ВВСН 10	ВВСН 20	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 73	Збирання врожаю
Календарна дата							
2021	14.04	26.04	12.05	23.05	17.06	24.06	20.07
2022	06.04	22.04	08.05	20.05	11.06	16.06	25.07
2023	02.05	11.05	24.05		25.06	03.07	22.07
Тривалість стадії, діб							
2021	–	16 ¹	11	26	7	17	87 ²
2022	–	16 ¹	12	22	6	25	96 ²
2023	–	13 ¹	32		9	20	74 ²

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

Дослідженнями встановлено, що висота рослин ячменю голозерного залежала як від погодних умов вегетаційного періоду, так і від особливостей його удобрення (табл. 3.5). Вже у фазу кущіння вона була в межах 9,1–17,3 см і більше залежала від погодних умов на початку вегетації. Вплив добрива був незначним лише у деяких варіантах дослідів.

У фазу виходу рослин у трубку вплив добрив на висоту рослин був суттєвим у всіх варіантах дослідів, за виключенням варіанту P₆₀K₇₀ у 2023 році, і в усі роки проведення досліджень.

Таблиця 3.5

**Динаміка висоти рослин ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення, см**

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин			
	ВВСН20	ВВСН30	ВВСН50	ВВСН93
2021 р.				
Без добрив (контроль)	17,2	23	59	78
N ₃₅	17,2	30	65	85
N ₇₀	17,3	38	68	87
P ₆₀ K ₇₀	17,2	24	61	82
N ₇₀ K ₇₀	17,3	38	73	89
N ₇₀ P ₆₀	17,1	38	74	88
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	17,2	31	70	87
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	17,3	39	75	91
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	17,3	38	76	90
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	17,2	39	76	91
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	17,1	39	75	91
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	1	2	4
2022 р.				
Без добрив (контроль)	9,2	21	58	62
N ₃₅	9,2	25	63	68
N ₇₀	9,3	29	64	70
P ₆₀ K ₇₀	9,1	22	59	64
N ₇₀ K ₇₀	9,2	29	60	73
N ₇₀ P ₆₀	9,3	29	60	72
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	9,2	26	65	70
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	9,1	30	67	74
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	9,2	30	66	73
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	9,1	29	67	74
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	9,2	29	66	74
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	1	2	4
2023 р.				
Без добрив (контроль)	11,3	21	52	55
N ₃₅	11,4	23	64	66
N ₇₀	11,3	23	75	78
P ₆₀ K ₇₀	11,1	21	58	60
N ₇₀ K ₇₀	11,2	23	80	84
N ₇₀ P ₆₀	11,3	23	80	83
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	11,2	24	70	74
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	11,3	23	81	84
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	11,2	24	81	84
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	11,4	24	80	82
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	1	2	3

Так висота рослин підвищувалась у 2021 р. на 4–70 %, у 2022 р. на 5–43 і у 2023 році – на 10–14 %. Найбільший вплив на підвищення висоти рослин ячменю голозерного мала азотна складова повного мінерального добрива, тоді як фосфорна і калійна мали значно менший вплив.

Якщо розглядати показник висоти рослин у динаміці, то найбільший вплив добрив проявлявся на початку вегетації до фази виходу в трубку, а потім він частково згладжується, що можна пояснити генетичними особливостями сорту.

На стадії повної стиглості зерна азотна складова в складі повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) сприяла підвищенню висоти рослин залежно від погодних умов року проведення досліджень на 11–40 %, тоді як фосфорна і калійна не впливала, як видно з показника $НІР_{05}$.

При цьому необхідно зазначити, що зменшення в складі повного мінерального добрива частки фосфору, калію або обох цих елементів живлення достовірно не знижувало висоту рослин ячменю ярого голозерного. Цей показник також істотно змінювався залежно від погодних умов. Так, на ділянках без добрив за роки проведення досліджень висота рослин змінювалась від 55 до 78 см, або на 42 %, тоді як за внесення $N_{70}P_{60}K_{70}$ – від 74 до 91 см, або на 23 %. Це ще раз підтверджує, що поліпшення мінерального живлення рослин ячменю ярого голозерного згладжує негативний вплив погодних умов.

3.3 Польова схожість і виживання рослин

Як відомо, ячмінь здатний добре кущитися, тому польова схожість насіння не має істотного значення у формуванні продуктивного стеблостою. Як видно з даних табл. 3.6, схожість насіння не залежала від системи удобрення ячменю ярого голозерного в усі роки проведення досліджень. Незначні відхилення були у межах показника $НІР_{05}$, а в середньому за три роки проведення досліджень спостерігалась тенденція її підвищення з 85,3 %

до 86,0 % у варіантах досліду з внесенням $N_{70}P_{60}K_{70}$ і $N_{70}P_{60}K_{35}$, або лише на 1 %.

Польова схожість насіння ячменю ярого голозерного більше різнилась за роками досліджень. Так, у варіантах досліду вона змінювалась у межах 80,0–89,6 %. Найменшою вона була в умовах 2023 року, що пояснюється недостатніми умовами зволоження посівного шару ґрунту.

Таблиця 3.6

**Польова схожість зерна ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення, %**

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	88,5	87,5	80,0	85,3
N_{35}	88,7	88,0	80,1	85,6
N_{70}	89,0	88,2	80,5	85,9
$P_{60}K_{70}$	88,8	88,0	80,4	85,7
$N_{70}K_{70}$	89,0	87,7	80,3	85,7
$N_{70}P_{60}$	89,1	88,0	80,0	85,7
$N_{35}P_{30}K_{35}$	88,7	88,3	80,5	85,8
$N_{70}P_{60}K_{70}$	88,8	88,7	80,6	86,0
$N_{70}P_{30}K_{35}$	89,2	88,1	80,4	85,9
$N_{70}P_{60}K_{35}$	89,4	87,9	80,7	86,0
$N_{70}P_{30}K_{70}$	89,6	87,6	80,0	85,7
<i>HIP</i> ₀₅	4,4	4,2	3,8	–

Встановлено, що застосування добрив достовірно підвищувало виживання рослин ячменю ярого голозерного (табл. 3.7). Так, у середньому за три роки проведення досліджень цей показник був на рівні 83,8 % за вирощування на неудобрених ділянках.

Застосування лише фосфорних і калійних добрив підвищувало виживання рослин несуттєво – лише на 1 % (85,0 %). Азотна складова

досліджених систем удобрення забезпечувала виживання рослин на рівні 91,4–91,7 %, що було більшим на 9 % порівняно з контролем. Вживання рослин мало змінювалось залежно від погодних умов року проведення дослідження. Так, у 2021 і 2022 рр. вона змінювалась від 84,1 до 92,8 %, а в 2023 р. – від 82,0 до 91,2 % залежно від варіанту досліду.

Таблиця 3.7

Вживання рослин ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, %

Варіант досліду	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	85,2	84,1	82,0	83,8
N ₃₅	91,5	92,1	90,7	91,4
N ₇₀	91,6	92,5	91,0	91,7
P ₆₀ K ₇₀	86,4	85,3	83,2	85,0
N ₇₀ K ₇₀	91,4	92,8	90,8	91,7
N ₇₀ P ₆₀	91,6	92,6	90,5	91,6
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	91,5	92,4	91,1	91,7
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	91,3	92,5	91,2	91,7
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	91,4	92,3	91,0	91,6
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	91,7	92,6	90,8	91,7
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	91,5	92,5	90,9	91,6
<i>НІР</i> ₀₅	4,6	4,7	4,2	–

Як й інші колосові зернові культури, ячмінь ярий відрізняється здатністю до компенсаторних взаємозалежностей між трьома первинними складовими урожайності: кількість продуктивних стебел на одиницю площі, кількість зерен у колосі, розміри зерна (маса). Але висока куцистість ячменю веде до нерівномірного досягання колосків різних ярусів і зерна в колосі, що негативно впливає на вирівняність зерна і знижує якість пивоварного ячменю. Маса зернівки ячменю є результатом ефективного функціонування фотосинтетичного апарату рослин на завершальному етапі розвитку [177].

Важливими чинниками впливу на масу зернівки ячменю є якість ґрунту та удобрення.

Дослідженнями встановлено, що щільність посівів ячменю ярого голозерного у різній мірі підвищувалась залежно від польової схожості та кущистості рослин (табл. 3.8). Найщільніший стеблестій ячменю ярого у середньому за три роки проведення досліджень формувался на удобрених ділянках досліду – 313–316 шт/м² за показника на контролі 286 шт/м².

Таблиця 3.8

Формування густоти стояння рослин ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, шт/м²

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	302	294	262	286
N ₃₅	325	324	291	313
N ₇₀	326	326	293	315
P ₆₀ K ₇₀	307	300	268	292
N ₇₀ K ₇₀	325	326	292	314
N ₇₀ P ₆₀	326	326	290	314
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	325	326	293	315
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	324	328	294	316
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	326	325	293	315
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	328	326	293	316
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	328	324	291	314
<i>НІР</i> ₀₅	16	17	13	–

Значний вплив на формування показників продуктивності ячменю ярого має густина стеблостою, від якої залежить ріст і розвиток рослин. Кількість продуктивних стебел на одиниці площі є одним із найважливіших показників. Від нього залежить площа асиміляційного апарату, яка впливає на ефективність фотосинтезу, що у свою чергу визначає рівень урожайності [2].

Оптимальна густина стояння рослин є одним з чинників, що визначає ефективність використання природних ресурсів і формування високого врожаю належної якості. Реакції сортів на ті чи інші складові технології вирощування істотно різняться. У зв'язку зі створенням нових сортів різнопланового використання встановлення оптимальної густоти рослин для них є важливим в ефективному задіянні природних ресурсів [199].

Отже, удобрення сприяє більш стабільному формуванню стеблостою ячменю ярого голозерного залежно від погодних умов. Необхідно також зазначити, що цей сорт має високий компенсаційний потенціал формування щільності посіву.

3.4 Фотосинтезувальна система рослин

Кількість листків на одному стеблі ячменю ярого голозерного більше змінювалась від року дослідження (табл. 3.9). Так, у 2021 р. цей показник був на рівні 3,0 шт/стебло в фазах ВВСН 20 і ВВСН 30. У 2022 р. він становив відповідно 3,0 і 4,8 шт/стебло, а в 2023 р. – 4,2 шт/стебло. При цьому добрива впливали на їх кількість у фазах ВВСН 50 і ВВСН 73. У 2021 і 2022 рр. кількість листків зменшувалась від застосування систем удобрення, які містили азотну складову, а в 2023 р. добрива не змінювали їх кількості.

Довжина листків ячменю ярого голозерного змінювалась від фази росту та розвитку й удобрення (табл. 3.10). Так, у фазу ВВСН 20 застосування добрив майже не впливало на цей показник, крім 2023 р., що зумовлено одночасним настанням фаз ВВСН 20 і ВВСН 30. У фазах ВВСН 50 і ВВСН 73 довжина листків була більшою і зростала від застосування систем удобрення, особливо з азотною складовою. У фазу ВВСН 73 2021 р. довжина листка зростала на 75 %, у 2022 р. – на 57, а в 2023 р. – на 36 % за внесення повного мінерального добрива.

Ширина листків ячменю ярого голозерного менше змінювалась від застосування добрив порівняно з довжиною (табл. 3.11). При цьому у фазу ВВСН 20 на цей показник не впливало удобрення, крім 2023 р. В інших фазах росту та розвитку ширина листків зростала в 1,2–2,3 рази порівняно з контролем. Найменшу ширину листків формували рослини ячменю ярого в 2023 р., що зумовлено пізньою сівбою.

Площа одного листка змінювалась подібно до формування довжини листка ячменю ярого голозерного (табл. 3.12). Так, найменшою вона була у фазу ВВСН 20 і майже не змінювалась від системи удобрення. До фази ВВСН 73 зростала до 9,8–30,6 см² залежно від року дослідження та удобрення. Найменша площу листка була за вирощування ячменю ярого в 2023 р., а найбільша – в 2021 р.

Таблиця 3.9

**Кількість листків на стеблі ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення, шт.**

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин			
	ВВСН20	ВВСН30	ВВСН50	ВВСН73
2021 р.				
Без добрив (контроль)	3,0	4,0	5,0	4,2
N ₃₅	3,0	3,2	5,0	4,2
N ₇₀	3,0	3,0	5,0	3,9
P ₆₀ K ₇₀	3,0	3,0	5,0	4,2
N ₇₀ K ₇₀	3,0	3,0	4,8	3,9
N ₇₀ P ₆₀	3,0	3,0	4,8	3,8
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	3,0	3,0	4,8	4,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	3,0	3,0	4,8	3,8
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	3,0	3,0	4,8	3,8
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	3,0	3,0	4,8	3,8
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	3,0	3,0	4,8	3,8
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	0,1	0,3	0,2
2022 р.				
Без добрив (контроль)	3,0	4,8	4,5	3,2
N ₃₅	3,0	4,8	5,0	4,0
N ₇₀	3,0	4,8	5,0	4,0
P ₆₀ K ₇₀	3,0	4,8	4,7	3,5
N ₇₀ K ₇₀	3,0	4,8	4,2	4,0
N ₇₀ P ₆₀	3,0	4,8	4,2	4,0
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	3,0	4,8	4,8	4,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	3,0	4,8	4,0	4,0
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	3,0	4,8	4,0	4,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	3,0	4,8	4,0	4,0
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	3,0	4,8	4,0	4,0
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	0,3	0,2	0,2
2023 р.				
Без добрив (контроль)	4,2		4,6	4,0
N ₃₅	4,2		4,6	4,0
N ₇₀	4,2		4,6	4,0
P ₆₀ K ₇₀	4,2		4,6	4,0
N ₇₀ K ₇₀	4,2		4,6	4,0
N ₇₀ P ₆₀	4,2		4,6	4,0
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	4,2		4,6	4,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	4,2		4,6	4,0
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	4,2		4,6	4,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	4,2		4,6	4,0
<i>HIP</i> ₀₅	0,2		0,3	0,2

Таблиця 3.10

Довжина листка ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, см

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин			
	ВВСН20	ВВСН30	ВВСН50	ВВСН73
2021 р.				
Без добрив (контроль)	13,2	19,4	16,2	17,2
N ₃₅	13,3	20,1	22,1	23,5
N ₇₀	13,2	25,6	27,3	28,1
P ₆₀ K ₇₀	13,2	19,9	19,1	20,0
N ₇₀ K ₇₀	13,3	25,7	28,7	29,5
N ₇₀ P ₆₀	13,3	25,6	28,5	29,6
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	13,2	20,2	24,3	25,2
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	13,3	26,0	29,1	30,1
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	13,4	25,8	29,2	30,2
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	13,3	25,9	29,0	30,1
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	13,2	25,7	29,1	30,4
<i>HIP</i> ₀₅	0,7	1,3	1,5	1,8
2022 р.				
Без добрив (контроль)	7,2	12,3	15,6	16,4
N ₃₅	7,2	15,2	19,4	20,6
N ₇₀	7,1	18,1	23,5	24,8
P ₆₀ K ₇₀	7,3	12,4	16,4	17,0
N ₇₀ K ₇₀	7,2	18,5	24,5	25,1
N ₇₀ P ₆₀	7,1	18,6	24,7	25,3
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	7,2	16,3	21,3	22,6
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	7,0	19,4	25,1	25,9
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	7,2	19,1	25,2	25,7
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	7,3	19,5	25,0	25,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	7,1	19,4	24,9	25,6
<i>HIP</i> ₀₅	0,5	1,0	1,3	1,6
2023 р.				
Без добрив (контроль)	11,0		14,2	16,3
N ₃₅	13,3		17,4	19,1
N ₇₀	14,2		20,1	21,3
P ₆₀ K ₇₀	11,2		14,5	16,6
N ₇₀ K ₇₀	14,5		20,6	21,6
N ₇₀ P ₆₀	14,6		20,7	21,5
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	14,0		18,2	20,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	14,6		21,1	22,1
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	14,5		21,0	22,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	14,4		21,3	21,9
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	14,3		21,1	22,3
<i>HIP</i> ₀₅	0,8		1,0	1,1

Таблиця 3.11

Ширина листка ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, см

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин			
	ВВСН20	ВВСН30	ВВСН50	ВВСН73
2021 р.				
Без добрив (контроль)	0,5	0,4	1,2	1,3
N ₃₅	0,5	0,8	1,3	1,4
N ₇₀	0,5	0,9	1,3	1,5
P ₆₀ K ₇₀	0,5	0,4	1,3	1,4
N ₇₀ K ₇₀	0,5	0,9	1,3	1,5
N ₇₀ P ₆₀	0,5	0,9	1,3	1,5
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	0,5	0,9	1,3	1,5
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	0,5	0,9	1,3	1,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	0,5	0,9	1,3	1,5
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	0,5	0,9	1,3	1,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	0,5	0,9	1,3	1,5
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	0,1	0,1	0,1
2022 р.				
Без добрив (контроль)	0,5	0,6	0,9	1,0
N ₃₅	0,5	0,7	1,0	1,1
N ₇₀	0,5	0,9	1,2	1,2
P ₆₀ K ₇₀	0,5	0,6	0,9	1,0
N ₇₀ K ₇₀	0,5	0,7	1,2	1,2
N ₇₀ P ₆₀	0,5	0,9	1,2	1,2
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	0,5	0,7	1,1	1,1
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	0,5	0,9	1,2	1,2
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	0,5	0,9	1,2	1,2
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	0,5	0,9	1,2	1,2
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	0,5	0,9	1,2	1,2
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	0,1	0,1	0,1
2023 р.				
Без добрив (контроль)	0,7	0,8	0,8	0,9
N ₃₅	0,8	0,9	0,9	1,0
N ₇₀	0,8	0,9	0,9	1,0
P ₆₀ K ₇₀	0,7	0,8	0,8	0,9
N ₇₀ K ₇₀	0,8	0,9	0,9	1,0
N ₇₀ P ₆₀	0,8	0,9	0,9	1,0
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	0,8	0,9	0,9	1,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	0,8	0,9	0,9	1,0
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	0,8	0,9	0,9	1,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	0,8	0,9	0,9	1,0
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	0,8	0,9	0,9	1,0
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	0,1	0,1	0,1

Таблиця 3.12

Площа одного листка ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, см²

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин			
	ВВСН20	ВВСН30	ВВСН50	ВВСН73
2021 р.				
Без добрив (контроль)	4,4	5,2	13,0	15,0
N ₃₅	4,5	10,8	19,2	22,0
N ₇₀	4,4	15,4	23,8	28,2
P ₆₀ K ₇₀	4,4	5,3	16,6	18,8
N ₇₀ K ₇₀	4,5	15,5	25,0	29,6
N ₇₀ P ₆₀	4,5	15,4	24,8	29,7
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	4,4	12,2	21,2	25,3
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	4,5	15,7	25,3	30,3
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	4,5	15,6	25,4	30,4
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	4,5	15,6	25,3	30,3
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	4,4	15,5	25,3	30,6
<i>HIP</i> ₀₅	0,2	0,7	0,9	1,1
2022 р.				
Без добрив (контроль)	2,4	4,9	9,4	11,0
N ₃₅	2,4	7,1	13,0	15,2
N ₇₀	2,4	10,9	18,9	19,9
P ₆₀ K ₇₀	2,4	5,0	9,9	11,4
N ₇₀ K ₇₀	2,4	8,7	19,7	20,2
N ₇₀ P ₆₀	2,4	11,2	19,9	20,3
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	2,4	7,6	15,7	16,7
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	2,3	11,7	20,2	20,8
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	2,4	11,5	20,3	20,7
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	2,4	11,8	20,1	20,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	2,4	11,7	20,0	20,6
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	0,5	0,8	1,0
2023 р.				
Без добрив (контроль)	5,2	7,6	9,8	
N ₃₅	7,1	10,5	12,8	
N ₇₀	7,6	12,1	14,3	
P ₆₀ K ₇₀	5,3	7,8	10,0	
N ₇₀ K ₇₀	7,8	12,4	14,5	
N ₇₀ P ₆₀	7,8	12,5	14,4	
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	7,5	11,0	13,4	
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	7,8	12,7	14,8	
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	7,8	12,7	14,7	
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	7,7	12,8	14,7	
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	7,7	12,7	14,9	
<i>HIP</i> ₀₅	0,4	0,7	0,9	

Найвищу площу листків одного стебла отримано за вирощування ячменю ярого в 2021 р., а найменшу – в 2023 р. (табл. 3.13). При цьому на цей показник у фазу ВВСН 20 не впливало застосування добрив, крім 2023 р. Найвищу площу листків одного стебла рослини ячменю ярого формували у фазах ВВСН 50 і ВВСН 73. Необхідно відзначити, що на цей показник найбільше впливали системи удобрення з азотною складовою.

Площа листкової поверхні змінювалась подібно до площі листків одного стебла ячменю ярого голозерного (табл. 3.14). Найменшою вона була у фазу ВВСН 20 – 2,1–4,4 тис. м²/га, а в 2023 р. – 13,6–32,1 тис. м²/га. В 2021–2022 рр. площа листків максимальною була в фазу ВВСН 50 – 20,9–86,4 тис. м²/га. В 2023 р. площа листків зменшувалась завдяки зниженню кількості стеблестою, оскільки сівба була пізньою.

Необхідно відзначити, що застосування добрив значно збільшувало площу листкової поверхні ячменю ярого голозерного. Так, у фазу ВВСН 50 в 2021 р. цей показник зростав від 28,2 до 86,5 тис. м²/га або в 3,1 рази, у 2022 р. – від 20,9 до 68,7, або в 3,3 рази, а в 2023 р. – від 11,6 до 26,7 тис. м²/га, або в 2,3 рази за внесення повного мінерального добрива (N₇₀P₆₀K₇₀). Найменше на площу листків впливало застосування фосфорно-калійної системи удобрення – 16,9–38,4 тис. м²/га.

Найвищий сумарний ФПП отримано за вирощування ячменю ярого в 2021 р. – 638–2076 тис. м²/га·діб, дещо меншим він був у 2022 р. – 548–1935 тис. м²/га·діб (табл. 3.15). У 2023 р. ФПП був найменшим – 478–4060 тис. м²/га·діб.

Параметри верхівкового листка ячменю ярого змінювались залежно від погодних умов року дослідження та системи удобрення. За сприятливіших умов 2021 р. площа верхівкових листків була найбільшою, а в 2022–2023 рр. – найменшою. У 2021 р. цей показник зростав у 3,7 рази, у 2022 р. – у 1,9, а в 2023 р. – в 1,8 рази порівняно з неудобреними ділянками. При цьому найвищу ефективність мали системи удобрення, які містили азотну складову.

Таблиця 3.13

**Площа листків одного стебла ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення, см²**

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин			
	ВВСН20	ВВСН30	ВВСН50	ВВСН73
2021 р.				
Без добрив (контроль)	13,3	20,8	65,1	62,9
N ₃₅	13,4	34,5	96,2	92,6
N ₇₀	13,3	46,3	118,9	110,1
P ₆₀ K ₇₀	13,3	16,0	83,2	78,8
N ₇₀ K ₇₀	13,4	46,5	120,0	115,6
N ₇₀ P ₆₀	13,4	46,3	119,2	113,0
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	13,3	36,5	101,6	101,3
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	13,4	47,0	121,7	115,0
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	13,5	46,7	122,1	115,3
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	13,4	46,9	121,2	115,0
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	13,3	46,5	121,7	116,1
<i>HIP</i> ₀₅	0,6	2,3	5,8	5,1
2022 р.				
Без добрив (контроль)	7,2	23,7	42,3	35,2
N ₃₅	7,2	34,2	65,0	60,7
N ₇₀	7,1	52,4	94,5	79,8
P ₆₀ K ₇₀	7,3	23,9	46,5	39,9
N ₇₀ K ₇₀	7,2	41,6	82,7	80,7
N ₇₀ P ₆₀	7,1	53,8	83,4	81,4
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	7,2	36,7	75,4	66,6
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	7,0	56,2	80,7	83,3
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	7,2	55,3	81,0	82,7
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	7,3	56,4	80,4	82,0
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	7,1	56,2	80,1	82,3
<i>HIP</i> ₀₅	0,3	2,6	4,5	4,6
2023 р.				
Без добрив (контроль)	21,7		35,0	39,3
N ₃₅	29,9		48,3	51,2
N ₇₀	32,0		55,8	57,1
P ₆₀ K ₇₀	22,1		35,8	40,0
N ₇₀ K ₇₀	32,6		57,1	57,9
N ₇₀ P ₆₀	32,9		57,4	57,6
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	31,5		50,5	53,6
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	32,9		58,5	59,2
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	32,6		58,2	59,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	32,4		59,1	58,7
<i>HIP</i> ₀₅	1,5		2,7	2,6

Таблиця 3.14

**Площа листків ячменю ярого голозерного залежно від удобрення,
тис. м²/га**

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин			
	ВВСН20	ВВСН30	ВВСН50	ВВСН73
2021 р.				
Без добрив (контроль)	4,0	14,6	28,2	26,5
N ₃₅	4,3	27,3	47,6	45,1
N ₇₀	4,3	59,6	76,4	69,3
P ₆₀ K ₇₀	4,1	11,5	38,4	34,9
N ₇₀ K ₇₀	4,3	60,2	80,4	75,6
N ₇₀ P ₆₀	4,4	59,9	81,0	73,8
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	4,3	37,4	57,1	55,8
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	4,3	61,1	86,4	80,6
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	4,4	60,1	85,0	79,1
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	4,4	60,6	84,0	78,6
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	4,4	60,4	84,3	79,3
<i>HIP</i> ₀₅	0,2	2,4	3,8	3,2
2022 р.				
Без добрив (контроль)	2,1	17,2	20,9	16,7
N ₃₅	2,3	29,2	39,8	33,7
N ₇₀	2,3	53,0	74,7	58,4
P ₆₀ K ₇₀	2,2	21,4	31,0	20,9
N ₇₀ K ₇₀	2,4	44,2	68,7	63,1
N ₇₀ P ₆₀	2,3	56,7	68,7	63,7
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	2,4	32,4	49,2	40,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	2,3	60,7	68,7	67,2
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	2,4	59,5	68,4	65,4
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	2,4	61,0	68,4	65,6
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	2,3	60,6	68,1	66,0
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	2,3	3,3	3,0
2023 р.				
Без добрив (контроль)	13,6		11,6	11,9
N ₃₅	22,3		20,3	20,6
N ₇₀	29,5		24,3	24,0
P ₆₀ K ₇₀	14,7		16,9	18,5
N ₇₀ K ₇₀	30,8		25,8	25,2
N ₇₀ P ₆₀	31,2		26,0	25,2
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	23,5		21,6	22,1
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	31,5		26,6	26,4
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	30,6		26,7	25,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	30,6		27,3	25,9
<i>HIP</i> ₀₅	1,8		1,5	1,4

Таблиця 3.15

ФПП ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, тис. м²/га·діб

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин				Сумарний ФПП
	ВВСН20	ВВСН30	ВВСН50	ВВСН73	
2021 р.					
Без добрив (контроль)	22	241	150	225	638
N ₃₅	24	411	262	383	1081
N ₇₀	24	831	476	589	1920
P ₆₀ K ₇₀	22	202	175	297	696
N ₇₀ K ₇₀	24	839	492	643	1997
N ₇₀ P ₆₀	24	836	493	627	1980
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	24	542	331	474	1371
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	24	851	516	685	2076
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	24	838	508	673	2042
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	24	845	506	668	2044
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	24	842	507	674	2047
<i>HIP</i> ₀₅	1	30	13	24	91
2022 р.					
Без добрив (контроль)	13	212	114	209	548
N ₃₅	14	347	207	421	989
N ₇₀	14	608	383	730	1735
P ₆₀ K ₇₀	13	260	157	262	692
N ₇₀ K ₇₀	14	512	339	789	1654
N ₇₀ P ₆₀	14	650	376	796	1836
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	14	382	245	501	1142
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	14	693	388	840	1935
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	14	680	384	817	1895
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	14	697	388	820	1920
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	14	693	386	825	1918
<i>HIP</i> ₀₅	1	22	10	29	83
2023 р.					
Без добрив (контроль)	246		113	119	478
N ₃₅	390		192	206	788
N ₇₀	505		242	240	986
P ₆₀ K ₇₀	264		142	185	592
N ₇₀ K ₇₀	526		255	252	1033
N ₇₀ P ₆₀	532		258	252	1042
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	408		203	221	833
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	535		261	264	1060
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	522		258	259	1039
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	521		261	259	1041
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	518		258	264	1040
<i>HIP</i> ₀₅	17		5	6	56

Таблиця 3.16

**Параметри верхівкового листка ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення**

Варіант досліджу	Показник фотосинтезувальної системи			
	Довжина, см	Ширина, см	Площа одного листка, см ²	Площа листіків, тис. м ² /га
2021 р.				
Без добрив (контроль)	10,2	0,8	5,5	2,2
N ₃₅	12,5	1,0	8,4	4,0
N ₇₀	16,3	1,1	12,0	7,2
P ₆₀ K ₇₀	10,9	0,9	6,6	2,8
N ₇₀ K ₇₀	16,4	1,1	12,1	7,7
N ₇₀ P ₆₀	16,3	1,1	12,0	7,7
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	13,1	1,1	9,7	4,8
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	16,5	1,1	12,2	8,1
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	16,4	1,0	11,0	7,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	16,3	1,1	12,0	7,7
<i>НІР</i> ₀₅	0,7	0,1	0,3	0,2
2022 р.				
Без добрив (контроль)	7,6	0,9	4,6	1,6
N ₃₅	7,9	0,9	4,8	1,8
N ₇₀	8,0	0,9	4,8	2,4
P ₆₀ K ₇₀	7,7	0,9	4,6	1,8
N ₇₀ K ₇₀	8,4	0,9	5,1	2,7
N ₇₀ P ₆₀	8,5	0,9	5,1	2,7
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	8,2	0,9	4,9	2,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	8,9	0,9	5,4	3,0
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	8,8	0,9	5,3	2,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	8,9	0,9	5,4	2,9
<i>НІР</i> ₀₅	0,2	0,1	0,2	0,2
2023 р.				
Без добрив (контроль)	8,2	0,8	4,4	1,2
N ₃₅	8,6	0,8	4,6	1,3
N ₇₀	9,0	0,9	5,4	1,9
P ₆₀ K ₇₀	8,5	0,8	4,6	1,3
N ₇₀ K ₇₀	9,2	0,9	5,5	2,1
N ₇₀ P ₆₀	9,3	0,9	5,6	2,1
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	9,0	0,9	5,4	1,6
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	9,5	0,9	5,7	2,2
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	9,4	0,9	5,7	2,1
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	9,5	0,9	5,7	2,1
<i>НІР</i> ₀₅	0,2	0,1	0,2	0,2

Чиста продуктивність фотосинтезу ячменю ярого голозерного знижувалась від 12,4 у варіанті без добрив до 6,9–12,2 г/м² площі листків залежно від системи удобрення (табл. 3.17). Найменше знижувало його застосування лише фосфорних і калійних добрив. За систем удобрення з азотною складовою чиста продуктивність фотосинтезу була на рівні 6,9–9,1 г/м².

Таблиця 3.17

**Чиста продуктивність фотосинтезу ячменю ярого голозерного
залежно від удобрення, г/м²**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	11,8	11,8	13,5	12,4
N ₃₅	7,8	8,1	11,4	9,1
N ₇₀	4,6	5,2	9,7	6,5
P ₆₀ K ₇₀	10,7	11,0	14,9	12,2
N ₇₀ K ₇₀	4,4	5,9	10,8	7,0
N ₇₀ P ₆₀	4,4	5,2	11,0	6,9
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	6,0	7,5	13,1	8,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	4,0	5,2	11,5	6,9
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	3,9	5,2	11,6	6,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	4,1	5,1	11,7	7,0
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	4,1	5,2	11,5	6,9
<i>HIP</i> ₀₅	0,2	0,2	0,4	–

Чиста продуктивність фотосинтезу змінювалась упродовж років досліджень. Так, у 2021 р. вона знижувалась найбільше – від 11,8 до 3,9 г/м², у 2022 р. – від 11,8 до 5,1, а в 2023 р. – від 13,5 до 10,8 г/м² залежно від варіанту досліджу.

Розрахунки свідчать, що маса врожаю зерна ячменю ярого голозерного на одиницю площі листової поверхні знижувалась від застосування добрив

(табл. 3.18). Так, у середньому за три роки досліджень цей показник знижувався від 4,2 до 2,2 г/м² площі листків. При цьому чим більша доза азотних добрив, тим менша кількість зерна припадала на одиницю листової поверхні, що зумовлено значним зростанням асиміляційного апарату рослин. У 2021–2022 р. маса зерна на одиницю площі листків знижувалась сильніше порівняно з 2023 р.

Таблиця 3.18

**Маса врожаю зерна ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення, г/м² площі листової поверхні**

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	5,1	3,6	4,0	4,2
N ₃₅	3,1	2,6	3,6	3,1
N ₇₀	1,6	1,8	3,2	2,2
P ₆₀ K ₇₀	4,1	3,4	4,5	4,0
N ₇₀ K ₇₀	1,6	2,0	3,6	2,4
N ₇₀ P ₆₀	1,6	1,8	3,7	2,4
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	2,3	2,4	4,1	2,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	1,4	1,8	3,8	2,3
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	1,4	1,8	3,9	2,4
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	1,4	1,8	3,9	2,4
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	1,5	1,8	3,8	2,4
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	0,1	0,2	–

3.5 Структура врожаю

Найвищу кількість стебел рослини ячменю ярого формували у фазу ВВСН30 упродовж усіх років досліджень. При цьому найвищу їх кількість рослини формували у 2021–2022 рр. Пізня сівба ячменю ярого в 2023 р. зумовила формування найнижчої кількості стебел. Упродовж вегетаційного періоду кількість стебел зменшувалась. Так, у 2021 р. загальна кількість стебел становила 421–701 шт/м², у 2022 р. – 475–807, а в 2023 р. – 302–445 шт/м² залежно від варіанту досліджу.

Подібну тенденцію встановлено для коефіцієнтів кущіння (табл. 3.19). При цьому вони у фазу ВВСН 30 були майже однаковими упродовж років досліджень. Найменше на цей показник впливала фосфорно-калійна система удобрення. Найбільший вплив зумовлювала азотна складова повного мінерального добрива. У 2021 р. коефіцієнт продуктивного кущіння зростав від 1,33 до 1,46–1,83 або в 1,1–1,4 рази за азотних систем удобрення. Застосування N₃₅P₃₀K₃₅ збільшувало коефіцієнт продуктивного кущіння до 1,54 або на 1,2 рази. Система удобрення з повним мінеральним добривом (N₇₀P₆₀K₇₀) збільшувала його до 2,06 або в 1,5 рази порівняно з контролем. Варіанти з неповним поверненням фосфору або калію з добривами забезпечували формування цього показника лише на 3–5 % меншим порівняно з повним мінеральним добривом.

У 2022 р. коефіцієнт продуктивного кущіння змінювався від 1,17 до 1,68 залежно від варіанту досліджу. При цьому застосування 35 кг/га д. р. азотних добрив окремо або комплексно з фосфорними і калійними збільшувало його лише на 2–6 %. Застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив збільшувало його до 1,54–1,68 або на 32–44 % порівняно з неудобреними ділянками.

У 2023 р. коефіцієнт продуктивного кущіння за внесення мінімальної дози азотних добрив мав тенденцію до зниження – 1,00–1,01. Застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив збільшувало його до 1,21–1,28 або на 13–20 % порівняно з контролем.

**Густина стеблестою ячменю ярого голозерного залежно від удобрення,
шт/м²**

Варіант дослідю	ВВСН 30	ВВСН 50	Кількість стебел	
			загальна	непродуктивних
2021				
Без добрив (контроль)	700	433	421	18
N ₃₅	792	495	487	12
N ₇₀	1287	643	629	31
P ₆₀ K ₇₀	719	462	443	21
N ₇₀ K ₇₀	1294	670	654	13
N ₇₀ P ₆₀	1294	680	653	8
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	1023	562	551	49
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	1300	710	701	34
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	1287	696	686	46
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	1294	693	684	42
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	1300	693	683	39
2022				
Без добрив (контроль)	724	494	475	132
N ₃₅	853	613	555	172
N ₇₀	1011	791	732	231
P ₆₀ K ₇₀	896	666	525	139
N ₇₀ K ₇₀	1061	831	782	251
N ₇₀ P ₆₀	1054	824	783	251
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	883	653	601	198
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	1081	851	807	257
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	1076	844	791	250
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	1081	851	800	255
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	1080	851	802	256
2023				
Без добрив (контроль)	627	331	302	22
N ₃₅	746	421	403	112
N ₇₀	924	435	420	66
P ₆₀ K ₇₀	667	473	462	178
N ₇₀ K ₇₀	944	451	436	66
N ₇₀ P ₆₀	950	453	438	66
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	746	428	413	116
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	957	455	445	69
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	937	459	440	70
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	944	462	442	67
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	944	460	441	65

Таблиця 3.20

Коефіцієнти кущіння ячменю ярого голозерного залежно від удобрення

Варіант досліджу	Фаза росту та розвитку рослин			
	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 93	
			1	2
2021 р.				
Без добрив (контроль)	2,32	1,43	1,39	1,33
N ₃₅	2,44	1,52	1,50	1,46
N ₇₀	3,95	1,97	1,93	1,83
P ₆₀ K ₇₀	2,34	1,50	1,44	1,37
N ₇₀ K ₇₀	3,98	2,06	2,01	1,97
N ₇₀ P ₆₀	3,97	2,09	2,00	1,98
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	3,15	1,73	1,70	1,54
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	4,01	2,19	2,16	2,06
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	3,95	2,13	2,10	1,96
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	3,95	2,11	2,09	1,96
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	3,96	2,11	2,08	1,96
<i>НІР</i> ₀₅	0,11	0,07	0,07	0,06
2022 р.				
Без добрив (контроль)	2,46	1,68	1,62	1,17
N ₃₅	2,63	1,89	1,71	1,18
N ₇₀	3,10	2,43	2,25	1,54
P ₆₀ K ₇₀	2,99	2,22	1,75	1,29
N ₇₀ K ₇₀	3,25	2,55	2,40	1,63
N ₇₀ P ₆₀	3,23	2,53	2,40	1,63
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	2,71	2,00	1,84	1,24
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	3,30	2,59	2,46	1,68
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	3,31	2,60	2,43	1,66
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	3,32	2,61	2,45	1,67
<i>НІР</i> ₀₅	0,13	0,07	0,07	0,06
2023 р.				
Без добрив (контроль)	2,39	1,26	1,15	1,07
N ₃₅	2,56	1,45	1,38	1,00
N ₇₀	3,15	1,48	1,43	1,21
P ₆₀ K ₇₀	2,49	1,76	1,72	1,06
N ₇₀ K ₇₀	3,23	1,54	1,49	1,27
N ₇₀ P ₆₀	3,28	1,56	1,51	1,28
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	2,55	1,46	1,41	1,01
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	3,26	1,55	1,51	1,28
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	3,20	1,57	1,50	1,26
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	3,22	1,58	1,51	1,28
<i>НІР</i> ₀₅	0,12	0,04	0,03	0,03

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

Кількість продуктивних стебел ячменю ярого голозерного змінювалась у великому діапазоні – від 280 до 667 шт/м² залежно від системи удобрення (табл. 3.21).

Таблиця 3.21

Кількість продуктивних стебел ячменю ярого голозерного та індекс його стабільності залежно від удобрення

Варіант досліджу	Кількість продуктивних стебел, шт/м ²				Індекс стабільності
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє за три роки	
Без добрив (контроль)	403	343	280	342	0,69
N ₃₅	475	383	291	383	0,61
N ₇₀	598	501	354	484	0,59
P ₆₀ K ₇₀	422	386	284	364	0,67
N ₇₀ K ₇₀	641	531	370	514	0,58
N ₇₀ P ₆₀	645	532	372	516	0,58
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	502	403	297	401	0,59
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	667	550	376	531	0,56
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	640	541	370	517	0,58
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	642	545	375	521	0,58
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	644	546	376	522	0,58
<i>НІР</i> ₀₅	28	20	17	–	–

Індекс стабільності при цьому становив 0,58–0,67 залежно від варіанту досліджу. В середньому за три роки досліджень кількість продуктивних стебел збільшувалась від 342 до 383 шт/м² за внесення 35 кг/га д. р. азотних добрив або в 1,1 рази. У варіанті з подвійною дозою азотних добрив цей показник зростав до 484 шт/м² або в 1,4 рази. Тривале застосування N₃₅P₃₀K₃₅ сприяло збільшенню кількості продуктивних стебел до 401 шт/м² або на 5 %

порівняно з варіантом N₃₅. За внесення повного мінерального добрива відповідно до 531 шт/м² або на 10 % порівняно з варіантом N₇₀. Кількість продуктивних стебел за умови неповного повернення фосфору та калію з добривами зменшувалась на 2–3 % порівняно з повним мінеральним добривом. Азотно-калійні та азотно-фосфорні системи удобрення були на рівні повного мінерального добрива. Найменше на кількість продуктивних стебел впливало застосування фосфорних і калійних добрив.

Необхідно відзначити, що кількість продуктивних стебел значно змінювалась залежно від погодних умов року дослідження. Так, вона була найбільшою в 2021 р., оскільки погодні умови були кращими порівняно з іншими роками. За період березень–квітень випало 82,3 мм опадів, а впродовж періоду травень–червень – 164,1 мм. У 2021 р. за період березень–квітень випало 71,1 мм опадів, проте в період травень–червень лише 58,7 мм. Крім цього, температура повітря була вище оптимальної порівняно з 2021 р. у період кушіння, тому кількість стебел нижча. У 2023 р. за період березень – квітень випало 156,8 мм опадів. При цьому сівбу ячменю провели лише 02.05.2023 р. через затяжні дощі в березні. Крім цього, була низькою польова схожість насіння ячменю ярого. Тому кількість стебел була найнижчою порівняно з іншими роками досліджень.

Результати досліджень свідчать, що маса зерна в одному колосі ячменю ярого голозерного змінювалась від удобрення та погодних умов (табл. 3.22). Про великий діапазон зміни цього показника свідчить також індекс стабільності – 0,42–0,70 залежно від варіанту досліду. У середньому за три роки маса зерна в одному колосі збільшувалась від 0,80 у варіанті без добрив до 0,81–0,88 г за внесення 35 кг/га д. р. азотних добрив. У решти варіантах досліду цей показник зменшувався до 0,70–0,74 залежно від системи удобрення.

Маса зерна в одному колосі залежала від погодних умов року дослідження. Так, у 2021 р. посіви ячменю ярого голозерного полягли, що негативно вплинуло на масу зерна в одному колосі. Тому цей показник був

найвищим на ділянках без добрив – 1,09 г. За внесення добрив знижувався до 0,69–0,46 г залежно від варіанту досліду. У 2022 і 2023 рр. рослини ячменю ярого голозерного не полягли, тому застосування добрив збільшувало масу зерна в одному колосі. При цьому в 2021 р. внесення 70 кг/га д. р. азотних добрив достовірно знижувало цей показник порівняно з ділянками, де застосовували N₃₅. Така тенденція зумовлена значним збільшенням кількості продуктивних стебел. За такого сценарію маса зерна в одному колосі знижувалась.

Таблиця 3.22

Маса зерна в одному колосі ячменю ярого голозерного та індекс його стабільності залежно від удобрення

Варіант досліду	Маса зерна, г/колос				Індекс стабільності
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє за три роки	
Без добрив (контроль)	1,09	0,59	0,72	0,80	0,55
N ₃₅	0,73	0,69	1,00	0,81	0,70
N ₇₀	0,53	0,63	0,94	0,70	0,57
P ₆₀ K ₇₀	0,69	0,63	0,98	0,77	0,64
N ₇₀ K ₇₀	0,50	0,64	1,02	0,72	0,49
N ₇₀ P ₆₀	0,49	0,63	1,03	0,72	0,47
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	0,75	0,70	1,19	0,88	0,59
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	0,46	0,64	1,09	0,73	0,42
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	0,46	0,64	1,11	0,74	0,42
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	0,47	0,63	1,09	0,73	0,43
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	0,47	0,64	1,09	0,73	0,43
<i>НІР</i> ₀₅	0,04	0,03	0,05	–	–

Як у середньому, так і в 2021 й 2023 рр. досліджень маса 1000 зерен ячменю ярого голозерного знижувалась за систем удобрення, які містили

азотну складову (табл. 3.23). На неудобренних ділянках цей показник становив 54,0 г і зростав до 56,6 г або на 5 % за внесення фосфорних і калійних добрив. Застосування азотних добрив окремо та в комплексі з фосфорними і калійними знижувало масу 1000 зерен до 46,9–49,8 г або на 8–15 % порівняно з контролем. При цьому індекс стабільності знижувався від 0,90 до 0,74–0,82.

Необхідно відзначити, що в 2022 р. застосування N_{70} у різних модифікаціях з фосфорними і калійними добривами встановлено тенденцію до збільшення маси 1000 зерен на 3–5 %, проте недостовірно порівняно з ділянками без добрив ($НІР_{05}=2,7$).

Таблиця 3.23

Маса 1000 зерен ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, г

Варіант дослідження	Рік дослідження			Середнє за три роки	Індекс стабільності
	2021	2022	2023		
Без добрив (контроль)	56,2	55,4	50,3	54,0	0,90
N_{35}	53,1	52,9	43,5	49,8	0,82
N_{70}	48,2	53,1	43,4	48,2	0,82
$P_{60}K_{70}$	56,8	58,7	54,2	56,6	0,92
$N_{70}K_{70}$	42,1	53,2	44,8	46,7	0,79
$N_{70}P_{60}$	42,3	53,9	44,4	46,9	0,78
$N_{35}P_{30}K_{35}$	51,3	54,7	44,6	50,2	0,82
$N_{70}P_{60}K_{70}$	42,0	57,9	45,9	48,6	0,73
$N_{70}P_{30}K_{35}$	42,1	57,0	45,5	48,2	0,74
$N_{70}P_{60}K_{35}$	42,2	57,0	45,3	48,2	0,74
$N_{70}P_{30}K_{70}$	42,3	57,0	45,7	48,3	0,74
$НІР_{05}$	2,3	2,7	2,4	–	–

Тенденція впливу добрив на кількість зерен в одному колосі ячменю ярого голозерного була подібною до формування маси зерна (табл. 3.24). У середньому за три роки досліджень цей показник зростав до 16,6 шт. за внесення N_{35} або на 12 %. Збільшення дози азотних добрив до 70 кг/га д. р. не

впливало на кількість зерен у колосі. При цьому застосування фосфорних і калійних добрив збільшувало її до 15,3–15,4 шт. Найбільше збільшувало кількість зерен у колосі застосування $N_{35}P_{30}K_{35}$.

Індекс стабільності формування кількості зерен в одному колосі був низьким – 0,45–0,57, що свідчить про значний діапазон зміни його впродовж років досліджень. У 2021 р. полягання посівів ячменю ярого знижувало кількість зерен до 10,9–13,7 шт. У 2022 р. відмічено лише тенденцію збільшення цього показника від застосування добрив. При цьому густина продуктивних стебел була на рівні 383–546 шт/м². У 2023 р. кількість зерен зростала найбільше – від 14,3 до 18,1–26,7 шт. за кількості продуктивних стебел 291–376 шт/м². Очевидно, що зниження кількості стебел сприяла збільшенню кількості зерен в колосі ячменю ярого.

Таблиця 3.24

Кількість зерен в одному колосі ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, шт.

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє за три роки	Індекс стабільності
	2021	2022	2023		
Без добрив (контроль)	19,4	10,6	14,3	14,8	0,55
N_{35}	13,7	13,0	23,0	16,6	0,57
N_{70}	11,0	11,9	21,7	14,8	0,51
$P_{60}K_{70}$	12,1	10,7	18,1	13,7	0,59
$N_{70}K_{70}$	11,9	12,0	22,8	15,6	0,52
$N_{70}P_{60}$	11,6	11,7	23,2	15,5	0,50
$N_{35}P_{30}K_{35}$	14,6	12,8	26,7	18,0	0,48
$N_{70}P_{60}K_{70}$	11,0	11,1	23,7	15,3	0,46
$N_{70}P_{30}K_{35}$	10,9	11,2	24,4	15,5	0,45
$N_{70}P_{60}K_{35}$	11,1	11,1	24,1	15,4	0,46
$N_{70}P_{30}K_{70}$	11,1	11,2	23,9	15,4	0,47
<i>НІР</i> ₀₅	0,5	0,6	1,3	–	–

У результаті проведених досліджень встановлено, що елементи структури урожаю ячменю ярого голозерного піддаються впливу погодних умов і застосуванню добрив. На виживання рослин найбільше впливає застосування добрив. Формування продуктивних стебел змінюється залежно від кількості опадів у період березень–квітень, а також від строку сівби. Формування маси зерна в одному колосі – від густоти продуктивних стебел і погодних умов впродовж вегетаційного періоду. При цьому рівень реалізації елементів структури урожаю визначається системою удобрення.

Висновки до розділу 3:

1. Найбільший вміст потенційно доступного азоту в ґрунті утворюється на початку вегетації ячменю голозерного. При цьому різниця є і за роками проведення досліджень. Так, у 2023 році на ділянках без добрив вміст азоту мінеральних сполук порівняно з 2021 роком вищий на 2,2 мг/кг або на 31 %, а у варіанті досліду з внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{70}P_{60}K_{70}$ – на 4,4 мг/кг або 11 %. У період досягання зерна ячменю ярого голозерного у 2021 р. випало 57,3 мм опадів, у 2022 р. – 27,1, а в 2023 р. – 61,4 мм, що впливало на вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті. Тому під кінець вегетації ячменю голозерного вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті частково підвищується, що перш за все свідчить про значне зменшення засвоєння його рослинами. При цьому переваги удобрених ділянок залишалися, хоч і знижувалась різниця між варіантами досліду із застосуванням добрив.

2. Вміст рухомих фосфатів у ґрунті, порівняно з азотом мінеральних сполук, більше залежить від удобрення, ніж від погодних умов. Так, різниця за їх вмістом на неудобрених ділянках між роками досліджень становить 4–9 мг/кг ґрунту за $NP_{05} = 5–6$ мг/кг. На ділянках з внесенням повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) різниця також незначна – 4–5 мг/кг. Вміст рухомого калію в ґрунті повторює динаміку вмісту рухомих фосфатів. У

варіантах досліду без внесення калійних добрив він становить на рівні 77–95 мг/кг ґрунту залежно від доз внесення азотних і фосфорних добрив, погодних умов і строку відбору зразків.

3. На стадії повної стиглості зерна азотна складова в складі повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) сприяє підвищенню висоти рослин залежно від погодних умов року проведення досліджень на 11–40 %, тоді як фосфорна і калійна не впливає, як видно з показника $НР_{05}$. При цьому необхідно зазначити, що зниження в складі повного мінерального добрива частки фосфору, калію або обох цих елементів живлення достовірно не знижує висоту рослин ячменю ярого голозерного. Цей показник також істотно змінюється залежно від погодних умов. Так, на ділянках без добрив за роки проведення досліджень висота рослин змінюється від 55 до 78 см, або на 42 %, тоді як за внесення $N_{70}P_{60}K_{70}$ – від 74 до 91 см, або на 23 %. Це ще раз підтверджує, що поліпшення мінерального живлення рослин ячменю ярого голозерного згладжує негативний вплив погодних умов.

4. Встановлено, що застосування добрив достовірно підвищує виживання рослин ячменю ярого голозерного. Так, у середньому за три роки цей показник становить 83,8 % за вирощування на неудобрених ділянках. Застосування лише фосфорних і калійних добрив підвищує виживання рослин на 1 % (85,0 %). Азотна складова досліджених систем удобрення забезпечує виживання рослин на рівні 91,4–91,7 %, що більше на 9 % порівняно з контролем.

5. Застосування азотної складової окремо та сумісно з фосфорними або калійними добривами значно підвищує площу листової поверхні. При цьому її рівень змінюється залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Так, в умовах більшої кількості опадів площа листків зростає від 26,5 до 45,1–80,6 тис. м²/га залежно від удобрення. У 2023 р. цей показник збільшується відповідно від 11,6 до 20,3–26,6 тис. м²/га.

6. У результаті проведених досліджень встановлено, що елементи структури урожаю ячменю ярого голозерного піддаються впливу погодних

умов і застосуванню добрив. На виживання рослин найбільше впливає застосування добрив. Формування продуктивних стебел змінюється залежно від кількості опадів у період березень–квітень, а також від строку сівби. Формування маси зерна в одному колосі – від густоти продуктивних стебел і погодних умов упродовж вегетаційного періоду. При цьому рівень реалізації елементів структури урожаю визначається системою удобрення.

7. Кількість продуктивних стебел ячменю ярого голозерного змінюється у великому діапазоні – від 280 до 667 шт/м² залежно від системи удобрення. Індекс стабільності при цьому становить 0,58–0,67 залежно від варіанту досліджу. В середньому за три роки досліджень кількість продуктивних стебел збільшується від 342 до 383 шт/м² за внесення 35 кг/га д. р. азотних добрив або в 1,1 рази. У варіанті з подвійною дозою азотних добрив цей показник зростає до 484 шт/м² або в 1,4 рази. Тривале застосування N₃₅P₃₀K₃₅ сприяє збільшенню кількості продуктивних стебел до 401 шт/м² або на 5 % порівняно з варіантом N₃₅. За внесення повного мінерального добрива відповідно до 531 шт/м² або на 10 % порівняно з варіантом N₇₀. Кількість продуктивних стебел за умови неповного повернення фосфору та калію з добривами зменшується на 2–3 % порівняно з повним мінеральним добривом. Азотно-калійні та азотно-фосфорні системи удобрення були на рівні повного мінерального добрива. Найменше на кількість продуктивних стебел впливає застосування фосфорних і калійних добрив.

8. Маса зерна в одному колосі ячменю ярого голозерного змінюється від удобрення та погодних умов. Про великий діапазон зміни цього показника свідчить також індекс стабільності – 0,42–0,70 залежно від варіанту досліджу. У середньому за три роки маса зерна в одному колосі збільшується від 0,80 у варіанті без добрив до 0,81–0,88 г за внесення 35 кг/га д. р. азотних добрив. У решти варіантах досліджу цей показник зменшується до 0,70–0,74 залежно від системи удобрення.

Результати досліджень, викладені в розділі, опубліковано в працях [26, 55].

РОЗДІЛ 4

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ГОЛОЗЕРНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

4.1 Урожайність зерна та соломи

З 2010 року валове виробництво зерна ячменю збільшилось на 24 % і в 2019 році вже було на рівні 8,9 млн т. Посівні площі під цією культурою зайняли 2,45 млн га, а середня врожайність становила 3,4 т/га [197]. Поряд з валовим виробництвом зерна, нині зростає інтерес до голозерних сортів ячменю. Вони характеризуються підвищеним вмістом білка й незамінних амінокислот у зерні, а також антиоксидантів [215], бета-глюконату, що підвищує біологічну цінність продуктів перероблення [213]. Впровадження нових сортів передбачає з'ясування низки особливостей щодо вирощування цієї культури і розроблення системи удобрення. Тому вивчення питання щодо впливу різних видів і доз добрив та їх поєднань на особливості формування продуктивності ячменю голозерного є актуальним.

До особливостей культури ячменю необхідно віднести слаборозвинуту кореневу систему та порівняно з іншими польовими культурами вищу вимогливість до родючості ґрунту. Саме тому для одержання високих і сталих урожаїв важливим є забезпечення його в достатній кількості рухомими формами елементів живлення, зокрема азотом, фосфором і калієм [214]. За даними учених [225], найвища потреба ячменю до мінерального живлення на стадії кушніння–колосіння (тривалість 26–28 діб). За цей період рослини споживають переважну частину мінеральних речовин 42–46 % азоту, 61–64 – фосфору і 64–74 % калію від загальної потреби. З початку фази колосіння засвоєння рослинами фосфору та калію знижуються до мінімального рівня [224]. Тому важливо забезпечити рослину фосфором на початкових стадіях росту. У разі його дефіциту на початку вегетації значно знижується врожайність зерна у зв'язку з уповільненням кушніння та слабким

розвитком кореневої системи [223].

Динаміка засвоєння калію рослинами ячменю відбувається подібно до фосфору. Достатня забезпеченість рослин калієм особливо необхідна під час вирощування ячменю на пивоварні цілі, тому що цей елемент живлення не лише підвищує врожай зерна, але й поліпшує його пивоварні якості [222].

Ярі зернові колосові культури мають високу реакцію на застосування азотних добрив. Вміст азоту в ґрунті має бути високим під час кущіння, виходу рослин у трубку, колосіння та наливання зерна ячменю ярого. Це сприяє ліпшому розвитку та росту репродуктивних органів, а також посиленому накопиченню білка в зерні. При цьому необхідно контролювати стійкість рослин до полягання [219].

У середньому за три роки проведення досліджень поліпшення умов мінерального живлення ячменю голозерного сприяло достовірному підвищенню врожайності зерна – на 14–23 % (за виключенням ділянок з внесенням $P_{60}K_{70}$) (табл. 4.1). Із видів мінеральних добрив найбільший вплив на формування врожаю мали азотні, які на тлі $P_{60}K_{70}$ у дозі N_{70} забезпечили 19 % його приросту. Зниження дози добрив у двічі (до $N_{35}P_{30}K_{35}$) істотно не знижувало врожай ячменю ярого. Урожайність на ділянках досліду з неповним поверненням з мінеральними добривами фосфору і калію, винесеного з урожаєм майже не відрізнялась від ділянок з повним мінеральним добривом.

Необхідно також зазначити, що врожайність зерна ячменю голозерного значно змінювалась залежно від погодних умов у роки проведення досліджень. Так, у 2021 р. застосування N_{35} забезпечувало врожайність зерна 3,35 т/га проти 3,28 т/га у варіанті без добрив, проте це підвищення було недостовірним. Вилягання рослин ячменю голозерного зменшувало її до 2,86–3,17 т/га залежно від системи удобрення або на 5–13 %.

В умовах 2022 р. врожайність ячменю голозерного, навпаки, збільшувалась від 1,95 до 2,60 т/га за внесення N_{35} або на 33 %. За внесення подвійної дози азотних добрив (N_{70}) вона становила 3,11 т/га або була більшою на 59 %. Застосування $N_{35}P_{30}K_{35}$ забезпечувало формування 2,78 т/га

зерна, що було більшим лише на 7 % порівняно з N_{35} . За умови застосування $N_{70}P_{60}K_{70}$ урожайність збільшувалась до 3,45 т/га або на 11 % порівняно з варіантом досліду N_{70} .

Таблиця 4.1

Урожайність зерна ячменю ярого голозерного залежно від удобрення та індекс її стабільності

Варіант досліду	Урожайність, т/га				Індекс стабільності
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє за три роки	
Без добрив (контроль)	3,28	1,95	1,90	2,38	0,58
N_{35}	3,35	2,60	2,80	2,92	0,78
N_{70}	3,15	3,11	3,20	3,15	0,97
$P_{60}K_{70}$	2,87	2,38	2,67	2,64	0,83
$N_{70}K_{70}$	3,17	3,36	3,73	3,42	0,85
$N_{70}P_{60}$	3,10	3,32	3,83	3,42	0,81
$N_{35}P_{30}K_{35}$	3,14	2,78	3,40	3,11	0,82
$N_{70}P_{60}K_{70}$	2,96	3,45	4,07	3,49	0,73
$N_{70}P_{30}K_{35}$	2,86	3,38	4,03	3,42	0,71
$N_{70}P_{60}K_{35}$	2,96	3,39	4,05	3,47	0,73
$N_{70}P_{30}K_{70}$	2,98	3,41	3,97	3,45	0,75
$НІР_{05}$	0,15	0,16	0,19	–	–

Найменше на формування врожайності зерна впливало застосування лише фосфорних і калійних добрив. Так, у варіанті досліду $P_{60}K_{70}$ приріст урожайності був лише 0,43 т/га. Азотно-калійна, фосфорно-калійна та азотно-фосфорно-калійна системи удобрення з неповним поверненням основних елементів живлення порівняно з повним добривом ($N_{70}P_{60}K_{70}$) істотно не знижували урожайність ячменю голозерного. При цьому врожайність була на рівні або знижувалась не більше ніж на 0,16 т/га, що було в межах помилки досліду. Лише в умовах 2022 року у варіантах досліду $N_{70}P_{60}K_{35}$ і $N_{70}P_{30}K_{35}$ це зниження було достовірним – 0,16–0,17 т/га (за $НІР_{05}$ 0,17 т/га).

Встановлено, що рослини ячменю голозерного мали різну стійкість до вилягання залежно від систем удобрення в умовах 2021 р. (табл. 4.2). Так,

найвищою вона була у варіанті досліді без добрив і на фосфорно-калійному тлі – 5–7 бала. У решти варіантів досліді цей показник був нижчим – 3 бала, що вплинуло на формування врожаю ячменю голозерного.

Таблиця 4.2

**Стійкість до полягання ячменю голозерного залежно від особливостей
удобрення в 2021 р.**

Варіант досліді	Дата проведення обліку					
	15.06	25.06	05.07	15.07	15.07 ¹	15.07 ²
Без добрив (контроль)	9	9	7	7	7	7
N ₃₅	9	9	3	3	3	5
N ₇₀	9	7	3	3	3	3
P ₆₀ K ₇₀	9	9	5	5	5	7
N ₇₀ K ₇₀	5	5	3	3	3	3
N ₇₀ P ₆₀	5	5	3	3	3	3
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	9	5	3	3	3	3
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	5	5	3	3	3	3
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	5	5	3	3	3	3
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	5	5	3	3	3	3
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	5	5	3	3	3	3
<i>HIP</i> ₀₅	1	1	1	1	1	1

Примітка. ¹ – стійкість в осередку полягання, ² – площа полягання.

За умови, якби рослини ячменю голозерного в 2021 р. не полягли, його врожайність могла б становити 4,39–5,38 т/га за внесення лише азотних добрив і 4,98–5,85 т/га за внесення повного мінерального добрива. При цьому приріст від застосування лише фосфорних і калійних добрив становив би 0,76 т/га.

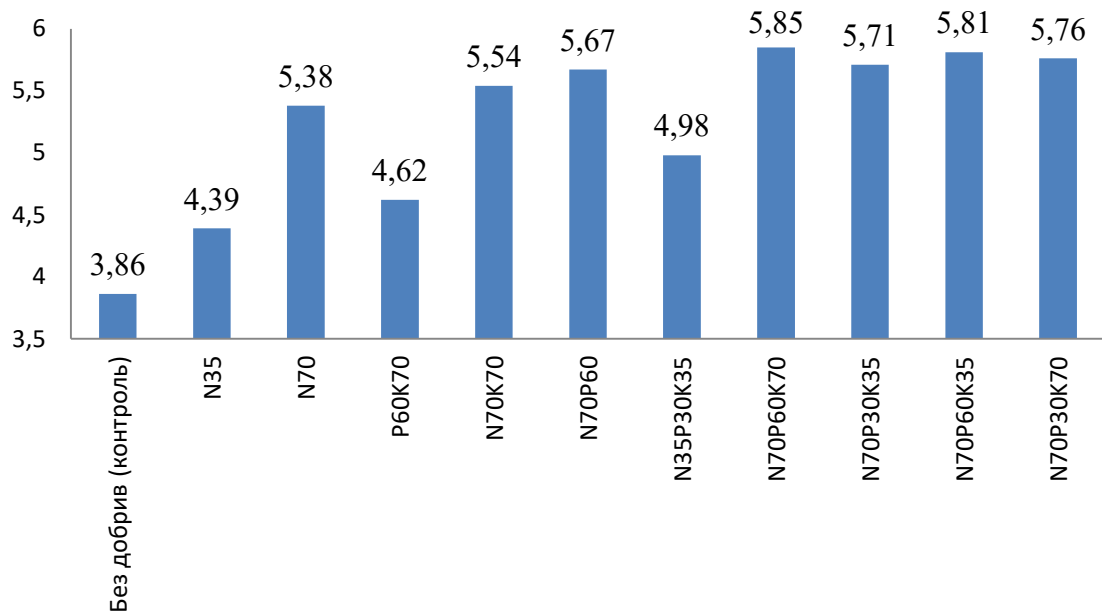


Рис. 4.1 Формування врожаю ячменю голозерного в 2021 р. за умови не вилягання рослин, т/га

Розрахунки показали, що найнижчий рівень стабільності врожайності зерна був у варіанті без добрив – 0,50, тоді як в інших варіантах дослідів – у межах 0,71–0,97. При цьому чіткої залежності між дозами, видами добрив та їхнім поєднанням не спостерігалось. На нашу думку, це можна пояснити різним їх впливом на продукційний процес формування врожаю за різних погодних умов вегетаційного періоду.

Отже, ячмінь голозерний ярий добре реагує на застосування мінеральних добрив, у першу чергу азотних, проте необхідно враховувати стійкість рослин до полягання. Зменшення дози внесення фосфорних добрив з 60 до 30 кг/га д. р., а калійних – з 70 до 35 кг/га д. р., чи обох їх, знижувало врожайність ячменю голозерного не більше ніж на 2 %.

Поряд з урожайністю зерна, важливим показником продуктивності зернових культур є врожайність соломи. Культура чи її сорт вважається ціннішим, що формує більшу біомасу. З агрохімічного погляду в ґрунт необхідно повернути не лише винесені з урожаєм елементи мінерального живлення, але й органічні речовини які були мінералізовані в період вегетації культури, а також у попередні роки. Це сприятиме сталому відновленню та

прогресуючому підвищенню вмісту гумусу в ґрунті, особливо його лабільної частини.

Як видно з даних табл. 4.3, за роки проведення досліджень у варіантах досліду врожайність соломи була від 4,26 до 8,14 т/га, тобто значно більша врожайності зерна. Добрива істотно впливали на цей показник продуктивності ячменю голозерного. Так, на ділянках без добрив за роки проведення досліджень вона була в межах 4,26–4,56 т/га, або змінювалась лише на 7 % залежно від погодних умов. Тоді, як наприклад, у варіанті досліду N₇₀P₃₀K₃₅ зміни були більшими – від 5,15 до 8,06 т/га, або 57 %. У середньому за три роки проведення досліджень застосування лише азотних добрив у дозі 35–70 кг/га д. р. сприяло підвищенню врожайності соломи на 1,11–1,55 т/га або на 25–35 %.

Таблиця 4.3

Урожайність соломи ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, т/га

Варіант досліду	Рік проведення дослідження			Середня за три роки
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	4,26	4,49	4,56	4,44
N ₃₅	5,03	5,46	6,16	5,55
N ₇₀	5,67	5,91	6,40	5,99
P ₆₀ K ₇₀	4,59	5,24	6,14	5,32
N ₇₀ K ₇₀	5,71	6,38	7,46	6,52
N ₇₀ P ₆₀	5,58	6,31	7,66	6,52
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	5,02	5,84	7,48	6,11
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	5,33	6,56	8,14	6,67
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	5,15	6,42	8,06	6,54
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	5,33	6,44	8,10	6,62
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	5,36	6,48	7,94	6,59
<i>HIP</i> ₀₅	0,26	0,30	0,42	–

На фосфорно-калійному тлі врожайність соломи підвищувалась на 20 %, а на азотно-фосфорному та азотно-калійному – на 47 %. За внесення повного мінерального добрива (варіант $N_{70}P_{60}K_{70}$) урожайність соломи за три роки проведення досліджень була найвищою – 6,67 т/га, тобто приріст порівняно з абсолютним контролем становив 50 %. При цьому необхідно зазначити, що врожайність зерна у цьому варіанті дослідження підвищувалась на 47 %. З цього можна зробити висновок, що удобрення рівноцінно впливає як на формування врожаю зерна, так і соломи. При цьому формування врожаю зерна дещо відстає від соломи.

Кількість соломи на формування одиниці маси зерна є важливим показником у різних господарських розрахунках. Особливо цей показник важливий для розрахунку балансу поживних речовин і гумусу в ґрунті у разі видалення соломи з поля, а також для розрахунку доз внесення добрив.

Як видно з даних табл. 4.4, залежно від погодних умов і особливостей удобрення відношення маси соломи до зерна в урожаї ячменю голозерного змінювалося від 1,3 до 2,4 і збільшувалося з поліпшенням мінерального живлення рослин, особливо азотом. У середньому за роки проведення досліджень цей показник у більшості варіантів дослідження становив 1,9, а у варіантах без внесення азотних добрив і у варіанті дослідження $N_{35}P_{30}K_{35}$ – 2,0. Індекс стабільності показника «маса соломи: маса зерна» за внесення повного мінерального добрива в дозі $N_{70}P_{30-60}K_{35-75}$ був 0,9, тоді як на абсолютному контролі – 0,54, за внесення азотних добрив у дозі 35 кг/га д. р. – 0,68–0,73 залежно від варіанту дослідження.

Отже, для проведення необхідних балансових і господарських розрахунків можна вважати, що ячмінь голозерний на тлі оптимального мінерального живлення за формування 1 т зерна формує відповідно й 1,9 т соломи.

**Відношення маси соломи до зерна ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення**

Варіант досліджу	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки	Індекс стабільності показника
	2021	2022	2023		
Без добрив (контроль)	1,3	2,3	2,4	2,0	0,54
N ₃₅	1,5	2,1	2,2	1,9	0,68
N ₇₀	1,8	1,9	2,0	1,9	0,90
P ₆₀ K ₇₀	1,6	2,2	2,3	2,0	0,70
N ₇₀ K ₇₀	1,8	1,9	2,0	1,9	0,90
N ₇₀ P ₆₀	1,8	1,9	2,0	1,9	0,90
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	1,6	2,1	2,2	2,0	0,73
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	1,8	1,9	2,0	1,9	0,90
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	1,8	1,9	2,0	1,9	0,90
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	1,8	1,9	2,0	1,9	0,90
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	1,8	1,9	2,0	1,9	0,90
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	0,1	0,1	–	–

4.2 Формування якості зерна

Як перспективної продовольчої культури, внутрішнє споживання, так і експортні поставки зерна ячменю голозерного в інші країни з року в рік зростають. Проте обсяги його реалізації визначаються відповідними вимогами щодо якості. Як уже зазначалося, ячмінь ярий характеризується коротким вегетаційним періодом. Тому формування відповідної якості зерна визначається низкою чинників, зокрема ґрунтово-кліматичними умовами регіону, погодними умовами вегетації, попередником, технологією вирощування. Серед агроходів провідне місце належить оптимізації умов

мінерального живлення ячменю голозерного, оскільки рівень забезпеченості рослин макро- та мікроелементами дає можливість управляти показниками якості зерна, зокрема вмістом білка [19].

Вміст білка є важливим показником якості зерна ячменю голозерного. Це показник, який визначає його цільове призначення – для пивоваріння чи продовольче. Безпосередній вплив на формування білкової складової зерна має наявність у ґрунті азоту мінеральних сполук за оптимального живлення фосфором і калієм [10].

Ячмінь ярий вимогливий до умов мінерального живлення. Тому важливо створити оптимальні його умови, які забезпечать реалізацію генетичного потенціалу сучасних сортів ячменю голозерного в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Як показали проведені дослідження, вміст білка в зерні ячменю голозерного значно залежав як від погодних умов вегетаційного періоду, так і від особливостей удобрення і змінювався в межах від 13,9 до 20,3 % (табл. 4.5).

У середньому за три роки проведення досліджень на ділянках без добрив він був 15,5 % і підвищувався в інших варіантах досліду залежно від доз, видів мінеральних добрив і їх поєднань на 1–10 %. При цьому застосування лише азотних добрив у дозі 35–70 кг/га д. р. сприяло підвищенню вмісту білка в зерні на 7–8 %. Внесення ж 70 кг/га азоту добрив на тлі $P_{60}K_{70}$ було значно ефективнішим і підвищувало вміст білка на 10 %.

За внесення лише фосфорних і калійних добрив (варіант досліду $P_{60}K_{70}$) в усі роки проведення досліджень не було отримано достовірного приросту вмісту білка в зерні ячменю голозерного, тому можна вважати, що простежується лише тенденція його підвищення в середньому за три роки з 15,5 % до 15,7 %.

**Вміст білка в зерні ячменю ярого голозерного та індекс його стабільності
залежно від удобрення**

Варіант досліджу	Вміст білка, %				Індекс стабільності
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє за три роки	
Без добрив (контроль)	14,1	14,2	18,2	15,5	0,77
N ₃₅	15,4	15,0	19,7	16,7	0,76
N ₇₀	14,2	15,6	20,1	16,6	0,71
P ₆₀ K ₇₀	13,9	14,3	18,8	15,7	0,74
N ₇₀ K ₇₀	14,8	15,2	20,1	16,7	0,74
N ₇₀ P ₆₀	14,9	15,1	20,2	16,7	0,74
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	14,7	15,4	19,8	16,6	0,74
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	14,9	15,8	20,3	17,0	0,73
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	14,5	15,6	20,1	16,7	0,72
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	14,7	15,7	20,2	16,9	0,73
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	14,6	15,6	20,3	16,8	0,72
HIP ₀₅	0,7	0,8	1,0	–	–

З основних елементів живлення у складі повного мінерального добрива (N₇₀P₆₀K₇₀) найбільше сприяла підвищенню вмісту білка азотна складова (на 8 %), потім фосфорна і калійна – по 2 %. Зі зменшенням дози мінеральних добрив удвічі (варіант N₃₅P₃₀K₃₅) вміст білка формувався меншим на 0,4 абс. %. Зі зменшенням у складі повного мінерального добрива (N₇₀P₆₀K₇₀) вдвічі дози внесення фосфору, калію або обох цих елементів живлення спостерігалась лише тенденція до зменшення вмісту білка на 0,1–0,3 абс. %.

Розрахунки показали, що індекс стабільності вмісту білка в зерні був найвищим у абсолютному контролі та за внесення лише азотних добрив у дозі 35 кг/га д. р. – 0,76–0,77. В інших варіантах досліджу він був у межах 0,72–0,74, за виключенням варіанту з внесенням лише азотних добрив у дозі 70 кг/га д. р.

Отже, зерно ячменю цього сорту завдяки голозерності, формуванню великої вегетативної маси і відносно невисокої урожайності зерна накопичує значну кількість білка.

Як видно з даних табл. 4.6, збір білка з одиниці площі посіву ячменю

ярого голозерного завдяки оптимальному живленню рослин, створеному удобренням, може підвищуватися з 362 до 604 кг/га, або на 67 %. При цьому необхідно зазначити, що збір білка більше залежить від урожайності зерна, ніж вмісту від вмісту білка в зерні (коефіцієнт кореляції відповідно 0,95 і 0,73). Значний вплив на цей показник мали погодні умови вегетаційного періоду. Так, у варіанті дослідів без добрив збір білка змінювався в роки проведення досліджень від 277 до 462 кг/га, або на 67 %, а наприклад, у варіанті N₇₀P₃₀K₃₅ – від 415 до 810 кг/га або на 95 %. Це перш за все можна пояснити поляганням рослин за незбалансованого живлення основними елементами за більшої частки в повному удобренні азоту.

Таблиця 4.6

**Збір білка з урожаю зерна ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення, кг/га**

Варіант дослідів	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	462	277	346	362
N ₃₅	516	390	552	486
N ₇₀	447	485	643	525
P ₆₀ K ₇₀	399	340	502	414
N ₇₀ K ₇₀	469	511	750	577
N ₇₀ P ₆₀	462	501	774	579
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	462	428	673	521
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	441	545	826	604
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	415	527	810	584
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	435	532	818	595
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	435	532	806	591

За відсутності у складі повного мінерального добрива азоту збір білка знижувався з 604 до 414 кг/га, або на 31 %, тоді як фосфору й калію – на 4 %. Зменшення дози мінеральних добрив удвічі – з N₇₀P₆₀K₇₀ до N₃₅P₃₀K₃₅

знижувало збір білка на 14 %. Зменшення в складі повного мінерального добрива (N₇₀P₆₀K₇₀) дози фосфору, калію або фосфору і калію – збір білка зменшувався неістотно (до 3 %).

Важливим показником якості зерна ячменю є вміст крохмалю. Як показали проведені дослідження, цей показник є більш стабільним і змінювався за роки проведення досліджень в менших межах – від 57,0 до 63,2 % (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

**Вміст крохмалю в зерні ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення, %**

Варіант досліду	Рік проведення дослідження			Середній за три роки
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	62,7	61,9	59,4	61,3
N ₃₅	61,0	60,7	58,6	60,1
N ₇₀	62,3	59,2	57,6	59,7
P ₆₀ K ₇₀	63,2	61,1	58,9	61,1
N ₇₀ K ₇₀	62,1	60,1	57,8	60,0
N ₇₀ P ₆₀	62,2	60,0	57,9	60,0
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	62,5	59,8	58,3	60,2
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	62,0	59,2	57,3	59,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	62,0	59,2	57,0	59,4
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	62,2	59,3	57,1	59,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	62,4	59,5	57,4	59,8
<i>НІР</i> ₀₅	3,1	3,0	2,9	–

Як видно з даних табл. 4.7, нижчий вміст крохмалю в зерні формувався за вищої його білковості. Встановлено дуже високий від’ємний кореляційний зв’язок між вмістом крохмалю та білка ($r = -0,94$). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

$$y = -0,7222x + 59,908,$$

де y – вміст білка, %;

x – вміст крохмалю, %.

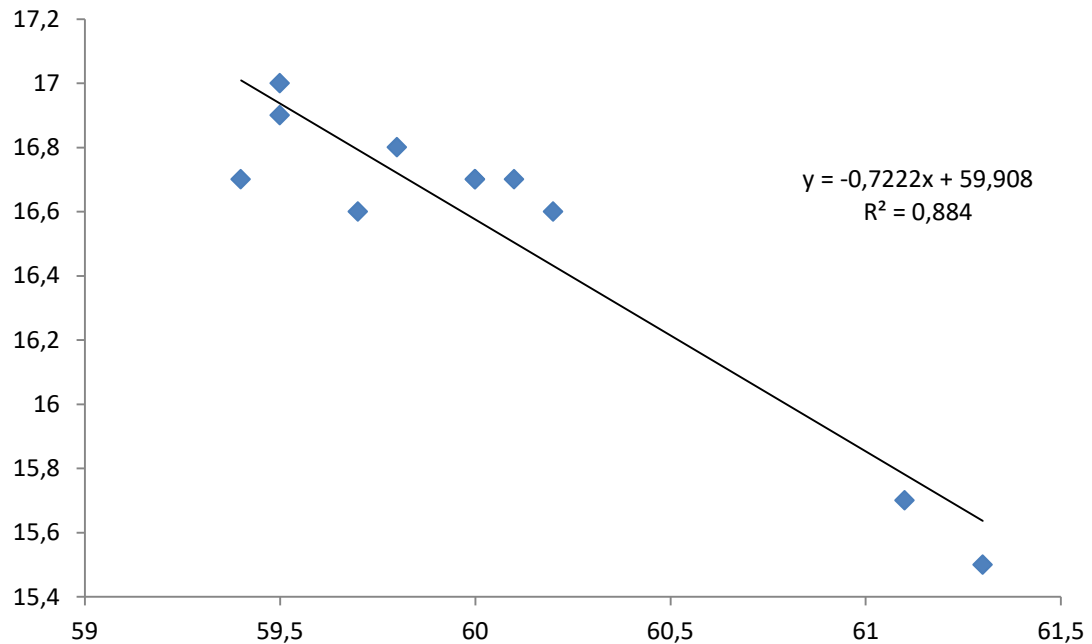


Рис. 4.2 Кореляційна залежність між вмістом крохмалю та вмістом білка в зерні ячменю ярого голозерного

У середньому за три роки проведення досліджень вміст крохмалю в зерні ячменю голозерного був у межах 59,4–61,3 % залежно від особливостей удобрення. При цьому найбільший вплив на зниження вмісту крохмалю в зерні був за поліпшення мінерального живлення рослин, особливо азотного.

Збір крохмалю з урожаю зерна ячменю голозерного в більшій мірі залежав від погодних умов вегетаційного періоду, ніж від удобрення (табл. 4.8). У середньому за три роки проведення досліджень завдяки поліпшенню мінерального живлення рослин внесенням добрив він зростав з 1464 до 1754–2070 кг/га, або на 20–41 %. Зменшення дози повного мінерального удобрення вдвічі (до $N_{35}P_{30}K_{35}$) знижувало збір крохмалю на

201 кг/га або на 10 %.

Таблиця 4.8

**Збір крохмалю з урожаю зерна ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення, кг/га**

Варіант дослідю	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	2057	1207	1129	1464
N ₃₅	2044	1578	1641	1754
N ₇₀	1962	1841	1843	1882
P ₆₀ K ₇₀	1814	1454	1573	1614
N ₇₀ K ₇₀	1969	2019	2156	2048
N ₇₀ P ₆₀	1928	1992	2218	2046
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	1963	1662	1982	1869
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	1835	2042	2332	2070
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	1773	2001	2297	2024
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	1841	2010	2313	2055
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	1860	2029	2279	2056

Відсутність у складі повного мінерального добрива (N₇₀P₆₀K₇₀) фосфору, калію, або зменшення їх доз удвічі – відповідно до P₃₀ і K₃₅ не мало істотного впливу на збір крохмалю – зменшення становило лише 1–2 %.

Необхідно також зазначити, що збір крохмалю з одиниці площі посіву ячменю голозерного в більшій мірі залежить від урожайності зерна, ніж від вмісту в ньому крохмалю – коефіцієнт кореляції відповідно становив 0,96 і 0,77.

Натура зерна є важливим показником його насінневих якостей, як сировини для пивоваріння, а також виготовлення харчових продуктів. Як показали проведені дослідження, натура зерна ячменю голозерного є досить стабільним показником і змінювалася в умовах проведення дослідю від 722 до 797 г/л або лише на 10 % (табл. 4.9).

Натура зерна ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, г/л

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	773	791	746	770
N ₃₅	792	778	726	765
N ₇₀	773	775	722	757
P ₆₀ K ₇₀	788	807	767	787
N ₇₀ K ₇₀	785	776	730	764
N ₇₀ P ₆₀	783	780	731	765
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	792	785	735	771
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	793	797	736	775
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	783	791	735	770
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	791	792	737	773
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	789	793	736	773
<i>НІР</i> ₀₅	39	40	35	–

Як видно з даних табл. 4.9, розбіжність у натурі зерна ячменю голозерного була ще меншою – від 757 до 787 г/л, або різнилася лише на 4 %. При цьому необхідно зазначити тенденцію зниження цього показника за поліпшення мінерального живлення рослин ячменю, особливо азотного.

Висновки до розділу 4:

1. У середньому за три роки проведення досліджень поліпшення умов мінерального живлення ячменю голозерного сприяє достовірному підвищенню врожайності зерна – на 14–23 % (за виключенням ділянок з внесенням P₆₀K₇₀). Із видів мінеральних добрив найбільший вплив на формування врожаю мають азотні, які на тлі P₆₀K₇₀ у дозі N₇₀ забезпечують 19 % його приросту. Зниження дози добрив удвічі (до N₃₅P₃₀K₃₅) істотно не знижує врожай ячменю ярого.

Урожайність на ділянках досліді з неповним поверненням з мінеральними добривами фосфору і калію, винесеного з урожаєм майже не відрізняється від ділянок з повним мінеральним добривом.

Необхідно також зазначити, що врожайність зерна ячменю голозерного значно змінюється залежно від погодних умов у роки проведення досліджень. Так, у 2021 р. застосування N_{35} забезпечує врожайність зерна 3,35 т/га проти 3,28 т/га у варіанті без добрив, проте це підвищення недостовірне. Вилягання рослин ячменю голозерного зменшує її до 2,86–3,17 т/га залежно від системи удобрення або на 5–13 %.

2. Встановлено, що рослини ячменю голозерного мають різну стійкість до вилягання залежно від систем удобрення в умовах 2021 р. Так, найвища вона у варіанті досліді без добрив і на фосфорно-калійному тлі – 5–7 бала. У решти варіантів досліді цей показник нижчий – 3 бала, що вплинуло на формування врожаю ячменю голозерного.

3. У середньому за три роки проведення досліджень на ділянках без добрив вміст білка становить 15,5 % і підвищується в інших варіантах досліді залежно від доз, видів мінеральних добрив і їх поєднань на 1–10 %. При цьому застосування лише азотних добрив у дозі 35–70 кг/га д. р. сприяє підвищенню вмісту білка в зерні на 7–8 %. Внесення ж 70 кг/га азоту добрив на тлі $P_{60}K_{70}$ значно ефективніше і підвищує вміст білка на 10 %.

За внесення лише фосфорних і калійних добрив (варіант досліді $P_{60}K_{70}$) в усі роки проведення досліджень не отримано достовірного приросту вмісту білка в зерні ячменю голозерного, тому можна вважати, що простежується лише тенденція його підвищення в середньому за три роки з 15,5 % до 15,7 %.

З основних елементів живлення у складі повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) найбільше сприяє підвищенню вмісту білка азотна складова (на 8 %), потім фосфорна і калійна – по 2 %. Зі зменшенням дози мінеральних добрив удвічі (варіант $N_{35}P_{30}K_{35}$) вміст білка формується меншим на 0,4 абс. %. Зі зменшенням у складі повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$)

вдвічі дози внесення фосфору, калію або обох цих елементів живлення спостерігається лише тенденція до зменшення вмісту білка на 0,1–0,3 абс. %.

4. У середньому за три роки проведення досліджень вміст крохмалю в зерні ячменю голозерного становить 59,4–61,3 % залежно від особливостей удобрення. При цьому найбільший вплив на зниження вмісту крохмалю в зерні має поліпшення мінерального живлення рослин, особливо азотного.

5. Збір крохмалю з урожаю зерна ячменю голозерного в більшій мірі залежить від погодних умов вегетаційного періоду, ніж від удобрення. У середньому за три роки проведення досліджень завдяки поліпшенню мінерального живлення рослин внесенням добрив він зростає з 1464 до 1754–2070 кг/га, або на 20–41 %. Зменшення дози повного мінерального удобрення вдвічі (до $N_{35}P_{30}K_{35}$) знижує збір крохмалю на 201 кг/га або на 10 %.

Результати досліджень, викладені в розділі, опубліковано в працях [22, 57].

РОЗДІЛ 5

ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЯЧМЕНЕМ ЯРИМ ГОЛОЗЕРНИМ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

Ячмінь ярий добре реагує на застосування добрив. Однак у більшості сільськогосподарських підприємств врожайність ячменю не перевищує 50–60 % реально можливого рівня. Встановлено, що застосування добрив дає можливість отримати до 40 % приросту врожаю [85]. Розроблення системи удобрення сільськогосподарських культур проводять з урахуванням господарського винесення основних елементів живлення та їх балансу в ґрунті [120]. У зв'язку з цим вивчення питання щодо господарського винесення та балансу основних елементів живлення у ґрунті під посівами ячменю ярого голозерного є актуальним.

Балансу елементів живлення у ґрунті приділяють значної уваги, бо він є науковою основою для розроблення системи удобрення. Завданням його є поліпшення родючості ґрунту і підвищення врожайності сільськогосподарських культур [209]. Баланс елементів живлення відображає ступінь інтенсифікації сільського господарства. Важливо, що він дає можливість встановити недоліки існуючої системи удобрення та дозволяє визначити оптимальні дози і співвідношення складових елементів живлення [52]. Вважають, що баланс елементів мінерального живлення рослин є показником родючості ґрунту. Він дає можливість науково обґрунтувати загальну потребу господарства в добривах. Доведено [71], що на баланс елементів живлення впливає застосування добрив. При цьому рівень інтенсивності балансу визначається дозою добрив і рівнем урожаю сільськогосподарської культури.

5.1 Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі

Результати проведених досліджень свідчать, що застосування добрив у

польовій сівозміні значно впливає на вміст основних елементів живлення в зерні та соломі ячменю ярого голозерного (табл. 5.1). У зерні ячменю найвищим був вміст загального азоту, який змінювався від 2,72 до 2,98 % на суху речовину. При цьому найбільше на нього впливала азотна складова повного мінерального добрива. Так, за внесення лише азотних добрив у дозі 35 кг/га д. р. вміст азоту зростав до 2,93 % або на 8 % порівняно з контролем. За подвійної дози азотних добрив цей показник зростав до 2,91 % або на 7 %. У варіанті з повним мінеральним добривом вміст азоту зростав до 2,98 % або на 10 %. Незначне зниження вміст загального азоту в зерні ячменю ярого голозерного в окремих варіантах зумовлено виляганням рослин у 2021 р., що вплинуло на його середній показник. Варіанти з неповним поверненням фосфору та калію з добривами майже не впливали на вміст загального азоту в зерні ячменю.

Таблиця 5.1

Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі ячменю ярого голозерного залежно від удобрення (2021–2023 рр.), % на суху масу

Варіант досліджу	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	2,72	0,91	0,62	0,33	0,25	0,98
N ₃₅	2,93	0,92	0,62	0,37	0,25	0,98
N ₇₀	2,91	0,92	0,63	0,40	0,26	0,98
P ₆₀ K ₇₀	2,75	0,95	0,65	0,33	0,27	1,02
N ₇₀ K ₇₀	2,93	0,92	0,70	0,40	0,26	1,12
N ₇₀ P ₆₀	2,93	0,96	0,63	0,40	0,28	0,98
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	2,91	0,94	0,65	0,38	0,27	1,07
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	2,98	1,01	0,71	0,41	0,29	1,16
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	2,93	0,95	0,66	0,40	0,27	1,10
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	2,96	1,00	0,65	0,40	0,28	1,11
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	2,95	0,95	0,70	0,41	0,27	1,16

Вміст фосфору в зерні ячменю ярого голозерного змінювався від 0,91 до 1,01 % на суху масу. Необхідно відзначити, що азотні системи удобрення не впливали на вміст фосфору в зерні. Застосування лише фосфорних і калійних добрив підвищували його вміст до 0,95 % або на 4 % порівняно з ділянками без добрив. За умови повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) вміст фосфору зростав до 1,01 % або на 11 %. Неповне повернення фосфорних добрив у складі повного мінерального добрива знижувало вміст фосфору до 0,94–0,95 % на суху речовину.

Вміст калію в зерні ячменю ярого голозерного був у межах 0,62–0,71 % залежно від системи удобрення. Тенденція впливу систем удобрення на вміст калію була подібною до вмісту фосфору в зерні. Найвищий його вміст отримано за повного мінерального добрива – 0,71 %, що було більше на 15 % порівняно з контролем.

У соломі ячменю ярого голозерного вміст калію був найвищим, а вміст азоту – найнижчим. Вміст калію змінювався від 0,98 до 1,16 %, фосфору – від 0,25 до 0,29, азоту – від 0,33 до 0,41 % на суху речовину залежно від системи удобрення. При цьому варіант з повним мінеральним добривом найбільше впливав на вміст основних елементів живлення.

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

Потребу рослин у поживних речовинах визначають з урахуванням їх відносного винесення. Біологічна потреба рослин у поживних речовинах упродовж вегетаційного періоду значно більша за господарський винос, оскільки значна їх частина в процесі росту й розвитку переміщується і накопичується в різній кількості в урожаї, післязбиральних рештках та кореневій системі [53].

Показник відносного винесення основних елементів живлення змінюється залежно від сорту та системи удобрення. Так, встановлено, що

відносне винесення азоту ячменю ярого становило 15,0–15,9 кг/т, фосфору – 9,7–10,5, калію – 15,6–16,3 кг/т зерна та відповідну кількість соломи на ділянках без добрив. За умови застосування добрив цей показник становив відповідно 20,4–22,9 кг/т, 12,7–13,8, 18,1–18,9 кг/т зерна та відповідну кількість соломи залежно від сорту ячменю ярого [209]. При цьому поліпшення умов живлення рослин у зв'язку із застосуванням добрив залежно від біологічних особливостей сорту збільшувало відносне винесення поживних елементів з ґрунту. Винесення азоту сортами ячменю ярого за роки досліджень зростало на 26–30 %, фосфору – на 22–24 і калію – на 13–14 % у варіантах з внесенням високих доз добрив. У варіантах з внесенням низьких доз добрив відносне винесення азоту сортами ячменю ярого зросло лише на 9–14 %, при цьому в обох випадках, найвищим воно було в сорту Миронівський 92, а в сорту Звершення за низьких доз мінеральної системи удобрення і в сорту Гетьман – за низьких доз органо-мінеральної системи удобрення [45].

У дослідженнях з тритикале ярим відносне винесення азоту, фосфору та калію для формування однієї тонни зерна і відповідної маси соломи у варіанті без добрив становило 27,1, 7,8 і 16,1 кг/т, а за внесення $P_{90}K_{90} + N_{150}$ – відповідно 30,6; 8,8 і 18,1 кг/т. Внесення добрив, особливо азотних, підвищує надходження елементів живлення в рослини і відносне винесення їх з урожаєм. При цьому коефіцієнт використання азоту з добрив знижувався від 68–71 % за N_{30} до 51–55 % за N_{150} [48].

Встановлено, що для формування 1 т основної і відповідної кількості соломи пшениця м'яка озима витрачає 20,5–28,2 кг азоту, 9,7–11,3 – фосфору та 16,2–19,7 кг калію залежно від удобрення. З соломою пшениці м'якої озимої у ґрунт від господарського винесення повертається 27–33 % азоту, 35–36 – фосфору й 74–76 % калію залежно від доз добрив. На формування одиниці врожаю зерна та відповідної кількості соломи пшениця озима засвоює N, P_2O_5 і K_2O у такому співвідношенні: 1 : 0,4 : 0,7 [208].

Із зерном найбільше виносилось азоту – від 64,7 до 104,0 кг/га, а

найменше калію – від 14,8 до 24,8 кг/га залежно від варіанту досліду (табл. 5.2). Застосування азотних добрив у дозі N₃₅ збільшувало господарське винесення до 85,6 кг/га або в 1,3 рази порівняно з варіантом без добрив. За подвійної дози азотних добрив цей показник зростав до 91,7 кг/га або в 1,4 рази. Варіанти з різними комбінаціями фосфорних і калійних добрив збільшували господарське винесення азоту на 5–13 % порівняно з азотними системами удобрення.

Таблиця 5.2

**Господарське винесення основних елементів живлення ячменем
голозерним ярим залежно від удобрення (2021–2023 рр.), кг/га**

Варіант досліду	Винесення зерном			Господарське винесення соломою		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	64,7	21,7	14,8	14,7	11,1	43,5
N ₃₅	85,6	26,9	18,1	20,5	13,9	54,4
N ₇₀	91,7	29,0	19,8	24,0	15,6	58,7
P ₆₀ K ₇₀	72,6	25,1	17,2	17,6	14,4	54,3
N ₇₀ K ₇₀	100,2	31,5	23,9	26,1	17,0	73,0
N ₇₀ P ₆₀	100,2	32,8	21,5	26,1	18,3	63,9
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	90,5	29,2	20,2	23,2	16,5	65,4
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	104,0	35,2	24,8	27,3	19,3	77,4
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	100,2	32,5	22,6	26,2	17,7	71,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	102,7	34,7	22,6	26,5	18,5	73,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	101,8	32,8	24,2	27,0	17,8	76,4

Господарське винесення фосфору на азотних системах удобрення було на рівні 26,9–29,0 кг/га. За фосфорно-калійної системи цей показник був лише 25,1 кг/га, а за повного мінерального добрива збільшувався до 35,2 кг/га або в 1,6 рази порівняно з контролем. Господарське винесення фосфору за різних комбінацій фосфорних і калійних добрив був у межах 25,1–34,7 кг/га.

Господарське винесення калію з урожаєм зерна ячменю ярого голозерного був найменшим – 14,8–24,8 кг/га залежно від варіанту досліду.

Застосування азотних систем удобрення збільшувало його винесення до 18,1–19,8 кг/га або на 22–32 %. Системи удобрення, які містили калійні добрива збільшували його винесення до 20,2–24,8 кг/га або на 36–68 % порівняно з контролем.

У господарському винесенні частка азоту в урожаї зерна та соломи найбільша – 79,4–131,1 кг/га залежно від удобрення ячменю ярого голозерного (табл. 5.3). У варіантах із азотними системами удобрення господарське винесення азоту збільшувалось до 106,1–115,7 кг/га або в 1,3–1,5 рази порівняно з ділянками без добрив. У варіанті $N_{35}P_{30}K_{35}$ цей показник збільшувався до 113,7 кг/га або на 7 % порівняно з N_{35} . Застосування $N_{70}P_{60}K_{70}$ збільшувало господарське винесення до 131,3 кг/га або на 13 % порівняно з N_{70} . Варіанти з неповним поверненням фосфору й калію з добривами забезпечували господарське винесення азоту на 2–5 % менше порівняно з повним мінеральним добривом.

Таблиця 5.3

Господарське винесення (зерно+солома) основних елементів живлення ячменем голозерним ярим залежно від удобрення (2021–2023 рр.), кг/га

Варіант досліджу	Господарське винесення		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	79,4	32,8	58,3
N_{35}	106,1	40,8	72,5
N_{70}	115,7	44,6	78,5
$P_{60}K_{70}$	90,2	39,5	71,5
$N_{70}K_{70}$	126,3	48,5	96,9
$N_{70}P_{60}$	126,3	51,1	85,4
$N_{35}P_{30}K_{35}$	113,7	45,7	85,6
$N_{70}P_{60}K_{70}$	131,3	54,5	102,2
$N_{70}P_{30}K_{35}$	126,4	50,2	94,5
$N_{70}P_{60}K_{35}$	129,2	53,2	96,1
$N_{70}P_{30}K_{70}$	128,8	50,6	100,6

Господарське винесення калію було на рівні 58,3–102,2 кг/га залежно від

системи удобрення. Застосування різних систем удобрення збільшувало господарське його винесення порівняно з контролем. Найбільше господарське винесення було за систем, які містили азотну та калійну складову – 96,9–102,2 кг/га проти 71,5–78,5 кг/га за фосфорно-калійної та азотних систем.

Господарське винесення фосфору було найменшим порівняно з азотом і калієм. При цьому вищі показники винесення отримано за вирощування ячменю ярого гол озерного з внесенням азотних і фосфорних добрив – 51,1–54,5 кг/га проти 39,6–44,6 кг/га за внесення фосфорних і калійних добрив та лише азотних. Застосування добрив збільшувало господарське винесення фосфору на 20–66 % порівняно з ділянками без добрив.

Результати досліджень свідчать, що тривале застосування мінеральних добрив впливало на параметри винесення та баланс основних елементів живлення ячменем ярим голозерним. Встановлено, що частка азоту в господарському винесенні зерном була найвищою – 63,2–65,5 % (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Частка основних елементів живлення від господарського їх винесення ячменем голозерним ярим залежно від удобрення, 2021–2023 рр.

Варіант досліджу	Частка від господарського винесення, %					
	зерном			соломою		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	63,9	21,4	14,6	21,2	16,0	62,8
N ₃₅	65,5	20,6	13,9	23,1	15,7	61,3
N ₇₀	65,3	20,6	14,1	24,4	15,9	59,7
P ₆₀ K ₇₀	63,2	21,8	15,0	20,4	16,7	62,9
N ₇₀ K ₇₀	64,4	20,2	15,4	22,5	14,6	62,9
N ₇₀ P ₆₀	64,9	21,2	13,9	24,1	16,9	59,0
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	64,7	20,9	14,4	22,1	15,7	62,2
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	63,4	21,5	15,1	22,0	15,6	62,4
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	64,5	20,9	14,6	22,6	15,3	62,1
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	64,2	21,7	14,1	22,4	15,6	62,0
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	64,1	20,7	15,2	22,3	14,7	63,0

Частка калію була найнижчою – 13,9–15,4, а фосфору – 20,6–21,7 %

залежно від варіанту дослідження. Необхідно відзначити, що застосування добрив збільшувало частку азоту в господарському винесенні основних елементів живлення. Частка фосфору та калію при цьому майже не змінювалась.

У господарському винесенні соломою основних елементів живлення частка калію була найвищою – 59,0–62,8 %. Частка фосфору при цьому була найнижчою – 14,6–16,0 %, а частка азоту – лише 21,2–24,4 % залежно від варіанту дослідження. Необхідно відзначити, що застосування лише азотних добрив знижувало частку фосфору та калію. Частка азоту при цьому зростала. Застосування фосфорних і калійних у складі повного мінерального добрива майже не змінювало частки фосфору та калію порівняно з варіантом без добрив.

Встановлено, що частка азоту в господарському винесенні зерном і соломою була найвищою – 44,8–48,5 % (табл. 5.5). При цьому найвищий її показник був за азотних систем удобрення. Частка калію була на рівні 32,5–35,7 %, а фосфору – 18,1–19,6 % залежно від варіанту дослідження. При цьому чіткої тенденції впливу застосування добрив не встановлено.

Таблиця 5.5

**Частка основних елементів живлення від суми господарського їх
винесення зерном і соломою ячменю ярого голозерного залежно від
удобрення, 2021–2023 рр.**

Варіант дослідження	Господарське винесення		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	46,6	19,2	34,2
N ₃₅	48,4	18,6	33,0
N ₇₀	48,5	18,7	32,9
P ₆₀ K ₇₀	44,8	19,6	35,5
N ₇₀ K ₇₀	46,5	17,9	35,7
N ₇₀ P ₆₀	48,1	19,4	32,5
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	46,4	18,7	34,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	45,6	18,9	35,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	46,6	18,5	34,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	46,4	19,1	34,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	46,0	18,1	35,9

У господарському винесенні зерном ячменю ярого голозерного на одну частину азоту припадає 0,31–0,34 частини фосфору та 0,21–0,24 калію (табл. 5.6). У господарському винесенні соломною цей показник був на рівні 0,65–0,75 для фосфору та 2,45–3,08 для калію. Відношення N : P₂O₅ : K₂O в господарському винесенні зерном і соломною ячменю ярого голозерного змінювалося в невеликому діапазоні – від 1 : 0,38 : 0,68 за азотної системи до 1 : 0,42 : 0,78 за тривалого застосування N₇₀P₆₀K₇₀.

Таблиця 5.6

Відношення N : P₂O₅ : K₂O в господарському винесенні ячменю ярого голозерного залежно від удобрення, 2021–2023 рр.

Варіант дослідів	Господарське винесення		
	зерном	соломою	зерном і соломною
Без добрив (контроль)	1 : 0,33 : 0,23	1 : 0,75 : 2,96	1 : 0,41 : 0,73
N ₃₅	1 : 0,31 : 0,21	1 : 0,68 : 2,65	1 : 0,38 : 0,68
N ₇₀	1 : 0,32 : 0,22	1 : 0,65 : 2,45	1 : 0,39 : 0,68
P ₆₀ K ₇₀	1 : 0,34 : 0,24	1 : 0,82 : 3,08	1 : 0,44 : 0,79
N ₇₀ K ₇₀	1 : 0,31 : 0,24	1 : 0,65 : 2,80	1 : 0,38 : 0,77
N ₇₀ P ₆₀	1 : 0,33 : 0,21	1 : 0,70 : 2,45	1 : 0,40 : 0,68
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	1 : 0,32 : 0,22	1 : 0,71 : 2,81	1 : 0,40 : 0,75
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	1 : 0,34 : 0,24	1 : 0,71 : 2,84	1 : 0,42 : 0,78
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	1 : 0,32 : 0,23	1 : 0,68 : 2,75	1 : 0,40 : 0,75
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	1 : 0,34 : 0,22	1 : 0,70 : 2,77	1 : 0,41 : 0,74
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	1 : 0,32 : 0,24	1 : 0,66 : 2,83	1 : 0,39 : 0,78

Ефективність удобрення змінювалась залежно від системи застосування добрив (табл. 5.7). Розрахунки свідчать, що найвищий коефіцієнт засвоєння азоту був за внесення N₃₅ – 76,3 %, а збільшення дози азотних добрив до 70 кг/га д. р. знижувало його до 51,9 %. Застосування фосфорних і калійних добрив сприяло підвищенню цього показника до 55,7–67,1 %, крім варіанту N₇₀P₃₀K₃₅.

Найнижчий коефіцієнт засвоєння фосфору з добрив отримано за фосфорно-калійної та азотно-фосфорної системи удобрення – 10,8–11,2 %. Найвище засвоєння фосфору з добрив отримано на ділянках, де застосовували 30 кг/га д. р. фосфорних добрив – 35,7–37,0 %. Застосування 60 кг/га д. р. фосфорних добрив у складі повного мінерального добрива забезпечували 20,7–25,0 % засвоєння фосфору з добрив.

Подібну тенденцію визначено для коефіцієнта засвоєння калію з добрив. При цьому найвищим він був за внесення N₇₀ у складі повного мінерального добрива за дози калійних добрив 35 кг/га д. р. – 65,7–70,3 %. Найменше ячменем голозерним ярим засвоювалось калію на фосфорно-калійній системі удобрення – 18,9 %.

Таблиця 5.7

Коефіцієнт використання основних елементів живлення ячменем голозерним ярим з мінеральних добрив (2021–2023 рр.), %

Варіант досліджу	Господарське винесення		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₃₅	76,3	–	–
N ₇₀	51,9	–	–
P ₆₀ K ₇₀	–	11,2	18,9
N ₇₀ K ₇₀	67,0	–	26,3
N ₇₀ P ₆₀	67,0	10,8	–
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	67,1	20,7	40,3
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	58,7	25,0	43,9
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	51,7	35,7	65,7
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	55,7	22,8	70,3
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	55,1	37,0	41,6

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

Результати обчислень свідчать, що тривале застосування мінеральних

добрив по різному впливало на відносне винесення основних елементів живлення ячменем голозерним ярим (табл. 5.8). Так, застосування азотних добрив окремо та в складі повного мінерального добрива сприяло зростанню відносного винесення азоту від 27,2 до 29,1–29,8 кг/т зерна. Не змінювало цього показника застосування фосфорних і калійних добрив. Відносне винесення фосфору при цьому зростало від 9,1 до 9,2–10,1 кг/т зерна, а калію – від 6,2 до 6,3–7,1 кг/т зерна залежно від варіанту досліду. Необхідно відзначити, що застосування азотних добрив у складі повного мінерального добрива сприяло підвищенню цього показника. Описана тенденція була подібною для відносного винесення основних елементів ячменем голозерним ярим для зерна і відповідною кількістю соломи. Проте рівень його відрізнявся від відносного винесення для зерна.

Таблиця 5.8

Відносне винесення основних елементів живлення зерном і соломою ячменем голозерним ярим залежно від удобрення (2021–2023 рр.), кг/т

Варіант досліду	Відносне винесення					
	зерном			зерном і відповідною кількістю соломи		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	27,2	9,1	6,2	18,7	7,7	13,7
N ₃₅	29,3	9,2	6,2	22,0	8,5	15,0
N ₇₀	29,1	9,2	6,3	22,9	8,8	15,5
P ₆₀ K ₇₀	27,5	9,5	6,5	19,4	8,5	15,3
N ₇₀ K ₇₀	29,3	9,2	7,0	23,7	9,1	18,2
N ₇₀ P ₆₀	29,3	9,6	6,3	23,7	9,6	16,0
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	29,1	9,4	6,5	22,4	9,0	16,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	29,8	10,1	7,1	24,3	10,1	18,9
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	29,3	9,5	6,6	23,7	9,4	17,7
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	29,6	10,0	6,5	24,0	9,9	17,9
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	29,5	9,5	7,0	24,0	9,4	18,8

Відносне винесення азоту зростало від 18,7 до 22,0–24,0 кг/т зерна та відповідну кількість соломи або на 18–28 % у варіантах, які містили азотну

складову. Застосування фосфорно-калійної системи забезпечували цей показник на рівні 19,4 кг/т або на 4 %. Застосування мінеральних добрив збільшувало відносне винесення фосфору від 7,7 до 8,5–10,1 кг/т або на 10–31 %, а калію – від 13,7 до 15,0–18,9 кг/т зерна та відповідну кількість соломи ячменю ярого голозерного, або на 9–38 %.

Необхідно відзначити, що на ділянках без добрив незалежно від комбінацій із соломою баланс основних елементів живлення в ґрунті був від'ємним – -14,8...-79,4 кг/га (табл. 5.9). За умови видалення соломи із поля баланс для азоту та калію був від'ємним незалежно від системи удобрення ячменю ярого голозерного. Баланс фосфору за внесення $P_{60}K_{70}$, $N_{70}P_{60}$, $N_{70}P_{60}K_{70}$, $N_{70}P_{60}K_{35}$ був додатним – 5,5–20,5 кг/га.

Таблиця 5.9

Баланс основних елементів живлення за вирощування ячменю ярого голозерного залежно від удобрення (2021–2023 рр.), кг/га

Варіант досліджу	Баланс за умови					
	видалення соломи з поля			залишення соломи на полі		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	-79,4	-32,8	-58,3	-64,7	-21,7	-14,8
N ₃₅	-71,1	-40,8	-72,5	-50,6	-26,9	-18,1
N ₇₀	-45,7	-44,6	-78,5	-21,7	-29,0	-19,8
P ₆₀ K ₇₀	-90,2	20,5	-1,5	-72,6	34,9	52,8
N ₇₀ K ₇₀	-56,3	-48,5	-26,9	-30,2	-31,5	46,1
N ₇₀ P ₆₀	-56,3	8,9	-85,4	-30,2	27,2	-21,5
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	-78,7	-15,7	-50,6	-55,5	0,8	14,8
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	-61,3	5,5	-32,2	-34,0	24,8	45,2
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	-56,4	-20,2	-59,5	-30,2	-2,5	12,4
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	-59,2	6,8	-61,1	-32,7	25,3	12,4
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	-58,8	-20,6	-30,6	-31,8	-2,8	45,8

Залишення соломи на полі як добриво не забезпечувало отриманню додатного балансу азоту – -30,2...-64,7 кг/га залежно від варіанту досліджу. При цьому баланс фосфору був додатним за умови застосування 60 кг/га д. р. фосфорних добрив у складі системи удобрення. Баланс калію був додатним

за використання систем удобрення, які містили калій. Баланс фосфору та калію на азотних системах був від'ємним.

Обраховано, що за умови видалення соломи із поля вилучення перевищувало надходження для азоту та калію в усіх варіантах досліду (табл. 5.10). Інтенсивність балансу була нижче 100 % – 31–98 %. Необхідно відзначити, що цей показник на фосфорно-калійній системі був на рівні 98 %. Надходження перевищувало вилучення для фосфору за внесення P_{60} у складі повного мінерального добрива. Внесення 30 кг/га д. р. фосфорних добрив не забезпечували навіть бездефіцитного балансу.

Таблиця 5.10

Інтенсивність балансу за вирощування ячменю ярого голозерного залежно від удобрення (2021–2023 рр.), %

Варіант досліду	Інтенсивність балансу за умови					
	видалення соломи з поля			залишення соломи на полі		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	0	0	0	0	0	0
N ₃₅	33	0	0	41	0	0
N ₇₀	61	0	0	76	0	0
P ₆₀ K ₇₀	0	152	98	0	239	407
N ₇₀ K ₇₀	55	0	72	70	0	293
N ₇₀ P ₆₀	55	117	0	70	183	0
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	31	66	41	39	103	173
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	53	110	68	67	170	282
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	55	60	37	70	92	155
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	54	113	36	68	173	155
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	54	59	70	69	91	289

За умови залишення соломи на полі баланс азоту був дефіцитним на всіх системах удобрення, оскільки його інтенсивність була менше 100 %.

Інтенсивність балансу для фосфору була вище 100 %, крім варіантів з неповним поверненням фосфорних добрив. При цьому цей показник був на рівні 91–92 %. Надходження значно перевищувало вилучення для калію на системах, які містили калійну складову у складі повного мінерального добрива. Інтенсивність при цьому становила 155–407 %.

Отже, екологічно безпечні показники інтенсивності для фосфору та калію забезпечують системи із застосуванням неповного повернення фосфорних і калійних добрив на тлі 35–70 кг/га д. р. азотних добрив.

Висновки до розділу 5:

1. У результаті проведених досліджень встановлено, що вміст азоту в зерні ячменю ярого голозерного становить 2,72–2,98 %, вміст фосфору – 0,91–1,01, вміст калію – 0,62–0,71 % на суху речовину залежно від системи удобрення. У соломі вміст калію найвищий, а вміст фосфору та азоту – найнижчий.

2. Найбільші показники винесення фосфору та калію забезпечували системи удобрення з більшою часткою фосфорних і калійних добрив. На господарське винесення азоту найбільше впливало застосування азотних добрив. Встановлено, що в середньому за три роки досліджень господарське винесення азоту становить 79,4 кг/га, фосфору – 32,8 кг/га, калію – 58,3 кг/га на ділянках без добрив. Застосування повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) збільшує його відповідно до 131,3 кг/га, 54,5 і 102,2 кг/га.

3. Встановлено, що тривале застосування мінеральних добрив впливає на відносне винесення, коефіцієнт засвоєння та інтенсивність балансу основних елементів живлення за вирощування ячменю ярого голозерного. Встановлено, що частка азоту в господарському винесенні зерном найвища – 63,2–65,5 %. Частка калію є найнижчою – 13,9–15,4, а фосфору – 20,6–21,7 % залежно від варіанту досліду. Необхідно відзначити, що застосування добрив збільшує частку азоту в господарському винесенні основних елементів

живлення. Частка фосфору та калію при цьому майже не змінюється. У господарському винесенні соломою частка калію була найвищою – 59,0–62,8 %. Частка фосфору при цьому була найнижчою – 14,6–16,0 %, а частка азоту – лише 21,2–24,4 % залежно від варіанту дослідів.

4. Відносне винесення азоту зростає від 18,7 до 22,0–24,0 кг/т зерна та відповідну кількість соломи або на 18–28 % у варіантах, які містять азотну складову. Застосування фосфорно-калійної системи формує цей показник на рівні 19,4 кг/т або на 4 %. Застосування мінеральних добрив збільшує відносне винесення фосфору від 7,7 до 8,5–10,1 кг/т або на 10–31 %, а калію – від 13,7 до 15,0–18,9 кг/т зерна та відповідну кількість соломи ячменю ярого голозерного, або на 9–38 %.

5. Розрахунки свідчать, що найвищий коефіцієнт засвоєння азоту за внесення N_{35} – 76,3 %, а збільшення дози азотних добрив до 70 кг/га д. р. знижує його до 51,9 %. Застосування фосфорних і калійних добрив сприяє підвищенню цього показника до 55,7–67,1 %, крім варіанту $N_{70}P_{30}K_{35}$.

6. Найнижчий коефіцієнт засвоєння фосфору з добрив отримано за фосфорно-калійної та азотно-фосфорної системи удобрення – 10,8–11,2 %. Найвище засвоєння фосфору з добрив отримано на ділянках, де застосовували 30 кг/га д. р. фосфорних добрив – 35,7–37,0 %. Застосування 60 кг/га д. р. фосфорних добрив у складі повного мінерального добрива забезпечує 20,7–25,0 % засвоєння фосфору з добрив. Найвищий коефіцієнт засвоєння калію з добрив за внесення N_{70} у складі повного мінерального добрива за дози калійних добрив 35 кг/га д. р. – 65,7–70,3 %. Найменше ячменем голозерним ярим засвоюється калію за фосфорно-калійної системи удобрення – 18,9 %.

7. Баланс елементів живлення за умови видалення соломи із поля був від'ємним для азоту та калію і майже на всіх варіантах для фосфору. За умови залишення соломи на полі баланс азоту був також від'ємним незалежно від системи удобрення. Баланс фосфору та калію додатний при застосуванні систем удобрення, які містять фосфорні та калійні добрива, крім

варіанту $N_{70}P_{30}K_{70}$ для фосфору. Ділянки без добрив та азотні системи удобрення забезпечують від'ємний баланс азоту, фосфору та калію.

8. Екологічно безпечні показники інтенсивності для фосфору та калію забезпечують системи із застосуванням неповного повернення фосфорних і калійних добрив на тлі 35–70 кг/га д. р. азотних добрив.

Результати даного розділу опубліковані у працях [23, 24].

РОЗДІЛ 6

АГРОХІМІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПІД ЯЧМІНЬ ЯРИЙ ГОЛОЗЕРНИЙ

Важливим критерієм доцільності застосування певного агротехнологічного заходу є оцінювання його ефективності. Це дає можливість розробити оптимальний набір заходів технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур з урахуванням реальних витрат і можливих прибутків [21].

Ефективність застосування добрив у зв'язку зі зміною цін і різною післядією видів і форм добрив необхідно систематично аналізувати і виявляти резерви її підвищення [218]. Результати аналізу ефективності застосування різних доз, форм, строків і способів застосування добрив повинні бути спрямовані на пошук можливостей підвищення їх доцільності придбання. При цьому важливо визначити пріоритетні напрямки їх застосування, розподілення між культурами у сівозміні, обґрунтування їх доз і поєднань та економічної доцільності певної системи удобрення. Це сприятиме одержання високих приростів урожаю, вартість якого покриватиме витрати на застосування добрив, сприятиме відновленню, а за певних економічних умов і сталому підвищенню родючості ґрунту.

6.1 Агрохімічна ефективність

За умови значного паритету цін на добрива та продукцію рослинництва їх потрібно застосовувати раціонально, щоб забезпечувати найвищу окупність одиниці діючої речовини добрив урожаєм. Залежно від погодно-кліматичних і агротехнологічних умов, якості ґрунту, матеріально-технічного забезпечення господарства та інших чинників окупність добрив може змінюватися в широких межах [227].

Агрохімічну ефективність різних доз видів мінеральних добрив та їх поєднань у польовій сівозміні визначали за величиною приростів урожайності ячменю голозерного та показником окупності одиниці мінеральних добрив приростом урожаю зерна (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

**Агрохімічна ефективність застосування добрив під ячмінь
голозерний ярий (у середньому за 2021–2023 рр.)**

Варіант досліджу	Витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю зерна, кг д. р.	Окупність 1 кг д. р. добрив, кг зерна			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N + P ₂ O + K ₂ O
N ₃₅	64,8	15,4	–	–	15,4
N ₇₀	90,9	11,0	–	–	11,0
P ₆₀ K ₇₀	500,0	–	–	–	2,0
N ₇₀ K ₇₀	134,6	–	–	3,9	7,4
N ₇₀ P ₆₀	125,0	–	4,5	–	8,0
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	137,0	–	–	–	7,3
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	180,2	12,1	1,2	1,0	5,6
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	129,8	–	–	–	7,7
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	151,4	–	–	1,4	6,6
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	158,9	–	1,0	–	6,3

Як видно з даних табл. 6.1, витрати добрив на формування 1 кг приросту врожаю зерна змінювалися не лише від дози їх внесення, але і від видів основних елементів живлення та їх поєднань і змінювалися в межах 64,8–500,0 кг д. р./т з їх парних комбінацій найбільш ефективним було внесення азотних і фосфорних добрив. За внесення повного мінерального добрива за цим показником переваги мав варіант досліджу N₇₀P₃₀K₃₅, де витрати добрив на формування 1 т зерна складала 129,8 кг д. р., що на 7,2 кг д. р. менше порівняно з нижчою дозою добрив (N₃₅P₃₀K₃₅). Зменшення в складі повного

мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) дози азоту, фосфору або обох цих елементів живлення також сприяло зменшенню витрат добрив на формування одиниці зерна на 12–28 %. Найбільший вплив на ефективну окупність повного мінерального добрива має його азотна складова. На фосфорно-калійному тлі, порівняно лише з внесенням лише азотних добрив під ячмінь голозерний, підвищує на 1,1 кг зерна, або на 10 %.

Окупність фосфорних добрив за дози внесення 30–60 кг д. р./га у складі повного мінерального добрива була 1,1–1,2 кг зерна/кг P_2O_5 і значно підвищувалась на тлі внесення лише азотних добрив – до 4,5 кг. Це ж стосується й ефективності калійних добрив, внесених на тлі азотних. Зі зменшенням дози внесення калійних добрив у складі повного удобрення вдвічі – із 70 до 35 кг д. р./га їх окупність підвищувалась на 40 %.

Окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив зерном ячменю голозерного була найвищою за внесення лише азотних добрив, а найнижчою – за парної комбінації фосфорних і калійних. За внесення повного мінерального добрива у різних дозах і поєднаннях основних елементів живлення вона була в межах 5,6–7,3 кг зерна на 1 кг д. р. добрив.

Отже, з агрохімічного погляду найбільший вплив на окупність добрив ячменем голозерним має азотна складова. Вплив фосфорних і калійних добрив значно менший.

6.2 Економічна ефективність

Економічна ефективність агрохімічних заходів за вирощування ячменю голозерного є важливою складовою при оцінюванні ефективності технології його вирощування та досягнення сталої урожайності. Важливим є також розуміння, що в системі прогнозування рівня рентабельності вирощування ячменю голозерного проблемними питаннями є низька його конкурентоздатність і низький рівень урожайності порівняно з іншими круп'яними культурами.

Разом із тим, цілою низкою досліджень [221] за тривалий період оцінювання зазначається, що вирощування ячменю голозерного з отриманням навіть невисокої урожайності вже на рівні 3–4 т/га є економічно виправданим. Обумовлюється це високими світовими і вітчизняними цінами на зерно, а також багатопрофільним його застосуванням як цінної нішевої зернової культури, яка за багатьма показниками на рівні або ж перевищує інші культури.

Економічна складова оцінювання результатів проведених досліджень, з врахуванням істотного підвищення цін на енергетичні ресурси, мінеральні добрива тощо, є важливим аспектом вибору оптимального варіанту удобрення за результатами дослідів за критерієм можливого поєднання високої агрохімічної ефективності за достатнього рівнів економічної його рентабельності.

Економічне оцінювання вирощування ячменю голозерного залежно від доз, видів добрив та їх поєднань в основу розрахунків були взяті ринкові ціни на зерно та мінеральні добрива, що склалися в аграрному секторі економіки України в IV кварталі 2023 року. При цьому 1 тонна зерна ячменю голозерного коштувала 8300 грн, а вартість 1 т аміачної селітри – 21,5 тис. грн, 1 т суперфосфату гранульованого – 15,9 і 1 т калію хлористого – 24,6 тис. грн. Величину фінансових витрат пов'язаних із застосуванням мінеральних добрив при вирощуванні ячменю голозерного брали із технологічних карт. При цьому враховували витрати на навантаження, перевезення і внесення мінеральних добрив, а також витрати, що пов'язані з отриманням додаткового приросту врожаю (його збиранням, перевезенням, очищенням тощо). За такого паритету цін економічна ефективність застосування мінеральних добрив змінювалась залежно від їх доз, видів та поєднань (табл. 6.2). Вартість урожаю ячменю ярого голозерного могла становити від 13,1 до 15,7 тис. грн/га.

**Економічна ефективність застосування добрив під ячмінь
голозерний ярий (у середньому за 2021–2023 рр.)**

Варіант дослідду	Показник				
	Урожайність, т/га	Вартість продукції, тис. грн/га	Витрати на виращування, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток (збиток), тис. грн/га	Рівень рентабельності (збитковості) за умовно чистим прибутком, %
N ₃₅	2,92	13,1	6,0	7,2	119,4
N ₇₀	3,15	14,2	8,3	5,9	71,4
P ₆₀ K ₇₀	2,64	11,9	11,8	0,1	0,6
N ₇₀ K ₇₀	3,42	15,4	11,5	3,9	33,8
N ₇₀ P ₆₀	3,42	15,4	12,9	2,5	19,2
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	3,11	14,0	10,0	4,0	40,3
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	3,49	15,7	16,3	-0,6	-3,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	3,42	15,4	12,1	3,3	26,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	3,47	15,6	14,5	1,1	7,6
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	3,45	15,5	13,7	1,8	13,1

Як видно з даних табл. 6.2, за вартістю продукції з одиниці площі посіву ефективнішою була система удобрення з внесенням N₇₀P₆₀K₇₀. Дещо їй (на 6–19 %) поступались системи застосування добрив з внесенням менших доз повного мінерального добрива та парних комбінацій основних елементів живлення на основі азотної складової.

Витрати на застосування мінеральних добрив залежно від варіанту дослідду змінювалися в досить широких межах – від 6,0 тис. до 16,3 тис. грн/га. Застосування мінеральних добрив під ячмінь голозерний за такого паритету цін, що нині склався на аграрному ринку України було економічно

виправданим, за виключенням варіанту досліду з внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{70}P_{60}K_{70}$, де збитковість сягала 600 грн/га. Найбільш прибутковим було внесення невисоких доз добрив, у першу чергу азотних. Азотні добрива найбільше сприяли підвищенню рівня рентабельності застосування добрив за умовно чистим доходом.

Калькуляція економічного показника застосованих варіантів удобрення ячменю голозерного засвідчила істотні відмінності у рівнях її рентабельності (див. табл. 6.2). За внесення повного мінерального добрива найбільш рентабельним було внесення під ячмінь голозерний $N_{35}P_{30}K_{35}$ і $N_{70}P_{30}K_{35}$, відповідно 40,3 % і 26,9 %.

Отже, проведені розрахунки показують, що за всіх систем удобрення, за виключенням варіанту з внесенням $N_{70}P_{60}K_{70}$, витрати на застосування добрив покриваються вартістю приросту врожаю. При цьому необхідно звернути увагу на те, що навіть за більш нижчої окупності застосування фосфорних і калійних добрив сприяє також відновленню та поліпшенню фосфатного і калійного режиму ґрунту.

6.3 Енергетична ефективність

Розроблення агротехнології вирощування сільськогосподарських культур має бути також енергетично ефективною та доцільною. Енергетичний аналіз являє собою оцінювання витрат непоновлювальної енергії на виробництво продукції порівняно з отриманою енергією, що виражається в порівняльних одиницях [150].

Підвищення урожайності культур інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва зазвичай супроводжується збільшенням витрат невідновлюваної енергії, в першу чергу на застосування мінеральних добрив. Розрахунок енерговіддачі добрив за різних систем удобрення нині є актуальним у зв'язку зі зменшенням обсягів її застосування за інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Тому важливо

розробляти і застосовувати енергоекономні агротехнології, впровадження яких сприятиме меншій витраті енергії на виробництво одиниці сільськогосподарської продукції [217].

В умовах зменшення сировинних і енергетичних ресурсів, подорожчання агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур і підвищення вартості переробки продукції рослинництва додаткове енергетичне оцінювання складових технології дозволяє врахувати кількість енергії, що накопичується в основній продукції і витрачається на її утворення [272].

Основним завданням оптимізації технології вирощування сільськогосподарських культур є отримання максимальної кількості енергії з урожаєм за умови зниження енергоємності одиниці продукції [184].

У ринкових умовах господарювання економічне оцінювання ефективності застосування мінеральних добрив у грошовому вимірі має важливе значення. Проте за нестабільних цін на продукцію рослинництва, мінеральні добрива, паливо-мастильні матеріали, матеріально-технічні засоби, оплату праці вона актуальна лише впродовж короткого проміжку часу. Більш довгострокову уяву та об'єктивніше оцінювання ефективності мінеральних добрив дають енергетичні розрахунки [98].

Нині, коли важливо максимально зберігати та найбільш ефективно використовувати енергетичні ресурси енергетичне оцінювання систем удобрення ячменю голозерного є важливим. В основу проведеного енергетичного оцінювання покладено відношення енергоємності приросту врожаю зерна ячменю голозерного від застосування добрив до енергетичних витрат на їх застосування, що відображається коефіцієнтом енергетичної ефективності (К_е).

При проведенні розрахунку енергетичної ефективності застосування різних систем удобрення враховували, що для виготовлення 1 кг д. р. азотних добрив витрачається 86,6 МДж енергії, фосфорних – 38 і калійних – 10 МДж. Вміст енергії в 1 кг зерна ячменю голозерного 16,45 МДж, а енерговитрати,

пов'язані з його доробкою становлять 2,56 МДж.

Низьку енергетичну ефективність застосування мінеральних добрив у проведеному досліді можна пояснити низькими приростами урожайності зерна перш за все завдяки високій природній родючості чорнозему опідзоленого та з умовами нестійкого зволоження в період його проведення (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

**Енергетична ефективність застосування добрив під ячмінь
голозерний ярий (у середньому за 2021–2023 рр.)**

Варіант досліді	Енергоємність, ГДж/га		Чистий енергетичний дохід (збиток), ГДж/га	K _{се}	Енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна, ГДж
	приросту врожаю зерна	застосування добрив			
N ₃₅	8,9	5,4	3,5	0,64	10,1
N ₇₀	12,7	9,9	2,8	0,28	12,8
P ₆₀ K ₇₀	4,3	6,9	-2,6	-0,38	26,4
N ₇₀ K ₇₀	17,1	13,0	4,1	0,31	12,5
N ₇₀ P ₆₀	17,1	14,4	2,7	0,19	13,8
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	12,0	9,0	3,0	0,33	12,4
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	18,3	16,8	1,4	0,09	15,1
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	17,1	13,7	3,4	0,25	13,2
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	17,9	15,6	2,3	0,15	14,3
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	17,6	14,9	2,7	0,18	13,9

Як видно з даних табл. 6.3, значний вплив на енергетичну ефективність добрив мають енерговитрати на їх виробництво та застосування. В усіх варіантах досліді з їх застосуванням, за виключенням варіанту з внесенням лише фосфорних і калійних добрив (P₆₀K₇₀), було одержано енергетичний

дохід. При цьому необхідно зазначити, що найбільше його знижувало застосування фосфорних добрив, особливо за високої дози внесення і на тлі низької дози внесення азотних добрив. За повної дози внесення мінеральних добрив найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності застосування мінеральних добрив забезпечував варіант досліду з внесенням $N_{35}P_{30}K_{35}$ – 0,33. Дещо нижчим (0,25) він був у варіанті $N_{70}P_{30}K_{35}$. У цих же варіантах досліду була і найнижча енергетична собівартість 1 т приросту врожаю зерна – відповідно 12,4 і 13,2 ГДж.

6.4 Комплексна оцінка ефективності

Розрахунок оптимальних доз мінеральних добрив проводиться за різними методиками, але зазвичай вони не відповідають ринковим умовам господарювання. Традиційно найпоширенішою методикою є їх оптимізація за максимальним приростом урожаю, що з економічного погляду не завжди є виправданим. Встановлення доз добрив за окупністю їх вартості приростом урожаю, навпаки, не забезпечує формування високого рівня врожайності. Значне зростання цін на мінеральні добрива ще більше загостило питання ефективного їх застосування [97]. Тому важливо встановити оптимальні дози мінеральних добрив з урахуванням й інших показників, що враховують приріст урожайності, прибутковість і енергоємність [201].

Оцінювання ефективності різних систем удобрення та обробітку ґрунту проводили з використанням комплексного показника, що враховує окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив, умовно чистий прибуток, чистий енергетичний прибуток та інтенсивність балансу азоту, фосфору й калію [98]. Такий підхід дозволяє звести до одного знаменника всі показники ефективності з різною розмірністю (рис. 6.1).

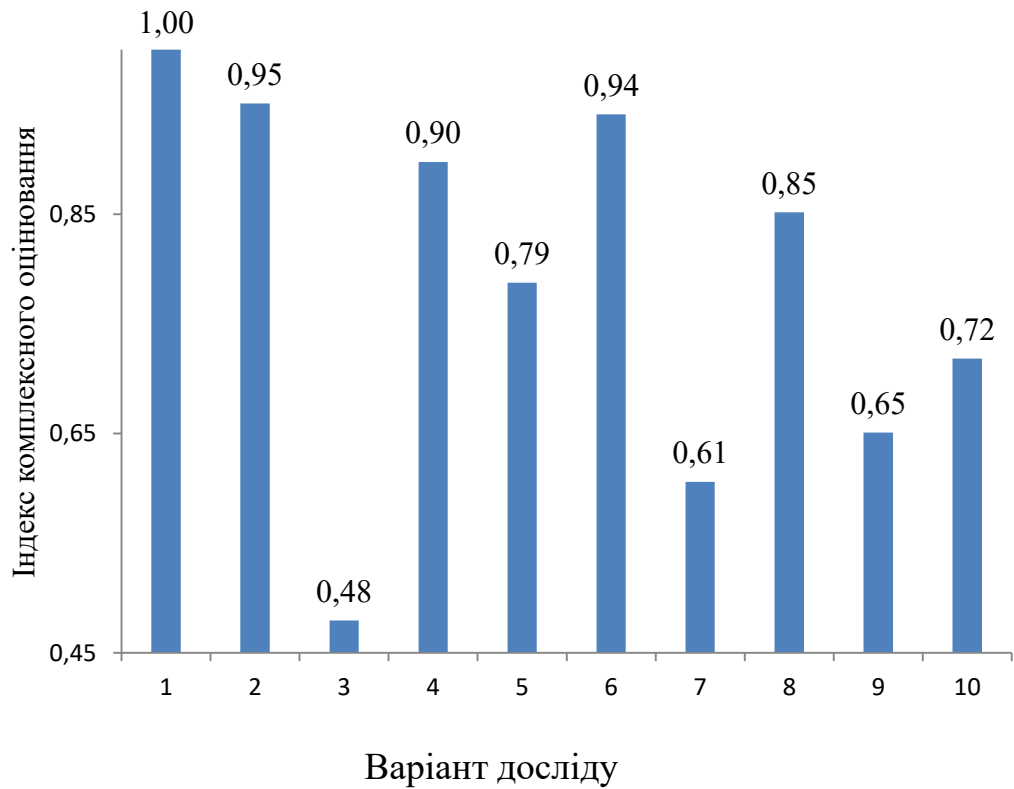


Рис. 6.1 Індекс комплексного оцінювання систем удобрення ячменю ярого голозерного, 2010–2023 рр.: 1) N_{35} ; 2) N_{70} ; 3) $P_{60}K_{70}$; 4) $N_{70}K_{70}$; 5) $N_{70}P_{60}$; 6) $N_{35}P_{30}K_{35}$; 7) $N_{70}P_{60}K_{70}$; 8) $N_{70}P_{30}K_{35}$; 9) $N_{70}P_{60}K_{35}$; 10) $N_{70}P_{30}K_{70}$

Як видно з даних рис. 6.1, за індекс комплексного оцінювання варіанти досліді досить різнилися. За цим показником найкращою була система удобрення з внесенням $N_{35}P_{30}K_{35}$. Децю їй поступалися системи удобрення з внесенням $N_{70}K_{70}$ і $N_{70}P_{30}K_{35}$. У цих варіантах досліді не лише з економічного та енергетичного погляду покриваються витрати, але й відновлюється або й підвищується родючість ґрунту.

Отже, за результатами проведених розрахунків можна зробити такі висновки:

1. Окупність 1 кг д. р. мінеральних добрив зерном ячменю голозерного найвища за внесення лише азотних добрив, а найнижча – за парної комбінації фосфорних і калійних. За внесення повного мінерального добрива у різних

дозах і поєднаннях основних елементів живлення вона становить 5,6–7,3 кг зерна на 1 кг д. р. добрив.

2. Найбільш прибутковим є внесення невисоких доз добрив, у першу чергу азотних. Азотні добрива найбільше сприяють підвищенню рівня рентабельності застосування добрив за умовно чистим доходом. Найвищий прибуток отримано за тривалого застосування N_{35} – 7,2 тис. грн/га.

3. В усіх варіантах дослідів з їх застосуванням, за виключенням варіанту з внесенням лише фосфорних і калійних добрив ($P_{60}K_{70}$), одержано енергетичний дохід. При цьому необхідно зазначити, що найбільше його знижує застосування фосфорних добрив, особливо за високої дози внесення, і на тлі низької дози внесення азотних добрив. За повної дози внесення мінеральних добрив найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності застосування мінеральних добрив забезпечує варіант дослідів з внесенням $N_{35}P_{30}K_{35}$ – 0,33.

4. За індексом комплексного оцінювання найкраща система удобрення з внесенням $N_{35}P_{30}K_{35}$. Дещо їй поступається система удобрення з внесенням $N_{70}K_{70}$ і $N_{70}P_{30}K_{35}$. У цих варіантах дослідів не лише з економічного та енергетичного погляду покриваються витрати, але й відновлюється або й підвищується родючість ґрунту.

Результати даного розділу опубліковані у праці [56].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування і нове вирішення питання підвищення продуктивності ячменю ярого голозерного оптимізацією його мінерального живлення завдяки поєднанню доз мінеральних добрив у польові сівозміні на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України, суть якого полягає в наступному:

1. Найбільший вміст потенційно доступного азоту в ґрунті формується на початку вегетації ячменю голозерного. При цьому різниця є і за роками проведення досліджень. Так, у 2023 році на ділянках без добрив вміст азоту мінеральних сполук порівняно з 2021 роком вищий на 2,2 мг/кг або на 31 %. Різниця при цьому у варіанті досліду з внесенням повного мінерального добрива в дозі $N_{70}P_{60}K_{70}$ також була 4,4 мг/кг або 11 %. У період достигання зерна ячменю ярого голозерного у 2021 р. випало 57,3 мм опадів, у 2022 р. – 27,1, а в 2023 р. – 61,4 мм, що впливало на вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті.

2. На стадії повної стиглості зерна азотна складова в складі повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) сприяє підвищенню висоти рослин ячменю голозерного залежно від погодних умов року проведення досліджень на 11–40 %, тоді як фосфорна і калійна не впливає. Зниження в складі повного мінерального добрива частки фосфору, калію або обох цих елементів живлення достовірно не знижує висоту рослин ячменю ярого голозерного.

3. Встановлено, що застосування добрив достовірно підвищує виживання рослин ячменю ярого голозерного. Так, у середньому за три роки цей показник становить 83,8 % за вирощування на неудобрених ділянках. Застосування лише фосфорних і калійних добрив підвищує виживання рослин на 1 % (85,0 %). Азотна складова досліджених систем удобрення забезпечує виживання рослин на рівні 91,4–91,7 %, що більше на 9 % порівняно з контролем.

4. Застосування азотних добрив окремо та сумісно з фосфорними або

калійними значно збільшує площу листкової поверхні рослин. При цьому вона залежить від погодних умов вегетаційного періоду. Так, в умовах більшої кількості опадів площа листків зростає від 26,5 до 45,1–80,6 тис. м²/га залежно від удобрення. У 2023 р. цей показник збільшується відповідно від 11,6 до 20,3–26,6 тис. м²/га.

5. Встановлено, що елементи структури урожаю ячменю ярого голозерного піддаються впливу погодних умов і застосуванню добрив. На виживання рослин найбільше впливає застосування добрив. Формування продуктивних стебел змінюється залежно від кількості опадів у період березень–квітень, а також від строку сівби. Формування маси зерна в одному колосі – від густоти продуктивних стебел і погодних умов упродовж вегетаційного періоду. При цьому рівень реалізації елементів структури урожаю визначається системою удобрення.

6. Поліпшення умов мінерального живлення ячменю голозерного сприяє достовірному підвищенню врожайності зерна – на 14–23 % (за виключенням ділянок з внесенням P₆₀K₇₀). Із видів мінеральних добрив найбільший вплив на формування врожаю мають азотні, які на тлі P₆₀K₇₀ у дозі N₇₀ забезпечують 19 % його приросту. Зниження дози добрив у двічі (до N₃₅P₃₀K₃₅) істотно не знижує врожай ячменю ярого. Урожайність на ділянках дослідів з неповним поверненням з мінеральними добривами фосфору і калію, винесеного з урожаєм майже не відрізняється від ділянок з повним мінеральним добривом. Урожайність зерна ячменю голозерного значно змінюється залежно від погодних умов.

7. На ділянках без добрив вміст білка становить 15,5 % і підвищується залежно від удобрення на 1–10 %. При цьому застосування лише азотних добрив у дозі 35–70 кг/га д. р. сприяє підвищенню його вмісту на 7–8 %, а внесення 70 кг/га азоту на тлі P₆₀K₇₀ – на 10 %. Зі зменшенням дози мінеральних добрив удвічі (варіант N₃₅P₃₀K₃₅) вміст білка формується меншим на 0,4 абс. %. Зі зменшенням у складі повного мінерального добрива (N₇₀P₆₀K₇₀) вдвічі дози внесення фосфору, калію або обох цих елементів

живлення спостерігається лише тенденція до зменшення вмісту білка на 0,1–0,3 абс. %.

8. Встановлено, що на ділянках без добрив господарське винесення азоту становить 79,4 кг/га, фосфору – 32,8 кг/га, калію – 58,3 кг/га. Застосування повного мінерального добрива ($N_{70}P_{60}K_{70}$) збільшує його відповідно до 131,3 кг/га, 54,5 і 102,2 кг/га.

9. Баланс елементів живлення за умови видалення соломи ячменю голозерного з поля формується від'ємним для азоту та калію і майже на всіх варіантах для фосфору. За умови залишення соломи на полі баланс азоту також від'ємний незалежно від системи удобрення, а фосфору та калію додатний при застосуванні систем удобрення з внесенням фосфорних і калійних добрив, крім варіанту $N_{70}P_{30}K_{70}$ для фосфору.

10. За індексом комплексного оцінювання найкраща система удобрення ячмінь ярий голозерний з внесенням $N_{35}P_{30}K_{35}$. Дещо їй поступаються системи з внесенням $N_{70}K_{70}$ і $N_{70}P_{30}K_{35}$. У цих варіантах досліду не лише з економічного та енергетичного погляду покриваються витрати, але й відновлюється або й підвищується родючість ґрунту.

РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі опідзоленому для отримання високого врожаю та якості зерна ячменю ярого голозерного з урахуванням агрохімічної та енергетичної ефективності й перспектив відновлення родючості ґрунту рекомендується застосовувати $N_{35}P_{30}K_{35}$ за умови вирощування після кукурудзи у чотиріпільній польовій сівозміні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрокліматичний довідник по території України; за ред.: А. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП «Галагодза Р. С.», 2011. 108 с.
2. Андрейченко О. Г. Вплив формування фотосинтетичної поверхні листкового апарата на продуктивність рослин ячменю ярого в умовах Північного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2013. № 18. С. 51–57.
3. 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.
4. Барштейн Л. А. Шляхи підвищення використання органічних добрив. *Зб. наук. пр. Інститут цукрових буряків УААН*. 2000. Вип. 2 (2). С. 189–194.
5. Барштейн Л. А., Шкаредний І. С., Якименко В. М. Результати вивчення сівозмін на Білоцерківській дослідно-селекційній станції. *Система землеробства у буряківництві*. Київ: Аграрна наука, 1997. С. 21–33.
6. Бачинський О. В., Качура Е. В. Шлях підвищення продуктивності ячменю ярого пивоварного в умовах Північного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 8. С. 44–49.
7. Баштанник В. П. Ячмінь ярий: агротехніка, врожай і якість зерна. Київ: Знання, 1978. 89 с.
8. Березок С. В. Мінеральні добрива – основа підвищення урожаю. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2001. Вип. 3. С. 84–89.
9. Бомба М. Я. Біологічне землеробство: стан та перспективи розвитку. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 59. С. 72–77.
10. Бомба М. Я. Формування врожаю ярого ячменю в Україні. *Зернові культури*. 2001. № 2. С. 22–24.

11. Бомба М., Дудар І., Литвин О., Потопляк О. Формування врожаю сортів ячменю ярого залежно від норми висіву. Рослинництво. 2020. С. 67–71.
12. Борисоник З. Б., Борсуков О. М.. Ярові колосові культури Київ: Урожай, 1969. 157 с.
13. Бугай С. М. Рослинництво. Київ: Вища школа, 1975. С. 84–90.
14. Васько Н. І., Козаченко М. Р., Поздняков В. В. та ін. Створення голозерних сортів та ліній ячменю ярого з високими харчовими якістьми. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 114. С. 25–38.
15. Вега Н. І. Вміст білка в зерні ячменю ярого залежно від фону мінерального живлення на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу. *Вісник Львівського НАУ. Агрономія*. 2021. Вип. 25. С. 154–157.
16. Вега Н. І. Закономірності зміни висоти рослин та формування урожайності ячменю ярого під впливом мінеральних добрив і позакореневих підживлень у Західному Лісостепу. *Вісник Львівського НАУ. Агрономія*. 2021. Вип. 23. С. 249–252.
17. Вега Н. І., Полюхович М. М. Вплив норм мінеральних добрив на зміну площі асимілюючої поверхні ячменю ярого на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу. *Вісник Львівського національного аграрного університету: Агрономія*. 2018. № 22. С. 134–137.
18. Вислородська М., Данилюк В., Бідна Л., Вурдик П. Формування урожайності та якості зерна ярого ячменю залежно від рівня мінерального живлення. *Вісник Львівського НАУ. Агрономія*. 2013. Вип. 17(1). С. 166–170.
19. Вислородська М., Данилюк В., Бідна Л., Вурдик П. Формування урожайності та якості зерна ярого ячменю залежно від рівня мінерального живлення. *Вісник Львівського нац. аграр. університету*. 2013. № 17 (1). С. 166–170.
20. Власюк О. С. Продуктивність сучасних сортів ячменю ярого залежно від

- удобрення та норми висіву насіння. *Корми і кормовиробництво*. 2017. Вип. 84. С. 156–58.
21. Вожегова Р., Гальченко Н., Котельников Д., Малярчук В. Енергетична ефективність технології вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях півдня України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2021. Вип. 28 (42). С. 272–281.
 22. Войтова Г. П. Вплив систем удобрення на урожайність ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу. *Зернові культури*. 2021. Том 5. № 1. С. 72–77.
 23. Гавриленко В. С. Баланс основних елементів живлення у ґрунті під посівами ячменю ярого голозерного залежно від удобрення. *Подільський вісник*. 2023. Вип. 4. С. 14–18.
 24. Гавриленко В. С. Вплив тривалого застосування мінеральних добрив на відносне винесення, коефіцієнт використання та інтенсивність балансу основних елементів живлення ячменю ярого голозерного. *Аграрні інновації*. 2023. № 22. С. 25–30.
 25. Гавриленко В. С. Вплив удобрення на врожайність ячменю голозерного. *Збірник Уманського НУС*. 2023. Вип. 103. С. 225–231.
 26. Гавриленко В. С. Формування основних елементів структури урожаю ячменю ярого голозерного залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 24–29.
 27. Гаврилюк М. М. Перспективи розвитку національного насінництва. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 5. С. 41–44.
 28. Гаврилюк М. М. Сучасні завдання аграрної науки в розвитку генетики, селекції та насінництва. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 1. С. 5–10.
 29. Гамаюнова В. В., Панфілова А. В. Вплив удобрення на накопичення надземної маси рослинами ячменю ярого. *Наукові горизонти*. 2020. № 5 (90). С. 7–14.
 30. Гангур В. В. Принципи визначення придатності сорту чи гібрида для

конкретного регіону вирощування. *Вісник державної аграрної академії*. 2010. № 2. С. 51–53.

31. Гасанова І. В основі успіху – сорти попередники та удобрення. *Агробізнес сьогодні*. 2016. № 18 (337). С. 48–49.
32. Гирка А. Д. Агробіологічні основи формування продуктивності озимих та ярих зернових культур у північному Степу України: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.09. Дніпропетровськ, 2015. 353 с.
33. Гирка А. Д., Гирка Т. В., Кулик І. О., Андрейченко О. Г. Вплив системи мінерального живлення на продуктивність рослин вівса і ячменю ярого в північному Степу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. № 3. С. 28–33.
34. Гирка А. Д., Гирка Т. В., Кулик І. О., Андрейченко О. Г. Сортова реакція рослин ячменю ярого на зміну погодних умов. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2012. № 12. С. 34–40.
35. Гирка А. Д., Сидоренко Ю. Я., Ільєнко О. В. Реалізація потенціалу продуктивності сучасних сортів ячменю ярого в умовах зміни клімату. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. 2011. № 40. С. 114–119.
36. Гнатюк М. П., Забитівська Ю. М. Вплив норм і співвідношень мінеральних добрив на врожай зерна вівса і його кормову якість. *Передгірне і гірське землеробство*. 1982. № 27. С. 30–33.
37. Голота Є. Діагностика мінерального живлення ячменю ярого на різних агрохімічних фонах чорнозему опідзоленого. *Вісник Львівського НАУ*. 2013. Вип. 17(1). С. 192–197.
38. Гораш О. С. Вплив норм висіву, мінерального удобрення на ріст і розвиток ячменю. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 9. С. 32–35.
39. Гораш О. С. Залежність вмісту білка у пивоварному ячмені від міндобрив і норм висіву. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 10. С. 41–43.
40. Гораш О. С. Управління продукційним процесом формування консистенції ендосперму пивоварного ячменю. *Вісник аграрної науки*.

2003. № 8. С. 21–24.

41. Гораш О. С. Формування урожайності зерна ячменю ярого. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 6. С. 25–27.
42. Гораш О. С., Климишена Р. І. Особливості формування структури врожаю ярого ячменю. *Новітні агротехнології*. 2014. № 1(2). С. 4–11.
43. Гораш О. С., Климишена Р. І. Формування урожайності зерна ячменю ярого. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 6. С. 25–27.
44. Гораш О. С. Управління продукційним процесом пивоварного ячменю: монографія. Друге видання з доповненнями. Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2017. С. 166–177.
45. Гораш О. С., Климишена Р. І. Ячмінь ярий. Теоретичні основи технології вирощування. Кам'янець-Подільський, 2019. 64 с.
46. Гораш О. С., Климишена Р. І. Ячмінь: управління ростом і розвитком. Кам'янець-Подільський, 2021. 312 с.
47. Городній М. М., Білера Н. М. Вплив 50-річного застосування добрив в зерно-буряковій сівозміні зони Лісостепу на врожайність та якість зерна ячменю ярого. *Науковий вісник НАУ*. 2007. Вип. 116. С. 155–159
48. Горщар В. І. Вплив мінеральних добрив на врожайність та якість зерна пивоварного ячменю. *Бюлетень інституту зернового господарства*. 2001. № 15–16. С. 110–111.
49. Господаренко Г. М. Агрохімія мікроелементів. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2023. 416 с.
50. Господаренко Г. М. Ефективність локального внесення добрив під ярий ячмінь на чорноземі опідзоленому. *Наукові праці Кримського ДАУ*. 2000. Вип. 66. С. 89–93.
51. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив: монографія. Київ: Нічлава, 2002. 342 с.
52. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.
53. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ:

«СІК ГРУП Україна», 2016. 276 с.

54. Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л., Притуляк Р. М. Агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за різних доз азотних добрив і їх поєднання з іншими видами мінеральних. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 18–22.
55. Господаренко Г. М., Любич В. В., Гавриленко В. С. Продуктивність ячменю голозерного залежно від рівня мінерального живлення. Агрохімічні ресурси та управління біопродуктивністю агроландшафтів: II Міжнародна науково-практична конференція (м. Київ, 11–13 жовтня 2022 р.). Київ: НУБІП, 2022. С. 20–26.
56. Господаренко Г. М., Любич В. В., Гавриленко В. С. Реакція ячменю ярого голозерного на родючість ґрунту та удобрення на чорноземі опідзоленому. Агрохімічні ресурси та управління агроландшафтів: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 23–25 листопада 2021 р.). Київ: НУБІП, 2021. С. 24–29.
57. Господаренко Г. М., Любич В. В., Гавриленко В. С. Урожайність і якість зерна ячменю голозерного за різних систем удобрення. *Інноваційні зернопродукти і технології: тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції* (Умань, 21 лютого 2022 р.). Умань: Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2022. С. 35–36.
58. Господаренко Г. М., Любич В. В., Мартинюк А. Т. Агрохімічні властивості ґрунту за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 34–38.
59. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Комплексне оцінювання системи застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2018. Вип. 2(82). С. 56–66.
60. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Вплив співвідношення видів і доз мінеральних добрив на фосфатний режим чорнозему опідзоленого. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. Спецвип.

С. 151–153.

61. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Бойко В. П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3 (107). С. 35–44.
62. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Мартинюк А. Т. Агроекономічні перспективи застосування азотних добрив під польові культури. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2021. Вип. 99. Ч. 1. С. 6–16.
63. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Нікітіна О. В. Агрохімія калію / за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.
64. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2019. 560 с.
65. Господаренко Г. М. Поняття лімітувального чинника в удобренні. *Актуальні питання сучасної аграрної науки: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Умань, 10 грудня 2021 р.). Умань: УНУС, 2021. С. 12–14.
66. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.
67. Господаренко Г. М., Любич В. В., Гавриленко В. С. Продуктивність ячменю голозерного залежно від рівня мінерального живлення. *Агрохімічні ресурси та управління біопродуктивністю агроландшафтів: II Міжнародна науково-практична конференція* (Київ, 11–13 жовтня 2022 р.). Київ: НУБІП, 2022. С. 20–26.
68. Господаренко Г. М., Машинник С. В. Особливості діагностики азотного живлення ярої м'якої пшениці портативним приладом «N-тестер». *Вісник Полтавської державної академії*. 2006. № 4. С. 129–134.
69. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Вплив доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні на врожайність і якість зерна ячменю ярого. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 205–218.

70. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю. Урожайність і якість зерна сортів ярого ячменю за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Спец. вип. 4(37). Т. 1. Миколаїв, 2006. С. 39–40.
71. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю., Прокопенко Е. В. Врожайність зерна ячменю ярого за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 1. С. 3–6.
72. Господаренко Г., Гавриленко В. Поживний режим ґрунту під ячменем ярим голозерним за різного удобрення в польовій сівозміні. Матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. «Рубіновські читання» (16 травня 2023 р., Умань). Умань: Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2023. С. 21–22.
73. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю. Вплив рівнів родючості ґрунту на екологічну стабільність сортів ярого ячменю. *Зб. наук. пр. Уманського державного аграрного університету*. 2005. Вип. 61. С. 121–129.
74. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю. Урожайність і якість зерна сортів ячменю ярого за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2006. Вип. 4(37). Том 1. С. 39–44.
75. Господаренко Г. М. Ефективність локального внесення добрив під ярий ячмінь на чорноземі опідзоленому. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2001. № 61. С. 116–123.
76. Господаренко Г. М., Любич В. В. Урожайність тритикале ярого за різного вмісту азоту мінеральних сполук у ґрунті. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2011. С. 217–222.
77. Господаренко Г. М., Машинник С. В. Азотний режим чорнозему опідзоленого під ярою м'якою пшеницею за різних доз і строків внесення азотних добрив. *Зб. наук. пр. Уманського ДАУ*. 2006. Вип. 63. Ч. I. С. 10–19.
78. Господаренко Г. М., Машинник С. В. Формування врожаю ярої м'якої пшениці залежно від різного рівня азотного живлення. *Зб. наук. пр.*

- Уманського ДАУ. 2005. Вип. 61. С. 17–23.*
79. Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю., Каричковський В. Д. Економічна оцінка вирощування сортів ярого ячменю за тривалого удобрення в сівозміні. *Зб. наук. пр. Луганського НАУ. 2006. № 69 (92). С. 15–20.*
 80. Гриник С. І. Оптимізація способу обробітку ґрунту і системи удобрення в короткоротаційній сівозміні Передкарпаття України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2021. 24 с.
 81. Грицюк П. М. Прогнозування урожайності зернових культур: особливості і методика. Вчені записки. *Зб. наук. пр. Київ: КНЕУ, 2009. Вип. 11. С. 294–300.*
 82. Губернатор В. С. Ячмінь. Київ: Урожай, 1977. 104 с.
 83. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Урожайність ячменю ярого залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду у Центральному Лісостепу України. *Агробіологія. 2016. № 2. С. 11–17.*
 84. Давидчук М. І., Кравченко О. В., Вороний О. О. Вплив мінеральних добрив на продуктивність і якість ячменю. Вип. 167. Том 179. С. 76–77.
 85. Дем'янюк О. С. Вплив різних систем застосування добрив на надходження азоту в рослини і формування врожаю ячменю. Оптимізація структури агроландшафтів і раціональне використання ґрунтових ресурсів. Київ: ДІА, 2000. С. 36–37.
 86. Демидов О. А., Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Вплив метеорологічних умов вегетаційного періоду на врожайність ячменю озимого в Лісостепу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2016. № 4 (33). С. 39–43.*
 87. Діагностика збалансованості мінерального живлення польових культур. Науково-методичні рекомендації / За наук. редакцією М. М. Мірошніченка, Є. Ю. Гладкіх. Харків, 2022. 47 с.
 88. Довідник нормативних показників якості продукції сільськогосподарських культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України (довідково-нормативна інформація) С. А. Балюк, М. В. Лісовий

- та ін. /За ред. С. А. Балюка, М. В. Лісового. Харків: Смугаста типографія, 2016. 46 с.
89. Драган М. І., Грищенко Р. Є., Любчич О. Г., Ларіна С. В., Діденко Л. С. Посівні властивості насіння сільськогосподарських культур у кислому середовищі. *Інститут зернового землеробства УААН*. 2007. Вип. 2. С. 83–88.
90. Дрозд М. О. Ефективність елементів технології вирощування пшениці ярої у Північному Лісостепу. *Зб. наук. пр. ННЦ ІЗ УААН*. Київ: ННЦ ІЗ УААН, 2015. Вип. 4. С. 53–57.
91. ДСТУ 4115–2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. [Чинний від 2003-01-01]. Київ: Державний комітет України з питань технологічного регулювання та споживчої політики, 2002. 9 с. (Національні стандарти України).
92. ДСТУ 4117:2007. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. [Чинний від 2007-08-09]. Київ, 2007. 7 с. (Національний стандарт України).
93. ДСТУ 4233:2003. Зернові культури. Визначання об'ємної щільності, так званої «маси на гектолітр» (Контрольний метод) (ISO 7971:1986, MOD). [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України 2006. 10 с. (Національний стандарт України).
94. ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. [Чинний від 2008-01-01]. Київ, 2006. 15 с. (Національний стандарт України).
95. ДСТУ ISO 520:2015 (ISO 520:2010, IDT) Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен [Чинний від 2016-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 4 с.
96. Ефективність мінеральних добрив, передпосівної бактеризації та їх поєднань при вирощуванні вівса голозерного в Поліссі / Бердніков О. М. та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2013. Вип. 18. С. 13–16

97. Єгоршин О. О., Лісовий М. В. Планування і математична обробка багатофакторних дослідів. Харків: КП «Друкарня № 13», 2009. 32 с.
98. Єгоршин О. О., Лісовий М. В., Доценко О. В. Вибір оптимальних варіантів удобрення польового дослідів за різними показниками. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2012. Вип. 77. С. 27–30.
99. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ГД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
100. Жатов О. Г., Гуліда Г. В. Роль мінеральних добрив у процесі формування високоурожайного посіву ячменю. *Вісник Сумського НАУ*: серія «Агрономія і біологія». 2011. Вип. 4. С. 61–64.
101. Жемела Г. П. Добрива, урожай і якість зерна. К.: Урожай, 1991. 133 с.
102. Загороднюк П. В. Ефективність мінеральних добрив при вирощуванні ярого ячменю та їх вплив на поживний режим темно-сірого опідзоленого ґрунту. *Науковий вісник НАУ*. 2002. № 48. С. 253–257.
103. Заєць С. О., Рудік О. Л., Онуфран Л. І. Взаємозв'язки між урожайністю ячменю озимого та вмістом основних елементів живлення залежно від строків сівби і поліфункціональних препаратів. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 30–35.
104. Заєць С. О. Наукові основи формування адаптивних технологій вирощування зернових культур і сої на зрошуваних землях Південного Степу України: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.02. Херсон, 2021. 563 с.
105. Залужський А. С. Вплив мінеральних добрив на врожай і якість зерна ярого ячменю на сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник сільськогосподарської науки*. 1979. № 11. С. 12–14.
106. Захарченко Е. А. Ефективність застосування добрив при вирощуванні ярого ячменю. *Вісник Сумського НАУ*. 2007. № 10–11. С. 117–120.
107. Іванків М. Я. Вплив агротехнологій детоксикації пестицидів на урожайність зерна ячменю ярого. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25. С. 150–155.

108. 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.
109. 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.
110. Каленська С. М., Бачинський О. В., Качура Є. В. Продуктивність сортів ярого пивоварного ячменю залежно від норм висіву насіння та добрив. *Збірник наук. пр. Інституту землеробства УААН*. 2005. Вип. 4. С. 55–58.
111. Калініченко О. В. Методичні засади оцінки енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва. *Облік і фінанси*. 2016. № 2(72). С. 150–155.
112. Камінська В. В., Шморгун О. В., Дудка О. Ф. Особливості формування елементів продуктивності сортів ячменю ярого в північній частині Лісостепу. *Землеробство*. 2012. Вип. 84. 75 с.
113. Каталог сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення. Одеса: Астопринт, 2021. 182 с.
114. Качанова Т. В. Вплив мінеральних добрив на поживний режим чорнозему південного за вирощування вівса. *Агробіологія*. 2013. № 11 (104). С. 39–41.
115. Качанова Т. В. Резерви підвищення якості зерна вівса у Степовій зоні України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2014. Вип. 3 (27). С. 154–157.
116. Кириєнко Г. С. Вплив удобрення на урожайність і якість зерна пивоварного ячменю в умовах Західного Лісостепу. *Землеробство*. 2007. Вип. 79. С. 99–103.
117. Кириєнко Г. С. Ефективність удобрення у технології вирощування пивоварного ячменю в умовах західного Лісостепу. *Збірник наукових*

праць Уманського національного університету садівництва. 2013. Вип. 83. С. 70–74.

118. Кирильчук А. М., Щербиніна Н. П., Чухлеб С. Л. Ячмінь – стан та шляхи збільшення виробництва зерна. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 90–103.
119. Кияк Г. С. Рослинництво. Київ: Вища школа, 1982. 400 с.
120. Кірізії Д. А., Шегеда І. М. Розподіл азоту в донорно-акцепторній системі рослин та його роль у продукційному процесі. *Физиология растений и генетика*. 2019. Т. 51, № 2. С. 114–132.
121. Кірілеско О. Л. Ефективність систем удобрення у короткоротаційній сівозміні Лісостепу Західного України. *Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб.* 2019. Вип. 87. С. 93–101.
122. Климишена Р. І. Вплив позакореневого підживлення рослин ячменю на пивоварну якість зерна за показником екстрактивності. *Аграрні інновації*. 2021. № 6. С. 16–20.
123. Климишена Р. І. Залежність кількості зерен у колосі ячменю ярого від впливу мінерального удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 110. Ч. 1. С. 88–94.
124. Климишина Р. І. Продуктивність ячменю озимого залежно від удобрення та норм висіву насіння. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 10. С. 76–79.
125. Козар С. Ф. Біологічні елементи технології вирощування озимої пшениці, ярого ячменю і вівса в умовах Полісся України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Київ, 2000. 16 с.
126. Козар С. Ф., Бакун Ю. О. Ефективність застосування мікробіологічних біопрепаратів на основі азотфіксуючих та фосформобілізуючих організмів на зернових культурах. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Одеса, 1999. Вип. № 3(6). Ч. I. С. 170–174.
127. Кононюк В. А., Борисонік З. Б., Муратов А. Г. Ячмінь. Київ: Урожай, 1986. 143 с.
128. Копчик З. М. Пивоварний ячмінь на Заході України. Львів: Сполом, 2007.

151 с.

129. Коркін Є. Значення сірки та магнію в ґрунті. *Зерно*. 2015. № 1 (106). С. 47.
130. Костиря І. В. Вплив попередників і мінеральних добрив на урожайність та якість зерна пшениці озимої в умовах Присивашся. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 4. С. 25 – 29.
131. Кулик І. О. Оптимізація агротехнічних заходів вирощування вівса і ячменю ярого в Північному Степу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Дніпропетровськ, 2014. 24 с.
132. Кустов І. О. Розробка технології підготовки і переробки голозерного вівса в круп'яні продукти: дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: 05.18.02. Одеса, 2015. 236 с.
133. Лебідь Є. М., Білогуров В. О., Суворинов О. М. Якість зерна і продуктивність озимої пшениці залежно від попередників та удобрення. *Степове землеробство*. 1991. Вип. 25. С. 8–10.
134. Лень О. І. Забезпеченість рослин ячменю ярого основними елементами живлення залежно від варіантів удобрення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 4. С. 182–185.
135. Лень О. І. Формування асимілюючої поверхні та її вплив на продуктивність ячменю ярого за різних технологій вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 1. С. 119–121.
136. Лихочвор В. В. Ячмінь: монографія. Львів: Українські технології, 2003. 88 с.
137. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ Українські технології, 2010. С. 308–321.
138. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво. Львів: Українські технології, 2008. 624 с.
139. Лінчевський А. А. Ячмінь – джерело здорового способу життя сучасної

- людини. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 12. С. 14–21.
140. Лінчевський А. А., Легкун І. Б. Нове ставлення до культури ячменю і селекція в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 9(810). С. 34–42.
141. Лісовий М. В. Підвищення ефективності мінеральних добрив. Київ: Урожай, 1991. 120 с.
142. Лісовий М. В., Носко Б. С. Вплив мінеральних добрив на врожай ярого ячменю залежно від погодних умов. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 1980. Вип. 40. С. 22–23.
143. Лоза Н. Підвищення врожайності та якості сільськогосподарських культур. Київ, 1981. С. 54–55.
144. Мазурак І. В. Продуктивність вівса плівчастого та голозерного залежно від елементів технології вирощування в умовах Лісостепу західного: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Львів, 2020. 219 с.
145. Мамєдова Е. І. Вплив гідротермічних умов та агротехнологічних заходів вирощування на особливості росту й розвитку рослин ячменю ярого в Північному Степу. *Зернові культури*. 2017. Т. 1. № 2. С. 300–306.
146. Маренюк О. Б. Селекційно-генетична оцінка вихідного матеріалу ячменю ярого в умовах підвищеної кислотності ґрунтів правобережного Лісостепу: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.05. Київ, 2015. 19 с.
147. Марчук І. У., Макаренко В. М., Розтальний В. Є. Савчук А. В. Філон Є. А. Добрива та їх використання. Київ: Арістей, 2013. 258 с.
148. Матвєєва А., Павлюкевич Є. У голозерному ячмені замало клітковини, але багато сирого протеїну та обмінної енергії. *Зерно і хліб*. 2015. № 4. С. 37.
149. МВВ 31-497058-019-2005 Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору, калію в одній наважці рослинного матеріалу. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків: КП «Друкарня № 13», 2005. С. 189–208.
150. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних

технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 208 с.

151. Мойсієнко В. В., Подольський О. М. Продуктивність озимого ячменю сорту Хайлайт залежно від елементів технології вирощування. Doi: 10/33249/ 2663-2144-2019-83-10-13-19.
152. Моргун В. В., Рибалка О. І, Моргун Б. В. Нові наукові напрями генетичного поліпшення злакових культур. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53. № 3. С. 206–215.
153. Мудрий І. В. Деякі аспекти проблеми вирощування якісної рослинницької продукції при застосуванні мінеральних добрив та методичні підходи щодо токсиколого-гігієнічної їх оцінки. *Проблеми харчування. Медична Україна*. 2005. № 4. С. 44–47.
154. Муқан Я. М., Раченко О. С. Вплив мінеральних добрив на формування агрофітоценозу ячменю звичайного ярого (*Hordeum vulgare* L.). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 2. С. 51–55.
155. Мусатов А. Г. Мусатов А. Г. Ранні зернофуражні культури. Київ: Урожай, 1992. 111 с.
156. Наукові розробки науково-інноваційного центру Карпатського регіону. НААН, Науково-інноваційний центр Карпатського регіону. Львів: СПД- ФО Костенко С. Б., 2015. 210 с.
157. Ніколаєв Є. В., Ізотов А. М., Тарасенко Б. А., Чуніховська В. Н. Рослинництво Криму. Сімферополь: Таврія, 2006. 351 с.
158. Новак В. Г., Новак А. В. Агрометеорологічні умови 2020–2021 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. *Вісник Уманського НУС*. № 1. 2022. С. 23–26.
159. Носко Б. С. Азотний режим ґрунтів і його трансформація а агроценозах. Харків: Міськдрук, 2013. 130 с.
160. Ободянський М. А., Климчук М. М. Агроекологічні особливості вирощування ярого ячменю на дерново-опідзоленому ґрунті в умовах Прикарпаття. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції*

«Екологія: проблеми адаптивно-ландшафтного землеробства», 20–22 червня 2006 р., Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2006. С. 260–261.

161. Оптимізація складових технології вирощування пшениці ярої / Г. М. Господаренко, В. С. Кравченко, С. В. Машинник, В. В. Любич, М. В. Калієвський. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань: ВПЦ «Візаві», 2018. 248 с.
162. Осипчук С. О. Природно-сільськогосподарське районування України. Київ: Урожай, 2008. 192 с.
163. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Каленська С. М., Єрмакова Л. М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця, 2013. 713 с.
164. 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. № 4. С. 42–47.
165. 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.
166. Пархуць Б. І. Урожайність і якість зерна ячменю озимого залежно від розрахункових норм мінеральних добрив під запрограмовану врожайність на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Лісостепу України. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2022. В. № 26. С. 193–196.
167. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Довідкове видання. Київ: ТОВ «Юнівест медіа», 2022. 1008 с.
168. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник., 5-те вид. Львів: НВФ "Українські технології", 2020. 806 с.
169. Петриченко В. Ф. Теоретичні основи інтенсифікації кормовиробництва в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 10. С. 19–22.
170. Пилипенко М. О. Формування структури врожаю ярого ячменю залежно від умов мінерального живлення і норм висіву. *Науковий вісник*

НАУ. 2000. № 29. С. 65–68.

171. Пилипенко М. О. Вплив мінеральних добрив та густоти посіву на урожайність та якість зерна ярого ячменю. *Вісник Білоцерківського ДАУ*. 2001. Вип. 15. С. 13–18.
172. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України. Київ: Аграрна наука, 2005. 300 с.
173. Полупан М. І., Соловей В. Б., Кисіль В. І., Величко В. А. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України. Київ: Колообіг, 2005. 304 с.
174. Польовий А. М., Божко Л. Ю. Довгострокові агрометеорологічні прогнози. Одеса: Видавництво «ТЭС», 2013. С. 156–179.
175. Польовий В. М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві. Рівне: Волинські обереги, 2007. 320 с.
176. Польовий В. М., Яценко Л. А., Ровна Г. Ф., Гук Б. В. Винесення і повернення основних елементів живлення з продукцією ячменю (*Hordeum vulgare* L.) на провапнованому дерново-підзолистому ґрунті Західного Полісся. *Вісник Полтавської ДАА*. 2021. № 2. С. 14–19.
177. Потопляк О. Продуктивність сортів ячменю ярого залежно від умов мінерального живлення. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2013. № 17 (2). С. 116–120.
178. Радченко М. В., Пшиченко О. І. Вплив сорту та мінерального живлення на ріст і розвиток ячменю ярого в умовах північно східної частини Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Агронія і біологія*. 2021. № 4. С. 55–61.
179. Рибалка О. І., Поліщук С . С., Поздняков В. В., Діденко С. Ю. Антиоксидантна активність та інші характеристики харчової цінності зерна ячменю. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2016. Вип. 3(39). С. 64–71.
180. Рибалка О. І., Поліщук С . С., Щербина З. В. Оцінка показників харчової цінності зерна ячменю (*Hordeum vulgare* L.). *Збірник наукових праць*

СГІ–НЦНС. 2016. Вип. 28(68). С. 56–67.

181. Рибалка О. Новий продукт зернового харчування на основі ячменю ваксі, висівок чорнозерної пшениці та борошна льону стане вашими ефективними ліками від тяжких недуг. *Зерно і хліб*. 2014. № 1. С. 48–51.
182. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Поздняков В. В., Діденко С. Ю. Антиоксидантна активність та інші характеристики харчової цінності зерна ячменю. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2016. Вип. 3(39). С. 64–71.
183. Рибалко О. І., Моргун Б. В., Поліщук С. С. Ячмінь як продукт функціонального харчування. Київ: Логос. 2016. 619 с.
184. Різник В. М. Економічна та енергетична оцінка елементів технології вирощування сочевиці їстівної. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. Вип. 26. С. 147–153.
185. Розстальний В. Е., Яригіна Н. Я. Післядія внесення органічних та мінеральних добрив на лужно-чорноземному карбонатному ґрунті на врожайність та якість ярого ячменю. *Науковий вісник НАУ*. 1998. Вип. 5. С. 181–189.
186. Роїк М. В. Сучасні науково обґрунтовані підходи до використання землі. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 1. С. 5–23.
187. Романюк В. І. Формування урожайності та якості зерна сортів ячменю ярого залежно від доз мінеральних добрив та регуляторів росту рослин в умовах Лісостепу правобережного: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Вінниця, 2019. 291 с.
188. Сабадин В. Я. Джерела цінних господарських ознак сортів колекції ячменю ярого для селекції у Центральному Лісостепу України. *Агробіологія*. 2019. № 2. С. 33–42.
189. Савченко Ю. О. Вплив різних систем удобрення на забезпеченість рослин доступними сполуками сірки на чорноземі типовому. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2011. № 77. С. 77–80.
190. Сайко В. Ф. Стан земельних угідь та поліпшення їх використання.

- Збірн. наук. пр. ННЦ Інституту землеробства УААН. 2005. С. 3–11.*
191. Самойленко О. А. Вплив екотипу ячменю ярого на його урожайність в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 3. С. 124–130.
192. Сардак М. О., Сардак М. І., Гвоздь О. О. формування врожаю голозерного та півчастого ярого ячменю залежно від норм висіву та мінерального живлення в умовах Північного Лісостепу України. *Миронівський вісник*. 2016. № 2. С. 249–261.
193. Свиденюк І. М., Шморгун О. В., Віннічук Т. С., Дмитрашак М. Я. Вплив технологічних факторів на формування елементів продуктивності та фітосанітарний стан посівів ярого ячменю. *Науковий вісник НАУ*. 2002. № 47. С. 50–54.
194. Селекція, насінництво та сортознавство пшениці: наук. вид. УААН, Миронівський ін.-т пшениці ім. В. М. Ремесла / Шелепов В. В. та ін. Миронівка, 2007. 408 с.
195. Синицький М. П. Агротехнологічні основи формування продуктивності сучасних сортів ярого ячменю в Північній підзоні Степу України: дис. ... канд с.-г. наук: 06.01.09. Дніпропетровськ, 2006. 282 с.
196. Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття. С. А. Балюк та ін. / За ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошниченка. Київ: Альфа-стевія, 2016. 400 с.
197. Созінов О. О. Нові рубежі в селекції рослин. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 12. С. 22–24.
198. Спеціальна селекція польових культур / Бугайов В. Д. та ін. Біла Церква, 2010. 368 с.
199. Стасіневич О. Ю. Вплив різних рівнів родючості ґрунту на формування структури врожаю сортів ярого ячменю. Допов. і вист. на міжнар. наук.-прак. конфер. Актуальні проблеми сучасного землеробства. Луганськ: ЛНАУ, 2003. С. 462–467.
200. Стаціонарні польові дослідження України. Реєстр атестатів. Київ: Аграрна

- наука, 2014. 146 с.
201. Тараріко О. Ю., Несмашна О. Ю., Бердніков О. М., Глущенко Л. Д., Личук І. І., Кузьменко Ю. І., Величко В. А., Жилкін В. А., Андрійченко О. А. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва. Київ: Аграрна наука, 2005. 200 с.
202. Томашевський Д. П., Лященко І. Ф. Вплив добрив на врожай і якість зерна ячменю. *Вісник с.-г. науки.* № 4. 1976.
203. Тритикале в Україні / Білітюк А. П. та ін. Київ: Світ рибалки, 2004. 376 с.
204. Трус О. М., Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Гумус чорнозему опідзоленого та його відтворення. Умань: Редак.-видав. Відділ Уманського НУС, 2016. 228 с.
205. Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л. Основи управління родючістю ґрунтів; за наук. ред. Р. С. Трускавецького. Харків ФОП Брові О. В. 2016. 338 с.
206. Уваренко К. Ю. Вплив ущільнення та удобрення ґрунту на використання елементів живлення та продуктивність ячменю ярого. *Вісник аграрної науки.* 2018. № 8. С. 76–81.
207. Уваренко К. Ю. Вплив щільності будови та вологості ґрунту на ефективність аміачної селітри при вирощуванні різних за інтенсивністю сортів ячменю ярого. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер.: Агрономія і біологія.* 2016. Вип. 9. С. 29–35.
208. Уваренко К. Ю. Засвоєння елементів живлення різними сортами ячменю ярого залежно від щільності будови ґрунту. *Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва.* 2018. Вип. 92 (1). С. 223–230.
209. Удобрення тритикале / Г. М. Господаренко, В. В. Любич, В. С. Кравченко, Л. В. Вишнеvsька. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2019. 176 с.
210. Уліч Л. І., Уліч О. Л. Ефективність післяреєстраційного сортовивчення пшениці озимої. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин.*

- Київ: Алефа. 2007. № 5. С. 23–34.
211. Управління живленням сільськогосподарських культур в умовах погодно-кліматичних флуктуацій: за наук. ред. М. М. Мірошниченка і Є. Ю. Гладкіх. Київ: Аграрна наука, 2022. 160 с.
212. Управління якістю зерна ячменю: рекомендації / за ред. М. М. Мірошниченка. Харків: Харк. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва, 2010. 55 с.
213. Усова Н. М., Цапик Т. Ф., Дударєва Г. Ф. Вплив мінерального живлення на продуктивність озимого ячменю за вирощування по попереднику гірчиця. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур*. 2021 № 31. С. 98–108.
214. Федько В. І., Копчик З. М. Реакція сортів ярого ячменю на мінеральні добрива і тур. *Передгірне та гірське землеробство*. 1984. Вип. 29. С. 19–21.
215. Філоненко Т. А. Забезпеченість сільськогосподарських культур елементами та їх урожайність залежно від застосування зростаючих доз азотних добрив. *Вісн. Харків. нац. аграр. ун-ту*. 2015. № 1. С. 130–137.
216. Харченко О. В., Прасол В. І., Ільченко О. В. Агроекономічне та екологічне обґрунтування рівня живлення сільськогосподарських культур. Суми: Університетська книга, 2009. 126 с.
217. Харченко О. В. Ресурсне забезпечення та шляхи оптимізації умов вирощування сільськогосподарських культур у Лісостепу України. Суми: Універсальна книга, 2005. 342 с.
218. Центило Л. В., Цюк О. В., Мельник В. І. Енергетична ефективність систем удобрення і обробітку ґрунту. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Том. 11. № 3–4. С. 90–96.
219. Чернелівська О. О., Дзюбенко І. М., Наконечний В. О. Вплив основного обробітку ґрунту та системи удобрення на продуктивність ячменю ярого. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 85. С. 76–81.
220. Чернобай С. В. Формування показників якості зерна ячменю ярого за

- впливу норми висіву та позакоренових підживлень. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 4. С. 163–169.
221. Шабашов В. В., Токаренко В. М., Барановський О. В. Ефективність весняного застосування мінеральних добрив під ярий ячмінь. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 2. С. 10–12.
222. Шаповал М. І. Основи програмування врожайності зернових культур. *Науковий вісник: зб. наук. праць*. 2007. Вип. 55. С. 180–185.
223. Шевченко М. С., Десятник Л. М., Бокун О. І. Динаміка запасів продуктивної вологи в ґрунті та урожайність ячменю ярого залежно від обробітку ґрунту і добрив. *Зернові культури*. 2020. Т. 4, № 1. С. 160–166.
224. Шевченко О. І. Основи формування продуктивності ячменю ярого. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2012. № 2. С. 20–26.
225. Шевчук О. В. Вплив післядії різних систем удобрення на динаміку вмісту азоту в ґрунті, рослинах і зерні ячменю ярого. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2013. № 1. С. 135–139.
226. Шкатула Ю. М., Барський Д. О. Урожайність озимого ячменю залежно від системи удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 21. С. 82–94.
227. Шкатула Ю. М., Барський Д. О. Формування площі листової поверхні рослинами ячменю озимого в залежності від удобрення. *Сільське господарство та лісівництво. Екологія та охорона навколишнього середовища*. 2022. № 24. С. 227–240.
228. Шкатула Ю. М., Козаченко М. І. Оптимізація технологічних прийомів вирощування ячменю озимого в умовах дослідного поля ВНАУ. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 22. С. 56–71.
229. Шубенко Н. П., Кочмарський В. С., Василенко Н. В., Кузьменко Г. Й. Результати, проблеми і перспективи селекції ярого і озимого ячменю. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці*. 2008. Випуск 8. С. 294–308.

230. Шувар І., Корпіта Г., Дудар О. Формування врожайності ячменю ярого залежно від кліматичних умов Західного Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2021. № 25. С. 60–62.
231. Щерба М. М., Качмар О. Й., Дубицька А. О., Вавринович О. В., Таравська О. В. Вплив удобрення на формування продуктивності ячменю ярого в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (1). С. 140–163.
232. Ball B. C., O'Sullivan M. F. Cultivation and nitrogen requirement for winter barley as assessed from a radical – tillage experiment on a brown forest soils. *Soils and Tillage Research*. 1985. Vol. 6. P. 95–109.
233. Barbottin A., Lecomte C., Bouchard C., Jeuffroy M. H. Nitrogen Remobilization during Grain Filling in Wheat. Genotypic and Environmental Effects. *Crop. Sci.* 2005. Vol. 45. P. 1141–1150.
234. Begum K. Nutrient uptake by plants from different land types of Madhupur soils. *Bangladesh Journal of Scientific Research*. 2015. Vol. 28 (2). P. 113–121.
235. Bushong J. T., Mullock J. L., Miller E. C., Raun W. R., Klatt A. R., Arnall D. B. Development of an in-season estimate of yield potential utilizing optical crop sensors and soil moisture data for winter wheat. *Precision Agriculture*. 2016. Vol. 17(4). P. 451–469.
236. Byung-Kee Baik O., Steven E., Ulrich C. Barley for food: characteristics, improvement and renewed interest. *J. Of Cereal Sci.* 2008. Vol. 48. P. 233–242.
237. Byung-Kee Baik O., Steven E., Ulrich C. Barley for food: characteristics, improvement and renewed interest. *J. Of Cereal Sci.* 2008. Vol. 48. P. 233–242.
238. Babaeian M., Tavassoli A., Ghanbari A., Esmaeilian Y., Fahimifard M. Effects of foliar micronutrient application on osmotic adjustments, grain yield and yield components in sunflower (Alstar cultivar) under water stress at

- three stages. *African Journal of Agricultural Research*. 2010. Vol. 6 (5). P. 1204–1208.
239. Ceccarelli S., Grando S., Maatougui M., Michael M., Slash M., Haghparast R., Rahmanian M., Taheri A., Al-Yassin A. and Benbelkacem A. Plant breeding and climate change. *The Journal of Agricultural science*. 2010. Vol. 148, Issue 6. P. 627–637.
240. Chersten S. Urea spray on barley with various nitrogen dressings, absorption, yield, structure, composition. *Plant Nutr.* 1979. Vol. 1. P. 313–333.
241. Copikova J., Sinitsya A., Vaculova K. Chromatography of barley beta-glucans. *Czech J. food Sc.* 2000. Vol. 18. № 1. P. 29–34.
242. Dai J., Wang Z., Li F., He G., Wang S., Li Q., Cao H., Luo L., Zan Y., Meng X. Optimizing nitrogen input by balancing winter wheat yield and residual nitrate-N in soil in a long-term dryland field experiment in the Loess Plateau of China. *Field Crops Research*. 2015. Vol. 181. P. 32–41.
243. De Man W., Bruyneel P. Fatty acid content and composition in relation to grain-size in barley. *Phytochemistry*. 1987. No 26. P. 1307–1310.
244. Dhillon J. S., Figueiredo B. M., Eickhoff E. M., Raun W. R. Applied use of growing degree days to refine optimum times for nitrogen stress sensing in winter wheat. *Agronomy Journal*. 2020. Vol. 112(1). P. 537–549.
245. Dudar, I., Lytvyn, O., Pavkovych, S., Korpita, H. and Kozliuk O. 2022. Yield of winter barley depending on mineral nutrition. *Bulletin of Lviv National Environmental University: Agronomy*. 2022. Vol. 26. P. 72–76.
246. Fasano, A., Berti, I., Gerarduzzi, T., Not, T., Colletti, R., Drago, S. & Elitsur, Y. Prevalence of celiac disease in at-risk and not-at-risk groups in the United States: a large multicenter study. *Arch. Intern. Med.* 2003. Vol. 163. P. 286–292.
247. Fedak G., La Roche I. Lipid and fatty acid composition of barley kernels. *Can. J. of Plant Science*. 1977. No 57(1). P. 257–260.
248. Furbank, R. T., Sharwood, R., Estavillo G. M., Silva-Perez, V. & Condon, A. G. Fostering photosynthesis: genetic improvement of cereal crop photosynthesis.

- J. Exp. Bot. 2020. Vol. 71, № 7. P. 2226–2238.
249. Gorash O., Klymyshena R., Khomina V., Vilchynska L. Ecological and biological conformity of conditions of the brewing barley cultivation zone. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10(1). P. 246–253.
250. Herrmann H. Dynamik der Stickstoffeinlagerung während der Kornfüllungsperiode der Wintergerste in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. *Tagungsber. Akad. Landwirtschaftswiss.* 1977. № 158. P. 243–249.
251. Hospodarenko H., Cherny O., Ryabovol L., Leonova K., Liubchenko A. Fractional composition of mineral phosphates of podzolized chernozem after prolonged use of fertilisers in field crop rotation. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25(2). P. 28–35.
252. Hospodarenko H., Liubych V., Oliinyk O., Polianetska I., Silifonov T. Influence of fertilization on the crop rotation productivity and the balance of essential nutrients in the soil. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*. 2022. Vol. 75(2). P. 9919–9928.
253. Kopecky M. Reakce nových odrud jarního jecmene na nektère intenzifikacne factory v reparskem vyrobim tupu. *Rostl. výroba*. 1980. Vol. 26. P. 407–417.
254. Kopecky M., Natr L., Pesik J., Zemanek M., Zenisceva L. Fiziologika charakteristika a odrudova technologie pestovani vysoce vynosnych odrud jarnigo jecmene a ozime pčenic. *Roslinna výroba*. 1975. Vol. 21(8).
255. Lollato R. P., Figueiredo B. M., Dhillon J. S., Arnall D. B., Raun W. R. Wheat grain yield and grain- nitrogen relationships as affected by N, P, and K fertilization: A synthesis of long-term experiments. *Field Crops Research*. 2019. Vol. 236. P. 42–57.
256. Manko Y. P., Tsyuk O. A., Tsentulo L. V., Shemetun O. V. The methodology resource suggestion with environmental criteria for rationality agricultural systems estimation. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9. № 1. P. 121–126.

257. Mohr R. M. et al. Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilizer Management for Oats. *Better Crops*. 2004. Vol. 88. № . 4. P.12–13.
258. Newman C., Newman R. Hulless barley for food and feed. In: *Specialty grains for food and feed*. Abdel-Aal E., Wood P. eds. Amer. Association of Cereal Chemists. 2005. P. 167–202.
259. Osman R. O., Abd El Gelil F. M., El-Naamany H. M., Davood M. G. Oil content and fatty acid composition of some varieties of barley and sorghum grains. *Grasas y Aceites*. 2000. No 51(3). P. 157–162.
260. Ozcan M. M., Aljuhaimi F., Uslu N. Effect of malt process steps on bioactive properties and fatty acid composition of barley, green malt and malt grains. *J. of Food Science and Technology*. 2017. No 55(1). P. 226–232.
261. Pecio A. Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania wielkości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego. *Fragmenta Aronomica*. 2012. № 4 (76). P. 77–85.
262. Peltonen-Saini P. et al. Characterising strengths, weakness, opportunities and threats in producing naked oat as a novel crop for northern growing conditions. *Agricultural and Food Science*. 2004. Vol. 3, № 1–2. P. 212–228.
263. Raun W. R., Solie J. B., Stone M. L. Independence of yield potential and crop nitrogen response. *Precision Agriculture*. 2011. Vol. 12(4). P. 508–518.
264. Saljnikov E., Hospodarenko H., Funakawa S., Kosaki T. Effect of fertilization and manure application on nitrogen mineralization potentials in Ukraine. *Zemljiste i biljka*. 2005. Vol. 54. P. 221–230.
265. Sasek A., Fuchsova B., Bradova I. Nove genetieke zdroje vyssiho obsahu a lepsi skladry bilkivin zrna psenice obecne. *Rostlinna Vyroba*. 1982. Vol. 28. No 2. P. 143–152.
266. Schelling K. J. Relationships between yield and quality parameters of malting barley and phonological and metrological data. *Aron. And Crop Sci*. 2003. Vol. 2. P. 113–122.
267. Schulz R., Makary T., Hubert S., Hartung K., Gruber S., Donath S., Döhler J., Wei K., Ehrhart E., Claupein W. Is it necessary to split nitrogen fertilization

- for winter wheat? On-farm research on Luvisols in South-West Germany. *The Journal of Agricultural Science*. 2015. Vol. 153(4). P. 575–587.
268. Sepiedeh Z., Mohammad N., Hamid R. T. M., Hossein Z. Effect of zinc and sulfur foliar applications on physiological characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water deficit stress. *International Journal of Biosciences*. 2014. Vol. 5 (12). P. 87–96.
269. Shuvar I., Korpita H., Dudar O. Formation of the spring barley yield depending on climate conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. 2021. P. 60–62.
270. Simkin, A. J., Lopez-Calcagno R. E. & Raines C. A. Feeding the world: improving photosynthetic efficiency for sustainable crop production photosynthesis. *J. Exp. Bot.* 2019. Vol. 70. № 4. P. 1119–1140.
271. Turnbull K. M., Rahman S. Review – Endosperm texture in wheat. *J. Cereal Sci.* 2002. No 36. P. 327–337.
272. Tsvei Ya. P., Gorash O., Prysiazhniuk O. I., Klymyshena R. I., Klymchuk O. V., Shudrenko I. V. 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.
273. Verstegen H., Köneke O., Korzun V. & Broock R. The World Importance of Barley and Challenges to Further Improvements. *Biotechnology in Agriculture*. 2014. Vol. 69. P. 3–19.
274. Wójcik P. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2004. Vol. 12. P. 201–218.
275. Yoshida A., Sonoda K., Nogata Y., Nagamine T., Sato M., Oki T., Hashimoto Sh., Ohta H. Determination of free and bound phenolic acid, and evaluation activities and total polyphenol contents in selected pearled barley. *Food Sci. Technol. Res.* 2010. No 16(3). P. 215–224.

ДОДАТКИ

Додаток А

Акти впровадження результатів досліджень у виробництво

«ПОГОДЖЕНО»

Ректор Уманського національного
університету садівництва
Олена НЕПОЧАТЕНКО

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ФГ «Світоч-2006»
Марія ВОЙНЯК

« 13 » 03 2024

03 2024

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – ФГ «Світоч-2006».

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

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення ячменю ярого голозерного.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення ячменю ярого голозерного впроваджено на площі 32 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає після збирання кукурудзи внесення фосфорних і калійних добрив у дозі $P_{30}K_{35}$, потім проведення обробітку ґрунту. Весною проводять внесення азотних добрив у дозі N_{35} .
4. **Економічна ефективність** – 8,5 тис. грн/га у цінах 2023 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення ячменю ярого голозерного забезпечила стабільний приріст урожаю зерна. Система застосування добрив передбачала внесення їх з урахуванням стійкості рослин до полягання, що сприяло ефективному використанню елементів живлення з добрив.

Від Уманського національного
університету садівництва
відповідальний за впровадження

аспірант кафедри агрохімії і
грунтознавства

Владислав ГАВРИЛЕНКО

Від ФГ «Світоч-2006»

директор

Марія ВОЙНЯК

« 13 » 03 2024

« 13 » 03 2024

«ПОБОЖЕНО»

Ректор Уманського національного
університету садівництва
Олена НЕПЮЧАТЕНКО

« 13 »

2024

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ПП «АРТБУДІНВЕСТ»

Олександр ЮДИЦЬКИЙ

2024

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – ПП «АРТБУДІНВЕСТ».

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи за темою «Формування продуктивності ячменю ярого голозерного за різного удобрення у Правобережному Лісостепу України», виконаної в Уманському національному університеті садівництва, впроваджено у технологічному процесі підприємства.

- 1. Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення ячменю ярого голозерного.
- 2. Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення пшениці твердої озимої впроваджено на площі 25 га.
- 3. Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає після збирання кукурудзи внесення фосфорних і калійних добрив у дозі P₃₀K₃₅, потім проведення обробітку ґрунту. Весною проводять внесення азотних добрив у дозі N₃₅.
- 4. Економічна ефективність** – 6,1 тис. грн/га у цінах 2023 р.
- 5. Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення ячменю ярого голозерного забезпечила стабільний приріст урожаю зерна. Система застосування добрив передбачала внесення їх з урахуванням стійкості рослин до полягання, що сприяло ефективному використанню елементів живлення з добрив.

Від Уманського національного
університету садівництва
відповідальний за впровадження

аспірант кафедри агрохімії і
грунтознавства
Владислав ГАВРИЛЕНКО

Від ПП «АРТБУДІНВЕСТ»

директор

Олександр ЮДИЦЬКИЙ

« 13 » 02 2024

« 13 » 02 2024

Додаток Б

Список опублікованих праць Гавриленка Владислава Сергійовича за темою дисертації «Формування продуктивності ячменю ярого голозерного за різного удобрення у Правобережному Лісостепу України» на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство за спеціальністю 201 Агрономія

Статті у фахових виданнях України

1. Гавриленко В. С. Вплив тривалого застосування мінеральних добрив на відносне винесення, коефіцієнт використання та інтенсивність балансу основних елементів живлення ячменю ярого голозерного. *Аграрні інновації*. 2023. № 22. С. 25–30.
2. Гавриленко В. С. Баланс основних елементів живлення у ґрунті під посівами ячменю ярого голозерного залежно від удобрення. *Подільський вісник*. 2023. Вип. 4. С. 14–18.
3. Гавриленко В. С. Формування основних елементів структури урожаю ячменю ярого голозерного залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 24–29.
4. Гавриленко В. С. Вплив удобрення на врожайність ячменю голозерного. *Збірник Уманського НУС*. 2023. Вип. 103. С. 225–231.

Матеріали науково-практичних конференцій

5. Господаренко Г. М., Любич В. В., Гавриленко В. С. Реакція ячменю ярого голозерного на родючість ґрунту та удобрення на чорноземі опідзоленому. *Агрохімічні ресурси та управління агроландшафтів: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 23–25 листопада 2021 р.)*. Київ : НУБІП, 2021. С. 24–29.

6. Господаренко Г. М., Любич В. В., Гавриленко В. С. Урожайність і якість зерна ячменю голозерного за різних систем удобрення. *Інноваційні зернопродукти і технології: тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції* (Умань, 21 лютого 2022 р.). Умань : Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2022. С. 35–36.

7. Господаренко Г. М., Любич В. В., Гавриленко В. С. Продуктивність ячменю голозерного залежно від рівня мінерального живлення. *Агрохімічні ресурси та управління біопродуктивністю агроландшафтів : II Міжнародна науково-практична конференція* (Київ, 11–13 жовтня 2022 р.). Київ : НУБІП, 2022. С. 20–26.

8. Господаренко Г., Гавриленко В. Поживний режим ґрунту під ячменем ярим голозерним за різного удобрення в польовій сівозміні. *Рубіновські читання: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції* (Умань, 16 травня 2023 р.). Умань : Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2023. С. 21–22.