

ГОСПОДАРСЬКЕ ВИНЕСЕННЯ АЗОТУ ПОСІВАМИ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

А. С. СУЛИМА, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)
Уманський національний університет

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

Ключові слова: господарське винесення, відносне винесення, баланс азоту, удобрення, погодні умови.

Постановка проблеми. У сучасних умовах господарювання доцільним є застосування ресурсозберігаючих технологічних елементів, які допомагають зменшити енерговитрати [1]. Одним із таких напрямів, ефективність якого підтверджена численними дослідженнями на різних культурах, є використання біопрепаратів і регуляторів росту рослин [2]. Їх результативність заслуговує на окрему увагу при вирощуванні ячменю – як озимого, так і ярого.

Ячмінь належить до найдавніших культур світу. Озима форма, у порівнянні з пшеницею озимою, здатна забезпечувати вищі врожаї, однак у періоди різких температурних коливань може зазнавати значних ушкоджень або навіть вимерзати [3]. Змінюючи строки сівби озимих культур, можна створювати різні абіотичні умови – варіювати температуру, суму позитивних температур, тривалість світлового дня та кількість опадів. Саме тому під час розроблення нормативів і технологічних умов вирощування нових сортів пшениці та ячменю озимих важливим є визначення їхньої реакції на різні абіотичні чинники, зокрема строки сівби [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У період активного росту рослини інтенсивно поглинають поживні речовини, на вміст яких впливають як прямі, так і непрямі фактори. Щоб досягти високої врожайності, польові культури повинні засвоювати значні обсяги елементів живлення з ґрунту [5]. Однак у різні фази розвитку рослин потреба в елементах живлення змінюється, що пов'язано з перебудовою внутрішніх біохімічних процесів, унаслідок чого засвоєння поживних речовин є нерівномірним.

Дослідження показують, що у фазу бутонізації надземна частина рослини

повинна містити 4,7–5,3% азоту, 0,55–0,65% фосфору та приблизно 4,2% калію. Поліпшення мінерального живлення сприяє підвищенню концентрації цих елементів у тканинах рослин [6]. На думку багатьох фахівців, озимий ячмінь накопичує найбільшу кількість основних елементів живлення на початку весняного кушіння, після чого їх вміст у рослинах поступово зменшується і досягає мінімуму під кінець вегетації [7]. Наявність таких даних дозволяє коригувати норми внесення добрив у пізніші фази розвитку культури.

Азот відіграє ключову роль у формуванні врожаю, оскільки бере участь у більшості обмінних процесів рослин. Його дефіцит негативно впливає на продуктивність [8]. У багатьох ґрунтах, зокрема й українських, азоту або бракує, або його вміст є мінімальним, тому він має бути пріоритетним у системі удобрення. Для темно-каштанових ґрунтів південної України, де вирощується озимий ячмінь із використанням зрошення, рекомендована норма внесення азоту становить N_{90} [9].

Фахівці з Європи, США та інших країн наголошують на важливості регуляторів росту в сучасному землеробстві поряд із добривами й засобами захисту. Застосування біопрепаратів підвищує ефективність поглинання поживних речовин, стимулює розвиток кореневої системи, а також сприяє адаптації рослин до стресових умов, що, у свою чергу, позитивно впливає на врожайність [10]. Експериментальні роботи [11], підтверджують позитивний вплив таких препаратів на розвиток зернових культур. Регулятори росту, що містять збалансовані комплекси фітогормонів, мікроелементів і біологічно активних сполук, можуть стати ефективним інструментом управління ростовими процесами та врожаєм.

Нещодавні дослідження з багаторічними польовими випробуваннями і сівозміною з ячменем озимим вивчали вплив азотного удобрення на врожайність зерна [12]. Азотне удобрення підвищує врожайність озимого ячменю, причому сучасні сорти демонструють покращену ефективність і кращу реакцію на вищі рівні азоту порівняно зі старими сортами [13]. Аналіз ефективності повинен оцінювати не лише те, чи повністю використовується потенціал врожайності, специфічний для конкретної ділянки, але й те, чи досягнуто економічного оптимуму, який визначається як рівень удобрення, що дає найвищий чистий прибуток від азоту [14].

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

Мета досліджень – визначення ефективності удобрення ячменю озимого за показниками господарського й відносного винесення азоту та його балансу в ґрунті в польовій сівозміні.

Методика досліджень. Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Правобережного Лісостепу України у стаціонарному польовому досліді з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи, закладеному у 2011 році на дослідному полі Уманського НУС упродовж 2023–2025 рр. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що

дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення досліду триразове. Площа облікової ділянки 25 м². Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, рН_{KCl} – 5,7.

У варіанті досліду виробничого контролю (N₁₅₀P₆₀K₈₀) доза добрив розрахована за господарським винесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему досліду складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив і визначити оптимальне їх поєднання як у сівозміні, так і під окремі культури.

Схема застосування добрив у польовій сівозміні під ячмінь озимий (сорт Дев'ятий вал) включала такі варіанти: без добрив (контроль), N₇₅, N₁₅₀, P₆₀K₈₀, N₁₅₀K₈₀, N₁₅₀P₆₀, N₇₅P₃₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₈₀, N₁₅₀P₃₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₄₀, N₁₅₀P₃₀K₈₀. Відповідно до схеми досліду фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивуацію та в підживлення. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишається на полі на добриво.

Регулятор росту рослин Хлормекват-хлорид 750 (BASF) застосовували на початку виходу рослин у трубку (ВВСН 30–32). Норма витрати робочого розчину 300 л/га. Препаративна форма рк. Клас хімічної речовини – сполука четвертинного амонію. Регулятор росту впливає на фізіологічні процеси рослин через затримку синтезу або дію гормонів росту (ауксинів і гіберелінів). Результатом цього впливу є вкорочення довжини соломини і підвищення її жорсткості, кращий розвиток, а також перерозподіл поживних речовин у рослині, що сприяє закладці більшої кількості продуктивних стебел та підвищенню індивідуальної продуктивності рослин. Хлормекват-Хлорид 750 допускається застосовувати у бакових сумішах з фунгіцидами – Капало, Рекс Дуо, Абакус, Флексіті, інсектицидами – Фастак, Бі-58 Новий. В комбінації з гербіцидом ростового типу необхідно зменшувати норму витрати регулятора росту на 10–15 %.

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

Закладання польових дослідів, проведення спостережень і досліджень проводили у відповідності з рекомендаціями, методичними вказівками і довідниками останніх років. Агротехніка вирощування ячменю озимого загальноприйнята для умов Правобережного Лісостепу України. Господарське винесення азоту обраховували за показниками вмісту азоту в насінні та врожайності. На основі цього визначали відносне винесення азоту та його баланс

у ґрунті. Статистичне оброблення цифрового матеріалу здійснювали методом польового двофакторного дисперсійного аналізу польового дослідження. Оброблення даних також проводили за використання спеціалізованого програмного забезпечення стандартних програм Excel (Microsoft, USA) і Staftsoft (AnalystSoft, Ukraine).

Результати досліджень. Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм зерна значно змінювалось залежно від погодних умов року проведення дослідження, удобрення і застосування регулятора росту рослин ячменю озимого (табл. 1).

Табл. 1. Господарське винесення азоту з урожаєм зерна ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин, кг/га

Варіант дослідження	2023	2024	2025	Середнє
Без регулятора росту				
Без добрив (контроль)	91,5	97,4	107,6	98,8
N ₇₅	110,8	150,6	153,3	138,2
N ₁₅₀	138,8	171,2	187,2	165,7
P ₆₀ K ₈₀	97,0	100,6	115,2	104,3
N ₁₅₀ K ₈₀	141,2	149,2	189,1	159,8
N ₁₅₀ P ₆₀	114,5	144,7	189,3	149,5
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	115,2	148,8	157,9	140,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	93,0	154,1	194,5	147,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	96,5	151,5	189,5	145,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	99,3	151,8	188,4	146,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	99,7	149,1	189,9	146,2
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	86,7	90,7	106,0	94,5
N ₇₅	105,0	140,0	148,2	131,1
N ₁₅₀	136,2	159,1	193,6	163,0
P ₆₀ K ₈₀	89,5	93,6	109,9	97,6
N ₁₅₀ K ₈₀	139,0	155,9	191,6	162,2
N ₁₅₀ P ₆₀	134,8	158,1	190,4	161,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	108,3	153,0	158,6	140,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	139,9	168,8	197,2	168,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	139,4	167,8	193,7	166,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	139,4	167,8	195,7	167,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	138,1	168,4	195,6	167,4

Так, найбільші показники господарського винесення отримано в 2025 р. – 107,6–194,5 кг/га залежно від варіанту дослідження. В 2024 р. – цей показник змінювався від 97,4 до 154,1 кг/га, а в 2023 р. – від 91,5 до 138,8 кг/га залежно від системи удобрення на тлі без регулятора росту рослин. Зменшення господарського винесення азоту в 2023 і 2024 рр. у варіантах із парними комбінаціями фосфорних і калійних добрив, а також з повним мінеральним добривом зумовлено поляганням

рослин ячменю озимого. Вища стійкість до полягання в 2025 р. забезпечувала значне збільшення винесення азоту з урожаєм зерна.

На тлі застосування регулятора росту рослин застосування добрив забезпечувало збільшення господарського винесення азоту. Так, господарське винесення змінювалось від 86,7–106,0 кг/га у контролі до 139,9–193,7 кг/га за внесення повного мінерального добрива.

Відносне винесення азоту з урожаєм зерна ячменю озимого збільшувалось від внесення добрив (табл. 2).

Табл. 2. Відносне винесення азоту з урожаєм зерна ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин, кг/т

Варіант досліду	2023	2024	2025	Середнє
Без регулятора росту				
Без добрив (контроль)	14,2	15,5	15,1	14,9
N ₇₅	15,4	18,1	17,2	16,9
N ₁₅₀	18,4	20,1	19,2	19,2
P ₆₀ K ₈₀	14,3	15,2	15,2	14,9
N ₁₅₀ K ₈₀	18,6	19,9	19,2	19,2
N ₁₅₀ P ₆₀	18,3	20,1	19,3	19,2
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	15,7	18,6	17,5	17,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	18,6	20,2	19,3	19,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	18,4	20,1	19,3	19,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	18,3	20,2	19,2	19,2
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	18,7	20,1	19,2	19,3
З регулятором росту				
Без добрив (контроль)	14,3	15,7	15,4	15,1
N ₇₅	15,2	18,3	17,4	16,9
N ₁₅₀	18,6	19,9	19,6	19,4
P ₆₀ K ₈₀	14,2	15,4	15,4	15,0
N ₁₅₀ K ₈₀	18,7	19,8	19,3	19,3
N ₁₅₀ P ₆₀	18,9	20,1	19,3	19,4
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	15,5	18,4	17,8	17,3
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	18,9	20,1	19,5	19,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	18,7	20,1	19,5	19,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	18,6	20,2	19,6	19,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	18,7	20,2	19,5	19,5

Так, у середньому за три роки досліджень на тлі без регулятора росту рослин цей показник зростає від 14,9 у варіанті без добрив до 16,9–19,4 кг/т зерна за внесення добрив. При цьому відносне винесення значно змінювалось залежно від погодних умов років проведення досліджень. Вищими показниками були у 2024 р., а меншими у 2023 і 2025 рр.

Застосування регулятора росту рослин збільшувало відносне винесення

азоту з урожаєм зерна. Так, цей показник був більшим на 1 % – 15,1–19,5 кг/т зерна. Тенденція відносного винесення азоту впродовж років досліджень була подібно до ділянок без застосування регулятора росту рослин.

Баланс азоту був різним і залежав від стійкості рослин ячменю озимого до полягання (табл. 3).

Табл. 3. Баланс азоту за умови залишення соломи на полі під посівами ячменю озимого залежно від удобрення та регулятора росту рослин, кг/га

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

Тривале застосування 150 кг/га д. р. азоту в 2023 р. без регулятора росту сприяло формуванню позитивного балансу азоту, що свідчить про менше засвоєння його з добрив. У 2024 і 2025 рр. таке явище було відсутнє. Необхідно відзначити, що навіть застосування регулятора росту рослин у 2023 р. баланс азоту був на рівні +10,1 – +13,8 кг/га. Необхідно відзначити, що від’ємний баланс азоту був у 2025 р. незалежно від застосування регулятора росту рослин, що свідчить про екологічну безпечність застосування азотних добрив у польовій сівозміні.

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

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

Література:

1. Seremesic S., Milosev D., Djalovic I., Zeremski T., Ninkov J. Management of Soil Organic Carbon in Maintaining Soil Productivity and Yield Stability of Winter Wheat. *Plant Soil Environ.* 2011. Vol. 57. P. 216–221.
2. Любич В. В., Желєзна В. В. Хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти залежно від удобрення і тривалості зберігання. *Агробіологія*. 2021. С. 75–84.
3. Любич В. В., Сулима А. С. Урожайність та якість зерна ячменю озимого залежно від агротехнологічних заходів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 593–602.
4. Господаренко Г. М., Любич В. В., Невлад В. І., Гавриленко В. С. Фотосинтезувальна система рослин ячменю ярого голозерного залежно від системи удобрення. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2024. Вип. 105. С. 294–312.
5. Känkänen H., Eriksson C. Effects of Undersown Crops on Soil Mineral N and Grain Yield of Spring Barley. *Eur. J. Agron.* 2007. Vol. 27. P. 25–34.
6. Господаренко Г. М., Любич В. В., Притуляк Р. М., Гавриленко В. С. Агрохімічні параметри родючості чорноземі опідзоленого під посівами ячменю ярого голозерного за різних систем удобрення. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 356–396.
7. Любич В. В., Полянецька І. О. Оцінювання сортів пшениці твердої озимої за показниками росту та розвитку. *Агробіологія*. 2021. №1. С. 65–72.
8. Калантир В. В., Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Желєзна В. В. Індeksi продуктивності пшениці твердої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 122. С. 34–40.
9. Kunelius H. T., Johnston H. W., MacLeod J. A. Effect of Undersowing Barley with Italian Ryegrass or Red Clover on Yield Crop Composition and Root Biomass. *Agric. Ecosyst. Environ.* 1992. Vol. 38. P. 127–137.
10. Macholdt J., Piepho H.-P., Honermeier B. Mineral NPK and Manure Fertilisation Affecting the Yield Stability of Winter Wheat: Results from a Long-Term Field Experiment. *Eur. J. Agron.* 2019. Vol. 102. P. 14–22.
11. Han X., Hu C., Chen Y., Qiao Y., Liu D., Fan J., Li S., Zhang Z. Crop Yield Stability and Sustainability in a Rice-Wheat Cropping System Based on 34-Year Field Experiment. *Eur. J. Agron.* 2020. Vol. 113. 125965.
12. Suwara I., Pawlak-Zaręba K., Gozdowski D., Perzanowska A. Physical Properties of Soil after 54 Years of Long-Term Fertilization and Crop Rotation. *Plant Soil Environ.* 2016. Vol. 62. P. 389–394.
13. Любич В. В. Круп'яні властивості зерна пшениці спельти залежно від сорту. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2021. Вип. 99. С. 146–161.

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

References:

1. Seremesic, S., Milosev, D., Djalovic, I., Zeremski, T., Ninkov, J. (2011). Management of soil organic carbon in maintaining soil productivity and yield stability of winter wheat. *Plant Soil Environ*, 57, 216–221.
2. Lyubych, V. V., Zhelezna, V. V. (2021). Baking properties of spelt wheat grain depending on fertilization and storage duration. *Agrobiology*, 75–84. [in Ukrainian].
3. Lyubych, V. V., Sulima, A. S. (2025). Yield and quality of winter barley grain depending on agrotechnical measures. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 106(1), 593–602. [in Ukrainian].
4. Hospodarenko, H. M., Lyubych, V. V., Nevlad, V. I., Havrylenko, V. S. (2024). Photosynthetic system of spring naked barley plants depending on fertilization system. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 105, 294–312. [in Ukrainian].
5. Känkänen, H., Eriksson, C. (2007). Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield of spring barley. *European Journal of Agronomy*, 27, 25–34.
6. Hospodarenko, H. M., Lyubych, V. V., Prytulyak, R. M., Havrylenko, V. S. (2025). Agrochemical parameters of chernozem podzolic soil fertility under spring naked barley crops for different fertilization systems. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 106(1), 356–396. [in Ukrainian].
7. Lyubych, V. V., Polyanetska, I. O. (2021). Evaluation of winter durum wheat varieties by growth and development indicators. *Agrobiology*, 1, 65–72. [in Ukrainian].
8. Kalantyr, V. V., Hospodarenko, H. M., Lyubych, V. V., Polyanetska, I. O., Zhelezna, V. V. (2021). Productivity indices of winter durum wheat under different fertilization systems in crop rotation. *Tavriysky Scientific Bulletin*, 122, 34–40. [in Ukrainian].
9. Kunelius, H. T., Johnston, H. W., MacLeod, J. A. (1992). Effect of undersowing barley with Italian ryegrass or red clover on yield, crop composition and root biomass. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 38, 127–137.
10. Macholdt, J., Piepho, H.-P., Honermeier, B. (2019). Mineral NPK and manure fertilization affecting the yield stability of winter wheat: Results from a long-term field experiment. *European Journal of Agronomy*, 102, 14–22.
11. Han, X., Hu, C., Chen, Y., Qiao, Y., Liu, D., Fan, J., Li, S., Zhang, Z. (2020). Crop yield stability and sustainability in a rice-wheat cropping system based on 34-year field experiment. *European Journal of Agronomy*, 113, 125965.
12. Suwara, I., Pawlak-Zaręba, K., Gozdowski, D., Perzanowska, A. (2016). Physical properties of soil after 54 years of long-term fertilization and crop rotation. *Plant Soil Environ*, 62, 389–394.
13. Lyubych, V. V. (2021). Cereal properties of spelt wheat grain depending on variety. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 99, 146–161. [in Ukrainian].

14. Lyubych, V. V. (2021). Bread quality from different spelt wheat flour depending on variety. *Collection of Scientific Works of the Institute of Bioenergetic Crops and Sugar Beets*, 29, 155–162. [in Ukrainian].

Annotation

Sulyma A. S.

Economic Nitrogen Removal by Winter Barley Crops Depending on Fertilization and Plant Growth Regulator

Aim. To determine the effectiveness of winter barley fertilization based on indicators of economic and relative nitrogen removal and its balance in the soil under field crop rotation.

Methods. Laboratory, measurement, comparative, analytical, statistical.

Results. It was found that economic nitrogen removal with grain yield significantly varied depending on the weather conditions of the study year, fertilization, and application of the plant growth regulator. The highest economic nitrogen removal was recorded in 2025 – 107.6–194.5 kg/ha depending on the experimental variant. In 2024, this indicator ranged from 97.4 to 154.1 kg/ha, and in 2023 – from 91.5 to 138.8 kg/ha depending on the fertilization system without the growth regulator. The reduction in economic nitrogen removal in 2023 and 2024 in variants with paired combinations of phosphorus and potassium fertilizers, as well as with full mineral fertilization, was due to lodging of winter barley plants. Higher lodging resistance in 2025 provided a significant increase in nitrogen removal with grain yield.

With the use of the plant growth regulator, fertilization increased economic nitrogen removal. In this case, economic removal ranged from 86.7–106.0 kg/ha in the control to 139.9–193.7 kg/ha with full mineral fertilization. The nitrogen balance varied depending on the lodging resistance of winter barley plants. Long-term application of 150 kg/ha N in 2023 without the growth regulator contributed to a positive nitrogen balance, indicating lower nitrogen uptake from fertilizers. This phenomenon was absent in 2024 and 2025. Even with the use of the growth regulator in 2023, the nitrogen balance ranged from +10.1 to +13.8 kg/ha. In 2025, the nitrogen balance was negative regardless of the growth regulator, indicating the environmental safety of nitrogen fertilizer application in the field crop rotation.

Conclusions. The use of a plant growth regulator together with fertilizers promotes more efficient nitrogen uptake from fertilizers. The application of N₇₅, regardless of the growth regulator, resulted in a negative nitrogen balance across the study years. Relative nitrogen removal ranged from 14.2–15.5 kg/t in the variant without fertilizers to 18.6–20.2 kg/t with N₁₅₀P₆₀K₈₀ without the growth regulator. The application of the growth regulator ensured relative nitrogen removal of 14.3–15.7 kg/t in the control and 18.9–20.1 kg/t with full mineral fertilization.

Key words: economic nitrogen removal, relative nitrogen removal, nitrogen balance, fertilization, weather conditions.