*УДК: 631.559+664.64.016:633.16:631.816.1+581.192*
*DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-593-602*

# УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ

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

*Ефективність застосування добрив під ячмінь озимий змінюються залежно від погодних умов року дослідження та стійкості рослин до вилягання. Найвищу стійкість рослин і урожайність зерна ячменю озимого забезпечує внесення $N_{75}$ – 7,20–8,32 т/га залежно від року дослідження. Встановлено, що застосування регуляторів росту забезпечує 0,79–2,41 т/га врожаю зерна залежно від стійкості рослин до полягання. При цьому застосування регуляторів росту на рослинах ячменю озимого без полягання сприяє незначному зниженню врожаю зерна. Вміст білка за такого сценарію вирощування не змінюється.*

***Ключові слова:*** *ячмінь озимий, урожайність, вміст білка, збір білка, система удобрення.*

**Вступ.** Найвищі та стабільні врожаї зерна ячменю озимого залежать від можливості максимального використання ґрунтово-кліматичних умов вирощування, а також здатності долати несприятливі метеорологічні фактори, що погіршують ріст і розвиток рослин [1]. Тому нові сорти повинні характеризуватися складною системою біохімічних, фізіологічних і господарсько-цінних ознак й властивостей, що забезпечують адаптивність до конкретних умов вирощування [2].

В останні роки зміни клімату стали очевидними у Лісостепу України. Осінній та весняний періоди часто супроводжуються посухою та високою температурою. Опади випадають нерівномірно, що характерно для зони нестабільного зволоження [3]. Ячмінь озимий може давати високі врожаї зерна лише на родючих ґрунтах та за внесення достатньої кількості добрив [4]. Тому в сучасних інтенсивних технологіях важливе місце займає використання мінеральних добрив. Особливо важливо проводити азотне удобрення посівів, яке має забезпечувати максимальну ефективність.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нещодавні дослідження в багаторічних польових випробуваннях і сівозміною з ячменем озимим вивчали вплив азотного удобрення на врожайність зерна [5]. Азотне удобрення підвищує врожайність ячменю озимого, при цьому сучасні сорти демонструють покращену ефективність і кращу реакцію на вищі рівні азоту порівняно зі старими сортами [6]. Аналіз ефективності повинен оцінювати не лише чи повністю використовується потенціал урожайності, специфічний для конкретної

ділянки, але й чи досягнуто економічного прибутку, який визначається як рівень удобрення, що дає найвищу ефективність від азотних добрив [7]. Цей оптимум, що базується на стандартних цінах на мінеральний азот та зерно, можна оцінити за допомогою різних методів [8].

Внесення діамофоски $N_{10}P_{26}K_{26}$ + $N_{34}$ для підживлення в фазу початку кущення + $N_{46}$ на початку виходу рослин у трубку та позакореневе підживлення сечовиною в дозі $N_8$ + мікродобриво Еколист у нормі 4,0 л/га сприяло формуванню врожаю зерна ячменю озимого сорту Атлант Миронівський на рівні 6,81 т/га, сорту Пасо – 7,29 т/га, що більше за контрольні ділянки (без удобрення) на 4,97–5,23 т/га [9]. Проте за такої системи удобрення необхідно провести чотири проходи технікою для внесення добрив відповідно до рекомендацій.

В умовах Правобережного Лісостепу України за внесення $N_{60}P_{60}K_{80}$ урожайність зерна ячменю ярого може становити 4,14–5,08 т/га залежно від сорту. За збільшення дози добрив до $N_{90}P_{90}K_{120}$ урожайність зерна зменшувалась до 4,04–4,63 т/га завдяки поляганню посівів. Рівень урожайності зерна також залежав від виду регулятора росту рослин. Так, за умови застосування Хлормекват-хлориду 750 на тлі удобрення сприяло отриманню 5,45–5,98 т/га зерна. Застосування препарату Терпал сприяло отриманню 5,82–6,29 т/га зерна. Необхідно відзначити, що за внесення препарату Хлормекват-хлорид 750 на ділянках, де рослини не полягали урожайність дещо знижувалась порівняно з варіантами без застосування регулятора. При цьому такої тенденції не встановлено для регулятора росту Терпал [10].

Статистична обробка даних показує, що на кількість продуктивних стебел ячменю впливали система удобрення (35,8 %) та обробіток ґрунту (27 %); на довжину колоса – система удобрення (44,6 %), на кількість зерен в колосі – система удобрення (28 %), обробіток ґрунту (32,8 %), що також вплинуло на масу зерна з колосу (22 і 47 %) та біологічну врожайність (32,9 і 41,5 %) [11]. Через високу врожайність та екологічну значущість удобрення азотом, частково нечіткі або суперечливі результати попередніх експериментів з удобрення та багато відкритих питань щодо ефективності удобрення, необхідні подальші порівняльні аналізи різних систем удобрення ячменю. Вони повинні включати різні умови застосування добрив, а також враховувати генетичний потенціал сорту.

**Метаю досліджень** було визначення рівня формування продуктивності ячменю озимого залежно від застосування мінеральних добрив і регулятора росту рослин.

**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 національного університету упродовж 2020–2022 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 м$^2$. Ґрунт

дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, $pH_{KCl}$ – 5,7.

У варіанті досліду виробничого контролю ($N_{150}P_{60}K_{80}$) 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), $N_{75}$, $N_{150}$, $P_{60}K_{80}$, $N_{150}K_{80}$, $N_{150}P_{60}$, $N_{75}P_{30}K_{40}$, $N_{150}P_{60}K_{80}$, $N_{150}P_{30}K_{40}$, $N_{150}P_{60}K_{40}$, $N_{150}P_{30}K_{80}$. Відповідно до схеми досліду фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивацію 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 (BBCH 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 ячменю озимого 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. Урожайність зерна визначали методом прямого комбайнування з кожної ділянки окремо. Вміст білка в зерні ячменю озимого визначали методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117 : 2007.

Статистичне оброблення цифрового матеріалу досліджень здійснювали

методом двофакторного дисперсійного аналізу польового досліду. Оброблення даних також проводили за використання спеціалізованого програмного забезпечення Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA).

**Результати досліджень.** Встановлено, що реакція ячменю озимого на застосування добрив змінювалась залежно від стійкості рослин до полягання (табл. 1).

**Табл. 1. Урожайність зерна ячменю озимого залежно від удобрення**

| Варіант досліду (чинник А) | | 2023 р. | 2024 р. | Середнє |
|---|---|---|---|---|
| Без регулятора росту (чинник В) | | | | |
| Без добрив (контроль) | | 6,45 | 6,27 | 6,36 |
| $N_{75}$ | | 7,20 | 8,32 | 7,76 |
| $N_{150}$ | | 7,54 | 8,53 | 8,04 |
| $P_{60}K_{80}$ | | 6,77 | 6,60 | 6,69 |
| $N_{150}K_{80}$ | | 7,61 | 7,49 | 7,55 |
| $N_{150}P_{60}$ | | 6,27 | 7,21 | 6,74 |
| $N_{75}P_{30}K_{40}$ | | 7,34 | 8,02 | 7,68 |
| $N_{150}P_{60}K_{80}$ | | 5,01 | 7,62 | 6,32 |
| $N_{150}P_{30}K_{40}$ | | 5,24 | 7,55 | 6,40 |
| $N_{150}P_{60}K_{40}$ | | 5,44 | 7,51 | 6,48 |
| $N_{150}P_{30}K_{80}$ | | 5,33 | 7,43 | 6,38 |
| З регулятором росту | | | | |
| Без добрив (контроль) | | 6,05 | 5,78 | 5,92 |
| $N_{75}$ | | 6,89 | 7,67 | 7,28 |
| $N_{150}$ | | 7,34 | 7,99 | 7,67 |
| $P_{60}K_{80}$ | | 6,31 | 6,08 | 6,20 |
| $N_{150}K_{80}$ | | 7,43 | 7,89 | 7,66 |
| $N_{150}P_{60}$ | | 7,15 | 7,88 | 7,52 |
| $N_{75}P_{30}K_{40}$ | | 6,97 | 8,31 | 7,64 |
| $N_{150}P_{60}K_{80}$ | | 7,42 | 8,41 | 7,92 |
| $N_{150}P_{30}K_{40}$ | | 7,45 | 8,36 | 7,91 |
| $N_{150}P_{60}K_{40}$ | | 7,51 | 8,30 | 7,91 |
| $N_{150}P_{30}K_{80}$ | | 7,38 | 8,33 | 7,86 |
| *$НІР_{05}$* | *А* | *0,17* | *0,19* | – |
| | *В* | *0,15* | *0,16* | – |

Найбільшу врожайність отримано за вирощування ячменю озимого за внесення $N_{75}$ – 7,76 т/га або більше на 22 % порівняно з контролем на тлі без застосування регулятора росту. При цьому рослини не полягали. Незважаючи на слабке полягання рослин ячменю озимого за внесення $N_{150}$ врожайність збільшувалась лише на 4 % порівняно з варіантом $N_{75}$, що очевидно зумовлено

потенціальною продуктивністю сорту Дев'ятий вал в межах погодних умов 2023–2024 рр. У решти варіантів досліду врожайність змінювалась від 6,32 до 7,68 т/га, що зумовлено нижчою стійкістю рослин до полягання. Так, у варіантах із неповним повним поверненням фосфорних і калійних добрив, азотно-калійних та азотно-фосфорних системах стійкість до полягання була на рівні 3 бала в 2023 р. та 5 бала в 2024 р. Тому врожайність зерна ячменю озимого в 2023 р. була найменшою. У 2024 р. врожайність була більшою. При цьому впродовж двох років перевагу мав варіант із внесенням $N_{75}$.

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

Ефективність застосування регулятора росту залежала від року проведення досліджень. Так, у 2023 р. за сильнішого полягання приріст урожаю зерна від застосування регулятора росту була 2,05–2,41 т/га за внесення повного мінерального добрива у різному поверненні фосфорних і калійних добрив. У 2024 р. 0,79–0,90 т/га, оскільки стійкість до полягання була вищою – 5 бала на системах вказаних вище.

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

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

Поліпшення умов мінерального живлення рослин ячменю озимого сприяло достовірному зростанню вмісту білка в зерні (табл. 2). Так, на тлі без застосування регулятора росту вміст білка зростав від 9,9 % на ділянках без добрив до 11,1 % за внесення $N_{75}$ і до 12,8 % у варіанті $N_{150}$. Варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив, а також азотно-калійна, азотно-фосфорна системи удобрення не мали переваг порівняно з внесенням лише азотних добрив.

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

**Табл. 2. Вміст білка в зерні ячменю озимого залежно від удобрення**

| Варіант досліду (чинник А) | | 2023 р. | 2024 р. | Середнє |
|---|---|---|---|---|
| Без регулятора росту (чинник В) | | | | |
| Без добрив (контроль) | | 9,4 | 10,3 | 9,9 |
| $N_{75}$ | | 10,2 | 12,0 | 11,1 |
| $N_{150}$ | | 12,2 | 13,3 | 12,8 |
| $P_{60}K_{80}$ | | 9,5 | 10,1 | 9,8 |
| $N_{150}K_{80}$ | | 12,3 | 13,2 | 12,8 |
| $N_{150}P_{60}$ | | 12,1 | 13,3 | 12,7 |
| $N_{75}P_{30}K_{40}$ | | 10,4 | 12,3 | 11,4 |
| $N_{150}P_{60}K_{80}$ | | 12,3 | 13,4 | 12,9 |
| $N_{150}P_{30}K_{40}$ | | 12,2 | 13,3 | 12,8 |
| $N_{150}P_{60}K_{40}$ | | 12,1 | 13,4 | 12,8 |
| $N_{150}P_{30}K_{80}$ | | 12,4 | 13,3 | 12,9 |
| З регулятором росту | | | | |
| Без добрив (контроль) | | 9,5 | 10,4 | 10,0 |
| $N_{75}$ | | 10,1 | 12,1 | 11,1 |
| $N_{150}$ | | 12,3 | 13,2 | 12,8 |
| $P_{60}K_{80}$ | | 9,4 | 10,2 | 9,8 |
| $N_{150}K_{80}$ | | 12,4 | 13,1 | 12,8 |
| $N_{150}P_{60}$ | | 12,5 | 13,3 | 12,9 |
| $N_{75}P_{30}K_{40}$ | | 10,3 | 12,2 | 11,3 |
| $N_{150}P_{60}K_{80}$ | | 12,5 | 13,3 | 12,9 |
| $N_{150}P_{30}K_{40}$ | | 12,4 | 13,3 | 12,9 |
| $N_{150}P_{60}K_{40}$ | | 12,3 | 13,4 | 12,9 |
| $N_{150}P_{30}K_{80}$ | | 12,4 | 13,4 | 12,9 |
| *$НІР_{05}$* | *А* | *0,3* | *0,4* | – |
| | *В* | *0,2* | *0,2* | – |

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

Необхідно відзначити, що за збором білка перевагу мало внесення лише азотних добрив у варіанті $N_{150}$ без застосування регулятора росту рослин (табл. 3). При цьому варіанти з повним мінеральним добривом з різним поверненням фосфорних і калійних добрив на тлі застосування регулятора росту мали збір білка подібний до застосування $N_{150}$ без регулятора росту. Більша врожайність зерна та вміст білка в 2024 р. забезпечили найвищий збір білка порівняно з 2023 р. При цьому найвищу ефективність мало застосування $N_{150}$.

**Табл. 3. Умовний збір білка з урожаю зерна ячменю озимого залежно від удобрення**

| Варіант досліду (чинник А) | | 2023 р. | 2024 р. | Середнє |
|---|---|---|---|---|
| Без регулятора росту (чинник В) | | | | |
| Без добрив (контроль) | | 606 | 646 | 626 |
| $N_{75}$ | | 734 | 998 | 866 |
| $N_{150}$ | | 920 | 1134 | 1027 |
| $P_{60}K_{80}$ | | 643 | 667 | 655 |
| $N_{150}K_{80}$ | | 936 | 989 | 963 |
| $N_{150}P_{60}$ | | 759 | 959 | 859 |
| $N_{75}P_{30}K_{40}$ | | 763 | 986 | 875 |
| $N_{150}P_{60}K_{80}$ | | 616 | 1021 | 819 |
| $N_{150}P_{30}K_{40}$ | | 639 | 1004 | 822 |
| $N_{150}P_{60}K_{40}$ | | 658 | 1006 | 832 |
| $N_{150}P_{30}K_{80}$ | | 661 | 988 | 825 |
| З регулятором росту | | | | |
| Без добрив (контроль) | | 575 | 601 | 588 |
| $N_{75}$ | | 696 | 928 | 812 |
| $N_{150}$ | | 903 | 1055 | 979 |
| $P_{60}K_{80}$ | | 593 | 620 | 607 |
| $N_{150}K_{80}$ | | 921 | 1034 | 978 |
| $N_{150}P_{60}$ | | 894 | 1048 | 971 |
| $N_{75}P_{30}K_{40}$ | | 718 | 1014 | 866 |
| $N_{150}P_{60}K_{80}$ | | 928 | 1119 | 1024 |
| $N_{150}P_{30}K_{40}$ | | 924 | 1112 | 1018 |
| $N_{150}P_{60}K_{40}$ | | 924 | 1112 | 1018 |
| $N_{150}P_{30}K_{80}$ | | 915 | 1116 | 1016 |
| *$НІР_{05}$* | *А* | *25* | *31* | – |
| | *В* | *20* | *27* | – |

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

**Література:**

1. Balducci E., Beccari G., Orfei M., Tini F., Covarelli L., Benincasa P. Nitrogen fertilization management and seeding density differently affect net blotch incidence and grain yield in one two-row and one six-row cultivar of barley. *Ital. J. Agron*. 2024. Vol. 19. 100019.

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

3. Любич В. В. Ознаки якості хліба різного борошна сортів і ліній пшениць. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2018. Вип. 92. С. 64–76.

4. Любич В. В. Біологічна цінність білка пшениці спельти залежно від походження сорту та лінії. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2016. Вип. 89. С. 199–206.

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

6. Любич В. В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА*. 2017. № 3. С. 18–24.

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

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

9. Шкатула Ю. М., Барський Д. О. Урожайність ячменю озимого залежно від системи удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 21. С. 82–94.

10. 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.

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

**References:**

1. Balducci, E., Beccari, G., Orfei, M., Tini, F., Covarelli, L., Benincasa, P. (2024). Nitrogen fertilization management and seeding density differently affect net blotch incidence and grain yield in one two-row and one six-row cultivar of barley. *Ital. J. Agron*., no. 19, 100019.

2. Lyubich, V. V., Novikov, V. V. (2017). Influence of parameters of water-heat treatment of spelled grain on the efficiency of flour production. *Bulletin of ZhNAEU*, no. 2 (61), pp. 134–138. [in Ukrainian].

3. Liubych, V. V. (2018). Quality features of bread made of different flour of wheat varieties and strains. *Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*, no. 92, pp. 64–76. [in Ukrainian].

4. Liubych, V. V. (2016). Biological value of spelt wheat protein depending on the origin of the variety and strain. *Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*, no. 89, 199–206. [in Ukrainian].

5. Mittermayer, M., Donauer, J., Kimmelmann, S., Maidl, F.-X., Hülsbergen, K.- J. (2024). Effects of different nitrogen fertilization systems on crop yield and nitrogen use efficiency – Results of a field experiment in southern Germany. *Heliyon*., no. 10, e28065.

6. Liubych, V. V. (2017). The influence of abiotic and biotic factors on the productivity of varieties and spelled wheat lines. *Bulletin of Poltava SAA*, no. 3, pp. 18–24. [in Ukrainian].

7. Mittermayer, M., Maidl, F.-X., Donauer, J., Kimmelmann, S., Liebl, J., & Hülsbergen, K.-J. (2025). Optimizing Nitrogen Use Efficiency and Yield in Winter Barley: A Three-Year Study of Fertilization Systems in Southern Germany. *Applied Sciences*, no. 15(1), 391.

8. Kuhn, T., Enders, A., Gaiser, T., Schäfer, D., Srivastava, A.K., Britz, W. (2020). Coupling crop and bio-economic farm modelling to evaluate the revised fertilization regulations in Germany. *Agric. Syst*., no. 177, 102687.

9. Shkatula, Yu. M., Barsky, D. O. (2021). Yield of winter barley depending on the fertilization system. *Agriculture and forestry*, no. 21, pp. 82–94. [in Ukrainian].

10. Kalenska, S. M., Kholodchenko, R. M., Tokar, B. Yu. (2015). The influence of mineral fertilizers and retardant protection on the yield of spring malting barley. *Agrobiology*, no. 1, pp. 56–58. [in Ukrainian].

11. Lyubich, V. V., Nevlad, V. I., Martyniuk, A. T. (2022). Productivity of spring triticale under different doses of nitrogen fertilizers. *Agrobiology*, no. 1, pp. 152–159. [in Ukrainian].

## *Annotation*

***Liubych, V. V., Sulyma, A. S.***

***Yield and Grain Quality of Winter Barley Depending on Agronomic Measures***

***Objective.*** *To determine the productivity formation of winter barley depending on the application of fertilizers and plant growth regulators.*

***Methods.*** *Field, measuring, computational-comparative, analytical, statistical.*

***Results.*** *The highest yield was obtained with the application of $N_{75}$ – 7.76 t/ha, which is 22% higher than the control without growth regulators. At the same time, plants did not lodge. Despite slight lodging under N150 application, the yield increased by only 4% compared to the $N_{75}$ treatment, which is likely due to the genetic yield potential of the cultivar Deviatyi Val under the weather conditions of 2023–2024. In other treatments, yields ranged from 6.32 to 7.68 t/ha, influenced by lower lodging resistance. For instance, in systems with partial phosphorus and potassium return or under nitrogen-potassium and nitrogen-phosphorus fertilization, lodging resistance was rated at 3 points in 2023 and 5 points in 2024. Thus, yields in 2023 were the lowest, while in 2024, yields improved. Over the two-year study, the $N_{75}$ treatment consistently outperformed others. Improved mineral nutrition conditions significantly increased protein content in the grain. Without growth regulator, protein content rose from 9.9% (no fertilizer) to 11.1% ($N_{75}$) and 12.8% ($N_{150}$).*

***Conclusions.*** *The effectiveness of fertilizer application for winter barley varies depending on the weather conditions of the research year and the lodging resistance of the plants. The highest plant resistance and grain yield were achieved with the application of* $N_{75}$*, yielding 7.20–8.32 t/ha depending on the year. Winter barley shows a strong response to the application of complete mineral fertilizer, which leads to the formation of a large vegetative mass and increases the risk of lodging. Therefore, under such a fertilization scenario, the use of growth regulators is necessary. It was found that the application of growth regulators resulted in an additional grain yield of 0.79–2.41 t/ha, depending on the lodging resistance of the plants. However, the use of growth regulators on non-lodging plants led to a slight decrease in grain yield. The protein content under this cultivation scenario remained unchanged.*

***Key words:*** *winter barley, yield, protein content, protein harvest, fertilization system.*

***УДК: 612.015.1:[633.11+633.14]:632.93***
***DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-602-608***

# ФЕРМЕНТНА АКТИВНІСТЬ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

**В. В. КАРПЕНКО[1],** *доктор філософії*
**А. В. ЗАБОЛОТНА[2],** *кандидат сільськогосподарських наук*
**[1]Уманський національний університет**
**[2]Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини**

*Наведено результати досліджень з впливу біологічних препаратів мікробного походження на ферментну активність тритикале озимого. Встановлено, що досліджувані препарати позитивно впливали на ферментну активність культури та її антиоксидантний стан. Високі показники ферментної активності було відмічено у фазі цвітіння за обприскування посівів Біозлаком 3,0 л/га на фоні передпосівної бактеризації насіння Меланорізом (1,0 л/т), де активність каталази перевищувала показники контрольного варіанту на 12,5 мкМоль розкладеного* $H_2O_2$*/г сирої речовини за 1 хв., пероксидази – 17,3 мкМоль окисненого гваяколу/г сирої маси за 1 хв. та поліфенолоксидази – 15,3 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв.*

***Ключові слова:*** *ферментна активність, каталаза, пероксидаза, поліфенолоксидаза, біологічні препарати, тритикале озиме.*

**Вступ.** Ключовим механізмом дії біологічних препаратів на рослину є їх вплив на ферментну активність, якою визначається спрямованість метаболічних процесів, стійкість до стресів та здатність засвоювати поживні речовини. Однією з реакцій рослин на стрес є утворення активних форм кисню, які рослинний організм інактивує за участі ферментів [1]. Біологічні препарати здатні стимулювати ферментну активність, зокрема супероксиддисмутази, каталази,