

19. Jiang, X., et al. (2023). Optimal fertilization strategies for winter wheat based on yield increase and nitrogen reduction on the North China Plain. *Sustainability*, 15(5), 4199. <https://doi.org/10.3390/su15054199>

20. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., & Opryshko, V.P. (2014). *Fundamentals of scientific research in agronomy* (2nd ed.). Vinnytsia: Edelweiss i K.

21. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M., et al. (2016). *Experimental agronomy* (Vol. 1). Kharkiv: Maidan.

Отримано: 10.04.2026. Прийнято: 23.04.2026. Опубліковано: 22.05.2026.

DOI <https://doi.org/10.31359/2413.7642.2026.1.413>

УДК 631.811:98:633.11(477.7)

Іванов С.О., аспірант кафедри рослинництва
isa28021979@gmail.com, ORCID ID 0009-0006-6411-8851
Державний біотехнологічний університет (Харків, Україна)

УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА ТА ВМІСТ БІЛКА В ЗЕРНІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ВПЛИВУ РЕТАРДАНТІВ НА РІЗНИХ ФОНАХ ЖИВЛЕННЯ У СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація. У статті представлено результати дворічних досліджень впливу обробки посівів ретардантами за різних фонів внесення карбаміду на врожайність зерна, вміст білка в зерні та вихід білка з гектара пшениці озимої сорту Богдана. **Постановка проблеми.** Одним з факторів зниження врожайності зерна колосових культур є вилягання рослин, яке спостерігається насамперед у разі внесення високих доз азотних добрив у добре зволожений ґрунтах. У результаті цього можна втратити до 40 % врожаю зерна і більше. Виходячи з цього, актуальним є пошук шляхів направлених на вирішення проблеми вилягання. У цьому відношенні найбільш ефективним є оброблення посівів ретардантами, які поряд з ефективним вирішенням проблеми вилягання, сприяють прискоренню росту та розвитку рослин, посилюють їх адаптивні властивості до стресів, забезпечують повніше розкриття генетичного потенціалу продуктивності посівів. Одже, застосування ретардантів є перспективним і потребує подальшого вивчення як для визначення кращих продуктів, так і для розробки алгоритмів їх застосування. **Мета роботи** полягала у порівнянні ефективності сучасних ретардантів з різною активною основою на різних фонах мінерального живлення на врожайність зерна та вміст білка в зерні пшениці озимої в умовах Східного Лісостепу України. **Методи.** Дослід закладали методом розщеплених ділянок. Головними ділянками були чотири варіанти підживлень різними дозами карбаміду під час 22–23-ї мікрофази: 1 – контроль; 2 – 75 кг/га (N₃₅); 3 – 108 кг/га (N₅₀); 4 – 141 кг/га (N₆₅). Ділянками другого порядку були п'ять варіантів обробок посівів ретардантами в момент їх перебування у 31-й мікрофазі: I – контроль (без внесення ретардантів); II – Моддус Стар; III – Ретацел 720; IV – Медакс ТОП; V – суміш Моддус Стар + Ретацел 720. Площа посівної ділянки дослід становила 37,5 м², облікової – 30 м². **Результати.** З точки зору впливу на врожайність зерна,

кращим у досліді був варіант обробки посівів ретардантом Медакс ТОП. Урожайність зерна у цьому варіанті в середньому становила 5,19 т/га, що на 7,2 % вище, ніж на контролі. В погодних умовах обох років істотне підвищення врожайності зерна також відмічено у варіанті обробки посівів сумішшю ретардантів Моддус Стар і Ретацел 720. Так, у 2024 і 2025 рр. урожайність зерна у цьому варіанті в середньому становила 4,36 і 5,76 т/га відповідно. Вона була на одному рівні з варіантом внесення ретарданту Медакс ТОП, істотно перевищуючи інші варіанти. У цілому по досліді, найвища врожайність зерна пшениці озимої була у варіанті внесення 141 кг/га карбаміду (N_{65}) під час 22–23-ї мікрофази у сполученні з обприскуванням посівів ретардантом Медакс ТОП під час 31-ї мікрофази. У 2024 і 2025 рр. вона становила 4,27 і 6,27 т/га відповідно, що на 1,16 і 1,58 т/га вище, ніж на контролі досліді. Разом з тим, вона істотно не відрізнялася від урожайності зерна у варіанті внесення 108 кг/га карбаміду (N_{50}). Виходячи з цього, кращим в досліді був варіант підживлення посівів карбамідом з розрахунку 108 кг/га (N_{50}) у сполученні з обприскуванням посівів ретардантом Медакс ТОП. Впливу обробки посівів ретардантами на вміст білка в зерні фактично не було. Мала місце лише слабка тенденція до його підвищення у разі обприскування посівів ретардантами Медакс ТОП і Моддус Стар. Зокрема, у середньому за роками та варіантами підживлень карбамідом, вміст білка на варіантах внесення цих продуктів становив 14,0 %, тоді як на всіх інших варіантах – 13,9 %. Найвищий збір білка був у варіанті внесення карбаміду в дозі 141 кг/га у сполученні з обробкою посівів ретардантом Медакс ТОП. У 2024 і 2025 рр. він склав 0,684 і 0,865 т/га відповідно, що на 38,5 і 40,9 % вище, ніж на контролі. Водночас, фактично такий самий збір білка був у варіанті внесення 108 кг/га карбаміду. **Висновки.** Результати дворічних досліджень довели високу ефективність проведення обприскувань посівів під час 31-ї мікрофази ретардантами на всіх фонах підживлення посівів карбамідом. З точки зору врожайності зерна, вмісту білка в зерні та збору білка з 1 га посівів пшениці озимої сорту Богдана, кращим у досліді був варіант обробки посівів ретардантом Медакс ТОП на фоні підживлення посівів карбамідом під час 22–23-ї мікрофази в дозі 108 кг/га (N_{50}).

Ключові слова: пшениця озима, урожайність зерна, ретарданти, система живлення, фази росту, підживлення, якість зерна, збір білка

Ivanov S., post-graduate student

isa28021979@gmail.com, ORCID ID 0009-0006-6411-8851

State biotechnological university (Kharkiv, Ukraine)

Grain yield and protein content in winter wheat grain under the influence of retardants on different nutrient backgrounds in the eastern forest-steppe of Ukraine

This paper presents the results of a two-year study on the effect of seed treatments with growth retardants, under various urea fertilization regimes, on grain yield, grain protein content and protein yield per hectare in winter wheat of the Bogdana variety. **Formulation of the problem.** One of the factors contributing to reduced grain yields in cereal crops is plant lodging, which occurs primarily when high doses of nitrogen fertilizers are applied to well-moistened soils. As a result, grain yields can be reduced by up to 40% or more. Consequently, it is essential to identify ways to address the problem of lodging. In this regard, the most effective approach is the treatment of crops with growth retardants, which, alongside effectively solving the problem of lodging, promote accelerated plant growth and development, enhance their adaptive properties to stress, and ensure the full realization of the genetic potential for crop productivity. Therefore, the use of growth

retardants is promising and requires further study, both to identify the best products and to develop algorithms for their application.

The aim of the study was to compare the effectiveness of modern retardants with different active ingredients, under various mineral nutrient conditions, on the grain yield and protein content of winter wheat in the Eastern Forest-Steppe region of Ukraine.

Research methods. The experiment was set up using the split-plot design. The main plots comprised four variants of fertilization with different doses of urea during the 22nd–23rd microphase: 1 – control; 2 – 75 kg/ha (N₃₅); 3 – 108 kg/ha (N₅₀); 4 – 141 kg/ha (N₆₅). The second-order plots comprised five treatments involving the application of growth retardants to the crops during the 31st microphase: I – control (no growth retardants applied); II – Moddus Star; III – Retacel 720; IV – Medax TOP; V – a mixture of Moddus Star + Retacel 720. The area of the experimental plot was 37.5 m², and that of the reference plot was 30 m². **Results.** In terms of its effect on grain yield, the treatment with the growth regulator Medax TOP proved to be the most effective in the trial. The average grain yield in this treatment was 5.19 t/ha, which is 7.2 % higher than in the control. Under the weather conditions of both years, a significant increase in grain yield was also observed in the treatment option using a mixture of Moddus Star and Retacel 720 retardants. Thus, in 2024 and 2025, grain yield in this option averaged 4.36 and 5.76 t/ha respectively. It was on a par with the option involving the application of the Medax TOP retardant, significantly exceeding the other options. Overall, the highest winter wheat grain yield was observed in the treatment involving the application of 141 kg/ha of urea (N₆₅) during the 22nd–23rd microphase, combined with spraying the crops with the growth regulator Medax TOP during the 31st microphase. In 2024 and 2025, it amounted to 4.27 and 6.27 t/ha respectively, which is 1.16 and 1.58 t/ha higher than in the control treatment. However, it did not differ significantly from the grain yield in the treatment involving the application of 108 kg/ha of urea (N₅₀). Based on this, the best option in the trial was to fertilize the crops with urea at a rate of N₅₀ in combination with spraying the crops with the retardant Medax TOP. The application of growth retardants to crops had virtually no effect on the protein content of the grain. There was only a slight tendency for it to increase when crops were sprayed with the retardants Medax TOP and Moddus Star. Specifically, on average across years and urea fertilization treatments, the protein content in the treatments where these products were applied was 14.0 %, whereas in all other treatments it was 13.9 %. The highest protein yield was observed in the variant where urea was applied at a rate of 141 kg/ha in combination with treatment of the crops with the growth retardant Medax TOP. In 2024 and 2025, it amounted to 0.684 and 0.865 t/ha respectively, which is 38.5 and 40.9 % higher than in the control. At the same time, virtually the same protein yield was observed in the variant where 108 kg/ha of urea was applied. **Conclusions.** The results of two-year studies demonstrated the high effectiveness of spraying crops with retardants during the 31st microphase under all urea fertilization regimes. In terms of grain yield, protein content in the grain and protein yield per hectare of Bogdana winter wheat, the best option in the trial was the treatment of crops with the Medax TOP retardant against a background of urea fertilization during the 22nd–23rd microphase at a dose of 108 kg/ha (N₅₀).

Keywords: winter wheat, grain yield, growth retardants, fertilization regime, growth stages, top dressing, grain quality, protein content

Вступ. Внесення високих доз добрив, насамперед азотних, з метою отримання високих врожаїв зерна пшениці, загострює проблему вилягання рослин. У наслідок цього погіршується фотосинтетична діяльність посівів, що призводить до зниження врожайності та якості

зерна. Крім того, значно ускладнюється процес збирання врожаю, погіршується фіто-санітарний стан посівів. Прямі втрати зерна від вилягання можуть сягати 40 % і більше [1, 2].

Виходячи з цього, актуальним є запровадження заходів спрямованих на запобігання вилягання рослин. У цьому відношенні великі перспективи має застосування регуляторів росту з ретардантним ефектом здатних ефективно вирішувати цю проблему.

Поряд з ефективним вирішенням проблеми вилягання, ретарданти також сприяють прискоренню росту та розвитку рослин, посилюють їх адаптивні властивості до стресових абіотичних і біотичних факторів, забезпечують повніше розкриття створеного природою та зусиллям селекціонерів генетичного потенціалу продуктивності рослин [3].

Таким чином, ретарданти є значним резервом для підвищення врожайності та покращення якості зерна пшениці озимої й інших зернових культур. Саме тому вони потребують подальшого вивчення як для визначення більш ефективних серед них, так і для розробки оптимальних алгоритмів їх застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стабільне отримання високих валових зборів зерна є пріоритетним завданням аграрного сектору переважної більшості країн світу, оскільки зернові культури є основою харчування людства та кормовою базою для тваринництва. Провідне місце серед зернових культур належить пшениці під яку виділяють найбільші посівні площі. Генетичний потенціал зернової продуктивності пшениці дуже високий проте, в умовах виробництва, його розкриття обмежує цілий ряд стресових факторів, у тому числі вилягання рослин спричинене насамперед високими дозами азотних добрив та надмірною вологістю. У цьому відношенні важливого значення набувають ретарданти – клас синтетичних речовин, здатних активно впливати на ріст і розвиток рослин [4–6].

Ретарданти ефективно діють у низьких концентраціях регулюючи фізіологічні та біохімічні процеси, які відбуваються в рослинах. Вони здатні пригнічувати дію природних фітогормонів, а саме – гіберелінів, ауксинів, цитокінінів, абсцизової кислоти [2].

Останнім часом все більшої популярності набувають ретарданти на основі хімічного класу триазолів – метконазол, тебуконазол, уніконазол, флупірамідол, тріадименол, паклобутразол. Доведено, що ці речовини зменшують довжину стебла і одночасно забезпечують потовщення нижніх міжвузлів зменшуючи в такий спосіб загрозу вилягання. Крім того, вони сприяють збільшенню лігніну в стінках стебла, що також знижує небезпеку вилягання рослин. Ці та інші корисні властивості препаратів цієї групи розглядаються як важливі складові екологічно обґрунтованої інтенсифікації технологій вирощування сільськогосподарських культур [7–9].

Крім зменшення висоти рослин, потовщення та укріплення стінок соломини, регулятори росту активізують ріст і розвиток кореневої системи рослин, позитивно впливають на закладання елементів колоса. Як результат, відбувається підвищення рівня врожайності й поліпшення якісних показників зерна [10, 11]. За умови одночасного застосування регуляторів росту з пестицидами, дози останніх можна зменшувати без зниження їх ефективності, що сприяє як зменшенню хімічного тиску на агроценози, так і зменшенню витрат на вирощування [12]. Доведено, що регулятори росту зменшують вихід нестандартної продукції та втрати зерна під час збирання, транспортування і зберігання [13]. Наразі, регулятори росту стають невід'ємною складовою екологічно безпечних ресурсощадних технологій [14, 15].

Встановлено, що застосування ретардантів на основі діючих речовин з хімічного класу триазолів здатне підвищувати врожайність зерна пшениці озимої на 10–20 %. Зокрема, обробка посівів продуктом на основі паклобутразолу зменшувала вилягання рослин на 70–80 % і сприяла підвищенню озерненості колоса. Внесення ретарданту на основі уніконазолу в сполученні з комплексними добривами сприяло збільшенню вмісту білка в зерні на 0,5–1,0 % [16, 17].

Переважає більшість ретардантів представлених зараз на ринку, є інгібіторами біосинтезу гіберелінів. До них насамперед відносяться такі поширені діючі речовини як мелікватхлорид і хлормекватхлорид. Також поширеними є ретарданти на основі хімічного класу ацилциклогександіонів – прогескадіону-Са, тринексапакетилу та дамінозиду, які в кінцевому результаті гальмують утворення високоактивних гіберелінів з неактивних похідних [18–20].

Відмічається, що одна з найпоширеніших діючих речовин антигіберелінової дії – хлормекватхлорид, після проникнення в рослину розпадається на природні екологічно безпечні метаболіти – холін і бетаїн тож, продукти на основі цієї діючої речовини можуть використовуватися в органічних технологіях вирощування [21, 22].

Незважаючи на перспективність використання регуляторів росту при вирощуванні зернових культур, пшениці озимої зокрема, очевидно, що досліджень в цьому напрямку проведено недостатньо. Тим більше, для умов східного Лісостепу України відсутні дані щодо впливу ретардантів з різною активною основою на різних фонах живлення на формування врожайності зерна пшениці озимої.

Доцільність визначення кращих активних основ ретардантів, як і оптимальних алгоритмів їхнього застосування, також зумовлена особливостями морфо-біотипу вирощуваних сортів пшениці озимої, які можуть по різному на них реагувати. Саме тому, доцільною є розробка рекомендацій щодо застосування ретардантів для конкретних груп сортів з близьким морфо-біотипом. До того ж доведена висока

ефективність застосування препаратів цієї групи навіть при вирощуванні стійких до вилягання сортів пшениці озимої, що обумовлено позитивним впливом їхнім впливом на формування вищих елементів продуктивності – колосків у колосі та зерен у колоску [23].

Виходячи з цього, **мета роботи** полягала в порівнянні ефективності сучасних ретардантів з різною активною основою на різних фонах мінерального живлення на врожайність зерна та вміст білка в зерні пшениці озимої в умовах східного Лісостепу України.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в 2024 і 2025 рр. на базі сівозміни кафедри рослинництва, що входить до структури дослідного поля Державного біотехнологічного університету. Ефективність застосування різних ретардантів на різних фонах живлення вивчали на поширеному у виробництві, середньостиглому сорті пшениці озимої інтенсивного типу – Богдана.

Технологія вирощування пшениці озимої за виключенням поставлених на вивчення елементів, була загальноприйнятою для району досліджень. Сівбу проводили після того як температура ґрунту на глибині загортання насіння (4–6 см) опускалася до 16 °С. Насіння висівали рядковим способом сівби з міжряддями 15 см у нормі висіву – 5,0 млн. шт./га. Разом із сівбою вносили комплексне добриво Макростар з розрахунку 150 кг/га (N₁₅P₃₀K₂₀).

Весною, відповідно до програми досліджень, коли рослини пшениці озимої перебували в 22-23-й мікрофазі, розкидним методом вносили карбамід у дозах 75, 108 і 141 кг/га, що рівноцінно внесенню N₃₅, N₅₀ і N₆₅ відповідно. Наприкінці фази кушіння посіви обробляли страховими гербіцидами для контролю однорічних дводольних бур'янів.

Під час перебування рослин у 37-й мікрофазі (фаза прапорцевого листка), проти комплексу грибних хвороб і шкідників посіви обприскували баковим розчином інсектициду Юні КС з фунгіцидом Фенікс Дуо у рекомендованих нормах внесення. До бакового розчину пестицидів, за виключенням контрольного варіанта, додавали карбамід з розрахунку 22 кг/га (N₁₀). Під час перебування рослин у 61–62-й мікрофазах (початок цвітіння), з метою профілактики грибних хвороб, посіви обприскували фунгіцидом Солігор у дозі 1,0 л/га.

Двохфакторний польовий дослід закладали за допомогою метода розщеплених ділянок у трикратному повторенні в один ярус. Ділянками першого порядку були чотири варіанти внесення карбаміду під час перебування рослин у 22–23-й мікрофазі за кодом ВВСН: 1 – контроль; 2 – 75 кг/га (N₃₅); 3 – 108 кг/га (N₅₀); 4 – 141 кг/га (N₆₅). В якості ділянок другого порядку були п'ять варіантів обприскування посівів ретардантами в момент перебування рослин у 31-й мікрофазі: I – контроль (без внесення ретардантів); II – Моддус Стар (0,3 л/га); III – Ретацел 720 (1,5 л/га); IV – Медакс ТОП (0,7 л/га); V – суміш Моддус

Стар (0,2 л/га) + Ретацел 720 (1,0 л/га). Площа посівної ділянки досліду становила 37,5 м², облікової – 30 м², лабораторної – 7,5 м².

За температурою повітря, кількістю опадів і їхнім розподілом погодні умови у 2024 і 2025 рр., помітно відрізнялися від показників кліматичної норми. Весняно-літній період росту та розвитку рослин пшениці озимої у 2024 р. відбувався у вкрай важких погодних умовах. Так, з кінця квітня до збирання врожаю не випало ні одного дощу. Посуха супроводжувалася високими температурами під час другої половини червня і двох перших декад липня, що ще більше ускладнювало ріст і розвиток рослин. Погодні умови 2025 р., як за температурним режимом, так і за кількістю опадів і їх розподілом були більш сприятливими для росту та розвитку рослин пшениці озимої.

Досить різні погодні умови в роки досліджень дали можливість повніше оцінити вплив застосування досліджуваних ретардантів на різних фонах внесення карбаміду на врожайність зерна, вміст білка в зерні та збір білка з 1 га посівів пшениці озимої сорту Богдана.

Закладання досліду, обліки та вимірювання проводили за загальноприйнятими методиками [24]. Статистичну обробку отриманих результатів урожайності зерна виконували в програмному пакеті Microsoft Excel на базі загальноприйнятих методик [25].

Результати досліджень та їх обговорення. Обидва досліджувані фактори істотно впливали на врожайність зерна пшениці озимої при цьому більших змін вона зазнавала за впливу досліджуваних варіантів підживлень посівів карбамідом. На нашу думку це закономірно, адже внесення високих доз азоту в період утворення бічних стебел і початку закладання колосків у колосі, формує основу для врожайності зерна, тоді як регулятори росту, за рахунок модифікацій ростових процесів, тільки перенаправляють «зеконормлені» поживні елементи, у тому числі азот, в генеративні органи, тобто забезпечують більш раціональне використання внесених добрив. Це відбувається за рахунок скорочення міжвузлів стебел, як результат, – потрібно менше «будівельного» матеріалу для вегетативної маси, яка використовується для росту складових колоса. Цю особливість відмічають інші дослідники [9, 12].

За рахунок внесення різних доз азоту врожайність зерна пшениці озимої, в середньому за роками та варіантами обприскування посівів регуляторами росту, вдалося підвищити від 4,29 т/га – на контролі до 5,34 т/га – у варіанті внесення 141 кг/га карбаміду (N₆₅). Приріст урожайності зерна становив 1,05 т/га або майже 25,0% (табл. 1).

Разом з тим, урожайність зерна в цьому варіанті не істотно не відрізнялася від урожайності у варіанті з меншою дозою внесення карбаміду – 108 кг/га (N₅₀). Різниця за врожайністю зерна між цими варіантами становила лише 0,05 т/га або менше 1,0%.

За проведеним статистичним аналізом з використанням рангового критерію Дункана, в погодних умовах 2024 і 2025 рр. урожайність зерна пшениці озимої на цих варіантах істотно не відрізнялася і при цьому, істотно перевищувала всі інші варіанти.

Таблиця 1. Урожайність зерна пшениці озимої сорту Богдана за впливу ретардантів тна різних фонах внесення азоту, т/га

| Ретардант (фактор B) | Доза внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази за шкалою ВВСН (фактор A) | | | | Середнє |
|---|--|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | N ₀ (контроль) | N ₃₅ | N ₅₀ | N ₆₅ | |
| 2024 рік | | | | | |
| Контроль | 3,56 ^I | 4,22 ^I | 4,36 ^I | 4,42 ^I | 4,14 ^I |
| Моддус Стар | 3,72 ^I | 4,34 ^I | 4,49 ^I | 4,67 ^{II} | 4,31 ^{II} |
| Ретацел 720 | 3,61 ^I | 4,39 ^I | 4,52 ^I | 4,57 ^I | 4,27 ^I |
| Медакс ТОП | 3,86 ^{II} | 4,56 ^{II} | 4,61 ^{II} | 4,72 ^{II} | 4,44 ^{II} |
| Моддус + Ретацел | 3,80 ^{II} | 4,43 ^{II} | 4,56 ^{II} | 4,64 ^{II} | 4,36 ^{II} |
| Середнє | 3,71 ^I | 4,39 ^{II} | 4,51 ^{III} | 4,60 ^{III} | 4,30 |
| НІР ₀₅ головного ефекту A – 0,14; НІР ₀₅ головного ефекту B – 0,16; НІР ₀₅ часткових порівнянь A – 0,16; НІР ₀₅ часткових порівнянь B – 0,18 | | | | | |
| 2025 рік | | | | | |
| Контроль | 4,69 ^I | 5,71 ^I | 5,83 ^I | 5,92 ^I | 5,54 ^I |
| Моддус Стар | 4,81 ^I | 5,92 ^I | 6,07 ^{II} | 6,05 ^I | 5,71 ^I |
| Ретацел 720 | 4,88 ^I | 5,84 ^I | 6,02 ^I | 5,94 ^I | 5,67 ^I |
| Медакс ТОП | 5,07 ^{II} | 6,13 ^{II} | 6,26 ^{II} | 6,27 ^{II} | 5,93 ^{II} |
| Моддус + Ретацел | 4,83 ^I | 5,90 ^I | 6,13 ^{II} | 6,16 ^{II} | 5,76 ^{II} |
| Середнє | 4,86 ^I | 5,90 ^{II} | 6,06 ^{III} | 6,07 ^{III} | 5,72 |
| НІР ₀₅ головного ефекту A – 0,18; НІР ₀₅ головного ефекту B – 0,18; НІР ₀₅ часткових порівнянь A – 0,21; НІР ₀₅ часткових порівнянь B – 0,22 | | | | | |
| Середнє за роками | | | | | |
| Контроль | 4,13 | 4,97 | 5,10 | 5,17 | 4,84 |
| Моддус Стар | 4,27 | 5,13 | 5,28 | 5,36 | 5,01 |
| Ретацел 720 | 4,25 | 5,12 | 5,27 | 5,26 | 4,98 |
| Медакс ТОП | 4,47 | 5,35 | 5,44 | 5,50 | 5,19 |
| Моддус + Ретацел | 4,32 | 5,17 | 5,35 | 5,40 | 5,06 |
| Середнє | 4,29 | 5,15 | 5,29 | 5,34 | 5,02 |

Примітка: * – рангові групи показників на основі проведеного статистичного аналізу з використанням критерію Дункана: I – перша; II – друга; III – третя. Темний кольором виділено групи головних ефектів досліджуваних факторів.

Внесення 75 кг/га карбаміду (N₃₅), у середньому за варіантами обробки посівів ретардантами, забезпечувало підвищення врожайності зерна пшениці озимої порівняно з контролем на 0,68 т/га (18,3 %) – у

2024 р. і на 1,04 т/га (22,2 %) – у 2025 р. Урожайність зерна у цьому варіанті істотно перевищувала контроль і дещо поступалася варіантам із вищою дозою внесення азоту при цьому, різниця між показниками була не високою. Зокрема, у 2024 і 2025 рр., за умови підвищення дози карбаміду від 75 (N₃₅) до 141 кг/га (N₆₅), урожайність зерна пшениці озимої в середньому за варіантами внесення ретардантів, зростала лише на 0,21 т/га (4,7 %) і 0,17 т/га (2,9 %) відповідно.

З точки зору впливу на врожайність зерна, кращим виявився двохкомпонентний ретардант – Медакс ТОП. У середньому за роками та варіантами внесення карбаміду, врожайність зерна пшениці озимої у варіанті обробки посівів цим продуктом становила 5,19 т/га, що на 0,35 т/га, або на 7,2 % вище, ніж на контролі.

Істотна перевага цього ретарданту відмічена в погодних умовах обох років. Зокрема, у 2024 і 2025 рр., урожайність зерна пшениці озимої у цьому варіанті становила 4,44 і 5,93 т/га відповідно, що на 0,30 і 0,39 т/га (7,2 і 7,0 %) вище, ніж на контролі цього фактора.

В погодних умовах обох років істотне підвищення врожайності зерна також відмічено у варіанті обробки посівів сумішшю ретардантів Моддус Стар і Ретацел 720. Так, у 2024 і 2025 рр. урожайність зерна у цьому варіанті в середньому становила 4,36 і 5,76 т/га відповідно, що на 0,22 т/га вище, ніж на контролі. За проведеним статистичним аналізом з використанням критерію Дункана, у цьому варіанті вона була на одному рівні з варіантом внесення ретарданту Медакс ТОП, істотно перевищуючи показники на інших варіантах.

Обприскування посівів пшениці регулятором росту Ретацел 720 не забезпечувало істотного підвищення врожайності зерна ні в 2024 р., ні в 2025 р. Мала місце лише тенденція до її підвищення. Істотне підвищення врожайності зерна порівняно з контролем у варіанті обприскування посівів ретардантом Моддус Стар відмічено тільки в 2024 р. Приріст показника порівняно з контролем становив 0,17 т/га, за НР₀₅ часткових порівнянь цього фактора – 0,16 т/га.

У цілому по досліді, найвища врожайність зерна пшениці озимої формувалася у варіанті внесення під час 22–23-ї мікрофази 141 кг/га карбаміду (N₆₅) у сполученні з обприскуванням посівів ретардантом Медакс ТОП під час 31-ї мікрофази за шкалою ВВСН. У цьому варіанті, врожайність зерна в 2024 і 2025 рр. становила 4,27 і 6,27 т/га відповідно, що на 1,16 і 1,58 т/га вище, ніж на контролі обох факторів. Разом з тим, вона істотно не відрізнялася від урожайності зерна у варіанті внесення 108 кг/га карбаміду (N₅₀). Саме тому, з точки зору врожайності зерна, кращим в досліді був варіант проведення підживлення посівів карбамідом з розрахунку 108 кг/га (N₅₀) у сполученні з обприскуванням посівів регулятором росту Медакс ТОП.

Поряд з урожайністю, важливе значення має якість продукції. У випадку пшениці це звісно є вміст білка у зерні. Цей показник вносить певні корективи у вартість зерна, а отже, – може як посилювати, так і навпаки, – знижувати ефективність застосовуваних варіантів. Виходячи з цього, а також беручи до уваги можливий вплив підживлень і обприскування посівів ретардантами на вміст білка, нами було визначено як вміст білка в зерні, так і збір білка з 1 га.

Вміст білка в зерні пшениці озимої більших змін зазнавав за впливу досліджуваних варіантів підживлень посівів карбамідом. В погодних умовах обох років відмічалася тенденція підвищення вмісту білка в зерні за умови збільшення дози внесення карбаміду. Так, у середньому за іншими факторами, вміст білка на варіантах внесення N₃₅ і N₅₀ і N₆₅ становив 14,0, 14,1 і 14,1 %, тоді як на контролі – 13,6 % (табл. 2). Отже, у відносних показниках вміст білка в зерні зростав більш, ніж на 3,0 %. Позитивний ефект внесення азоту під час кушіння на вміст білка в зерні відмічають також інші дослідники [15, 18].

Таблиця 2. Вміст білка в зерні пшениці озимої сорту Богдана за впливу ретардантів на різних фонах внесення азоту, %

| Ретардант (фактор B) | Доза внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази за шкалою ВВСН (фактор A) | | | | Середнє |
|--------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| | N ₀ (контроль) | N ₃₅ | N ₅₀ | N ₆₅ | |
| 2024 рік | | | | | |
| Контроль | 13,9 | 14,3 | 14,3 | 14,2 | 14,2 |
| Моддус Стар | 13,9 | 14,5 | 14,6 | 14,5 | 14,4 |
| Ретацел 720 | 14,1 | 14,3 | 14,3 | 14,2 | 14,2 |
| Медакс ТОП | 14,0 | 14,5 | 14,4 | 14,5 | 14,4 |
| Моддус + Ретацел | 14,0 | 14,4 | 14,4 | 14,3 | 14,3 |
| Середнє | 14,0 | 14,4 | 14,4 | 14,3 | 14,3 |
| 2025 рік | | | | | |
| Контроль | 13,1 | 13,4 | 13,7 | 13,7 | 13,5 |
| Моддус Стар | 13,0 | 13,6 | 13,8 | 13,7 | 13,5 |
| Ретацел 720 | 13,1 | 13,4 | 13,6 | 13,8 | 13,5 |
| Медакс ТОП | 13,3 | 13,5 | 13,8 | 13,8 | 13,6 |
| Моддус + Ретацел | 13,1 | 13,4 | 13,7 | 13,7 | 13,5 |
| Середнє | 13,1 | 13,5 | 13,7 | 13,7 | 13,5 |
| Середнє за роками | | | | | |
| Контроль | 13,5 | 13,9 | 14,0 | 14,0 | 13,9 |
| Моддус Стар | 13,5 | 14,1 | 14,2 | 14,1 | 14,0 |
| Ретацел 720 | 13,6 | 13,9 | 14,0 | 14,0 | 13,9 |
| Медакс ТОП | 13,7 | 14,0 | 14,1 | 14,2 | 14,0 |
| Моддус + Ретацел | 13,6 | 13,9 | 14,1 | 14,0 | 13,9 |
| Середнє | 13,6 | 14,0 | 14,1 | 14,1 | 13,9 |

Очевидного впливу обробки посівів ретардантами на вміст білка в насінні не встановлено. Мала місце лише слабка тенденція до його

підвищення у разі обприскування посівів ретардантами Медакс ТОП і Моддус Стар. Зокрема, у середньому за роками та варіантами підживлень карбамідом, вміст білка на варіантах внесення цих продуктів становив 14,0 %, тоді як на всіх інших варіантах – 13,9 %.

Оскільки підживлення посівів карбамідом забезпечували як підвищення врожайності зерна, так і збільшення вмісту білка в зерні, їхній вплив більшою мірою відмічався на показниках збору білка з 1 га. Так, якщо врожайність зерна і вміст білка в зерні за впливу підживлень карбамідом максимально зростали на 24,5 і 3,7 % відповідно, то збір білка з 1 га – на 29,0 %. Найвищим він був у варіанті внесення найбільшої дози карбаміду – 141 кг/га (N₆₅) – 0,747 т/га, тоді як на контролі – 0,579 т/га (табл. 3). При цьому, фактично такий самий збір білка був у варіанті з внесенням 108 кг/га карбаміду – 0,741 т/га. Різниця між цими варіантами була в межах 1,0 %.

Таблиця 3. Збір білка з 1 га посівів пшениці озимої сорту Богдана за впливу ретардантів на різних фонах внесення азоту, т

| Ретардант (фактор B) | Доза внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази за шкалою ВВСН (фактор A) | | | | Середнє |
|--------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | N ₀ (контроль) | N ₃₅ | N ₅₀ | N ₆₅ | |
| 2024 рік | | | | | |
| Контроль | 0,494 | 0,603 | 0,623 | 0,628 | 0,587 |
| Моддус Стар | 0,517 | 0,629 | 0,656 | 0,677 | 0,620 |
| Ретацел 720 | 0,509 | 0,628 | 0,646 | 0,649 | 0,608 |
| Медакс ТОП | 0,540 | 0,661 | 0,664 | 0,684 | 0,637 |
| Моддус + Ретацел | 0,532 | 0,638 | 0,657 | 0,664 | 0,623 |
| Середнє | 0,520 | 0,632 | 0,649 | 0,660 | 0,615 |
| 2025 рік | | | | | |
| Контроль | 0,614 | 0,765 | 0,799 | 0,811 | 0,747 |
| Моддус Стар | 0,625 | 0,805 | 0,838 | 0,829 | 0,774 |
| Ретацел 720 | 0,639 | 0,783 | 0,819 | 0,820 | 0,765 |
| Медакс ТОП | 0,674 | 0,828 | 0,864 | 0,865 | 0,808 |
| Моддус + Ретацел | 0,633 | 0,791 | 0,840 | 0,844 | 0,777 |
| Середнє | 0,637 | 0,794 | 0,832 | 0,834 | 0,774 |
| Середнє за роками | | | | | |
| Контроль | 0,554 | 0,684 | 0,711 | 0,720 | 0,667 |
| Моддус Стар | 0,571 | 0,717 | 0,747 | 0,753 | 0,697 |
| Ретацел 720 | 0,574 | 0,706 | 0,733 | 0,735 | 0,687 |
| Медакс ТОП | 0,607 | 0,745 | 0,764 | 0,775 | 0,723 |
| Моддус + Ретацел | 0,583 | 0,715 | 0,749 | 0,754 | 0,700 |
| Середнє | 0,579 | 0,713 | 0,741 | 0,747 | 0,695 |

Також значний збір білка з 1 га був у варіанті внесення 75 кг/га карбаміду (N₃₅). У середньому за іншими факторами в цьому варіанті він склав 0,713 т/га, що на 0,134 т/га, або більш ніж на 23,0 % вище порівняно з контролем і лише на 0,041 т/га, або на 4,7 % менше порівняно з варіантом де вносили 141 кг/га карбаміду.

Вплив обробок посівів пшениці ретардантами на збір білка з 1 га був значно нижчий, при цьому він був фактично аналогічний впливу на врожайність зерна, оскільки їх вплив на вміст білка в зерні був мінімальний. Найвищий збір білка з 1 га був у варіанті обробки посівів пшениці ретардантом Медакс ТОП. У середньому за іншими факторами він становив 0,723 т/га, що на 8,2 % вище, ніж на контролі. Інші продукти також забезпечували вищий збір білка з 1 га, однак за цим показником вони поступалися ретарданту Медакс ТОП.

У цілому по досліді, найвищий збір білка був у варіанті внесення карбаміду в дозі 141 кг/га у сполученні з обробкою посівів ретардантом Медакс ТОП. У 2024 і 2025 рр. збір білка в цьому варіанті становив 0,684 і 0,865 т/га відповідно, що на 38,5 і 40,9 % вище, ніж на контролі. Водночас, збір білка у варіанті внесення 108 кг/га карбаміду був фактично такий же, як і у варіанті з внесенням 141 кг/га азоту. У 2025 р. на цих варіантах він взагалі, був однаковий – 0,864 і 0,865 т/га.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено певні закономірності впливу досліджуваних варіантів підживлень посівів карбамідом та їх обробок ретардантами на врожайність зерна, вміст білка в зерні та збір білка з 1 га посівів пшениці озимої сорту Богдана в роки з контрастними погодними умовами, а саме:

– з точки зору впливу на врожайність зерна, кращим у досліді був варіант обприскування посівів ретардантом Медакс ТОП на фоні внесення 108 кг/га карбаміду (N₅₀) під час 22–23-ї мікрофази за міжнародною шкалою ВВСН. У середньому за два роки досліджень, врожайність зерна пшениці в цьому варіанті становила 5,44 т/га, що на 1,31 т/га, або на 31,7 % вище, ніж на контролі. Підвищення дози внесення карбаміду до 141 кг/га не мало істотної переваги порівняно з варіантом внесення 108 кг/га цього добрива. Врожайність зерна при цьому підвищувалася лише на 1,1 %. Істотної різниці за рівнем урожайності зерна між цими варіантами не було ні в 2024, ні в 2025 р.;

– в умовах обох років відмічалось підвищення вмісту білка в зерні за умови збільшення дози внесення карбаміду. Так, у середньому за роками та регуляторами росту, вміст білка на варіантах внесення N₃₅, N₅₀ і N₆₅ становив 14,0, 14,1 і 14,1 %, тоді як на контролі – 13,6 %;

– істотного впливу обробки посівів ретардантами на вміст білка в зерні не встановлено. Мала місце лише слабка тенденція підвищення вмісту білка в зерні у разі обприскування посівів продуктами Медакс ТОП і Моддус Стар. У середньому за роками та варіантами внесення

карбаміду, вміст білка на варіантах внесення цих продуктів становив 14,0 %, тоді як на всіх інших варіантах – 13,9 %;

– збір білка найвищим був у варіанті внесення 141 кг/га карбаміду у сполученні з обробкою посівів ретардантом Медакс ТОП. У 2024 і 2025 рр. збір білка в цьому варіанті становив 0,684 і 0,865 т/га відповідно, що на 0,190 і 0,251 т/га, або на 38,5 і 40,9 % вище, ніж на контролі. Водночас, збір білка у варіанті внесення 108 кг/га карбаміду був фактично такий же, як і у варіанті внесення 141 кг/га. У 2025 р. на цих варіантах він взагалі, був однаковий – 0,864 і 0,865 т/га.

Список використаних джерел

1. Каленська С.М., Токар Б.Ю., Ташева Ю.В. Управління стійкістю рослин зернових культур до вилягання. *Науковий вісник НУБІП. Серія Агронія*. 2015. № 210. Ч. 1. С. 22–30.

2. Когут І.М., Щетнікова Л.А., Валентюк Н.О. Регулятори росту як фактор впливу на продуктивність ячменю озимого в умовах Південного Степу. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 119. С. 40–48. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.6>

3. Каращук Г.В., Поліщук О.В. Урожай і якість зерна сортів пшениці озимої залежно від регуляторів росту рослин під час зрошення на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 105. С. 90–94.

4. Elkoussy A.H.A.E.-R.H., Ibrahim M.E., Ali A.A., Hussein A.M.S., Samak A.A. Effect of surface irrigation systems and growth stimulants on water use efficiency and wheat yield and quality. *Menoufia Journal of Plant Production*. 2023. № 8(10). P. 209–210. <https://doi.org/10.21608/mjppf.2023.327060>

5. Tajdari H.R., Soleymani A., Montajabi N., Naderi Darbaghshahi M.R., Javanmard H.R. The effect of foliar application of plant growth regulators on functional and qualitative characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity and drought stress conditions. *Applied Water Science*. 2024. № 14(126). <https://doi.org/10.1007/s13201-024-02203-5>

6. Roostaei M., Jalal Kamali, M.R., Roohi, E., Mohammadi R. Evaluation of Sardari bread wheat ecotypes under the rainfed cold conditions of Iran. *The Journal of Agricultural Science*. 2018. № 156(4). P. 504–514.

7. Khalil R., Tajti J., Hamow K.Á., Gondor K.O., Darko E., Elsayed N., Nagy Z., Szalai G., Janda T. How does moderate drought affect quantum yield and the regulation of sugar metabolism at low temperature in durum wheat (*Triticum durum* L.)? *Photosynthetica*. 2021. № 59(2), P. 313–326. <https://doi.org/10.32615/ps.2021.030>

8. Wang Z., Li D., Liu A., Qiao J. Regulation of source–sink relations and grain filling in wheat by paclobutrazol. *Agronomy Journal*. 2022. № 114(2). P. 1231–1244.

9. Barányiová I., Klem K. Effect of application of growth regulators on the physiological and yield parameters of winter wheat under water deficit. *Plant Soil Environment*. 2016. Vol. 62, № 3. P. 114–120. <https://doi.org/10.17221/778/2015-PSE>

10. Bingham I.J., McCabe V.B. (2006): Commercially available plant growth regulators and promoters modify bulk tissue abscisic acid concentrations in spring barley, but not root growth and yield response to drought. *Annals of Applied Biology*, 2006. № 149. P. 291–304.

11. Berdugo C.A., Steiner U., Dehne H.W., Oerke E.C. Effect of bixafen on senescence and yield formation of wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2012. Vol. 104, Issue 3. P. 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.07.010>

12. Anderson N.P., Monks D.P., Chastain T.G. Trinexapac-ethyl effects on red clover seed crops in diverse production environments. *Agronomy Journal*. 2020. Vol. 107. Issue 3. P. 951–956. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0399>

13. Кожухар Т.В., Кохан С.С., Кириченко О.В. Вплив біологічних препаратів на посівні властивості насіння озимої пшениці за різних режимів зберігання. *Науковий вісник НАУ*. 2007. № 105. С. 99–105.

14. Любич В.В. Формування продуктивності пшениці м'якої озимої залежно від застосування регуляторів росту. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10. № 1. <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.264385>

15. Spolidorio F., Lollato R. Plant growth regulators to decrease wheat height in high fertility scenarios. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*. 2019. Vol. 5, Issue 6. P. 152–163. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.7789>

16. Obaid A.R., Alrubaiee S.H.A., Al-Abody M.A.K. Response of wheat crop to foliar application of growth regulator paclobutrazol. *SABRAO Journal Breeding Genetics*. 2025. № 57(1). P. 270–276. <http://doi.org/10.54910/sabrao2025.57.1.26>

17. Nazarenko M., Khoroshun I. Estimation of effectivity of new growth regulators on winter wheat productivity and quality. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2025, 16 (4), e25190. <http://doi.org/10.15421/0225190>

18. Моргун В.В., Санін Є.В., Швартау В.В. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та оптимальні системи живлення й захисту озимої пшениці. Київ: Логос, 2015. 148 с.

19. Маковейчук Т.І., Михальська Л.М., Швартау В.В. Вплив ретардантів – похідних циклагексадіонів на продуктивність пшениці озимої. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. Т. 50. № 6. С. 499–507. <https://doi.org/10.15407/frg2018.06.499> УДК 633.1:631.811.982

20. Zagonel J., Fernandes E.C. Rates and application times of growth reducer affecting wheat cultivars at two nitrogen rates. *Planta Daninha*. 2007. Vol. 25. № 2. P. 331–339.

21. Ярчук І.І., Позняк В.В., Кобос І.О. Ефективність застосування ретарданту хлормекват-хлорид в посівах пшениці озимої залежно від густоти стояння рослин. *Зернові культури*. 2017. Том. 1. №2. С. 306–312.

22. Ходаніцький В., Ходаніцька О. Застосування ретардантів у посівах зернових культур. *Пропозиція*. <http://propozitsiya.com/ua/zastosuvannyaretardantiv-u-posivah-zernovih-kultur>, (дата звернення – 5.04.2026)

23. Позняк В.В. Ефективність застосування регулятора росту «Хлормекват-хлорид» у посівах пшениці озимої залежно від рівня удобрення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 2. С. 177–182. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.02.30>

24. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вид. 2-ге, виправлене і доповнене. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К». 2014. 332 с.

25. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М. й ін. Дослідна справа в агрономії: у 2 книгах. Кн. перша: Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків: Майдан. 2016. 316 с.

REFERENCES

1. Kalenska, S.M., Tokar, B.Yu., & Tasheva, Yu.V. (2015). Managing the lodging resistance of cereal crops. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Agronomy Series*. 210 (1), 22–30.

2. Kogut, I.M., Shchetnikova, L.A., & Valentyuk, N.O. (2021). Growth regulators as a factor influencing the productivity of winter barley in the Southern Steppe. *Tavriya Scientific Bulletin*, 119, 40–48. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.6>

3. Karashchuk, G.V., & Polishchuk, O.V. (2019). Yield and grain quality of winter wheat varieties depending on plant growth regulators during irrigation in southern Ukraine. *Tavriya Scientific Bulletin*. 2019, 105. 90–94.

4. Elkoussy, A.H.A.E.-R.H., Ibrahim, M.E., Ali A.A., Hussein, A.M.S., & Samak, A.A. (2023). Effect of surface irrigation systems and growth stimulants on water use efficiency and wheat yield and quality. *Menoufia Journal of Plant Production*, 8(10), 209–210. <https://doi.org/10.21608/mjppf.2023.327060>

5. Tajdari, H.R., Soleymani, A., Montajabi, N., Naderi Darbaghshahi, M.R., & Javanmard, H.R. (2024). The effect of foliar application of plant growth regulators on functional and qualitative characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity and drought stress conditions. *Applied Water Science*, 14(126). <https://doi.org/10.1007/s13201-024-02203-5>

6. Roostaei, M., Jalal Kamali, M.R., Roohi, E., & Mohammadi, R. (2018). Evaluation of Sardari bread wheat ecotypes under the rainfed cold conditions of Iran. *The Journal of Agricultural Science*, 156(4), 504–514.

7. Khalil, R., Tajti, J., Hamow, K.Á., Gondor, K.O., Darko, E., Elsayed, N., Nagy, Z., Szalai, G., & Janda, T. (2021). How does moderate drought affect quantum yield and the regulation of sugar metabolism at low temperature in durum wheat (*Triticum durum L.*)? *Photosynthetica*, 59(2), 313–326. <https://doi.org/10.32615/ps.2021.030>

8. Wang, Z., Li, D., Liu, A., & Qiao, J. (2022). Regulation of source–sink relations and grain filling in wheat by paclobutrazol. *Agronomy Journal*, 114(2), 1231–1244.

9. Barányiová, I., & Klem, K. (2016). Effect of application of growth regulators on the physiological and yield parameters of winter wheat under water deficit. *Plant Soil Environment*, 62(3), 114–120. <https://doi.org/10.17221/778/2015-PSE>

10. Bingham, I.J., & McCabe, V.B. (2006). Commercially available plant growth regulators and promoters modify bulk tissue abscisic acid concentrations in spring barley, but not root growth and yield response to drought. *Annals of Applied Biology*, 149, 291–304.

11. Berdugo, C.A., Steiner, U., Dehne, H.W., & Oerke, E.C. (2012). Effect of bixafen on senescence and yield formation of wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 104, 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.07.010>

12. Anderson, N.P., Monks, D.P., & Chastain, T.G. (2020). Trinexapac-ethyl effects on red clover seed crops in diverse production environments. *Agronomy Journal*, 107, 3, 951–956. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0399>

13. Kozhukhar, T.V., Kokhan, S.S., & Kirichenko, O.V. (2007). The effect of biological preparations on the germination properties of winter wheat seeds under various storage conditions. *Scientific Bulletin of the National Agrarian University*, 105, 99–105.

14. Lyubich, V.V. (2022). The influence of growth regulators on the yield of soft winter wheat. *Modern Agricultural Technologies*, 10 (1), <https://doi.ORG/10.47414/na.10.1.2022.264385>

15. Spolidorio, F., & Lollato, R. (2019). Plant growth regulators to decrease wheat height in high fertility scenarios. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 5 (6), 152–163. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.7789>

16. Obaid, A.R., Alrubaiee, S.H.A., & Al-Abody, M.A.K. (2025). Response of wheat crop to foliar application of growth regulator paclobutrazol. *SABRAO Journal Breeding Genetics*, 57(1), 270–276. <http://doi.org/10.54910/sabrao2025.57.1.26>

17. Nazarenko, M., & Khoroshun, I. (2025). Estimation of effectivity of new growth regulators on winter wheat productivity and quality.

Regulatory Mechanisms in Biosystems, 2025, 16 (4), e25190.
<http://doi.org/10.15421/0225190>

18. Morgun, V.V., Sanin, E.V., & Shvartau, V.V. (2015). The 100-Centner Club: Modern varieties and optimal fertilization and protection systems for winter wheat. Kyiv: Logos, 148 p.

19. Makoveychuk, T.I., Mykhalska, L.M., & Shvartau, V.V. (2018). The effect of retardants – cyclohexadione derivatives – on the productivity of winter wheat. *Plant Physiology and Genetics*, 50 (6), 499–507.
<https://doi.org/10.15407/frg2018.06.499> УДК 633.1:631.811.982

20. Zagonel, J., & Fernandes, E.C. (2007). Rates and application times of growth reducer affecting wheat cultivars at two nitrogen rates. *Planta Daninha*, 25, 331–339.

21. Yarchuk, I.I., Poznyak, & V.V., Kobos, I.O. (2017). Effectiveness of the growth regulator chlormequat chloride in winter wheat crops depending on plant density. *Grain Crops*. 2017, 1(2), 306–312.

22. Khodanitsky, V., & Khodanitskaya, O. The Use of Growth Regulators in Cereal Crops. *Proposal*.
<http://propozitsiya.com/ua/zastosuvannyaretardantiv-u-posivah-zernovih-kultur>, (accessed April 5, 2026)

23. Poznyak, V.V. (2018). Effectiveness of the growth regulator “Chlormequat Chloride” in winter wheat crops depending on the level of fertilization. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 177–182.
<https://doi.org/10.31210/visnyk2018.02.30>

24. Yeschenko, V.O., Kopytko, P.G., Kostogryz, P.V., & Opryshko, V.P. (2014). Basics of scientific research in agronomy: a textbook. Edition 2nd, corrected and supplemented. Vinnytsia. PE «TD Edelweiss and K», 332.

25. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M. and other (2016). Research case in agronomy: educational manual: in 2 books. – Book 1. Theoretical aspect of the research case. Kharkiv: Maidan, 316.

Отримано: 10.04.2026. Прийнято: 23.04.2026. Опубліковано: 22.05.2026.