

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ЩЕЧЕНКО РУСЛАН СЕРГІЙОВИЧ

УДК 633.11+633.14:631.527:581.16


ДИСЕРТАЦІЯ

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА
ТРИТИКАЛЕ РІЗНОГО ТИПУ РОЗВИТКУ ЗАЛЕЖНО ВІД АЗОТНОГО
ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

галузь 20 Аграрні науки та продовольство
спеціальність 201 Агрономія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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


_____ Р.С. Щеченко

Науковий керівник: Щипак Геннадій Васильович, доктор
сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

Щеченко Р. С. Особливості формування продуктивності та якості зерна тритикале різного типу розвитку залежно від азотного живлення в умовах східного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство за спеціальністю 201 Агрономія – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, Харків, 2026.

Актуальність. Сорти тритикале селекції Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва здатні зайняти більш вагому частку зернового виробництва України. Посівні площі цих сортів розповсюджені у всіх природно-кліматичних зонах та вирощуються з використанням різних агротехнологій, залежно від економічних можливостей виробництва, напряму використання та екологічних вимог до продукції. Для оптимізації використання сортових ресурсів актуальним є вивчення морфо-біологічних особливостей та закономірностей формування цінних господарських ознак тритикале під впливом умов середовища та особливостей технології вирощування, зокрема азотного живлення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження були проведені в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН впродовж 2022–2025 рр. згідно з ПНД 13 «Зернові, круп'яні, зернобобові культури» по завданню 13.00.04.01 Ф «Дослідження основи біохімічного та молекулярно-генетичного поліморфізму тритикале при створенні сортів різного типу розвитку з високими адаптивними, урожайними, хлібопекарськими і кормовими властивостями», номер державної реєстрації 0121U100549.

Мета та завдання досліджень. Метою роботи було вивчення особливостей формування морфо-біологічних, господарсько-цінних ознак та адаптивних

властивостей сортів тритикале озимого залежно від умов навколишнього середовища та азотного живлення.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

- виявити особливості мінливості кількісних ознак у сортів тритикале залежно від умов року та доз азотного живлення;
- визначити рівень урожайності та адаптивних властивостей сортів тритикале у різних умовах вирощування;
- дослідити рівень прояву та особливості формування ознак якості зерна та борошна у сортів тритикале залежно від азотного живлення;
- виявити взаємозв'язки між цінними господарськими ознаками у сортів тритикале;
- оцінити економічну ефективність вирощування сортів тритикале за різних схем азотного живлення.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше визначено особливості формування морфо-біологічних, господарсько-цінних ознак та адаптивні властивості сучасних сортів тритикале Єлань, Златоуст, Трифон, Букет та Леонтій залежно від умов навколишнього середовища та азотного живлення. Розширено та доповнено дані щодо встановлення цих особливостей у сортів Раритет, Ратне, Тимофій та ліній ХАД 45 та ХАД 650. Дістали подальшого розвитку наукові положення щодо елементів технології вирощування тритикале, зокрема вперше визначено ефективність використання лише азоту. Це дозволило встановити закономірності реалізації потенціалу сортів залежно від умов середовища та азотного живлення. Поглиблено знання про взаємозв'язки між ознаками, які обумовлюють урожайність та якість зерна.

Практичне значення одержаних результатів полягає в оптимізації зонального поширення сортів тритикале, враховуючи їх сортотип, напрям використання, адаптивність та пластичність до певних умов середовища та реакції на азотне живлення для більш економічного та екологічного виробництва, а також зменшення ризиків недобору врожаю. Виявлені

закономірності мінливості окремих кількісних ознак та кореляційні зв'язки між ними можуть бути використані в селекційних програмах при створенні нових високоадаптивних, врожайних ліній та сортів тритикале.

Апробація результатів досліджень. Результати досліджень було висвітлено та обговорено на Міжнародній науково-практичній інтернет конференції «Сучасні технології в рослинництві», присвяченій 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого-рослиника Рожественського Бориса Миколайовича. (Харків, 2024 р.). Результати обговорювалися на засіданнях вченої ради Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН у 2023–2025 рр. За результатами досліджень опубліковано п'ять наукових праць, з яких три статті у фахових наукових виданнях України категорії Б, дві тези доповідей на міжнародних конференціях.

Основні результати досліджень. Наведено теоретичне узагальнення та вирішення нового наукового завдання – визначення особливостей формування морфо-біологічних, господарсько-цінних ознак та адаптивності сортів тритикале залежно від умов навколишнього середовища та азотного живлення.

Визначено рівні прояву та мінливість кількісних ознак структури врожаю під впливом погодних умов та азотного живлення. Мінливість ознаки довжина колосу переважно визначається генотипом сорту. Довший колос мають сорти Трифон – у середньому 11,1 см, при внесенні N_{180} довжина колосу досягала 11,8 см; дворучка Єлань – у середньому 11,8 см, підвищення було досягнуто при дозі N_{90} (12,5 см) та Ратне – у середньому 11,2 см, при дозі N_{90} –11,9 см. Вищу масу зерна з колосу формували сорти Трифон (2,73 г), Тимофій (2,51 г) та Букет (2,38 г). Умови року мають найбільший вплив на загальну мінливість ознаки маса зерна з колосу (37 %). На мінливість урожайності мали істотний вплив усі досліджувані фактори: генотип, умови навколишнього середовища, доза азоту, а також взаємодія цих факторів. Найбільший вплив мали умови середовища (63 %) та генотип (11 %), взаємодія генотип/середовище та взаємодія усіх трьох факторів (8 %).

Встановлено, що зразки ХАД 650, Златоуст та Тимофій мають високу загальну адаптивну здатність. Вони формували вищу врожайність у середньому по досліді (відповідно 5,79 т/га, 5,71 т/га та 5,45 т/га). Найбільш стабільними за формуванням урожайності в різних умовах вирощування та азотного живлення за варіансою специфічної адаптивної здатності та відносною стабільністю генотипу були лінія ХАД 45 та сорти Трифон, Ратне, Леонтій. Найбільш пластичними за показником коефіцієнту регресії були сорти Златоуст, Лукашевський та Раритет. Ці сорти мають високий потенціал урожайності та здатні максимально реалізовувати його у сприятливих умовах. За поєднанням стабільності, пластичності та врожайності найвищі показники селекційної цінності генотипу мали зразки ХАД 45, Златоуст, Трифон та ХАД 650. Вони мають високий потенціал урожайності, який проявляють за сприятливих умов і мають здатність протистояти несприятливим умовам року, тому здатні забезпечувати високу стабільність формування врожаю за різних умов вирощування.

Визначено особливості формування ознак якості зерна під впливом абіотичних факторів. Натура зерна має високий рівень стабільності під впливом умов середовища та доз азотного живлення ($V = 2-6\%$). У більшості сортів застосування азотних добрив у дозах $N_{90}-N_{180}$ підвищує показник натури зерна. Вищу натуру зерна мають сорти Ратне, Раритет та Леонтій (700–723 г/л). Вищий вміст білку мають зразки Тимофій (11,9%), Трифон, Златоуст (11,5%), ХАД 45 та Раритет (11,3%). Більшість досліджуваних сортів добре реагує на внесення азотних добрив, яке підвищує вміст білку на 1,0–2,9%. Сорти Тимофій, Ратне та Леонтій мають нижчий відгук на застосування азотних добрив. Вищий вміст крохмалю у зерні мають сорти Златоуст – 70,8% з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,7%), сорт Ратне (70,6%) з максимальним рівнем у варіантах N_{90} (71,5%) та N_{120} (71,4%), сорт Трифон – 70,3% з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,4%) та сорт Леонтій – 70,3% з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,6%). Найвищу склоподібність зерна мав сорт ХАД 650 (середня 39%, у варіанті N_{180} – 47%).

У сортів ХАД 45, Трифон, ХАД 650, Златоуст, Єлань, Букет, Раритет та Леонтій відмічено позитивний вплив застосування азоту у дозі N_{180} на склоподібність зерна, що підвищує її на 5–16 %.

Встановлено, що внесення азотних добрив на початку ранньовесняної вегетації, без додаткових підживлень, дозволяє підвищити показники якості борошна та хліба у сортів тритикале. Вищий вміст клейковини у борошні як у варіанті без добрив, так і за використання азотних добрив, мають сорти Леонтій, Тимофій та Раритет. Внесення високої дози азоту – N_{180} підвищує вміст сирої клейковини у борошні на 2,8 – 6,0 %. Кращий відгук на азотне живлення за цією ознакою мають сорти Букет, Леонтій, Раритет та Тимофій. Найбільший вплив на мінливість ознаки кількість сирої клейковини у борошні мають фактор генотип сорту (частка мінливості 33 %) та його взаємодія з умовами року (частка мінливості 23 %).

Максимальних показників сили борошна досягнуто у варіанті N_{180} у сортів Єлань (141 о.а.), Раритет (130 о.а.) та лінії ХАД 45 (113 о.а.). Вищу силу борошна у варіанті без добрив мають зразки Тимофій (106 о.а.), ХАД 650 (102 о.а.) та Раритет (101 о.а.). Сорти Тимофій, Трифон та лінія ХАД 650 слабо реагують на внесення азоту шляхом підживлення у фазі кущення за ознакою сила борошна. Сорти Букет, Златоуст і Єлань мають високу реакцію на внесення азотних добрив.

Вищий об'єм хліба формують зразки Тимофій (515 мл), ХАД 650 (510 мл), ХАД 45 (495 мл) та Раритет (495 мл). Вищу загальну хлібопекарську оцінку має сорт Раритет. Максимальну прибавку об'єму хліба забезпечує живлення азотом у дозі N_{180} у сортів Трифон, ХАД 650, Златоуст (на 60 мл), Букет (на 55 мл), Єлань, Леонтій (на 25 мл), Раритет (на 20 мл), а у сорту Ратне – у дозі N_{120} (на 40 мл).

Встановлено, що врожайність позитивно корелює з довжиною колосу ($r = 0,68$) та висотою рослин ($r = 0,56$). Високий зв'язок спостерігається між висотою рослин та довжиною колосу ($r = 0,86$), що вказує на єдиний механізм формування вегетативної маси. Між урожайністю та масою зерна з колосу

виявлено помірний позитивний зв'язок ($r = 0,47$), це вказує на те, що індивідуальна продуктивність колосу суттєво впливає на загальний урожай, проте не є єдиним вирішальним фактором, оскільки для тритикале озимого властива висока продуктивна кущистість, яка також має вплив. Натура зерна та склоподібність можуть використовуватись як індикатори високої хлібопекарської якості. Натура зерна має сильний позитивний зв'язок з об'ємом хліба ($r = 0,87$) та загальною хлібопекарською оцінкою ($r = 0,83$). Склоподібність також має високі позитивні зв'язки з цими ознаками (відповідно $r = 0,81$ та $r = 0,83$).

Економічна та енергетична ефективність вирощування тритикале суттєво детермінується генетичними особливостями сортів та дозами азотного живлення. Встановлено, що за сучасних цінових параметрів та енергоємності ресурсів оптимальним діапазоном інтенсифікації для культури є дози N_{60} – N_{120} . За показниками економічної ефективності еталонним зразком для ресурсощадних технологій визначено сорт Лукашевський. Сорти Златоуст, Букет, Єлань та Трифон найповніше реалізують свій потенціал при середньому рівні живлення (N_{90-120}). Сорт Ратне здатний зберігати позитивну рентабельність навіть за максимальної дози N_{240} . Сорти Леонтій, Олександра та Раритет мають низьку економічну віддачу на застосування азотних добрив, тому при вирощуванні цих сортів доцільно обмежуватись мінімальними дозами азотного живлення, які необхідні для збереження його родючості без надмірного хімічного навантаження.

Підтверджено доцільність вирощування всіх досліджуваних сортів тритикале озимого та дворучок на основі їх енергетичного балансу ($K_{ee} > 1$). Найвищий рівень енергозбереження продемонстрували лінія ХАД 650 та сорт Златоуст, які на фоні природної родючості забезпечили максимальні значення K_{ee} – 3,8 та 3,7 відповідно. Ці генотипи визначено як найбільш придатні для технологій із мінімальним залученням антропогенної енергії. Сорт Лукашевський виявився найбільш технологічно адаптивним до помірної інтенсифікації, у якого при внесенні N_{60} спостерігалось зростання

енергетичної віддачі порівняно з контролем (з 3,2 до 3,4). З біологічної точки зору, це пояснюється високою синергією між генетичним потенціалом сорту та антропогенним чинником, що дозволяє рекомендувати його як еталонний для впровадження у ресурсощадні системи землеробства. З позицій енергетичної безпеки та сталого розвитку агросфери, оптимальним для умов східного Лісостепу України є вирощування сортів Златоуст та Лукашевський з обмеженням азотного навантаження рівнем N_{60-120} , що гарантує отримання продукції з найменшою питомою енергоємністю. Сорти Ратне, Тимофій та Трифон продемонстрували стабільну енергетичну окупність на середніх фонах живлення (N_{90-120}).

Ключові слова: тритикале озиме, дворучка, сорт, лінія, урожайність, адаптивність, стабільність, азотні добрива, якість зерна, хлібопекарські властивості.

Список опублікованих наукових праць за темою дисертації

Статті у фахових виданнях України:

1. Щеченко Р.С. Щипак Г.В. Агробіологічна характеристика сортів озимого тритикале для використання у хлібопекарській промисловості. *Селекція і насінництво*. 2025. Вип. 128. С. 34–45. DOI: 10.30835/2413-7510.2025.347594
2. Shchechenko R. S., Shchypak H. V. Sources of high adaptability, yield and bakery properties in triticale. *Plant Genetic resources*. 2025. 37. P. 75–83. DOI: 10.36814/pgr.2025.37.07
3. Щеченко Р.С. Адаптивність сортів тритикале озимого до абіотичних факторів середовища в умовах східного Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2026. Вип. 129. С. 18–33. DOI: 10.30835/2413-7510.2026.129.02

Публікації, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

Тези доповідей на міжнародних і вітчизняних конференціях:

1. Щеченко Р.С., Щипак Г.В. Сорти тритикале з високими хлібопекарськими властивостями. Тези Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., «Сучасні технології в рослинництві» присвяч. 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого-рослиника Рожественського Бориса Миколайовича. 27-28 листопада 2024 р. Харків, НААН, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. С. 182–184.

2. Усова Н. О., Щеченко Р. С., Усова А. О. Формування показників якості зерна сортами тритикале озимого залежно від норм азотного живлення. Мат. VI Міжн. наук.-практ. інтернет-конф. «Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва», 25 травня 2026 р. Полтава, ПДАУ, 2026. С. 127.

ANNOTATION

Shchechenko R. S. Productivity and Grain Quality of Triticale with Different Growth Habits Depending on Nitrogen Nutrition in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific paper, manuscript copyright.

Thesis for the Academic Degree of the Doctor of Philosophy in specialty 201 Agronomy. – Yuriev Plant Production Institute of NAAS, Kharkiv, 2026.

Background. Triticale cultivars bred at the Yuriev Plant Production Institute are capable of occupying a more significant share of grain production in Ukraine. The acreage of these cultivars is distributed across all natural and climatic zones, and they are grown by various farming techniques, depending on the economic capacities of a farm, the intended use, and environmental requirements for the products. To optimize the use of cultivar resources, it is crucial to study the morphological characteristics and patterns of the formation of valuable economic traits

of triticale under the influence of environmental conditions and peculiarities of cultivation technologies, in particular, nitrogen nutrition.

Connection of the research with scientific programs, plans, themes. The research was conducted at the Yuriev Plant Production Institute of NAAS in 2022–2025 in accordance with the Scientific Program 13 "Cereals, Groat Crops, and Grain Legumes" within Project 13.00.04.01 F "Investigation of the Basis of Biochemical and Molecular-Genetic Polymorphism of Triticale When Creating Cultivars with Different Growth Habits and High Adaptive, Yielding, Bread-making, and Forage Properties", state registration number 0121U100549.

Purpose and objectives of the research. The purpose of the study was to investigate morpho-biological traits, economically valuable features, and adaptive potentials of winter triticale cultivars depending on environmental conditions and nitrogen nutrition.

To achieve this purpose, the following objectives were set:

- To assess the variability of quantitative traits in triticale cultivars depending on the year conditions and nitrogen doses;
- To determine the yield and adaptability of triticale cultivars under various growing conditions;
- To investigate the expression of grain and flour quality traits in triticale cultivars depending on nitrogen nutrition;
- To identify the relationships between valuable economic traits in triticale cultivars;
- To evaluate the economic efficiency of growing triticale cultivars by different nitrogen nutrition regimens.

Scientific novelty of the results. For the first time, the morpho-biological traits, economically valuable features, and adaptive potentials of new triticale cultivars, 'Yelan', 'Zlatoust', 'Tryfon', 'Buket', and 'Leontii', were described depending on environmental conditions and nitrogen nutrition. Data on these features in older triticale cultivars, 'Rarytet', 'Ratne', and 'Tymofii', and two lines, 'KHAD 45' and 'KHAD 650', were expanded and supplemented. Scientific

provisions regarding the components of triticale cultivation technology were further developed; in particular, the efficiency of nitrogen alone was determined for the first time. This allowed establishing the realization patterns of the cultivars' potentials depending on environmental conditions and nitrogen nutrition. Knowledge about the relationships between the traits that determine grain yield and quality was deepened.

Practical significance of the results lies in optimizing the zonal distribution of triticale cultivars, with due account for their morphotypes, intended use, adaptability and plasticity to specific environmental conditions, and response to nitrogen nutrition for more economical and ecological production, as well as reducing the risks of yield loss. The identified patterns of the variability of individual quantitative traits and correlations between them can be used in breeding programs to create new highly adaptive, high-yielding triticale lines and cultivars.

Approbation of the results. The results were presented and discussed at the International Scientific and Practical Internet Conference "Modern Technologies in Plant Production" dedicated to the 150th anniversary of the birth of the prominent domestic plant scientist Borys Mykolaiovych Rozhestvenskyi (Kharkiv, 2024), and the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists "Breeding, Genetics, Variety Trials, and Agrotechnologies of Cultivated Plants: Challenges and Prospects" (Tsentralne Village, 2026). The results were also discussed at meetings of the Academic Council of the Yuriev Plant Production Institute of NAAS in 2023–2025. The findings were published in five scientific papers, including three articles in professional scientific journals of Ukraine (Category B) and two abstracts at international conferences.

Major findings. A theoretical generalization and a solution to a new scientific problem are presented, namely, determining the morpho-biological traits, economically valuable features, and adaptability of the triticale cultivars depending on environmental conditions and nitrogen nutrition.

The expression and variability of quantitative traits - yield components under the influence of weather factors and nitrogen nutrition were evaluated. The variability of the "spike length" trait is predominantly determined by genotype. A

longer spike is intrinsic to 'Tryfon' (the mean spike length is 11.1 cm; after the application of N₁₈₀, the spike length reached 11.8 cm), facultative (alternate) triticale 'Yelan' (11.8 cm; N₉₀ made the spike longer, up to 12.5 cm), and 'Ratne' (11.2 cm; 11.9 cm after N₉₀ application). A higher kernel weight per spike was recorded for 'Tryfon' (2.73 g), 'Tymofii' (2.51 g), and 'Buket' (2.38 g). The year conditions made the greatest contribution to the total variability of the “kernel weight per spike” trait (37%). All studied factors made significant contributions to the yield variability: genotype, environmental conditions, nitrogen dose, and interactions of these factors. The environmental conditions (63%) and genotype (11%) had the greatest influence, followed by the genotype-environment interaction and the interaction of all three factors (8%).

It was found that 'KHAD 650', 'Zlatoust', and 'Tymofii' have a high general adaptability. On average, they yielded more across the experiments (5.79 t/ha, 5.71 t/ha, and 5.45 t/ha, respectively). According to the specific adaptability variance and the genotype's relative stability, 'KHAD 45', 'Tryfon', 'Ratne', and 'Leontii' were the most stable in terms of yield formation under various growing conditions and nitrogen nutrition. 'Zlatoust', 'Lukashevskiy', and 'Rarytet' were the most plastic according to the regression coefficient. These cultivars have high yield potentials and are capable of maximizing its realization under favorable conditions. As to combination of stability, plasticity, and yield, 'KHAD 45', 'Zlatoust', 'Tryfon', and 'KHAD 650' had the highest breeding value of the genotype. They boast high yield potentials, which they manifest under favorable conditions, and possess the ability to withstand unfavorable conditions, therefore being capable of ensuring high yield stability under different growing conditions.

The patterns of the grain quality traits formation under the influence of abiotic factors were determined. The test weight is highly stable under the influence of environmental conditions and nitrogen doses (CV = 2–6%). In most cultivars, the nitrogen fertilization at N₉₀–N₁₈₀ increased the test weight. 'Ratne', 'Rarytet', and 'Leontii' showed higher test weights (700–723 g/L). Higher protein contents were recorded for 'Tymofii' (11.9%), 'Tryfon', 'Zlatoust' (11.5%), 'KHAD 45', and

'Rarytet' (11.3%). Most of the studied cultivars responded well to the nitrogen fertilization, increasing the protein content by 1.0–2.9%. 'Tymofii', 'Ratne', and 'Leontii' showed weaker responses to the nitrogen fertilization. Higher starch contents in grain were observed in 'Zlatoust' (70.8%, with the maximum level (72.7%) without fertilization), 'Ratne' (70.6%, with the maximum level in the N₉₀ (71.5%) and N₁₂₀ (71.4%) experiments), 'Tryfon' (70.3%, with the maximum level (72.4%) without fertilization), and 'Leontii' (70.3%, with the maximum level (72.6%) without fertilization). 'KHAD 650' had the highest kernel vitreousness (the mean vitreousness was 39%; the parameter increased to 47% in the N₁₈₀ experiment). In 'KHAD 45', 'Tryfon', 'KHAD 650', 'Zlatoust', 'Yelan', 'Buket', 'Rarytet', and 'Leontii', a positive effect of nitrogen application at N₁₈₀ on kernel vitreousness was noted: it increased by 5–16%.

It was revealed that the nitrogen fertilization at the beginning of early spring vegetation, without additional top dressing, allows improving the quality indicators of flour and bread in triticale cultivars. Higher gluten contents in flour, both without fertilization and with nitrogen fertilizers, were observed in 'Leontii', 'Tymofii', and 'Rarytet'. The application of a high nitrogen dose, N₁₈₀, increased the wet gluten content in flour by 2.8 – 6.0%. According to this trait, 'Buket', 'Leontii', 'Rarytet', and 'Tymofii' showed the best responses to nitrogen nutrition. The genotype (variability share of 33%) and its interaction with year conditions (variability share of 23%) made the greatest contributions to the variability of the “wet gluten content in flour” trait.

The maximum flour strength values were achieved in the N₁₈₀ experiment on 'Yelan' (141), 'Rarytet' (130), and 'KHAD 45' (113). A higher flour strength in the unfertilized variant was intrinsic to 'Tymofii' (106), 'KHAD 650' (102), and 'Rarytet' (101). In terms of flour strength, 'Tymofii', 'Tryfon', and 'KHAD 650' responded weakly to nitrogen application via top dressing at the tillering stage. 'Buket', 'Zlatoust', and 'Yelan' demonstrated strong responses to the nitrogen fertilization.

Bigger loaf volumes were recorded for 'Tymofii' (515 cm³), 'KHAD 650' (510 cm³), 'KHAD 45' (495 cm³), and 'Rarytet' (495 cm³). 'Rarytet' has the highest overall

bread-making score. The maximum increase in loaf volume was achieved due to nitrogen application at N_{180} on 'Tryfon', 'KHAD 650', 'Zlatoust' (by 60 cm^3), 'Buket' (by 55 cm^3), 'Yelan', 'Leontii' (by 25 cm^3), and 'Rarytet' (by 20 cm^3); 'Ratne' increased the loaf volume by 40 cm^3 at N_{120} .

It was found that yield is positively correlated with spike length ($r = 0.68$) and plant height ($r = 0.56$). There was a strong correlation between plant height and spike length ($r = 0.86$), indicating a common mechanism for the vegetative mass formation. A moderate positive correlation was noted between yield and kernel weight per spike ($r = 0.47$); this indicates that the individual productivity of the spike significantly affects the total yield, but is not the only decisive factor, as winter triticale is characterized by high productive tillering, which also has an impact. Test weight and vitreousness can be used as indicators of high bread-making quality. Test weight is strongly positively correlated with loaf volume ($r = 0.87$) and overall bread-making score ($r = 0.83$). Vitreousness is also strongly positively correlated with these traits ($r = 0.81$ and $r = 0.83$, respectively).

The economic and energy efficiencies of triticale cultivation are mainly determined by the genetic characteristics of cultivars and nitrogen nutrition doses. It was found that with current prices and energy intensity of resources, the optimal range of intensification for the crop is doses of N_{60} – N_{120} . In terms of economic efficiency, 'Lukashevskiy' was identified as a benchmark for resource-saving technologies. 'Zlatoust', 'Buket', 'Yelan', and 'Tryfon' most fully realize their potentials at a medium level of nutrition (N_{90} – N_{120}). 'Ratne' is capable of maintaining beneficial profitability even at the maximum dose of N_{240} . 'Leontii', 'Oleksandra', and 'Rarytet' showed a low economic return on the nitrogen fertilization; therefore, when growing these cultivars, it is advisable to limit nutrition to the minimum nitrogen doses necessary to maintain soil fertility without excessive chemical load.

The expediency of growing all studied cultivars of winter and facultative triticale was confirmed based on their energy balance ($Kee > 1$). The highest level of energy saving was demonstrated by 'KHAD 650' and 'Zlatoust', which had the maximum Kee values of 3.8 and 3.7, respectively, on natural fertility. These

genotypes were identified as the most suitable for technologies with minimal involvement of anthropogenic energy. 'Lukashevskiy' turned out to be the most technologically adaptive to moderate intensification, showing an increase in energy return compared to the control (from 3.2 to 3.4) when N_{60} was applied. From a biological point of view, this is explained by a high synergy between the genetic potential of the cultivar and the anthropogenic factor, which allows recommending it as a benchmark for resource-saving farming techniques. From the perspective of energy security and sustainable development of the agrarian sector, the cultivation of 'Zlatoust' and 'Lukashevskiy' with nitrogen load limited to N_{60} – N_{120} is optimal for the eastern Forest-Steppe of Ukraine, guaranteeing outputs with the lowest specific energy intensity. 'Ratne', 'Tymofii', and 'Tryfon' demonstrated stable energy payback at medium nutrition doses (N_{90} – N_{120}).

Keywords: winter triticale, facultative triticale, cultivar, line, yield, adaptability, stability, nitrogen fertilizers, grain quality, bread-making properties.

ЗМІСТ

ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЯВУ БІОЛОГІЧНИХ ТА ЦІННИХ ГОСПОДАРСЬКИХ ОЗНАК ТРИТИКАЛЕ РІЗНИХ СОРТОТИПІВ У ЗВ'ЯЗКУ З СЕЛЕКЦІЄЮ ТА ТЕХНОЛОГІЄЮ ВИРОЩУВАННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	24
1.1 Виробництво тритикале в Україні та світі	24
1.2 Морфо-біологічні особливості тритикале різних напрямів використання	29
1.3 Вплив мінерального живлення на цінні господарські ознаки тритикале	36
1.4 Якість зерна та борошна тритикале	45
Висновки до розділу 1	51
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	52
2.1 Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови проведення досліджень	52
2.2 Методика проведення досліджень	56
2.3 Характеристика досліджуваного матеріалу за біологічними та господарськими властивостями	61
Висновки до розділу 2	65
РОЗДІЛ 3 МІНЛИВІСТЬ ОСНОВНИХ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК У СОРТІВ І ЛІНІЙ ТРИТИКАЛЕ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ РОКУ ТА ДОЗ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ	66
3.1 Мінливість висоти рослин у сортів і ліній тритикале під впливом абіотичних факторів середовища	66
3.2 Мінливість довжини колосу у сортів і ліній тритикале під впливом абіотичних факторів середовища	74
3.3 Мінливість маси зерна з колосу у сортів тритикале під впливом абіотичних факторів середовища	82

	17
Висновки до розділу 3	91
РОЗДІЛ 4 УРОЖАЙНІСТЬ ТА АДАПТИВНІСТЬ СОРТІВ І ЛІНІЙ ТРИТИКАЛЕ ДО АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА	93
4.1 Урожайність зразків тритикале залежно від умов середовища та азотного живлення	94
4.2 Адаптивність зразків тритикале до абіотичних факторів середовища	98
Висновки до розділу 4	103
РОЗДІЛ 5 ЯКІСТЬ ЗЕРНА ТА БОРОШНА У СОРТІВ ТРИТИКАЛЕ ЗАЛЕЖНО ВІД АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ	105
5.1 Якість зерна у зразків тритикале залежно від азотного живлення	105
5.2 Якість борошна та хліба у зразків тритикале залежно від азотного живлення	120
Висновки до розділу 5	131
РОЗДІЛ 6 ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ МІЖ ЦІННИМИ ГОСПОДАРСЬКИМИ ОЗНАКАМИ У СОРТІВ І ЛІНІЙ ТРИТИКАЛЕ	134
Висновки до розділу 6	137
РОЗДІЛ 7 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ ТРИТИКАЛЕ ЗА РІЗНИХ СХЕМ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ	139
Висновки до розділу 7	143
ВИСНОВКИ	145
РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТА СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ	150
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	152
ДОДАТКИ	168

ВСТУП

Тритикале вирощується на всіх континентах, придатних до сільськогосподарського виробництва. Для цієї культури властиве унікальне сполучення кращих господарсько-біологічних ознак пшениці та жита, високий потенціал урожайності зерна та зеленої маси, висока стійкість до хвороб, підвищена поживна і кормова цінність. Біля 80 % світового виробництва тритикале зосереджено у Європі, де і бере початок створення цієї культури.

Однією з найвагоміших переваг тритикале є невибагливість до умов вирощування. Тритикале здатне формувати урожай на бідних ґрунтах, непридатних для вирощування пшениці, а також по гірших попередниках, таких як соняшник, просапні культури та ін. Завдяки високій холодостійкості яре тритикале є кращим варіантом для підсіву та пересіву озимини. Досить результативним є підзимній посів ярого тритикале в Степу та Лісостепу України, який дозволяє ефективно використовувати зимово-весняну вологу та уникнути негативного впливу літньої посухи. При сприятливих умовах навколишнього середовища тритикале проявляє високий потенціал урожайності, який досягає понад 10 т/га, а у виробничих умовах – 6–8 т/га.

На даний час Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні включає 40 сортів тритикале озимого, з яких 23 % створені в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, м. Харків (ІР НААН) [1]. В Україні впроваджено у сільськогосподарське виробництво спеціалізовані за призначенням сорти тритикале кормового та продовольчого призначення, які істотно різняться за господарсько-цінними ознаками. Кормові сорти тритикале АД 256, Гарне, Букет, Шаланда набули поширення у всіх агроекологічних зонах України. За сприятливих умов вирощування потенціал урожайності цих сортів може досягати понад 10 т/га [2]. Сучасна селекція спрямована на створення високоврожайних сортів, які відповідають змінам кліматичних умов. У посушливих умовах урожайність сортів Тимофій, Пудік і Єлань досягала 9,94–10,36 т/га [3].

Стабільність врожайності обумовлюється багатьма факторами, основними з яких є генетичні особливості сорту, погодні умови та технологічні заходи. Але, у більшості випадків, у виробничих умовах сорти тритикале не проявляють в повному обсязі свій потенціал урожайності. Це пов'язано з тим, що більша частина посівів розташована у зонах ризикованого землеробства і часто посіви зазнають негативного впливу абіотичних чинників. Крім того, враховуючи підвищену стійкість тритикале до несприятливих умов середовища, посіви часто розташовують на менш придатних для вирощування інших зернових культур землях. Для зниження ризиків недобору врожаїв від негативного впливу абіотичних стресів перевага віддається локально-адаптованим сортам [4].

Одним з найважливіших агротехнічних заходів, що впливають на збільшення врожайності тритикале озимого, є внесення мінеральних добрив, особливо азоту. З літературних джерел відомо, що оптимальна норма азотного живлення для тритикале озимого зазвичай становить N_{60-120} кг д.р./га, що забезпечує стабільну врожайність. Найвища ефективність азоту досягається при достатньому зволоженні та поєднанні з фосфорно-калійними добривами [5].

Обґрунтування вибору теми дослідження. Огляд сучасного стану сільськогосподарського виробництва вказує на недостатнє економічне забезпечення, що в свою чергу викликає низький обсяг використання мінеральних добрив. Аналіз структури внесених мінеральних елементів живлення дозволив виявити суттєву невідповідність науково обґрунтованим нормам удобрення через зміщення у бік азотовмісних речовин. Така тенденція не відповідає умовам інтенсивного землеробства та не забезпечує повноцінної потреби рослин в елементах живлення [6]. Тому актуальним є дослідження впливу лише азотного живлення на мінливість урожайності тритикале для наближення прогнозів урожайності у реальних умовах виробництва. Крім того, органічне та екологічне виробництво потребують обмеженого використання хімічних препаратів та добрив, спрямованих на підвищення

врожайності. У цьому випадку перевага надається сортам, здатним формувати підвищену врожайність на низькому агрофоні [7].

Актуальність. Сорти тритикале селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва здатні зайняти більш вагому частку зернового виробництва України. Посівні площі цих сортів розповсюджені у всіх природно-кліматичних зонах та вирощуються з використанням різних агротехнологій, залежно від економічних можливостей виробництва, напряму використання та екологічних вимог до продукції. Для оптимізації використання сортових ресурсів актуальним є вивчення морфо-біологічних особливостей та закономірностей формування цінних господарських ознак тритикале під впливом умов середовища та особливостей технології вирощування, зокрема азотного живлення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження були проведені в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН впродовж 2022–2025 рр. згідно з ПНД 13 «Зернові, круп'яні, зернобобові культури» по завданню 13.00.04.01 Ф «Дослідження основи біохімічного та молекулярно-генетичного поліморфізму тритикале при створенні сортів різного типу розвитку з високими адаптивними, урожайними, хлібопекарськими і кормовими властивостями», номер державної реєстрації 0121U100549.

Мета та завдання досліджень. Метою роботи було вивчення особливостей формування морфо-біологічних, господарсько-цінних ознак та адаптивних властивостей сортів тритикале озимого залежно від умов навколишнього середовища та азотного живлення.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

- виявити особливості мінливості кількісних ознак у сортів тритикале залежно від умов року та доз азотного живлення;
- визначити рівень урожайності та адаптивних властивостей сортів тритикале у різних умовах вирощування;

- дослідити рівень прояву та особливості формування ознак якості зерна та борошна у сортів тритикале залежно від азотного живлення;
- виявити взаємозв'язки між цінними господарськими ознаками у сортів тритикале;
- оцінити економічну ефективність вирощування сортів тритикале за різних схем азотного живлення.

Об'єкт досліджень – особливості формування врожайності та якості зерна сортів тритикале залежно від умов середовища та рівнів азотного живлення.

Предмет досліджень - мінливість морфо-біологічних показників, адаптивність, господарсько-цінні ознаки, кореляційні зв'язки та економічна ефективність вирощування сортів тритикале при застосуванні різних доз азотних добрив.

Методи досліджень – загальнонаукові (діалектичний, експериментальний аналіз), спеціальні: польовий (для спостереження за фенологічними фазами розвитку та станом рослин); лабораторний (для визначення біометричних показників елементів структури урожайності, біохімічних та технологічних показників якості зерна тощо); розрахунковий (для визначення економічної ефективності вирощування сортів тритикале; статистичний (для визначення мінливості, параметрів адаптивності та аналізу результатів досліджень за їх достовірністю).

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше визначено особливості формування морфо-біологічних, господарсько-цінних ознак та адаптивні властивості сучасних сортів тритикале Єлань, Златоуст, Трифон, Букет та Леонтій залежно від умов навколишнього середовища та азотного живлення. Розширено та доповнено дані щодо встановлення цих особливостей у сортів Раритет, Ратне, Тимофій, ХАД 45 та ХАД 650. Дістали подальшого розвитку наукові положення щодо елементів технології вирощування тритикале, зокрема вперше визначено ефективність використання лише азоту. Це дозволило встановити закономірності реалізації потенціалу сортів залежно

від умов середовища та азотного живлення. Поглиблено знання про взаємозв'язки між ознаками, які обумовлюють урожайність та якість зерна.

Практичне значення одержаних результатів полягає в оптимізації зонального поширення сортів тритикале, враховуючи їх сортотип, напрям використання, адаптивність та пластичність до певних умов середовища та реакції на азотне живлення для більш економічного та екологічного виробництва, а також зменшення ризиків недобору врожаю. Виявлені закономірності мінливості окремих кількісних ознак та кореляційні зв'язки між ними можуть бути використані в селекційних програмах при створенні нових високоадаптивних, врожайних ліній та сортів тритикале.

Особистий внесок здобувача полягає в опрацюванні літературних джерел за темою роботи, проведенні польових робіт, обліків, спостережень, статистичній обробці та узагальненні результатів досліджень, формулюванні висновків і пропозицій, у підготовці наукових праць до друку. Спільно з науковим керівником визначено мету, завдання та програму досліджень, обрано об'єкти та методики проведення досліджень. Показники якості зерна та борошна визначено спільно зі співробітниками лабораторії імунітету, біотехнології та якості Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Частка авторства здобувача у спільних публікаціях тез конференцій та наукових статей становить 50–100 %.

Апробація результатів досліджень. Результати досліджень було висвітлено та обговорено на Міжнародній науково-практичній інтернет конференції «Сучасні технології в рослинництві», присвяченій 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого-рослиника Рожественського Бориса Миколайовича. (Харків, 2024 р.) та VI Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва» (Полтава, 2026 р.). Результати обговорювалися на засіданнях вченої ради Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН у 2023 – 2025 рр.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано п'ять наукових праць, з яких три статті у фахових наукових виданнях України категорії Б, дві тези доповідей на міжнародних конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота містить анотацію (українською та англійською мовами), зміст, вступ, сім розділів, висновки, практичні рекомендації, список використаних джерел (135 найменувань, з них 64 латиницею), 5 додатків. Дисертацію викладено на 172 сторінках комп'ютерного набору, у тому числі основного тексту – 120 сторінок. Роботу ілюстровано 29 таблицями та 10 рисунками.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЯВУ БІОЛОГІЧНИХ ТА ЦІННИХ

ГОСПОДАРСЬКИХ ОЗНАК ТРИТИКАЛЕ РІЗНИХ СОРТОТИПІВ У

ЗВ'ЯЗКУ З СЕЛЕКЦІЄЮ ТА ТЕХНОЛОГІЄЮ ВИРОЩУВАННЯ

(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Виробництво тритикале в Україні та світі

Тритикале, завдяки високим адаптивним властивостям, придатне до вирощування у широкому діапазоні агрокліматичних умов. В багатьох випадках його вирощують у регіонах, які малоприсадибні для вирощування інших зернових культур, посушливому та спекотному середовищі, на малородючих ґрунтах – піщаних, кислих, засолених та ін. У країнах, що включені до статистичного обліку Продовольчої та сільськогосподарської Організації Об'єднаних Націй (FAO), посівні площі тритикале у 2023 р. становили 3,6 млн. га [8] (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Динаміка зміни посівних площ тритикале за роками, га (FAO, 2023)

Частина Світу	1980 рік	2000 рік	2023 рік
Європа	11242	1958932	3159468
Америка	800	37140	60924
Африка	0	1910	10387
Азія	53300	108000	310895
Океанія (Австралія)	26000	361000	57002
Всього	93322	2468982	3600699

Ареал розповсюдження та обсяги виробництва тритикале у світі поступово збільшуються. Але в Австралії спостерігається зменшення посівних площ. Селекційні програми спрямовані на створення нових сортів, максимально пристосованих до різних умов вирощування, з підвищеним проявом господарських ознак, які залежать від напрямку використання.

Найбільші посівні площі тритикале зосереджені у країнах Європи – 88 % від загальної світової площі. Значна частка зосереджена в Азії та Америці. Посіви тритикале в країнах Африки та Австралії разом складають біля 1 % (рис. 1.1).

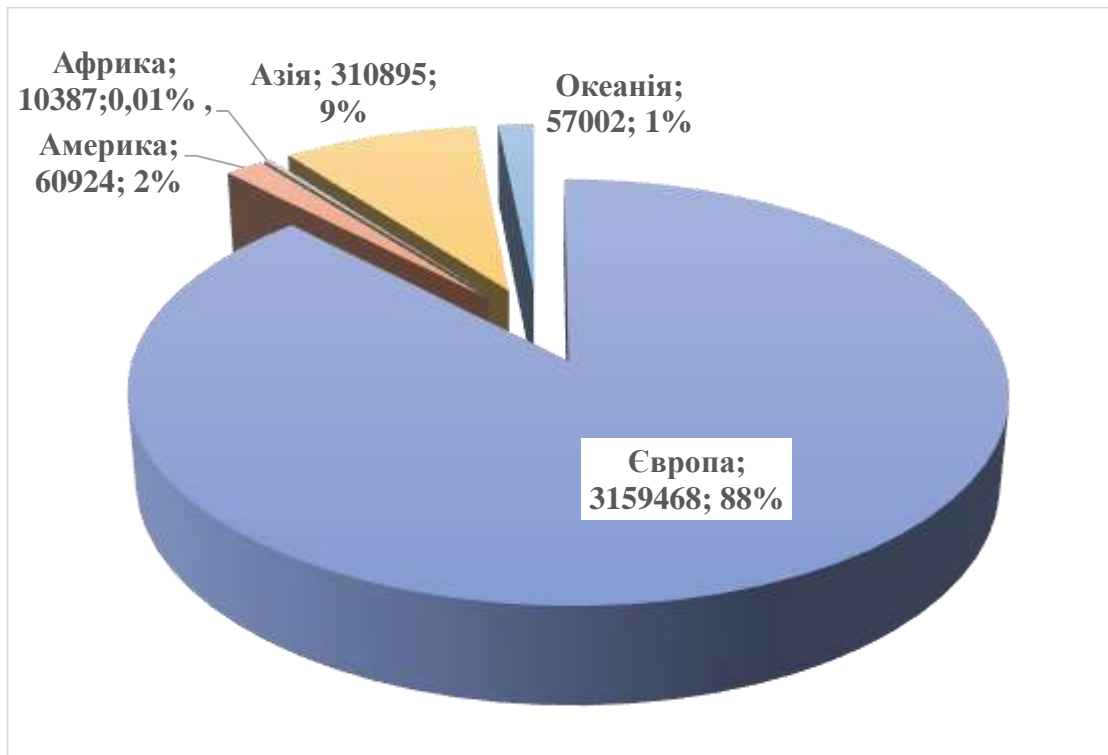


Рис. 1.1. Світовий розподіл посівних площ тритикале, га, %, 2023 р. (FAO)

Світовими лідерами по виробництву тритикале є європейські країни: Польща, Білорусь, Німеччина, Франція, та Іспанія.

Залежно від кліматичних умов та напрямку використання (зерно, пасовища, зелений корм), вирощуються сорти озимого, ярого та альтернативного типу розвитку. Станом на 2023 р. за даними Національних каталогів зареєстрованих сортів та загального європейського каталогу у

більшості країн переважають озимі сорти, в Іспанії та Греції – ярі, у Франції та Італії – альтернативні [9] (табл. 1.2).

Таблиця 1.2.

Обсяги виробництва тритикале у країнах Європи, 2023 р. (FAO)

Країна	Площа посіву, га	Валовий збір, т	Країна	Площа посіву, га	Валовий збір, т
Польща	1201180	5282390	Болгарія	35150	118250
Білорусь	442404	1317408,3	Греція	12310	32320
Франція	326270	1646460	Великобританія	10828	43602
Німеччина	311500	1832400	Хорватія	9190	32080
Іспанія	249430	288190	Словаччина	8650	29690
Литва	67220	207390	Латвія	7100	19300
Румунія	59460	197120	Україна	5100	17800
Угорщина	75140	300120	Швейцарія	6518	36100
Австрія	53100	301810	Данія	4300	27380
Чехія	42010	209130	Словенія	5180	21970
Швеція	29150	120200	Естонія	6640	24670
Сербія	24659	111237	Боснія і Герцоговина	5298	18861
Італія	16270	76290	Люксембург	5250	29190
Бельгія	5680	34330	Фінляндія	5600	25800

Польща – найпотужніший виробник тритикале у світі. Площа посіву цього злаку становить біля 1,3 млн. га, що складає одну третину світового виробництва та 40 % виробництва країн Євросоюзу. У Польщі тритикале використовується насамперед у кормовій промисловості, а також біопаливній та переробній. Біля 85 % сортів є кормовими [10, 11]. У сучасних польських сортах вдалося значно підвищити показники продуктивності, стійкості до хвороб та абіотичних стресів. Велика увага приділяється підвищенню харчової якості зерна для виробництва продуктів харчування.

В селекції тритикале останнє десятиріччя, поряд з класичними методами, широко впроваджуються нові технології: створення дигаплоїдів, використання генетичних маркерів, геномна та трансгенна селекція, функціональна геноміка та цільове редагування геному. Це дозволило вивести тритикале на новий рівень як економічно вигідну та конкурентоспроможну культуру [12].

Більшість французьких сортів за типом розвитку альтернативні, придатні для посіву у різні строки протягом року, і менша кількість – озимі. Сортовипробування проводиться на придатність до вирощування за загальноприйнятих умов та умов органічного землеробства. [13]. Тритикале переважно використовується на фуражне зерно для годівлі свиней та птиці [14]. В селекції за цим напрямком основна увага приділяється підвищенню натурності зерна та вмісту білку. Також важливим напрямком використання є зелений корм. Переваги тритикале полягають у високій врожайності зеленої маси (на 50 % переважає пшеницю м'яку), інтенсивності відростання, високій стійкості до септоріозу, невибагливості до ґрунтів та конкурентоспроможності до бур'янів. При цьому, невирішеною проблемою є чутливість сортів до передзбирального проростання та схильність до вилягання [15].

У Німеччині тритикале вирощується на всій території країни. Однак кращі ґрунти відводяться під пшеницю. Тритикале зосереджено у менш сприятливих за ґрунтово-кліматичними умовами регіонах, де воно переважає пшеницю за врожайністю. До 90 % виробленого тритикале використовується як кормове зерно, у більшості для відгодівлі свиней. Також тритикале використовується для силосування [16].

В Україні сортове різноманіття тритикале представлено ярими, озимими та альтернативними за типом розвитку формами. Переважно використовується на кормове та продовольче зерно. Селекцію цієї культури ведуть науково-дослідні інститути, селекційні станції та приватні підприємства, охоплюючи усі природно-кліматичні зони. Більшу частину

zareєстрованих сортів створено в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва [17] (табл. 1.3).

Таблиця 1.3.

Провідні установи з селекції тритикале в Україні

Назва установи	Зареєстровані в Україні сорти, станом на 2024 р. [див.1]
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва	Озимі: Амфидиплоїд 44 (1993), Амфидиплоїд 256 (2001), Гарне (2004), Ратне (2007), Раритет (2008), Амос (2014), Букет (2014), Шаланда (2014), Ніканор (2016), Донець (2018), Пластун волинський (2018), Ярослава (2018), Павлодарський (2019), Тимофій (2019), Олександра (2020), Єлань (2020), Леонтій (2020), Ілона (2021), Підзимок харківський (2021), Златоуст (2023), Лукашевський (2023) Ярі: Легінь харківський (2008), Сонцедар харківський (2013), Лебідь харківський (2014), Борівітер харківський (2015), Дархліба харківський (2015), Гусар харківський (2016), Воля харківська (2017), Зліт харківський (2018), Булат харківський (2019), Достаток харківський (2020), Скарб харківський (2020), Кріпость харківська (2023), Опора харківська (2023), Свобода харківська (2024)
Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла	Озимі: АДМ 11 (2004), Амур (2010), Обрій Миронівський (2014), Миролан (2017), Мироносець (2020), МПП Ятаган (2020), Пам'яті Пацеки (2020), МПП Фенікс (2021) Ярі: МПП Хорс (2021)
Селекційно-генетичний Інститут НЦНС	Озимі: Мольфар (2014), Волемір (2018), Петрол (2018), Аристократ (2020), Котигорошко (2020), Любомир (2020), Солодюк (2020), Альбіна (2021), Маєток Поліський (2021)
Інститут кормів та с.г. Поділля	Озимі: Полянське (2009), Половецьке (2011), Богодарське (2017), Десятинне (2018), Божич (2021)
Носівська СДС	Озимі: Славетне (2003), Щедре Носівське (2022) Ярі: Вікторія (2003), Вуйко (2017)
ПП «Сорт»	Озимі: Аякс (2008), Атлет (2010), Ярі: Арсенал (2002)
НУБіП	Ярі: Всеволод (2009), Ландар (2011)
Уманський НУС	Озимі: Наварра (2018), Стратег (2018)
ННЦ Інститут землеробства	Озимі: Поліський 7
ТОВ НВА "Степова"	Озимі: Папсуєвська (2005)
Волинська ДСДС, Прикарпатська ДСДС	Озимі: Пудік (2020)
СТОВ "Перемога"	Альтернативні: Єгор (2023)

Приоритетними напрямками селекції озимого тритикале є підвищення врожайності, її стабільності та якості зерна. Сорти Раритет, Амос, Маркіян, Ніканор, Ярослава мають хорошу та відмінну якість клейковини, тіста та хліба. Але при їх висоті рослин 130–160 см існує ризик вилягання на високому агрофоні та у роки з аномальною кількістю опадів. Цю проблему було вирішено зі створенням нових сортів Тимофій, Малюк та Пудік з високою врожайністю (понад 11 т/га), комплексною стійкістю до хвороб, хлібопекарськими властивостями на рівні цінних і сильних пшениць [18].

1.2 Морфо-біологічні особливості тритикале різних напрямів використання

Морфологічна будова рослин тритикале подібна до пшениці та жита.

Тритикале має потужну кореневу систему мичкуватого типу, складається з зародкових та вторинних коренів. Корені мають високу фізіологічну активність засвоєння поживних речовин з ґрунту, що обумовлює придатність до вирощування на низькородючих землях. Розвиток кореневої системи відіграє значну роль у формуванні стійкості до посухи.

Стебло – циліндрична соломина, переважно порожниста. Складається з декількох вузлів і міжвузлів. Довжина стебла у більшості становить від 80 до 170 см. Але існують карликові зразки (довжина стебла < 45 см) та дуже високорослі (довжина стебла > 220 см). У сортів зернового напрямку використання оптимальною вважається висота 85–115 см, а укісного напрямку – 120–150 см. Довжина стебла та його міцність відіграють вирішальну роль у стійкості рослин проти вилягання, а також позитивно корелює з урожайністю зерна та зеленої маси. Морфологічною ознакою відмінності тритикале є інтенсивність опушення верхнього міжвузля, яке коливається від відсутнього до дуже інтенсивного.

Для озимого тритикале характерна висока інтенсивність кущення, яка може досягати 5–12 продуктивних пагонів на рослину [19]. Коефіцієнт

продуктивного кушення значно залежить від норми висіву та мінерального живлення, але за рівних умов вирощування часто перевищує цей показник у пшениці озимої. У середньому у сортів тритикале перед збиранням коефіцієнт продуктивного кушення становить 2,2–2,5 продуктивних стебел на рослину [20]. За даними T.Ewert та W. Miralles, тритикале озиме відзначається вищою чутливістю до азотного живлення на ранніх етапах органогенезу. За умов оптимального агрофону дана культура закладає суттєво більшу кількість ембріональних пагонів порівняно з пшеницею м'якою озимою, проте динаміка їхнього подальшого розвитку та виживання має свою специфіку. У тритикале спостерігається висока синхронність розвитку лише перших трьох бічних пагонів з головним стеблом, тоді як пагони вищих порядків піддаються інтенсивнішій редукції [21]. Méndez-Espinoza A. M. зазначають, що при високому загальному біологічному потенціалі кушення тритикале, передзбиральна густина продуктивного стеблестю в умовах гідротермічного стресу часто виявляється ідентичною або нижчою, ніж у пшениці озимої. Таке явище автори пояснюють жорсткою внутрішньовидовою конкуренцією всередині ценозу та масштабним відмиранням пізніх пагонів тритикале під час переходу до фази виходу в трубку. Разом з тим, тритикале демонструє потужний компенсаторний механізм, за якого дефіцит продуктивних стебел нівелюється оптимізацією архітекtonіки самого колосу, озерненість якого в середньому на 35% перевищує показники пшениці у поєднанні з вищою масою 1000 зерен [22].

Яре тритикале формує нижчу продуктивну кущистість (1,1–1,6 пагонів на рослину), яка суттєво залежить від попередників та мінерального живлення. Кращі показники забезпечує вирощування після просапних культур (соя, кукурудза) та внесення стартових доз добрив, які сприяють розвитку вторинної кореневої системи [23].

У тритикале дворучкок за осінньої сівби показник продуктивного стеблестю значно вищий у порівнянні з весняним посівом. За даними L. J. Korpensteiner та ін. висока густина продуктивного стеблестю є головним

чинником приросту врожаю біомаси та зерна у сортів дворучок при осінньому висіві [24]. За весняного висіву сорти дворучки суттєво знижують продуктивну куцистість, порівняно з осіннім висівом. У середньому вона становить 1,1–1,4 продуктивних стебла на рослину, оскільки скорочений період вегетації навесні та стрімке підвищення температури не дають змоги рослинам сформувати потужне бокове галуження [25].

Листок тритикале сидячий, складається з піхви та листової пластинки лінійної або ланцетоподібної форми. Довжина листової пластинки становить 10–35 см, ширина 0,8–3,0 см. Піхва переважно має восковий наліт. Навколо міжвузля розміщується два невеликих відростки листової пластинки – вушки, які можуть мати антоціанове забарвлення різної інтенсивності.

Суцвіття – складний колос, який складається із колосового стрижня та багатоквіткових колосків. Колос ярого тритикале містить 19 – 35 колосків, які в свою чергу складаються з двох– семиплідних квіток. Колоски прикріплені до члеників колосового стрижня по одному. Форма колоскових лусок різна – від житнього типу до шароподібної. Квітки мають по дві квіткові луски, з яких нижня в остистих форм закінчується остюком. Кожна квітка містить маточку з розлогою приймочкою та три тичинки з пиляками. Приймочка та пиляки крупніші за пшеничні, але дрібніші за житні. Плід тритикале – зернівка, яка за співвідношенням довжини до ширини може варіювати від дуже видовженої (житнього типу) до шароподібної. Маса 1000 зерен 35–60 г. За формою зернівка тритикале може бути округла, видовжена, горбата, яйцеподібна. За кольором – світло-коричнева, коричнева, темно-коричнева, жовто-біла та зелена.

Насіння починає проростати при температурі 1–3 °С. Набрякання та проростання зернівки починається при її вологості 30–35 % по відношенню до маси, а оптимальна вологість для проростання становить 42–45 %. Оптимальними умовами для росту і розвитку рослин є температура повітря 20–25 °С та вологість ґрунту 65–75 %. По відношенню до ґрунтової вологи у

тритикале спостерігається два критичні періоди: фаза виходу в трубку та період формування та наливу зерна.

Цвітіння тритикале при звичайному температурному режимі починається через 4–7 днів після колосіння. Хоча ця культура поєднує в своєму геномі як спадковий матеріал самоzapильної пшениці, так і перехресноzapильного жита, вона, подібно до пшениці є факультативним самоzapильовачем. Квітки тритикале переважно цвітуть відкрито, частка відкритого цвітіння становить 65–85 % [26].

Порівняно з пшеницею, сорти тритикале менше вражаються внутрішньо-стебловими шкідниками. Подекуди, на початку цвітіння спостерігається заселення посівів хлібним жуком. Жуки живляться пиляками, але не зменшують зав'язування насіння і не спричиняють істотної шкоди рослинам. Пізніше, при формуванні та наливі зерна, вони пошкоджують окремі зернівки, але не вибивають їх з колосу, як це буває у пшениці та ячменю.

Хлібні клопи (клоп-черепашка, маврська черепашка, австрійська черепашка) та елії (носата та гостроголова) менше шкодять на посівах тритикале при наливі зерна завдяки тому, що зерно добре захищене лусками. Економічний поріг шкодочинності цих шкідників для тритикале вищий, ніж для пшениці. Для захисту посівів можна обмежитись обробкою інсектицидом країв поля в першу чергу біля лісосмуг [27].

Тритикале характеризується вищою, порівняно з пшеницею і житом посухостійкістю. Це зумовлено підвищеною в'язкістю цитоплазми в клітинах, високою здатністю тканин утримувати вологу, восковим нальотом на поверхні листків, добре розвиненою кореневою системою та економною витратою вологи. Завдяки функціонуванню в геномі тритикале хромосом жита, воно більш витривале до дії холоду та морозів протягом вегетації.

У озимого тритикале вегетаційний період залежно від сорту й умов вирощування становить 250–325 діб. Протягом вегетації росте досить інтенсивно, формує більшу надземну масу, ніж пшениця. Має високий

коефіцієнт кущення, утворюючи по 3–7 продуктивних пагонів на одну рослину навіть у загущених посівах, а в зріджених — до 14–17 і більше. За морозостійкістю озиме тритикале займає проміжне місце між озимою пшеницею і житом, витримує зниження температури на глибині залягання вузла кущення до мінус 17–19 °С, інколи і до мінус 20 °С, а за зимостійкістю суттєво перевищує озиму пшеницю. Кращі сорти озимого тритикале високостійкі до борошнистої роси, жовтої та стеблової іржі, твердої і летючої сажки. Вони стійкіші проти вірусів і бактеріальних захворювань, ніж вихідні види пшениці та жита [28].

Напрямок використання тритикале залежить від особливостей сорту. Для харчової промисловості використовуються сорти, які за біохімічним складом зерна наближені до пшениці. Сорти з високою біомасою використовуються для заготівлі сіна та силосу. Крупнозерні сорти з високим вмістом білку використовуються для приготування концентрованих кормів для птиці, жуйних та нежуйних тварин.

Тритикале є хорошим джерелом протеїну та енергії, тому найбільш широко використовується у кормовиробництві.

Завдяки створенню високорослих сортів з міцною соломиною, високим коефіцієнтом кущення тритикале має потенціал для використання на зелений корм. Надземна біомаса використовується для випасу жуйних тварин. У цьому випадку тритикале вирощують як чисту культуру або у різних сумішах з зернобобовими.

Тритикале має високу врожайність зеленої маси та низку переваг для використання зеленої маси. Рослини тритикале мають підвищений вміст білка, особливо лізину, воно є високовуглеводною енергетично поживною культурою, що обумовлює високу поживну цінність. Швидкий весняний розвиток рослин і пізніше досягання дає можливість довшого використання зеленої маси, порівняно з житом та вівсом. Тритикале придатне до вирощування на маргінальних ґрунтах та у посушливих умовах, що розширює ареал для випасу та заготівлі зеленого корму [29].

При згодовуванні зеленої маси тритикале коровам підвищується надій молока на 14,3 %, вміст жиру в ньому – на 0,25 %. Включення зеленої маси у раціон свиней і ВРХ сприяє середньодобовому приросту тварин. Це створює можливість вивільнити з використання на зелену масу частину посівів озимої пшениці та сприяє підвищенню продуктивності тваринництва [30].

Введення до раціону свиней на дорощуванні та відгодівлі як кормової добавки зерна тритикале в кількості 0,2 кг на голову на добу сприяє ефективному використанню поживних речовин організмом тварин і підвищенню їх середньодобових приростів та конверсії корму [31].

У багатьох країнах з середземноморським або аридним кліматом на тваринницьких фермах застосовують систему подвійного використання тритикале, яке полягає у використанні рослин до фази колосіння як зелений корм та випас із послідувачим збиранням зерна після відростання. При цьому врожай зерна дещо нижчий, порівняно із зерновим використанням, внаслідок дрібного колосу, але дозволяє забезпечити тваринництво кормом протягом всього року. Сорти тритикале, придатні для подвійного призначення, повинні мати здатність до швидкого відростання, стійкість проти вилягання та толерантність до витоптування тваринами [32, 33].

Сучасні сорти тритикале дозволяють вирощувати хлібне зерно у різних умовах, у тому числі там, де виникають проблеми з посівами традиційної хлібної культури – пшениці м'якої озимої. Тому останнім часом досить перспективним напрямом селекції є створення сортів тритикале для продовольчого використання.

Біохімічні та технологічні властивості зерна і борошна сортів тритикале мають свої особливості. В Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва були створені сорти тритикале з унікальним білково-вуглеводним комплексом. Натура зерна тритикале дещо нижча в порівнянні з пшеницею, і дорівнює 650–740 г/л. Важливе значення для формування хлібопекарських властивостей має кількість і якість клейковини. Середній вміст клейковини складає 15–18 %. Вона характеризується високою пружністю (55–70 мм). Якість клейковини, як

правило, відповідає I групі: 50–70 од. ВДК. За силою борошна (50–350 од. альвеографу) тритикале озимі суттєво відрізняються і забезпечують об'ємний вихід хліба: 350–800 мл із 100 г борошна (без розпушувачів). Продовольчі сорти тритикале ярого за технологічними властивостями наближені до пшениць м'яких ярих. М'якуш хліба з борошна тритикале має жовтуватий відтінок завдяки підвищеному вмісту каротиноїдних пігментів.

Загальна хлібопекарська оцінка кращих сортів, яка крім об'ємного виходу включає оцінку зовнішньої поверхні, форми, кольору кірки, пористості, забарвлення, знаходиться на вищому рівні – 9,0 балів [34].

Із зерна тритикале можна отримати якісний солод, який характеризується високою екстракційною здатністю, коротким часом оцукрення та забезпечує специфічні органолептичні якості [35]. У сучасному пивоварінні загальноприйнятою практикою є використання додаткових злаків для зниження вартості приготування екстракту та для виробництва особливих сортів пива. Тритикале, порівняно з іншими злаками, дає можливість додавання значно більшої частки (30–50 %) не викликаючи істотних змін у складі суслу. Пиво, що містить 40% солоду тритикале, було визнано особливо цікавим з точки зору його стійкої піни, більш світлого кольору, більшого послаблення та меншої каламутності, ніж пиво, вироблене з 70% або 100% солоду тритикале. Ця формула може мати потенціал для розширення промислового виробництва [36]. За вмістом екстракту сербський сорт тритикале *Odyssey* можна використовувати як замітник солоду 60%–80 % [37].

Останнім часом все більшої актуальності набуває використання біомаси сільськогосподарських культур, як відновлюваного джерела енергії, що сприяє зменшенню парникового ефекту на планеті. Ефективним ресурсом є використання рослинних відходів, що сприяє оптимізації землекористування. У Європі тритикале вважається особливо перспективною культурою для виробництва біоетанолу та біогазу. При цьому тритикале позитивно впливає на збереження природних ресурсів: завдяки своїй розгалуженій кореневій системі воно здатне зменшувати вимивання води в ґрунті, зв'язувати схильний

до ерозії ґрунт, забезпечує хороший субстрат для перетворення рослинних решток ґрунтовими мікроорганізмами в органічний вуглець [38]. Одним з варіантів використання тритикале в енергетичній сфері є використання його на харчове або фуражне зерно, а соломи та рослинних залишків для переробки в рідке паливо (спирт) або біогаз. Урожайність соломи тритикале значно переважає (на 50–70 %) пшеницю, та складає близько 23 т/га [39]. Особливо значна перевага зеленої маси тритикале над іншими злаками проявляється в умовах середземноморського клімату та в посушливих умовах [40].

Біоетанол, вироблений з відновлюваної біомаси, є одним із екологічно чистих альтернативних джерел енергії. Тритикале має високу врожайність, а також високий вміст крохмалю та активність амілолітичних ферментів, тому вважається перспективним для виробництва біоетанолу. Сорти тритикале спирто-дистилятного напряму використання повинні бути високопродуктивними, характеризуватися високим вмістом крохмалю, підвищеним вмістом у ньому амілопектину та однорідною і дрібною структурою крохмальних гранул [41].

1.3 Вплив мінерального живлення на цінні господарські ознаки тритикале

Ґрунтово-кліматичні умови та агротехнічні заходи є ключовими факторами, які визначають біологічний потенціал тритикале озимого.

Оптимізація енергоспоживання у технологіях вирощування озимого тритикале базується на балансі між енергетичними витратами (добрива, паливо, техніка) та енергетичною цінністю отриманого врожаю. Саме мінеральні добрива (особливо азотні) складають від 37% до 64% усіх енерговитрат. Дослідження Szempliński et al. щодо вирощування озимого тритикале напівкарликового сорту Belcanto засвідчило, що найбільш енергоефективною є низькоінтенсивна технологія, незважаючи на вищу врожайність при інтенсивному підході. Оптимізація виробництва за рахунок

зниження хімізації забезпечує найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності [42].

У дослідженнях В. Jakiewicz, G. Podolska проведено комплексний аналіз впливу рівнів інтенсифікації технологій вирощування на продуктивність та якісні показники зерна польського сорту озимого тритикале Bogotka. Показано, що інтенсивна технологія забезпечує найвищу врожайність (7,56 т/га), перевищуючи стандартну на 36%. Доведено, що поєднання високих доз азотних добрив із фунгіцидним захистом є ключовим фактором реалізації генетичного потенціалу сорту, оскільки підвищує вміст сирого білка та зберігає асиміляційну поверхню рослин. Інтенсифікація забезпечує приріст продуктивного кущення, збереженість колосків та підвищує концентрацію сирого протеїну в зерні, що робить цей підхід ефективним для отримання високоякісної фуражної сировини [43].

Дослідження Єгупової Т. В., Романюка П. В. показує, що максимальна врожайність тритикале озимого (6,64–6,92 т/га) у Правобережному Лісостепу України досягається за інтенсивних технологій вирощування. Встановлено, що перехід до ресурсозберігаючих технологій знижує продуктивність до 5,36 т/га, тоді як спрощені технології обмежують її рівнем 3,65 т/га, при цьому інтенсивні методи забезпечують найвищу адаптивність до погодних стресів [44].

Дослідженнями сербських вчених Đekić V., Milovanović M., Popović V. та ін. встановлено визначальну роль комплексного мінерального удобрення у формуванні продуктивності озимого тритикале на деградованих чорноземах. Авторами доведено, що максимальна врожайність культури забезпечується за внесення збалансованих доз $N_{80}P_{60}K_{60}$. При цьому критичним фактором обмеження врожайності на кислих ґрунтах визначено дефіцит рухомого фосфору: виключення фосфорних добрив із системи живлення призводило до суттєвого недобору зерна навіть за достатнього азотного фону [45].

У дослідженні R. Gaj, D. Górski, K. Wielgusz та ін. встановлено, що застосування гібридної системи удобрення, яка поєднує традиційне ґрунтове

внесення зі специфічним позакореневим підживленням, дозволяє підвищити врожайність зерна на 14,9% навіть за умови зниження загальної норми азоту на 20–25%. Дослідники акцентують увагу на тому, що такий підхід забезпечує зростання ефективності використання азоту з 45% до 75%, що критично важливо для зменшення екологічного навантаження та підвищення рентабельності виробництва за рахунок мінімізації втрат діючої речовини [46].

Дослідження О. С. Коноваленка, О. В. Мазура та Г. В. Панциревої показали, що інтенсивна технологія (N₉₀P₉₀K₉₀ + фунгіциди/регулятори) забезпечує максимальну продуктивність сорту Амос на рівні 9,35 т/га в умовах Правобережного Лісостепу. Водночас для сортів Алкід та Раритет найбільш економічно обґрунтованою є ресурсозберігаюча технологія (N₆₀P₆₀K₆₀), а висока адаптивність культури підтверджується здатністю формувати стабільний врожай навіть за спрощеної технології (N₃₀P₃₀K₃₀) [47].

Білітюк А. П., Новицька Н. В. та Максимюк В. П. вказують на найвищу продуктивність тритикале озимого на Західному Поліссі за інтенсивної системи удобрення (N₉₀₋₁₂₀ P₆₀₋₉₀ K₉₀₋₁₂₀) та дробового внесення азоту. Встановлено, що збалансоване живлення значно підвищує якісні показники зерна (білок та клейковину), переважаючи озиму пшеницю за врожайністю на бідних ґрунтах. В умовах Західного Полісся на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах максимальну врожайність озимого тритикале сорту Поліський 7 (5,88–5,98 т/га) забезпечує інтенсивна система удобрення (N₁₂₀P₉₀K₁₂₀) із дробовим внесенням азоту за етапами органогенезу. Застосування повної норми мінеральних добрив покращує технологічні властивості зерна, підвищуючи вміст білка до 14,1–14,2% та сирової клейковини до 21,1%. Авторами доведено, що оптимізація азотного живлення є вирішальним чинником у реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів озимого тритикале. Встановлено конкретні рівні врожайності, які можна забезпечити за інтенсивної та ресурсозберігаючої систем удобрення. [48].

Дослідження О. В. Корнійчука та В. Ю. Мельничука свідчать, що високий біологічний потенціал озимого тритикале в умовах Правобережного

Лісостепу України реалізується через оптимізацію мінерального живлення ($N_{120}P_{60}K_{60}$), що забезпечує максимальну врожайність та якість зерна. Автори підкреслюють важливість диференційованого підходу до норм висіву та строків сівби, адаптованого до сортових особливостей та гідротермічних умов року для стабілізації продуктивності [49].

У дослідженнях Майстера А. А. та Майстера О. А. обґрунтовано параметри енерго- та ресурсозберігаючої технології вирощування озимого тритикале в умовах Полісся України. Пропонується оптимізація витрат через впровадження малозатратних прийомів обробітку ґрунту та раціональне використання біокліматичного потенціалу культури. Авторами встановлено, що для формування стабільної врожайності на бідних ґрунтах зони Полісся (дерново-підзолистих) оптимальною дозою мінеральних добрив є $N_{60-90}P_{60}K_{60}$. При цьому ефективнішим є роздрібнене внесення азоту: основна частина (N_{30-60}) – у ранньовесняне підживлення по мерзлоталому ґрунту (IV етап органогенезу), а решта — на початку виходу рослин у трубку. Важливим елементом технології, за визначенням є підбір сортів, адаптованих до підвищеної кислотності та низької родючості ґрунтів. Застосування інтегрованого захисту в поєднанні з регуляторами росту дозволяє мінімізувати хімічне навантаження, забезпечуючи при цьому високу енергетичну окупність витрат [50].

За результатами 40-річних досліджень тритикале озимого у монокультурі Aranyos, T. J., Lázár, L., та Vágó, I. встановили, що тритикале є однією з найбільш придатних зернових культур для монокультури на бідних ґрунтах. Вона значно краще витримує відсутність сівозміни, ніж пшениця чи кукурудза. Саме завдяки монокультурі було чітко зафіксовано, як тривале (багаторічне) внесення кальцію та магнію змінює реакцію рослин на опади. У монокультурі без вапнування ґрунт поступово деградував, що робило врожайність критично залежною від кожного дощу. Автори показали, що в умовах монокультури без добрив (контроль) врожайність стабілізувалася на дуже низькому рівні (близько 1,5–1,8 т/га), і саме в цій системі вплив

екстремальних опадів (втрата 43% врожаю) був найбільш відчутним. Дослідження показало, що азотні добрива відіграють критичну роль у стабілізації продуктивності: внесення N у дозах 90–120 кг/га дозволяє суттєво мінімізувати втрати від помірної посухи. Проте максимальний приріст врожаю та його стійкість до погодних стресів досягається лише за комплексного підходу. Найкращі результати продемонструвала схема, що поєднує помірні дози NPK (зокрема 75–80 кг/га N, 60–90 кг/га P₂O₅ та 60–90 кг/га K₂O) з обов'язковим вапнуванням (CaO) та внесенням магнію (MgO) [51].

Дослідження Gaj R. підкреслює критичну роль збалансованого фосфорно-калійного живлення (P-K) для продуктивності озимого тритикале. Максимальна врожайність залежить від оптимальних концентрацій поживних речовин у стадії цвітіння, де дефіцит калію суттєво обмежує ефективність азотних добрив [52].

Kinaci E., Gulmezoglu N. підкреслюють критичну роль цинкових добрив для стабілізації продуктивності тритикале на бідних ґрунтах у стресових умовах. У напівпосушливих умовах показало, що позакореневе підживлення значно підвищує врожайність тритикале, причому хелат цинку (Zn15) забезпечує найкращий приріст — близько 23%. Найбільшу ефективність добрива продемонстрували у найпосушливіший рік, збільшуючи кількість зерен у колосі та масу 1000 зерен завдяки покращеному забезпеченню рослин мікроелементами [53].

Дослідження Любича В. В. та Стратуци Я. С. показали, що внесення фосфору (P₂O₅) на озимиме тритикале (сорт Аякс) підвищує врожайність з 76,1 кг/га на контролі до 114,7 кг/га при внесенні N₁₂₀P₆₀K₆₀. Ключовим фактором інтенсифікації засвоєння фосфору є збалансоване азотне живлення, оскільки за однобічного внесення P₆₀K₆₀ урожайність була нижчою (84,5 кг/га) [54].

В дослідженнях Авраменка С. В. розглядається вплив мінеральних добрив як ключовий чинник реалізації генетичного потенціалу тритикале озимого сортів Ладне, Амфідиплоїд 52, Раритет в умовах Східного Лісостепу

України. Тритикале озиме, маючи потужну кореневу систему, здатне краще засвоювати поживні речовини з важкодоступних сполук ґрунту порівняно з пшеницею, проте воно гостро реагує на дефіцит азоту в критичні фази розвитку. Максимальна зернова продуктивність культури забезпечується за внесення повного мінерального добрива в дозах $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$. При цьому встановлено пряму залежність між строками сівби та нормами добрив: при пізніх строках сівби доза стартового азоту має бути збільшена для компенсації недостатнього осіннього кушення рослин [55, 56]. Особливу увагу автор приділяє весняному підживленню, класифікуючи його як стратегічний захід регенерації посівів. Для тритикале критично важливим є ранньовесняне внесення азоту по мерзлоталому ґрунту, де перевага надається аміачній селітрі завдяки її здатності працювати при низьких температурах. Дослідник також підкреслює обов'язковість поєднання азотного живлення з внесенням сірки (зокрема у формі сульфату амонію), що дозволяє підвищити коефіцієнт використання азоту та запобігти його втратам [57]. У контексті управління якістю продукції Авраменко С. В. доводить, що заходи мінерального живлення дозволяють суттєво коригувати технологічні показники зерна. Зокрема, дрібне внесення азоту, де третя частина норми (приблизно N_{30} припадає на фазу колосіння, забезпечує зростання вмісту білка на 1,5–2,0%. Разом з тим, інтенсивне азотне живлення на високих фонах (N_{90} і вище) потребує обов'язкового застосування ретардантів через схильність високорослих сортів тритикале до вилягання під вагою колосу [58].

Дослідження Г. В. Щипака доводять, що озиме тритикале є культурою з високим ступенем сортової реактивності на мінеральне живлення. Автор обґрунтовує концепцію диференційованого підходу до застосування добрив, виходячи з біологічних особливостей конкретного генотипу. Система удобрення озимого тритикале повинна бути диференційованою: для продовольчих сортів – інтенсивною з пізніми підживленнями для якості зерна, для кормових – спрямованою на максимальне нарощування вегетативної маси з ранньовесняним азотним стартом. Автор класифікує сорти за типом їхньої

інтенсивності, виділяючи групу високоінтенсивних сортів (Раритет, Юнга, Ладне), які демонструють найвищу окупність одиниці азоту – на рівні 12–15 кг зерна на 1 кг діючої речовини. Зокрема, встановлено, що для сорту Раритет оптимальним є інтенсивне живлення в дозах N₉₀₋₁₂₀, що забезпечує прибавку врожайності в межах 2,1–2,5 т/га порівняно з фоном без добрив. Особлива увага приділяється архітектоніці рослин у контексті живлення. Короткостеблові сорти інтенсивного типу Юнга та Златоуст, завдяки генетично зумовленій стійкості до вилягання, здатні ефективно освоювати високі дози азоту N₁₂₀₋₁₅₀, що дозволяє максимально реалізувати їхній потенціал продуктивності понад 7,0–8,0 т/га. Натомість для пластичних сортів (наприклад, Половецьке) автор відзначає високу адаптивність до середніх агрофонів (N₄₅₋₆₀), де вони формують стабільний урожай за рахунок високої енергії кушення та здатності ефективно вилучати важкодоступні форми фосфору з ґрунту. Пізнє підживлення у фазу колосіння сприяє кращому наливу ендосперму та підвищує вміст білка на 1,0–1,5%, що є критичним для сортів продовольчого напрямку (Раритет, Ладне). При переході до повного мінерального фону (N₉₀P₆₀K₆₀) ефективність використання азоту зростає на 25–30%. Стратегія удобрення озимого тритикале повинна базуватися на синергії між високим агрофоном та потенціалом конкретного сорту, що дозволяє не лише підвищити врожайність, а й суттєво покращити технологічні показники зерна [див. 28].

У дослідженнях Bielski S., Romanekas K., Šarauskis E. розглядається взаємодія азотного та борного удобрення як стратегічного фактора підвищення продуктивності озимого тритикале сорту Pigmej. Авторами було доведено, що азот відіграє визначальну роль у формуванні врожайності, де максимальні показники врожайності зерна забезпечувалися при внесенні азоту в нормі від 120 до 160 кг/га. При цьому встановлено, що збільшення дози понад 120 кг/га не завжди супроводжувалося статистично достовірним приростом врожаю, що свідчить про наближення до біологічного максимуму продуктивності даного сорту. Паралельне вивчення впливу бору показало, що

цей мікроелемент позитивно впливає на структуру врожаю, зокрема на густоту колостою, проте його ефективність має чітко виражений дозозалежний характер. Помірне борне підживлення сприяє кращій виповненості колосу, тоді як надмірне застосування бору в дозі 2,4 кг/га призводило до фітотоксичного ефекту, що проявлялося у зниженні маси 1000 зерен та загальної продуктивності посівів. Окрему увагу в роботі приділено впливу погодних факторів, оскільки гідротермічний коефіцієнт у період вегетації спричиняв коливання врожайності на рівні понад 50%, що вказує на необхідність корекції систем живлення залежно від конкретних кліматичних умов року. Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність поєднання високих доз азоту з оптимізованим мікроудобренням для реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів тритикале [59].

Вивчення впливу різних норм (N_0-N_{240}), періоду та кратності внесення на сорти тритикале озимого польського, німецького, естонського та американського походження показало, що для досягнення максимальної врожайності найбільш ефективним є одноразове внесення всієї норми азоту у фазу кущення. Водночас дроблення азотної дози та перенесення частини добрив на фазу появи прапорцевого листка суттєво підвищувало концентрацію сирого протеїну в зерні, хоча й не забезпечувало значного приросту врожаю порівняно з раннім внесенням. Автори зазначають, що стратегія розподілу азоту (наприклад, $N_{60}+N_{60}$) дозволяє отримувати більш стабільні врожаї зерна продовольчого та фуражного призначення з високим вмістом лізину, тоді як для використання тритикале як енергетичної культури достатньою є помірна доза азоту (до N_{60}) у ранній період. Також було виявлено, що розподіл доз азоту опосередковано впливає на число падіння через зміну структури врожаю та концентрації білка, що критично для сортів, схильних до передзбирального проростання [60].

У дослідженнях М. Jańczak-Pieniżek вивчалась реакція польських сортів озимого тритикале Meloman, Panteon та Borowik на три системи землеробства: органічну, інтегровану та інтенсивну. Встановлено, що

інтенсивна технологія, яка передбачає високі дози мінеральних добрив та повний хімічний захист, забезпечує найвищий рівень чистого фотосинтезу та продихової провідності, що безпосередньо корелює з підвищенням урожайності. Зокрема, інтенсивна система дозволила отримати врожайність на рівні 7,5–8,2 т/га, що на 35–40 % вище порівняно з органічною системою. Водночас органічне вирощування сприяло накопиченню в зерні більшої кількості мінеральних речовин (фосфору, магнію та кальцію), хоча суттєво поступалося за вмістом білка та виходом клейковини. Сорт Meloman проявив найвищу адаптивність до інтенсивних умов, тоді як сорт Panteon демонстрував стабільну, хоч і нижчу продуктивність при органічному землеробстві. Дослідження доводить, що вибір системи вирощування має базуватися на балансі між бажаною врожайністю та цільовою якістю зерна [61].

У дослідженнях Gibson L. R., Nance C. D., Karlen D. L. було проаналізовано реакцію озимого тритикале сортів NE422T та 6TA419 (США) на азотне удобрення (у дозах N_0 , N_{45} , N_{90} та N_{135}) за умови вирощування після різних попередників – кукурудзи та сої. Авторами встановлено, що врожайність зерна суттєво залежала від попередньої культури: у середньому за роки досліджень врожайність після сої була на 12–19% вищою, ніж після кукурудзи. Максимальна врожайність (5,2–5,6 т/га) після сої досягалася при внесенні N_{90} , тоді як після кукурудзи навіть найвища доза N_{135} часто не дозволяла вирівняти показники продуктивності до рівня «соєвого» фону. Крім того, вирощування після сої забезпечувало вищий вміст білка в зерні (на 0,5–1,1% більше порівняно з кукурудзою) та кращу масу 1000 зерен. Було встановлено, що завдяки кращому забезпеченню ґрунту азотом після бобових, норма внесення мінерального азоту може бути знижена на 30–45 кг/га без втрати врожайності, що підкреслює високу економічну ефективність сівозміни з соєю для озимого тритикале [62].

1.4 – Якість зерна та борошна тритикале

Якість зерна тритикале в Україні регламентується державним стандартом ДСТУ 4762:2007. Відповідно до цього стандарту, зерно поділяють на 3 класи: 1-й та 2-й використовуються для продовольчих потреб, а 3-й – для кормових і технічних цілей. Основні фізико-технологічні показники включають натуру зерна, масу 1000 зерен, вологість, склоподібність, кількість та якість клейковини [63].

Натура зерна є одним із ключових фізичних показників якості тритикале, що відображає його виповненість та об'ємну масу. Натура зерна тритикале зазвичай нижча, ніж у пшениці. Це пов'язано з морфологією зернівки — вона часто довша, менш сферична і має зморшкувату оболонку (перикарпій), що збільшує зовнішню площу поверхні та знижує щільність укладання зерен у мірному об'ємі. Показник натури вважається одним із найбільш генетично стабільних кількісних параметрів тритикале, проте він все одно суттєво залежить від умов вирощування. Посуха та високі температури під час дозрівання можуть призводити до формування щуплого зерна, що критично знижує натуру. Висока натура позитивно корелює зі вмістом крохмалю та виходом борошна чи крупи. У дослідженнях McGoverin С. М., Snyders F., Muller N. та ін. показники варіюються залежно від сорту та року, знаходяться у межах 651–751 г/л. Надмірні дози азоту на пізніх етапах можуть призвести до формування великої кількості зеленої маси, що за нестачі вологи провокує "стікання" зерна (щуплість) і, як наслідок, зниження натури. [64].

На формування натури зерна значний вплив мають погодні умови. У дослідженнях Stoyanov Н. одинадцяти сортів тритикале озимого у п'яти геолокаціях натура зерна коливалась від 674 г/л до 749 г/л, залежно від сорту. Найвищу натуру зерна мали сорти Presto, Atila, Akord, Respekt, Bumerang та Doni 52. Найбільш стабільними за цим показником були сорти Vihren, Presto, Akord та Borislav [65].

Перспективним напрямком є використання тритикале в харчовій промисловості. Завдяки широкому різноманіттю хімічних сполук у зерні тритикале, воно має великий потенціал для виробництва харчових продуктів та напоїв. Останнім часом було розроблено технології виробництва хліба, печива, макаронних та кондитерських виробів [66]. У порівнянні з пшеничним хлібом, тритикале перевищує його за поживною цінністю але поступається за органолептичною якістю. Зерно тритикале містить феноли, розчинні та нерозчинні харчові волокна з антиоксидантною активністю, вітаміни, макро- та мікроелементи, полісахариди. Особливу цінність має цільнозернове борошно тритикале [67].

Висівки є багатим джерелом фруктанів, целюлози, геміцелюлози, лігніну, β -глюкану, білку, вітамінів В і Е, мінералів, фенольних сполук та алкілризорцинолів. Ендосперм містить крохмаль, білок, целюлозу, геміцелюлозу, арабіноксилани, крохмаль, білок, вітамін В та залізо. У зародку зосереджені фруктани, лігнін, жири, вітаміни В і Е, мінеральні речовини [68]. У хлібопекарській промисловості найбільшого поширення здобули технології з використанням сумішей пшеничного та тритикалевого борошна [69]. У більшості випадків, при використанні тритикалевого борошна у чистому вигляді, тісто поступається пшеничному за технологічними та реологічними властивостями. Значного підвищення якісних показників тритикале вдалося досягти шляхом створення заміщених тритикале, у яких геноми А, В і R частково замінені на геном D м'якої пшениці. Це досягається проведенням прямих та зворотніх схрещувань між первинними та вторинними тритикале, заміщенні тритикале показують значне збільшення показника седиментації, який обумовлює міцність клейковини та покращує якість тіста [70].

Із використанням в селекції гексаплоїдних тритикале внутрішньовидової гібридизації сортозразків із контрастним типом розвитку й різною за якістю клейковиною за допомогою міжзональних випробувань популяцій, ліній і сортів створено озимі і дворучки тритикале з високими хлібопекарськими властивостями. Середньорослі сорти Раритет, Амос,

Ніканор і низькорослі сорти Тимофій, Пудік, Єлань характеризуються потенційною врожайністю 9,5—12,5 т/га, комплексним імунітетом до основних хвороб, об'ємом хліба, виготовленого без поліпшувачів, 650—800 мл за загальної хлібопекарської оцінки 9 балів [71].

Відомо, що твердість зерна впливає на такі важливі показники як вихід борошна, його вологопоглинаюча здатність, вміст крохмалю та здатність до бродіння тіста. Низький вихід борошна у тритикале здебільшого спричинений дуже м'якою текстурою ендосперму [72]. Тому досить актуальним є пошук серед генетичного різноманіття та створення тритикале з твердим ендоспермом, що є необхідною умовою для ефективності помолу та сприятиме широкому впровадженню тритикале у хлібопекарську промисловість [73].

У науковій праці Leatamborg S., Rotari S. та Gore A. наведено результати комплексної оцінки нових сортів тритикале озимого молдовської селекції Ingen 93, Ingen 35, Ingen 54 та Ingen 40, за технологічною якістю зерна. Сорти характеризувались високою масою 1000 зерен (42,8–47,4 г), при цьому максимальні показники зафіксовано у сорту Ingen 54. Натура зерна становила 702–738 г/л, що свідчить про високу щільність та виповненість зернівки навіть за мінливих гідротермічних умов. Особливу увагу в дослідженні приділено білковому комплексу як ключовому фактору кормової цінності: вміст сирого протеїну в зерні досліджуваних сортів складав 12,4–14,1 %, де вищий показник мав сорт Ingen 35. Завдяки поєднанню високої врожайності та оптимальної концентрації азотистих сполук, ці сорти забезпечують значний збір білка з одиниці площі — від 846 до 993 кг/га. Сорт Ingen 40 виявився найбільш стабільним за якісними характеристиками, що обумовлює можливість його використання у продовольчих цілях [74].

За результатами досліджень Rózewicz M., якість зерна тритикале в умовах Польщі визначається високою біологічною цінністю та специфічними фізико-хімічними властивостями, що роблять його пріоритетним для кормовиробництва. Зерно характеризується значним вмістом сирого протеїну,

що часто перевищує показники жита та ячменю, збалансованим амінокислотним складом (зокрема лізину) та високою концентрацією крохмалю, яка забезпечує значну енергетичну цінність для моногастричних тварин. Додатково відзначається стабільність технологічних параметрів (маса 1000 зерен, об'ємна вага) навіть на менш родючих ґрунтах, а також потенціал використання у кондитерській промисловості, попри певні обмеження для хлібопечення через властивості клейковини [75].

Для напівпосушливих регіонів критичним для формування високої якості зерна є поєднання інтенсивної технології з використанням стійких до засухи сортів, що дозволяє досягти стабільної природи зерна та високого вмісту білка, мінімізуючи негативний вплив кліматичних коливань. Дослідження в умовах напівпосушливого регіону Південної Румунії показало, що система вирощування має вирішальний вплив на всі господарсько-цінні ознаки. Інтенсифікація вирощування сприяла зростанню природи на 10,8%, вмісту білку на 26,7% порівняно з органічною технологією. Дефіцит опадів під час критичних фаз розвитку призводив до різкого зниження маси 1000 зерен та природи. Найбільш придатними для вирощування у напівпосушливих умовах є озимі сорти Zvelt та Tulnic [76].

За даними Jaskiewicz В. хімічний склад зерна озимого тритикале є динамічним показником, який суттєво корегується антропогенними факторами, зокрема інтенсивністю обробітку ґрунту та структурою сівозміни. Встановлено, що традиційна система обробітку, яка базується на щорічній оранці, забезпечує найсприятливіші умови для накопичення сирого білка в зерні. Це пояснюється інтенсивнішою мінералізацією органічної речовини та кращою аерацією ґрунту, що стимулює доступність сполук азоту для кореневої системи в критичні фази розвитку рослин. Натомість спрощені методи обробітку (поверхневе дискування або прямиї посів) призводять до певного зниження вмісту білка, проте сприяють стабілізації або незначному зростанню концентрації крохмалю. Вміст крохмалю є генетично більш стабільною ознакою, але його кількісне співвідношення з білком змінюється

залежно від агротехнічного фону. При застосуванні безплужного обробітку спостерігається також тенденція до накопичення мінеральних речовин (загальної золи) у верхніх шарах ґрунту, що може підвищувати зольність самого зерна порівняно з глибокою оранкою. Окрему увагу в роботі приділено ролі сівозміни. Встановлено, що вплив попередника на хімічні показники зерна є навіть вагомим, ніж безпосередній спосіб обробітку ґрунту. Найвищий вміст азотистих сполук та білка фіксується при розміщенні тритикале після бобових культур. У варіантах, де тритикале вирощувалося в зернових сівозмінах або як монокультура, спостерігалось погіршення якості зерна: зниження частки білка та погіршення виповненості зернівки [77].

У дослідженнях Желязкова О. І., Педаш О. О., Бойко О. В. та ін. встановлено, що формування продуктивності та показників якості зерна озимого тритикале в умовах Південного Степу України перебуває у прямій залежності від рівня мінерального живлення та вибору попередника. Автори зазначають, що найбільш стабільні результати забезпечує застосування повного мінерального добрива в дозі N60P60K60, що сприяє зростанню вмісту білка до 13,2–14,5% та сирі клейковини до 23–26%, що на 1,5–2,5% перевищує показники контрольних варіантів. Фізичні властивості зерна, зокрема його натура, суттєво варіюють залежно від агрофону: найвищі значення об'ємної маси (710–725 г/л) зафіксовано на варіантах із внесенням азотно-фосфорних добрив після чорного пару. Водночас на непарових попередниках (зокрема після соняшнику) спостерігається зниження натури до 670–680 г/л та зменшення маси 1000 зерен до 38–41 г через дефіцит вологи у критичні фази наливу. Дослідження сортових особливостей показало, що сорт Раритет демонструє високу адаптивність до посушливих умов регіону, зберігаючи виповненість зернівки та високий врожайний потенціал (на рівні 6,0–7,5 т/га) за рахунок потужної кореневої системи та ефективного використання залишкових запасів азоту в ґрунті [78].

Дослідженнями Любича В. В. встановлено, що формування азотовмісного складника в зерні тритикале ярого суттєво залежить від системи

живлення, зокрема від доз азотних добрив. Згідно з результатами, внесення азоту в діапазоні 30–210 кг/га д. р. забезпечує зростання вмісту білка з 13,7% до 13,8–15,4%, а сирогої клейковини — з 18,7% до 20,4–26,4%, що відповідає приросту на 9–41%. При цьому фосфорно-калійні добрива самостійно не мають значного впливу на концентрацію азотистих речовин. Під впливом азотного живлення змінюється фракційний склад білків: вміст клейковиноутворювальних фракцій підвищується з 7,9% до 10,1%. За показником індексу деформації клейковини зерно тритикале ярого оцінюється як сильне за якістю борошна. Окрім кількісного накопичення, добрива забезпечують зростання виходу білка з одиниці площі на 115–506 кг/га, що в 1,1–1,6 раза перевищує контроль. Дефіцит вологи та підвищені температури в період наливу зерна сприяють інтенсивнішому накопиченню білка (до 16,5%), проте за високих доз добрив дещо знижується індекс стабільності показників якості [79].

Дослідженнями П. В. Писаренка та В. В. Москальця обґрунтовано агроекологічну ефективність застосування мікробних препаратів у посівах тритикале озимого як інструменту цілеспрямованого впливу на кількісні параметри якості зерна. Автори зазначають, що використання біопрепаратів на основі азотфіксувальних та фосфатмобілізаційних бактерій сприяє оптимізації мікробіологічних процесів у ризосфері, що безпосередньо корелює з покращенням показників зернової продуктивності. Встановлено, що під впливом біоагентів спостерігається суттєве підвищення вмісту сирого протеїну в зерні (на 1,0–1,5 % порівняно з контролем) та поліпшення його амінокислотного складу. Також відмічається збільшення маси зерна та маси 1000 зерен, що свідчить про кращу виповненість та енергетичну цінність врожаю. Встановлено, що мікробні препарати не лише стимулюють продуктивність, а й підвищують адаптивну здатність тритикале до стресових чинників довкілля, що дозволяє стабілізувати якісні показники зерна навіть за несприятливих агрокліматичних умов. Доведено доцільність екологізації

технологій вирощування тритикале через інтеграцію біопрепаратів для отримання високоякісної кормової та продовольчої сировини [80].

Висновки до розділу 1

Тритикале озиме є перспективною та високопродуктивною культурою, яка гармонійно поєднує в собі кращі генетичні ознаки пшениці та жита. У сучасних умовах світового та вітчизняного агровиробництва тритикале виконує важливу роль стабілізуючого фактора зернового балансу, демонструючи високу адаптивність до несприятливих умов середовища, зокрема на бідних та кислих ґрунтах Полісся й Лісостепу України.

Відносно нетривала селекція тритикале призвела до чіткої диференціації сучасного сортового різноманіття за морфо-біологічними ознаками (озимі, дворучки, ярі) та напрямками використання (зерновий, кормовий та універсальний), що дозволяє ефективно використовувати біологічний потенціал культури залежно від виробничих завдань. Серед комплексу агротехнічних заходів важливим фактором реалізації генетичного потенціалу врожайності та формування цінних господарських ознак тритикале є оптимізація мінерального живлення. Раціональне застосування макроелементів, особливо азоту, виступає головним важелем керування процесами формування продуктивності рослин.

З технологічної точки зору, зерно тритикале характеризується підвищеним вмістом високоякісного білка та збалансованим амінокислотним складом (зокрема за лізином). Попри певні специфічні особливості борошна (вища пружність тіста та підвищена амілолітична активність), культура має значний потенціал для використання у хлібопекарській, кондитерській та переробній промисловості, як у чистому вигляді, так і у сумішах із пшеничним борошном, а також як високоцінна сировина для тваринництва.

РОЗДІЛ 2.

УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови проведення досліджень

Полеві дослідження проводили на полях наукової сівозміни селекційного центру Інституту рослинництва ім. В. Я. Юрєва, який розташований у східній частині лісостепу України (Харківська обл., Харківський р-н).

Клімат у зоні проведення досліджень помірно-континентальний. Середньорічна температура повітря становить + 6,7 °С. Літні місяці характеризуються досить високою температурою повітря: середня багаторічна температура в червні становить 19,1 °С, липні 21,0 °С, серпні 19,7 °С. Харків розташований на межі двох зон [81].

Ґрунт дослідного поля представлений чорноземом типовим потужним середньо гумусним на лесі. За даними аналізу він характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу (за Тюрінім) 5,8 %, рН_{KL} – 5,8, гідролітична кислотність – 3,29 мг/екв./100 г ґрунту, сума поглинутих основ – 37,4 мг/екв./100 г ґрунту. Потужний гумусовий шар чорнозему характеризується добре вираженою водостійкою зернисто-грудкуватою структурою, має сприятливі водно-повітряні властивості, в шарі 0–150 см ґрунт може утримувати до 500 мм вологи.

Клімат зони проведення досліджень – помірно-континентальний з тривалим стійким, часом посушливим і спекотним літом. Харків розташований на межі двох зон за сумою активних температур вище за 10 °С: від 2600 до 2800 °С і від 2800 до 3000 °С [82].

Погодні умови за період 2022–2024 рр. суттєво відрізнялись, що дало змогу отримати достовірні дані, провести об'єктивну оцінку на адаптивність і стабільність, а також селекційну цінність тритикале озимого (Додаток А).

Погодні умови наведені за даними декадних агрометеорологічних бюлетней Харківського регіонального центру з гідрометеорології, 2022 – 2025 рр. [83].

Вересень 2022 р. був прохолодним та дощовим. Середня температура повітря за місяць становила 12,3 °С, сума опадів – 75 мм (за середньобагаторічними даними 44,0 мм). Кількість опадів, яка випала у жовтні складала 106 мм, що на 62 мм є більшою за багаторічний рівень. У листопаді середньодобова температура повітря знижувалася до мінус 2,6 °С, та перевищувала багаторічні рівні на 2,0 °С. Кількість опадів складала 61 мм (142 % до багаторічної норми). Припинення вегетації відбулося у першій декаді листопада за фенологічної фази розвитку – двох листків. Зимовий період 2022/2023 рр. був сприятливим для оцінки озимих зернових культур за перезимівлею. У грудні середня температура повітря становила мінус 3,6 °С при кількості опадів 51,0 мм, січня – 3,1 °С та 34,2 мм відповідно, лютого – мінус 3,2 °С та сумі опадів 51,0 мм.

Весна у 2023 р. виявилась затяжною та прохолодною. Відновлення вегетації відмічено у першій декаді квітня. Середньодобова температура квітня становила 10,9 °С, сума опадів складала 50,0 мм (середньобагаторічна температура 9,6 °С, кількість опадів 35,5 мм). У травні середньодобова температура становила 15,8 °С, сума опадів 53,0 мм (середньобагаторічна 28,5 °С, сума опадів 43,7 мм). У червні та липні 2023 р. середньодобова температура повітря становила 19,5 °С та 22,0 °С, кількість опадів – 13,0 мм та 57,0 мм відповідно.

Вересень 2023 р. був теплим та посушливим. Середня температура повітря за місяць становила 17,5 °С, сума опадів – 6 мм (за середньобагаторічними даними 44,0 мм). Кількість опадів, яка випала у жовтні, складала 57 мм, що на 17,8 мм є більшою за багаторічний рівень, при середньодобовій температурі повітря 10,1 °С. У листопаді середньодобова температура повітря знижувалася до мінус 2,3 °С. Припинення вегетації відбулося у другій декаді листопада. У січні середня температура повітря становила мінус 4,1 °С при кількості опадів 36,0 мм, лютому – мінус 0,7 °С та

сумі опадів 33,0 мм. Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння (3 см) озимих культур знижувалася до мінус 1-4 °С, що значно вище за критичну температуру вимерзання озимих зернових культур.

Весна у 2024 р. виявилась прохолодною та посушливою з наявністю заморозків, що негативно позначилося на формуванні елементів продуктивності озимого тритикале. Середньодобова температура березня становила 3,9 °С при середньобагаторічній температурі мінус 0,3 °С), кількість опадів складала 10,0 мм (середньобагаторічна 28,3 мм). Середньодобова температура квітня становила 13,3 °С, сума опадів складала 4,0 мм (середньобагаторічна температура 9,6 °С, кількість опадів 35,5 мм), ГТК = 0,25. У травні середньодобова температура становила 16,5 °С, сума опадів 3,0 мм (середньобагаторічна температура 28,5 °С, сума опадів 43,7 мм). У червні та липні 2024 р. середньодобова температура повітря становила 22,3 °С та 26,0 °С, кількість опадів – 17,0 мм та 8,0 мм відповідно.

Осінній період 2024 року був посушливим – (ГТК = 0,47). Припинення відбулося у першій декаді листопада за фенологічної фази розвитку – трьох листків. У зимку 2024/2025 рр. умови для перезимівлі озимих зернових культур були сприятливими, проте диференціація за стійкістю до підмерзання листя простежувалася. У грудні середньодобова температура повітря знижувалася до мінус 0,8 °С при кількості опадів 43 мм, січня – 0,3 °С та 15,0 мм відповідно, лютого – мінус 7,5 °С та сумі опадів 25,7 мм. Відновлення вегетації в 2024 р. відмічено у першій декаді квітня. В 2025 р. весна була ранньою, відновлення вегетації відмічено в першій декаді березня. Слід зазначити, що весняний період у 2024 р. виявився прохолодним та посушливим з наявністю заморозків, що негативно позначилося на формуванні елементів продуктивності зерновими колосовими культурами. При цьому зменшувалися маса 1000 зерен, кількість зерен у колосі, виповненість зерна та його маса з колосу.

Щоб визначити сприятливість умов середовища для формування продуктивності тритикале озимого, було визначено гідротермічний коефіцієнт

(ГТК) за формулою Г.Т. Селянінова. $ГТК = R \cdot 0,1 \sum T$, (2.1) де R – сума опадів, мм; $\sum T$ – сума температур повітря вище 10°C. Градація ГТК: від 0,5 до 1,0 – засушливий або сухий період; від 1,0 до 1,5 – нормальний; понад 1,5 – вологий або надмірно вологий [84].

На основі аналізу ГТК весняно-літніх періодів за роки досліджень визначено, що весняний період 2024 р. був дуже посушливим (ГТК = 0,34), 2022 р. – посушливим (ГТК = 0,59), 2025 р. (ГТК = 1,04) – достатньо вологим та 2023 р. – надмірно зволуженим (ГТК = 1,61). Літні місяці характеризувалися значною посушливістю у 2024 р. (ГТК = 0,49), середньою посушливістю у 2025 р. (ГТК = 0,84), а також достатнім зволоженням у 2022 р. (ГТК = 1,17) та 2023 р. (ГТК = 1,23) (рис. 2.1).

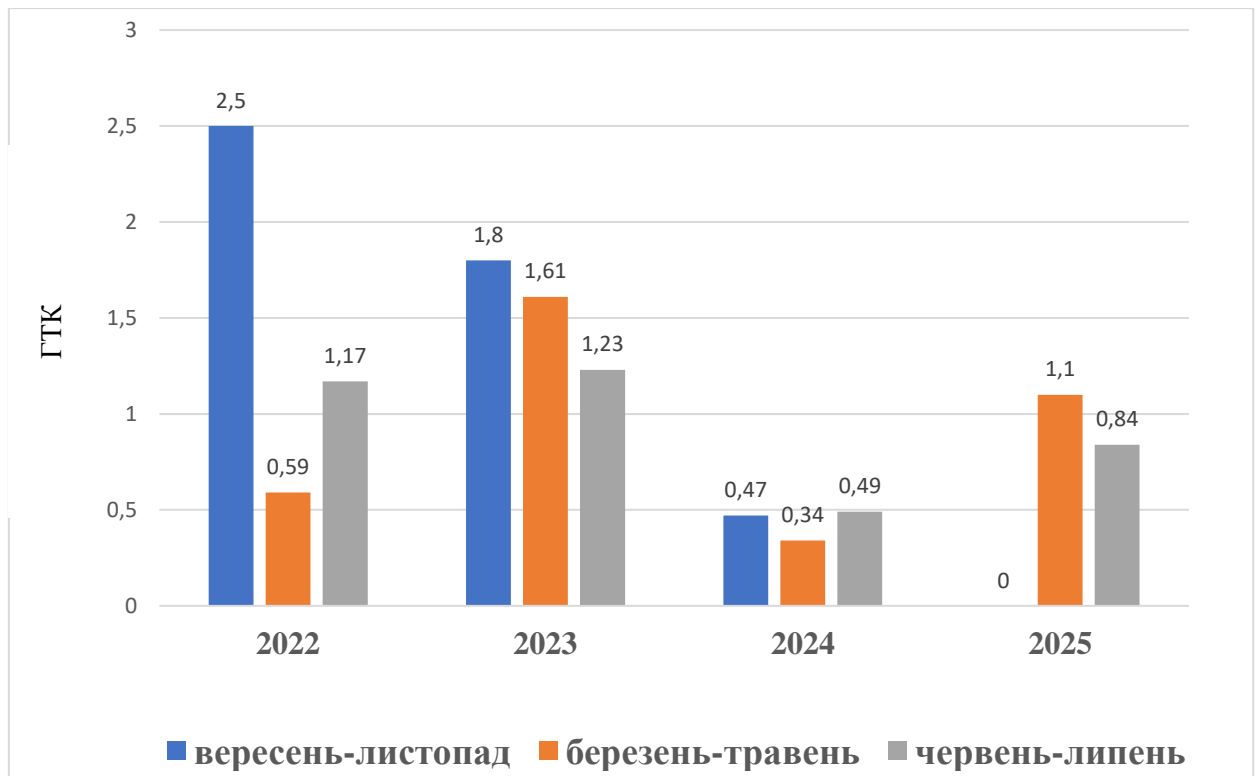


Рисунок 2.1 – Погодні умови протягом вегетації тритикале озимого, 2022–2025 рр.

У цілому, метеорологічні умови вегетаційних періодів 2022–2025 рр. дали змогу диференціювати сорти тритикале озимого та дворучок за стійкістю до біотичних та абіотичних факторів.

Досліджувані генотипи різною мірою реагували на вплив біотичних та абіотичних факторів навколишнього середовища, що позначалося на диференціації зразків.

2.2 Методика проведення досліджень

Програмою досліджень за темою дисертаційної роботи передбачалося вивчення морфо-біологічних та технологічних властивостей тритикале різних сортотипів за напрямками використання. Вивчали формування основних складових продуктивності, від яких залежить урожайність, якість зерна сучасних сортів тритикале. Для цього проводили лабораторні, польові та виробничі дослідження.

Сівбу тритикале озимого та дворучок проводили у третій декаді вересня сівалкою ССФК-7 на ділянках площею 10 м² у триразовому повторенні. Норма висіву 4,5 млн. зерен на гектар. Попередник – чистий пар.

Вивчали шість фонів живлення азотом: без добрив – як контроль, N₆₀, N₉₀, N₁₂₀, N₁₈₀ та N₂₄₀. Добрива вносили у вигляді підживлення рослин у стадії кушення аміачною селітрою (N₃₄).

Матеріалом досліджень 2022-2025 рр. слугували сорти тритикале озимого та дворучок, які створено в лабораторії селекції та генетики тритикале Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, із залученням сучасних високоадаптованих до навколишнього середовища ліній різного морфотипу. Сорти розподілялись за морфотипом:

- низькостеблові – ХАД 45, Тимофій, Трифон;
- середньостеблові – ХАД 650, Лукашевський, Златоуст – озимі, Олександра, Єлань – дворучки;
- високостеблові - Букет, Ратне, Раритет, Леонтій.

Польові оцінки проводили за методикою проведення експертизи сортів рослин зернових культур на відмінність, однорідність та стабільність [85]. За кожним варіантом азотного живлення шляхом структурного аналізу снопів

(250 рослин) визначали висоту рослин, довжину колосу та масу зерна з колосу. Урожайність зерна визначали ваговим методом з площі ділянки, у перерахунку на га.

Повний технологічний аналіз проводили в лабораторії якості зерна Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України. Склоподібність, натуру зерна, вміст білку та крохмалю в зерні, вміст сирової клейковини в борошні, якість клейковини, силу борошна, пружність, розтяжність, еластичність тіста, об'єм хліба визначали за стандартними методиками [86, 87].

Для визначення суттєвості та достовірності різниць урожайності, а також ефектів впливу факторів та їх взаємодії на формування врожайності використовували багатофакторний дисперсійний аналіз за факторами генотип, умови року, доза азоту [88].

Визначали загальну адаптивну здатність (ЗАЗ), як середню реакцію генотипу на зміну умов року та доз добрив. ЗАЗ сорту розраховується як відхилення середнього значення ознаки конкретного генотипу в певних умовах середовища від загального середнього показника по всій групі досліджуваних зразків за формулою:

$$ЗАЗ_i = \bar{X}_i - \mu, \text{ де:}$$

\bar{X}_i – середня врожайність i -го сорту за всіма роками та варіантами,

μ – загальна середня врожайність усіх досліджуваних сортів у даному досліді.

Специфічну адаптивну здатність (САЗ), яка відображає відхилення фактичного значення в конкретному середовищі від теоретично очікуваного (суми загального середнього та ефектів ЗАЗ і середовища), розраховували за формулою:

$$САЗ_{ij} = X_{ij} - (\bar{X} + ЗАЗ_i + d_i), \text{ де:}$$

X_{ij} – фактична врожайність i -го сорту в i -му середовищі,

\bar{X} – загальна середня врожайність по досліді,

$ЗАЗ_i$ – ефект загальної адаптивної здатності i -го генотипу,

d_i – ефект j -го середовища (наскільки умови певного року краші або гірші за середні).

Відносну стабільність генотипу (S_{gi}), як відношення середньої врожайності сорту в окремому варіанті до середньої врожайності всіх сортів у цьому ж варіанті визначене у відсотках, розраховували за формулою: $S_{gi} = \frac{\delta \text{CAZ}_i}{\bar{X}_i} \cdot 100 \%$, де:

δCAZ_i – середньоквадратичне відхилення специфічної адаптивної здатності i -го генотипу,

\bar{X}_i – середня врожайність i -го сорту за всіма роками та варіантами досліджень.

Пластичність сорту (b_i) визначали як реакцію генотипу на варіювання умов середовища, шляхом регресійного аналізу.

Селекційну цінність генотипу (СЦГі) – параметр, який характеризує поєднання високої продуктивності та стабільності в одному генотипі розраховували за формулою:

$\text{СЦГі} = \bar{X}_i - t \cdot \delta \text{CAZ}_i$, де t – табличне значення критерію Стьюдента для 95 % ймовірності [89].

Взаємозв'язок між морфо-біологічними ознаками, урожайністю, ознаками якості визначали за коефіцієнтом кореляції Пірсона (r).

Для оцінки ступеня мінливості кількісних ознак та визначення ступеня однорідності сортів розраховували коефіцієнт варіації (V , %), як відношення середнього квадратичного відхилення до середнього арифметичного значення за формулою:

$$V = \frac{\delta}{\bar{X}} \cdot 100 \%, \text{ де:}$$

δ – середнє квадратичне відхилення;

\bar{X} – середнє арифметичне значення.

Інтерпретацію результатів здійснювали за загальноприйнятою шкалою: при $V \leq 10\%$ мінливість вважали слабкою (сукупність однорідна), від 11% до 30% – середньою, понад 33% – сильною.

Економічну оцінку проведено за методикою О. Г. Шпичака та ін., що базується на зіставленні вартості додатково отриманої продукції з прямими та непрямыми витратами на інтенсифікацію виробництва [90]. Даний підхід дозволяє об'єктивно оцінити ефективність окремого фактору (дози азоту) в умовах наукового дослідження шляхом зіставлення додаткових витрат і вартості отриманої прибавки врожаю.

Основними критеріями оцінки виступали: вартість прибавки врожаю (Впр), додаткові витрати (Здод), умовно чистий прибуток (УЧП) та рівень рентабельності (R) інвестицій у мінеральні добрива .

Вартість прибавки врожаю (Впр) розраховувалася за формулою:

$$\text{Впр} = (\text{Ув} - \text{Ук}) \cdot \text{Ц}, \text{ де:}$$

Ув – урожайність у варіанті з добривом, т/га;

Ук – урожайність у контрольному варіанті (без добрив), т/га;

Ц – ціна реалізації 1 т зерна (7000 грн./т, прийнята на основі моніторингу ринку агропродукції України станом на сезон 2025-2026 рр.);

Сукупні додаткові витрати (Здод) пов'язані із застосуванням аміачної селітри (34,4 % N), визначалися як:

$$\text{Здод} = \text{Здоб} + \text{Звн} + \text{Ззб}, \text{ де:}$$

Здоб – вартість аміачної селітри (N34,4), грн./га (розраховано за ціною 15500 грн./т, на основі моніторингу ринку ресурсів в Україні станом на сезон 2024–2025 рр. Ціна 1 кг азоту 45,6 грн./кг);

Звн – експлуатаційні витрати техніки, грн./га (прийнято 700 грн./га, на основі технологічних карт для тритикале озимого та моніторингу ринку паливно-мастильних матеріалів станом на сезон 2024–2025 рр.);

Ззб – додаткові витрати на збирання, транспортування та доробку прибавки врожаю (прийнято 5 % від вартості прибавки).

Умовно чистий прибуток (УЧП), який відображає грошовий ефект від застосування азоту, розраховували за формулою:

$$\text{УЧП} = \text{Впр} - \text{Здод}.$$

Рівень рентабельності (R) застосування добрив (%) визначали як відношення прибутку до понесених додаткових витрат за формулою:

$$R = \frac{УЧП}{Здод} 100 \%;$$

Окупність 1 кг азоту додатковим урожаєм зерна (O) розраховували за загальноприйнятою методикою:

$$O = \frac{УВ-УК}{D}, \text{ де:}$$

D – доза внесеного азоту, кг д.р./га [91].

Розрахунки енергетичної ефективності здійснювали згідно з методикою О. К. Медведовського та П. І. Іваненка [92], де основними показниками оцінки є:

- Енергія, акумульована в урожаї (Еур, ГДж/га), яка розраховується за формулою:

$$Еур = У \cdot Ке, \text{ де}$$

У – урожайність зерна, т/га,

Ке – енергетичний еквівалент 1 т зерна тритикале озимого (15,5 ГДж/т);

- Сукупні витрати антропогенної енергії (Евит, ГДж/га): це сума енергії, що міститься у використаних ресурсах – мінеральних добривах (80 МДж/кг д.р. азоту);

- Коефіцієнт енергетичної ефективності (Кее), який розраховується за формулою:

$$Кее = \frac{Еур}{Евит}$$

Даний коефіцієнт відображає ступінь окупності витраченої техногенної енергії енергією, що накопичена в органічній масі врожаю. Технологія вважається ефективною, якщо $Кее > 1,0$.

Для математичних розрахунків використовували програмне забезпечення MS Excel.

2.3 Характеристика досліджуваного матеріалу за біологічними та господарськими властивостями

Тимофій. Сорт тритикале озимого, низькостебловий, з високими хлібопекарськими властивостями. За вегетаційним періодом середньостиглий. Висота рослин 80-95 см. Стійкість проти вилягання 9 балів. Зимостійкість підвищена (8,5 балів), посухостійкість висока (9 балів). Зерно виповнене, видовжене, маса 1000 зерен 45-48 г. Борошномельні та хлібопекарські якості зерна високі. Вміст білка в зерні – 12,3 – 14,9 %, сирової клейковини – 29-34 %. ІДК – 60 о.п., сила борошна – 210 о.а. Тісто має високі хлібопекарські властивості: пружність – 93 мм, розтяжність – 87 мм, стабільність – 15,2 хв., розрідження тіста 81 о. ф., загальна валориметрична оцінка 84 о. в. Об'єм хліба без поліпшувачів – 700 мл, загальна хлібопекарська оцінка – 9 балів. Потенційна врожайність зерна становить понад 12,0 т/га. Внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2019 р.

Трифон. Сорт тритикале озимого, низькостебловий, з підвищеними адаптивними властивостями. Висота рослин 80 – 85 см. Вегетаційний період 270 – 275 діб. Морозо-зимостійкість підвищена (8,5 балів), посухостійкість висока (9 балів). Високостійкій до хвороб (7 – 9 балів). Якість зерна хороша: вміст білку 9–13 %, клейковини 15–26 %, сила борошна 110–180 о.а., об'єм хліба 550–650 мл зі 100 мл борошна. Внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2024 р.

Лукашевський. Середньостебловий сорт тритикале озимого. Висота рослин 95–100 см. Тривалість періоду вегетації складає 259–271 діб. Морозо-зимостійкість підвищена (8 балів), посухостійкість висока (9 балів). Стійкість до хвороб підвищена (7–9 балів). Якість зерна хороша: вміст білку 12,8–15,5 %, клейковини 17,5–21,0 %. Пружність тіста 90–95 мм, розтяжність – 80–87 мм, розрідження тіста – 80 о. ф., загальна валориметрична оцінка 84 о. в. Сила борошна 205–220 о.а. Об'єм хліба 680–710 мл зі 100 мл борошна.

Загальна хлібопекарська оцінка 9 балів. Внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2023 р.

Златоуст. Сорт тритикале озимого універсального напрямку використання. Висота рослин середня (90–110 см). Вегетаційний період 278–285 діб. Морозо-зимостійкість підвищена (8,5 балів), посухостійкість висока (9 балів). Стійкість до листостеблових та сажкових хвороб висока (8–9 балів). Якість зерна хороша: вміст білку 10,0–13,5 %, клейковини 17,0–22,0 %. Сила борошна 105–170 о.а.. Об'єм хліба 500–630 мл зі 100 мл борошна. Внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2023 р.

Букет. Сорт тритикале озимого зернокармального призначення. Висота рослин 120–170 см, залежно від умов зволоження. Тривалість періоду вегетації складає 281,4–284 діб. Морозо-зимостійкість висока (9 балів), посухостійкість підвищена (8 балів). Стійкість до хвороб 7–9 балів. Якість зерна задовільна: вміст білку 11,0–14,0 %, клейковини 16,0–20,0 %. Тісто має пружність 48 мм, розтяжність 60 мм. Сила борошна 98 о.а., об'єм хліба 450 мл, загальна хлібопекарська оцінка 6,5 балів. Урожайність зерна 7,5 т/га, зеленої маси 4,1–5,5 т/га. Внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2014 р.

Ратне. Сорт тритикале озимого зернокармального призначення. Висота рослин 145–160 см, залежно від умов зволоження. Середньостиглий, довжина вегетаційного періоду 277–287 днів. Зимо-і посухостійкість сорту підвищені. Рослини переносять зимівлю краще, ніж м'яка пшениця, весною швидко відростають. Сорт стійкий до вилягання, ураження борошнистою росою, твердою сажкою, витривалий до вирощування по непарових попередниках. Урожайність зерна становить 5,0–7,0 т/га, зеленої маси – 4,1–6,5 т/га. У державному випробуванні в зоні Лісостепу урожайність зерна склала 6,92 т/га. Вміст білку в зерні 12–14%, сирої клейковини II–III групи – 22–28%. Якість тіста задовільна: пружність 48 мм, розтяжність 55 мм. Об'єм хліба 380–450 мл, загальна хлібопекарська оцінка 5,5 балів. Внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2003 р.

Раритет. Сорт тритикале озимого зернового призначення з високими хлібопекарськими властивостями. Висота рослин 110–150 см, залежно від умов зволоження. Середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 275–285 діб, Зимостійкість підвищена (7,5–8,0 балів). Високостійкий до посухи та хвороб. Потенційна урожайність зерна понад 9,0 т/га. Борошномельні, хлібопекарські і змішувальні властивості відмінні. Борошно жовтого кольору, семоліноподібне, з високим виходом (78–85 %). Вміст білку в зерні 11,8–15,5 %, клейковини в борошні 18,8 %, показник ВДК 49,2 о. п., сила борошна 194 о. а., пружність тіста 71,4 мм, розтяжність – 74,4 мм, стабільність – 9,1 хв., розрідження – 8,7 о.ф., загальна валориметрична оцінка – 74 о.в. Об'єм хліба при його виготовленні без поліпшувачів 530–650 мл зі 100 мл борошна, загальна хлібопекарська оцінка 9,0 балів. Внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2008 р.

Леонтій. Сорт тритикале озимого зернокормового призначення. Висота рослин 120–140 см. Тривалість періоду вегетації складає 276–278 діб. Морозозимостійкість висока (9 балів), стійкість до посухи 8 балів. Високостійкий до листостеблових та сажкових хвороб (8–9 балів). Якість зерна задовільна: вміст білку 12,3–14,1 %, клейковини 19,0–26,0 %. Сила борошна 90 о.а. Якість тіста низька: пружність 46 мм, розтяжність 54 мм. Придатний для виготовлення хліба за житньою технологією. Урожайність зерна 5,5–7,5 т/га, зеленої маси – 3,2–5,3 т/га. Внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2020 р.

Олександра. Перший в Україні сорт альтернативного типу розвитку (дворучка), зерновий, універсального призначення. Висота рослин 85–90 см. Вегетаційний період 85–90 діб за весняного висіву, 270–278 діб – за осіннього висіву. Потенційна врожайність зерна за осіннього висіву понад 12 т/га, весняного – понад 7 т/га. Морозозимостійкість вище середньої (7,5 балів), посухостійкість висока (9 балів), стійкість до хвороб висока (8–9 балів). Якість зерна висока: вміст білку 12,8–15,1 %, вміст клейковини 18,0–28,0 %. Сила борошна 196–230 о.а., пружність тіста 85 мм, розтяжність – 76 мм, стабільність 12,3 хв., розрідження – 90 о.ф., загальна валориметрична оцінка 79 о.в. Об'єм

хліба 650–730 мл зі 100 мл борошна. Хлібопекарські властивості високі. Загальна хлібопекарська оцінка 8,6 балів. Внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2020 р.

Слань. Сорт тритикале альтернативного типу розвитку (дворучка) хлібопекарського, фуражного та технічного використання. Висота рослин 97–114 см. Тривалість періоду вегетації за осіннього висіву складає 275–278 діб. Морозо-зимостійкість вище середньої (7,5 балів), посухостійкість висока (9 балів), стійкість до листостеблових та сажкових хвороб висока (7–9 балів). Якість зерна висока: вміст білку 11,0–13,5 %, вміст клейковини 18,0–28,0 %, сила борошна – 180–240 о.а., пружність тіста 80–90 мм, розтяжність – 70–80 мм, розрідження – 60–75 о.ф., загальна валориметрична оцінка 86 о.в. Об'єм хліба 710–850 мл зі 100 мл борошна. Загальна хлібопекарська оцінка 9 балів. Внесений до Державного реєстру сортів рослин України як озимий сорт у 2020 р.[93, 94].

ХАД 650. Селекційна лінія тритикале озимого типу розвитку. Висота рослин 80–95 см. Вегетаційний період 275–290 діб. Зимостійкість висока (9 балів), посухостійкість підвищена (8 балів). Потенційна врожайність зерна понад 12 т/га. Хлібопекарські властивості високі. Якість зерна висока: вміст білку 13,5–15,5 %. Тісто має пружність 90 мм, розтяжність 87 мм, стабільність 15,2 хв., розрідження 80 о.ф., загальна валориметрична оцінка 85 о.в. Сила борошна 205 – 220 о.а. Об'єм хліба 650–730 мл. Загальна хлібопекарська оцінка 9 балів.

ХАД 45. Селекційна лінія тритикале озимого типу розвитку. Висота рослин 80–90 см. Вегетаційний період 280–285 діб. Зимостійкість висока (9 балів), посухостійкість підвищена (8 балів). Потенційна врожайність зерна понад 12 т/га. Хлібопекарські властивості високі. Якість зерна висока: вміст білку 13,0–14,5 %. Тісто має пружність 85 мм, розтяжність 76 мм. Сила борошна 180–200 о.а. Об'єм хліба 600–650 мл, загальна хлібопекарська оцінка 9 балів [95].

Висновки до розділу 2

Погодні умови протягом вегетаційного періоду тритикале озимого та дворучок у 2022 – 2025 рр. значно різнились за температурою повітря та кількістю опадів, що дозволило оцінити стабільність прояву досліджуваних властивостей під впливом умов середовища.

Досліджуваний матеріал різниться за морфо-біологічними, господарськими властивостями та за напрямком використання.

Методики, що використані для досліджень є загальноприйнятими і дозволяють провести об'єктивну оцінку досліджуваних властивостей.

РОЗДІЛ 3

МІНЛИВІСТЬ ОСНОВНИХ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК У СОРТІВ І ЛІНІЙ ТРИТИКАЛЕ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ РОКУ ТА ДОЗ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ

3.1 Мінливість висоти рослин у сортів і ліній тритикале під впливом абіотичних факторів середовища

Висота рослин тритикале не є сталим показником і залежить від поєднання генетичних особливостей сорту та умов вирощування. На формування висоти впливають такі ключові фактори, як генетичні особливості сорту, кліматичні та погодні умови, мінеральне живлення та агротехніка. У посушливі роки висота рослин значно зменшується через дефіцит вологи в період інтенсивного росту вегетативної маси. Тепло стимулює ріст, покращуючи засвоєння поживних речовин, тоді як різкі коливання температур можуть гальмувати розвиток стебла. Внесення азоту значно збільшує висоту рослин, але надлишок може призвести до вилягання [96].

Серед групи короткостеблових озимих сортів Тимофій, Трифон та лінії ХАД 45 середня висота рослин за роками та за дозами азотного живлення становила від 82 см до 87 см, залежно від сорту. Найменшу висоту мала лінія ХАД 45, а найбільшу сорт Тимофій (табл. 3.1).

У лінії ХАД 45 спостерігалось значне збільшення висоти рослин при внесенні азотних добрив. Особливо це помітно за посушливих умов 2023-2024 рр. Порівняно з контролем – без добрив, у 2023 р. висота рослин збільшувалась на 14–29 см. Найбільший показник висоти рослин відмічався при дозі N120 (93 см). У 2024 р. різниця між контрольним варіантом (65 см) та варіантами з різними дозами азотних добрив становила 4–22 см. Найбільшу висоту формували рослини при дозі N₂₄₀ (87 см). У 2025 р. висота рослин у контролі становила 71 см, а при внесенні азоту збільшувалась на 5–12 см. Більшу висоту рослини мали при дозі N₁₈₀ (97 см). У цілому, під впливом умов

року та різних доз азотних добрив, лінія ХАД 45 мала середній ступінь мінливості висоти рослин (коефіцієнт варіації $V = 13\%$).

Таблиця 3.1

Висота рослин короткостеблових сортів тритикале озимого, см,
2023–2025 рр.

Сорт, лінія	Доза азоту	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє	V, %
ХАД 45	контроль	64	65	85	71	13
	N 60	78	69	90	81*	
	N 90	78	77	93	83*	
	N 120	93	78	92	88*	
	N 180	86	79	97	88*	
	N 240	86	87	93	82*	
Середнє		82	72	92	82	–
Тимофій	контроль	79	82	87	83	7
	N 60	85	83	84	84	
	N 90	87	89	88	88*	
	N 120	80	88	92	87*	
	N 180	79	79	97	85*	
	N 240	78	84	100	87*	
Середнє		81	84	91	86	–
Трифон	контроль	68	69	100	79	10
	N 60	80	83	90	84*	
	N 90	88	82	105	92*	
	N 120	84	84	90	86*	
	N 180	88	86	89	87*	
	N 240	79	86	90	85*	
Середнє		81	82	94	86	–
НІР _{0,5}	загальна				1,73	–
	фактор сорт				0,41	–
	фактор рік				0,20	–
	фактор добрива				0,29	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

У сорту Тимофій середня за варіантами висота рослин коливалась від 81 см до 91 см, залежно від умов року. У середньому за роками висота рослин без внесення азотних добрив становила 83 см. Істотне підвищення висоти рослин спостерігалось у всіх варіантах. Більший вплив мали дози N_{90} (88 см), N_{120} (87 см) та N_{240} (87 см). Сорт Тимофій проявив високу стабільність висоти рослин за різних умов вирощування ($V = 7\%$).

Середня висота рослин сорту Трифон становила 86 см з коливанням за роками від 81 см (2023 р.) до 94 см (2025 р.). У середньому за роками у контрольному варіанті без добрив висота рослин становила 79 см. Істотне підвищення висоти рослин відбувалось за усіх варіантів внесення азотних добрив. Порівняно з контролем, висота рослин збільшувалась на 5–13 см. Найбільшу висоту рослини формували у варіанті N_{90} (109 см). Мінливість висоти рослин за різних умов року та доз добрив низька ($V=10\%$).

Серед групи середньостеблових сортів тритикале озимого – Лукашевський, ХАД 650, Златоуст та дворучок Олександра, Єлань середня висота рослин за роками та за дозами азотного живлення становила від 87 см до 99 см, залежно від сорту. Найменшу висоту мав сорт Лукашевський, а найбільшу – дворучка Єлань (табл. 3.2).

Сорт Лукашевський проявив найвищу стабільність за висотою рослин ($V = 4\%$). Коливання висоти рослин за роками становило від 85 см у 2024 р. до 92 см у 2025 р. Залежно від дози азотних добрив висота рослин коливалась від 87 см до 91 см. У контрольному варіанті без добрив висота рослин становила 89 см. Достовірної різниці між контролем та варіантами різних доз азотних добрив не виявлено.

У лінії ХАД 650 висота рослин істотно збільшувалась при кращих умовах року. У посушливих 2023–2024 рр. середня висота рослин за всіма варіантами добрив становила відповідно 89 см та 88 см. В умовах оптимального зволоження 2025 р. висота рослин становила 99 см.

Висота рослин середньостеблових сортів тритикале, см,
2023–2025 рр.

Сорт, лінія	Доза азоту	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє	V, %
Лукашевський	контроль	88	84	94	89	4
	N 60	91	88	90	90	
	N 90	90	87	97	91*	
	N 120	91	87	90	89	
	N 180	90	81	90	87	
	N 240	91	81	90	87	
Середнє		90	85	92	89	–
ХАД 650	контроль	90	86	93	90	6
	N 60	88	84	100	91	
	N 90	90	90	99	93*	
	N 120	90	90	100	93*	
	N 180	88	88	103	93*	
	N 240	91	91	100	94*	
Середнє		89	88	99	92	–
Златоуст	контроль	72	83	110	88	12
	N 60	81	79	100	86	
	N 90	99	89	105	98*	
	N 120	96	86	109	97*	
	N 180	90	84	107	94*	
	N 240	87	86	103	92*	
Середнє		87	84	106	92	–
Олександра (дворучка)	контроль	82	86	98	89	8
	N 60	89	89	104	94	
	N 90	87	88	98	91*	
	N 120	88	89	107	95*	
	N 180	85	81	98	88	
	N 240	85	87	95	89	
Середнє		87	87	100	91	–
Єлань (дворучка)	контроль	80	90	105	92	12
	N 60	89	87	106	94*	
	N 90	103	87	110	100*	
	N 120	100	87	118	102*	
	N 180	105	94	120	106*	
	N 240	99	90	115	101*	
Середнє		96	89	112	99	–
НІР _{0,5}	загальна				1,73	–
	фактор сорт				0,41	–
	фактор рік				0,20	–
	фактор добрива				0,29	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

Вплив внесення різних доз азотних добрив був менш значним. У контрольному варіанті без добрив середня висота рослин за роками становила 90 см. Істотна різниця висоти рослин, порівняно з контролем спостерігалась при дозі N_{90} , та вище. У цих варіантах висота рослин перевищувала контроль на 3–4 см. Найвищу висоту рослини мали у варіанті N_{240} (94 см). Лінія ХАД 650 є досить стабільною за ознакою висота рослин. За різних умов років та різних дозах добрив проявляв низький ступінь мінливості (6 %).

Сорт Златоуст в середньому за різних доз азоту формував висоту від 84 см у посушливому 2024 р. до 106 см у задовільних за зволоженням умовах 2025 р. У середньому за роками досліджень у контрольному варіанті без внесення добрив висота рослин становила 88 см. Достовірне підвищення висоти рослин спостерігалось за доз N_{90} і вище. Найбільшу висоту рослини формували у варіантах N_{90} та N_{120} (відповідно 98 см та 97 см, що перевищує контроль на 10 см та 11 см). Сорт Златоуст має середній рівень варіювання ознаки висота рослин за різних умов вирощування ($V=12\%$).

Сорт дворучка Олександра в середньому за різних доз добрив формував висоту рослин від 87 см у 2023 р. та 2024 р. до 100 см у 2025 р. У середньому за роками досліджень у контрольному варіанті без добрив рослини формували висоту 89 см. Спостерігалось достовірне підвищення висоти рослин за варіантів внесення азоту N_{60} та N_{120} (відповідно на 5 см та 6 см, порівняно з контролем). Найвищу висоту мали рослини у варіанті N_{120} (95 см). Сорт Олександра має високу стабільність прояву ознаки висота рослин, про що свідчить низький рівень мінливості за різних умов ($V=8\%$).

Висота рослин сорту Єлань залежно від умов року коливалась від 89 см до 112 см. У середньому за роками досліджень висота рослин у контрольному варіанті без добрив становила 92 см. Достовірне підвищення висоти рослин спостерігалось у всіх варіантах доз азоту. Більшу висоту рослини формували при дозі N_{180} (106 см), що перевищує контроль на 14 см. Висота рослин у сорту Єлань має середній рівень мінливості під впливом абіотичних факторів (коефіцієнт варіації $V = 12\%$).

Серед групи високостеблових озимих сортів Букет, Ратне, Раритет та Леонтій висота рослин, в середньому за всіма варіантами доз азоту, коливалася від 104 см у сорту Букет до 112 см у сорту Ратне (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Висота рослин високостеблових сортів тритикале озимого, см,
2023–2025 рр.

Сорт	Доза азоту	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє	V, %
Букет	контроль	102	100	104	102	6
	N 60	106	102	108	105*	
	N 90	106	104	109	106*	
	N 120	102	99	107	102	
	N 180	104	101	110	105*	
	N 240	98	95	125	106*	
Середнє		103	100	111	104	–
Ратне	контроль	113	109	117	113	7
	N 60	116	113	127	119*	
	N 90	112	108	110	110	
	N 120	113	109	122	115*	
	N 180	103	100	118	107	
	N 240	104	100	125	110	
Середнє		110	107	120	112	–
Раритет	контроль	86	90	125	100	11
	N 60	109	104	117	110*	
	N 90	102	105	116	108*	
	N 120	102	103	123	109*	
	N 180	103	96	124	108*	
	N 240	103	102	124	110*	
Середнє		101	100	122	107	–
Леонтій	контроль	90	85	127	101	11
	N 60	98	94	123	105*	
	N 90	110	106	120	112*	
	N 120	108	103	121	111*	
	N 180	106	97	127	110*	
	N 240	109	106	126	113*	
Середнє		103	98	124	109	–
НІР _{0,5}	загальна				1,73	–
	фактор сорт				0,41	–
	фактор рік				0,20	–
	фактор добрива				0,29	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

Сорт Букет мав середню висоту рослин за роками та дозами азоту 104 см. Коливання висоти рослин по роках досліджень від 100 см у 2024 р. до 111 см у 2025 р. У цього сорту спостерігалось незначне, але достовірне підвищення висоти рослин при дозах азоту N_{60} , N_{180} – на 3 см та N_{90} , N_{240} – на 4 см, порівняно з контролем. У цілому, сорт Букет має високу стабільність висоти рослин за різних умов ($V=6\%$). Висота рослин за найбільш посушливих умов року та вологих, а також без внесення добрив та найбільш впливовою дозою N_{240} змінювалась лише на 4 см.

У сорту Ратне висота рослин у посушливих 2023–2024 рр. становила відповідно 110 см та 107 см. У сприятливому за зволоженням 2025 р. висота рослин становила 120 см. У середньому за роками досліджень залежно від дози азотних добрив висота рослин коливалась від 107 см до 119 см. У контрольному варіанті без добрив висота рослин становила 113 см. Найбільше підвищення висоти спостерігалось у варіанті з дозою N_{60} (119 см), що перевищує контроль на 5 см. У цілому, за різних умов року та різних дозах добрив сорт має стабільний прояв ознаки висота рослин, про що свідчить низький рівень коефіцієнту варіації ($V=7\%$).

Сорт Раритет значно реагував на зміну умов року. У посушливих умовах 2023–2024 рр. висота рослин становила відповідно 101 см та 100 см, а за оптимальних умов зволоження 2025 р. висота рослин збільшувалась до 122 см. У середньому за роками без внесення добрив рослини формували висоту 100 см. Внесення азотних добрив підвищувало висоту рослин на 8–10 см. Найбільшу висоту рослини формували при дозі азоту N_{60} (120 см). Сорт Раритет має середній ступінь варіювання ознаки висота рослин під впливом умов вирощування ($V=11\%$).

У сорту Леонтій середня висота рослин залежно від умов року коливалась від 98 см у посушливих умовах 2024 р. до 124 см у 2025 р. Внесення азотних добрив суттєво впливало на підвищення висоти рослин за всіма варіантами. Порівняно з контролем без добрив висота рослин підвищувалась на 4–12 см. Найбільша висота рослин спостерігалась за дози

N_{240} (113 см). Сорт Леонтій має середній рівень мінливості цієї ознаки ($V=11\%$).

За результатами багатофакторного дисперсійного аналізу, було визначено частки впливу різних факторів та їх взаємодії на загальну мінливість висоти рослин. Усі досліджувані фактори та їх взаємодія мали достовірно значущий вплив на формування ознаки. Найбільший внесок у загальну мінливість забезпечують фактори генотип сорту – 54 % від загальної мінливості та умови року – 26 % від загальної мінливості (рис. 3.1.).

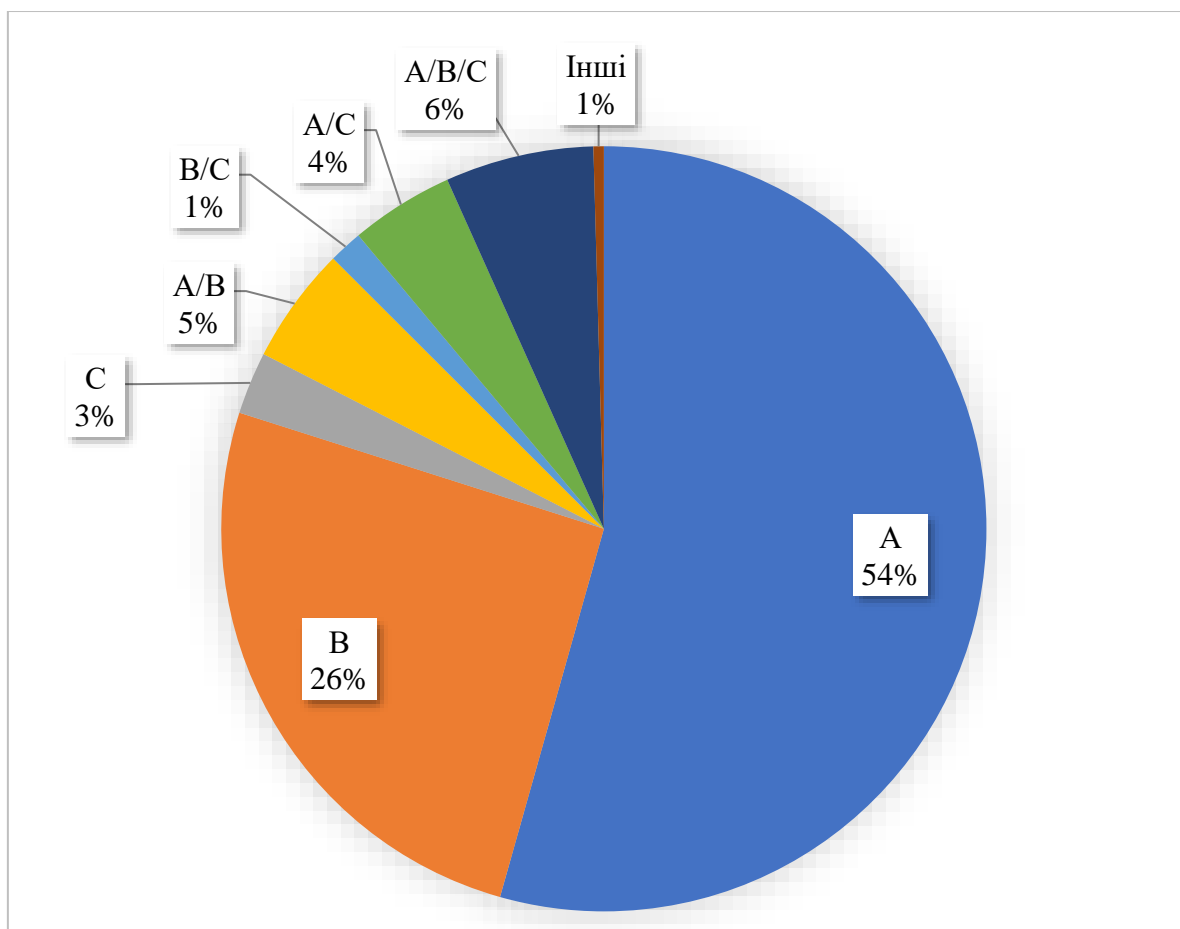


Рисунок 3.1. Частка впливу факторів на мінливість висоти рослин тритикале, де А – фактор генотип, В – фактор умови року, С – фактор доза азоту, А/В - взаємодія генотип/умови року, В/С - взаємодія умови року/доза азоту, А/С - взаємодія генотип/доза азоту, А/В/С – взаємодія всіх факторів.

Інші фактори та їх взаємодія мали менший вплив на формування ознаки – 3–6 % від загальної мінливості.

За результатами оцінки висоти рослин, яку формують сорти тритикале озимого та дворучок різних груп високорослості, було встановлено вплив умов середовища та внесення азоту на мінливість цієї ознаки. Усі сорти проявляли істотне зменшення висоти рослин за посушливих умов. У цілому спостерігається збільшення висоти рослин при внесенні азотних добрив. Але сорти мають різну реакцію на дозу азоту. У зразків Тимофій, ХАД 650, Златоуст та Єлань була відсутня достовірна різниця при внесенні азоту у дозі N_{60} , а достовірно висота підвищувалась при більших дозах. У всіх інших досліджуваних сортів достовірно збільшення висоти спостерігалось вже при внесенні мінімальної у досліді дози N_{60} .

Відомо, що надмірна висота рослин часто може призводити до вилягання посівів. Серед досліджуваних сортів підвищення висоти не набувало критичних значень, які призводили до вилягання. Навіть серед групи високостеблових максимальна висота рослин, обумовлена внесенням азотних добрив, не перевищувала 120 см. Це може бути пов'язане з посухою у період вегетації до фази колосіння. Мінливість висоти рослин під впливом погодних умов року та дози азоту була низькою ($V = 4-8 \%$) або середньою ($V = 11-13 \%$) залежно від сорту. Найбільш стабільними за висотою рослин в різних умовах були озимі сорти Тимофій, ХАД 650, Букет, Ратне та дворучка Олександра з коефіцієнтом варіації 6–8 %. Ці сорти можна вирощувати з використанням широкого діапазону доз азотного живлення з мінімальним ризиком вилягання в умовах недостатнього зволоження.

3.2 Мінливість довжини колосу у сортів і ліній тритикале під впливом абіотичних факторів середовища

Довжина колосу тритикале – важливий елемент структури врожаю, який може впливати на потенційну продуктивність рослини. Формування

довжини колосу переважно обумовлюється генетичними особливостями та умовами навколишнього середовища. В дослідженнях, проведених за контрастних погодних умов, було оцінено мінливість ознаки довжина колосу у різних сортів тритикале.

Серед короткостеблових зразків ХАД 45, Тимофій та Трифон відмічалась різна реакція на зміну умов року та збільшення доз азоту (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Довжина колосу короткостеблових сортів тритикале озимого, см,
2023–2025 рр.

Сорт	Доза азоту	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє	V, %
ХАД 45	контроль	8,5	9,4	10,0	9,3	13
	N 60	9,3	7,4	12,0	9,6	
	N 90	8,9	9,6	13,0	10,5*	
	N 120	10,8	11,0	11,0	10,9*	
	N 180	9,6	9,6	10,0	9,7	
	N 240	10,4	10,4	12,0	10,9*	
Середнє		9,6	9,6	11,3	10,2	–
Тимофій	контроль	10,7	9,7	10,2	10,2	6
	N 60	10,6	9,6	10,1	10,1	
	N 90	9,9	8,9	9,4	9,4	
	N 120	10,4	9,4	9,9	9,9	
	N 180	11,2	10,2	10,7	10,7*	
	N 240	11,2	10,5	10,5	10,7*	
Середнє		10,6	9,6	10,1	10,1	–
Трифон	контроль	11,0	11,0	11,0	11,0	4
	N 60	11,4	11,4	11,4	11,4	
	N 90	11,5	11,1	11,3	11,3	
	N 120	10,5	10,5	10,5	10,5	
	N 180	12,1	11,4	11,8	11,8*	
	N 240	11,5	10,2	10,9	10,9	
Середнє		11,3	10,9	11,1	11,1	11,1
НІР _{0,5}	загальна				0,48	–
	фактор сорт				0,11	–
	фактор рік				0,06	–
	фактор добрива				0,08	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

Лінія ХАД 45 у посушливих умовах 2023 – 2024 рр. у середньому за всіх варіантів доз азоту формувала колос довжиною 9,3 см. В умовах достатнього зволоження 2025 р. без добрив довжина колосу збільшувалась до 10,0 см. За реакцією на внесення азотних добрив у лінії ХАД 45 було відмічено максимальну довжину колосу у варіантах N₁₂₀ та N₂₄₀ (10,9 см), що достовірно перевищувало контроль без добрив на 1,6 см.

У сорту Тимофій довжина колосу була найбільшою у посушливому 2023 р. (10,6 см), а найнижчою – у посушливих умовах 2024 р. (9,6 см). Подібна реакція на умови року була й у сорту Трифон, який формував найдовший колос у 2023 р. (11,3 см), а найкоротший у 2024 р. (10,9 см). Відмінності реакції сортів на умови року за ознакою довжина колосу можна пояснити різною тривалістю періодів сходи-вихід у трубку. Оскільки серед абіотичних чинників особливий вплив на формування довжини колосу має вологозабезпечення рослин у фазі виходу в трубку. Формування довгого колосу сортами Трифон і Тимофій пов'язане з оптимальним співпаданням фази виходу в трубку з більшим вологозабезпеченням в цей період, хоча в цілому умови року були дуже посушливими.

Сорт Тимофій мав вищу довжину колосу у варіантах N₁₈₀ та N₂₄₀ (10,7 см). Сорт Трифон формував довший колос у варіанті N₁₈₀, що достовірно перевищувало контроль (11,0 см). Сорти Трифон та Тимофій проявили високу стабільність ознаки довжина колосу за коефіцієнтами варіації (відповідно V = 6 % та 4 %).

Серед групи середньостеблових сортів у середньому за роками та варіантами доз азоту найвищий показник довжини колосу мав сорт Єлань (11,8 см). У сприятливих умовах з використанням азоту довжина колосу у цього сорту досягала 13 см. По роках досліджень в середньому за варіантами добрив сорт Єлань мав довжину колосу від 11,1 см у 2024 р. до 12,5 см у 2025 р. В середньому за роками довший колос формувався у варіанті N₉₀ (12,5 см), що достовірно перевищує контроль на 1,3 см. Також достовірно перевищення

контролю спостерігалось у варіантах N₁₈₀ (12,4 см) та N₂₄₀ (12,1 см). Сорт Єлань проявив високу стабільність ознаки довжина колосу (V = 8 %) (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Довжина колосу середньостеблових сортів тритикале озимого, см,
2023–2025 рр.

Сорт	Доза азоту	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє	V, %
Лукашевський	контроль	10,2	9,2	10,0	9,8	11
	N 60	9,4	8,4	12,0	9,9	
	N 90	10,8	9,8	11,0	10,5*	
	N 120	10,3	9,3	12,0	10,5*	
	N 180	10,6	9,6	12,0	10,7*	
	N 240	10,3	9,3	12,0	10,5*	
Середнє		10,2	9,2	10,0	9,8	–
ХАД 650	контроль	9,7	8,7	11,0	10,4	11
	N 60	11,0	10,0	9,0	9,8	
	N 90	11,6	10,6	11,0	9,9	
	N 120	10,4	9,4	12,0	10,5	
	N 180	9,7	8,7	13,0	10,5	
	N 240	11,0	10,0	10,0	10,7	
Середнє		10,6	9,6	11,0	10,5	–
Златоуст	контроль	10,6	9,6	10,1	10,1	4
	N 60	10,4	9,4	9,9	9,9	
	N 90	10,3	10,3	10,3	10,3	
	N 120	10,4	10,4	10,4	10,4	
	N 180	10,5	10,5	10,5	10,5	
	N 240	10,8	10,8	10,8	10,8*	
Середнє		10,5	10,2	10,3	10,3	–
Єлань (дворучка)	контроль	10,7	11,0	12,0	11,2	8
	N 60	11,4	10,4	13,0	11,6	
	N 90	12,8	12,8	12,0	12,5*	
	N 120	10,8	9,8	12,0	10,9	
	N 180	12,7	11,7	13,0	12,4*	
	N 240	12,1	11,1	13,0	12,1*	
Середнє		11,7	11,1	12,5	11,8	–
НІР _{0,5}	загальна				0,48	–
	фактор сорт				0,11	–
	фактор рік				0,06	–
	фактор добрива				0,08	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

У сорту Лукашевський середня довжина колосу за роками та варіантами становила 10,5 см. Коливання цієї ознаки за роками досліджень були несуттєвими: від 9,2 см у 2024 р. до 10,2 см у 2023 р. У середньому за роками досліджень у контрольному варіанті без добрив довжина колосу становила 9,8 см. Достовірно значуще підвищення довжини колосу спостерігалось у варіантах N₉₀₋₂₄₀ (10,5–10,7 см). Сорт Лукашевський проявив середній рівень варіювання довжини колосу ($V = 11 \%$).

Лінія ХАД 650 за роками досліджень формувала довжину колосу від 9,6 см у 2024 р. до 11,0 см у 2025 р. У середньому за роками досліджень вищі показники довжини колосу відмічались у варіантах N₁₂₀ (10,5 см), N₁₈₀ (10,5 см) та N₂₄₀ (10,7 см) з неістотним перевищенням контролю (10,4 см). Сорт ХАД 650 має середній рівень мінливості довжини колосу під впливом умов вирощування ($V = 11 \%$).

Сорт Златоуст проявив дуже високу стабільність довжини колосу як за роками досліджень так і за варіантами азотного живлення. Середня довжина колосу по роках досліджень становила 10,3 см з неістотним коливанням від 10,2 см у 2024 р. до 10,5 см у 2023 р. Серед усіх досліджуваних варіантів доз азоту лише у варіанті N₁₂₀ відбувалось достовірне перевищення контролю (на 0,7 см), хоча спостерігалась тенденція до незначного збільшення довжини колосу при збільшенні дози азоту. Коефіцієнт варіації становив 4%. Низький рівень мінливості при значно відмінних умовах років та азотного живлення може свідчити про високу частку впливу генетичної складової.

Серед сортів групи високостеблових найвищий показник довжини колосу в середньому за роками досліджень та варіантами азотних добрив формував сорт Ратне (11,2 см). Коливання по роках становило від 10,8 см у 2025 р. до 11,9 см у 2023 р. В середньому за роками досліджень у контрольному варіанті без добрив довжина колосу становила 11,3 см. Неістотно вищу довжину колосу сорт формував у варіанті N₉₀ (11,9 см). Сорт Ратне проявив досить високу стабільність за ознакою довжина колосу ($V = 6 \%$) (табл. 3.6).

Довжина колосу високостеблових сортів тритикале озимого, см,
2023–2025 рр.

Сорт	Доза азоту	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє	V, %
Букет	контроль	10,7	9,7	12,0	10,8	6
	N 60	10,4	9,4	9,0	9,6	
	N 90	11,4	10,4	11,0	10,9	
	N 120	10,9	9,9	10,0	10,3	
	N 180	10,1	9,1	11,0	10,1	
	N 240	9,8	8,8	11,0	10,5	
Середнє		10,6	9,6	9,0	9,7	–
Ратне	контроль	11,9	10,9	11,0	11,3	6
	N 60	11,7	10,7	11,0	11,1	
	N 90	12,3	11,3	12,0	11,9	
	N 120	12,1	11,1	10,0	11,1	
	N 180	12,0	11,0	11,0	11,3	
	N 240	11,4	10,4	10,0	10,6	
Середнє		11,9	10,9	10,8	11,2	–
Раритет	контроль	8,4	8,4	12,0	9,6	12
	N 60	9,9	9,9	10,0	9,9	
	N 90	11,8	9,8	12,0	11,2*	
	N 120	10,4	9,4	12,0	10,6*	
	N 180	10,9	8,9	11,0	10,3*	
	N 240	10,9	9,0	11,0	10,3*	
Середнє		10,3	9,3	11,4	10,3	–
Леонтій	контроль	8,9	10,0	12,0	10,3	11
	N 60	9,6	9,0	11,0	9,9	
	N 90	10,8	10,1	10,0	10,3	
	N 120	10,8	9,0	11,0	10,3	
	N 180	10,4	9,6	13,0	11,0*	
	N 240	8,8	8,8	11,0	9,5	
Середнє		9,9	9,4	11,3	10,2	–
НІР _{0,5}	загальна				0,48	–
	фактор сорт				0,11	–
	фактор рік				0,06	–
	фактор добрива				0,08	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

У сорту Букет середня довжина колосу за роками досліджень та варіантами азотного живлення становила 9,7 см з коливанням по роках від 9,0 см у 2025 р. до 10,6 см у 2023 р. У середньому за роками під впливом різних варіантів дози азоту довжина колосу коливалась від 9,6 см у варіанті N_{60} до 10,9 см у варіанті N_{90} . У контрольному варіанті без добрив довжина колосу становила 10,8 см. Достовірного підвищення довжини колосу при внесенні різних доз азотних добрив виявлено не було. Коефіцієнт варіації за ознакою довжина колосу у сорту Букет становив 6 %, що свідчить про високу стабільність цієї ознаки під впливом різних абіотичних факторів.

Сорт Раритет у середньому за роками досліджень та варіантами азотного живлення формував довжину колосу 10,3 см. Найбільшою вона була у 2025 р. (11,4 см), а найменшою у 2024 р. 9,0 см. Сорт добре реагує на внесення азотних добрив для збільшення довжини колосу. В середньому за роками досліджень у контрольному варіанті без добрив довжина колосу становила 9,6 см. Достовірне перевищення контролю спостерігалось у варіантах $N_{90} - 240$ перевищуючи контроль на 0,7–1,6 см та 1,0 см. Сорт Раритет має середній рівень мінливості ознаки довжина колосу ($V = 12$ %).

У сорту Леонтій середня за роками та варіантами азотного живлення довжина колосу становила 10,2 см. По роках досліджень довжина колосу коливалась від 9,4 см у 2024 р. до 11,3 см у 2025 р. У середньому за роками досліджень при контрольному варіанті без добрив довжина колосу становила 10,3 см. Достовірне підвищення довжини колосу спостерігалось лише у варіанті N_{180} (11,0 см). Мінливість ознаки довжина колосу у сорту Леонтій має середній рівень ($V = 11$ %).

Методом багатофакторного дисперсійного аналізу було визначено частку впливу факторів генотип сорту, погодні умови року та доза азотного живлення, а також їх взаємодії на загальну мінливість ознаки довжина колосу.

Встановлено, що довжина колосу обумовлюється переважно генотипом сорту (21 %), умовами року (21 %), та взаємодією трьох факторів: генотип, умови року та доза азотного живлення (20 %) (Рис. 3.2).

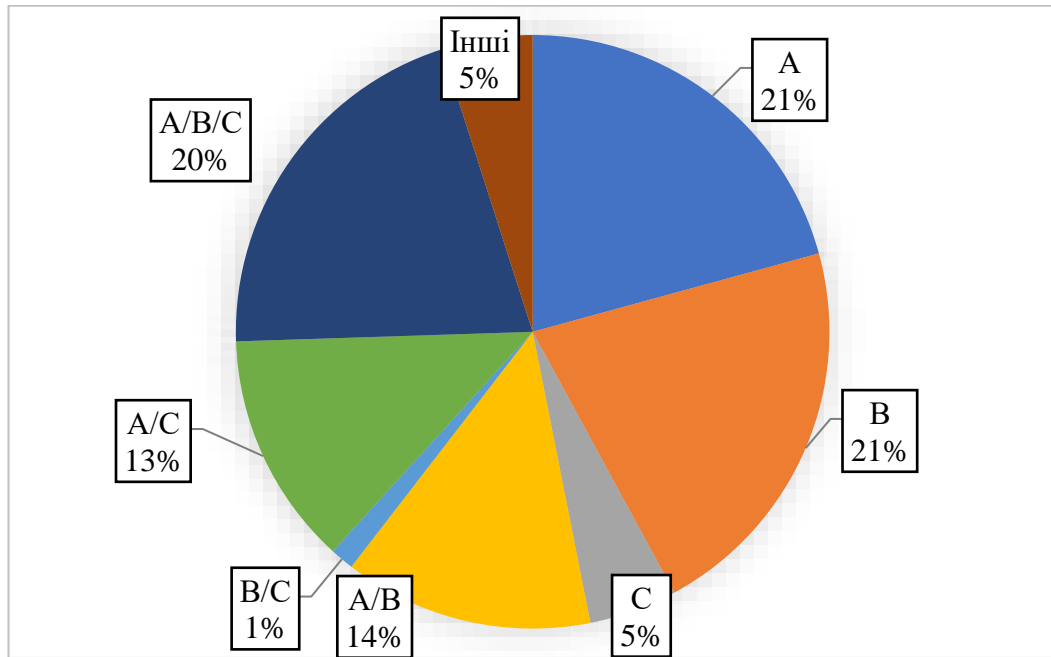


Рисунок 3.2. Частка впливу факторів на мінливість довжини колосу тритикале, де А – фактор генотип, В – фактор умови року, С – фактор доза азоту, А/В - взаємодія генотип/умови року, В/С - взаємодія умови року/доза азоту, А/С - взаємодія генотип/доза азоту, А/В/С – взаємодія всіх факторів.

Середній вплив на формування загальної мінливості має взаємодія факторів генотип/рік (14 %) та взаємодія факторів генотип/доза азотного живлення (13 %). Зміна доз азотних добрив окремо від інших факторів та у взаємодії з умовами року мали низький вплив на зміну довжини колосу – частка від загальної мінливості становила відповідно 5 % та 1 %.

Таким чином, встановлено, що досліджувані сорти тритикале мають високу та середню стабільність ознаки довжина колосу під впливом абіотичних чинників. Мінливість переважно визначається генотипом сорту. Найбільш стабільними за ознакою довжина колосу є короткостеблові сорти тритикале озимого Трифон та Тимофій, середньостеблові сорти Златоуст та Єлань, високостеблові сорти Букет та Ратне, які мали низький рівень мінливості за цією ознакою ($V = 4-8 \%$). Довший колос мають сорти Трифон – у середньому 11,1 см, при внесенні N_{180} довжина колосу досягала 11,8 см;

дворучка Єлань – у середньому 11,8 см, підвищення було досягнуто при дозі N_{90} (12,5 см) та Ратне – у середньому 11,2 см, при дозі N_{90} –11,9 см.

3.3 Мінливість маси зерна з колосу у сортів тритикале під впливом абіотичних факторів середовища

Маса зерна з колосу відіграє значну роль у формуванні продуктивності рослини та в цілому врожайності. Вона залежить від кількості зерен та їх крупності (маси 1000 зерен). На масу зерна у колосі впливають генетичні та технологічні чинники, а також кліматичні умови. Визначальним етапом при формуванні озерненості є період цвітіння та зав'язування насіння, при формуванні маси зерна – період наливу (молочно-воскова стиглість). Тому погодні умови в ці періоди вегетації значно впливають на рівень мінливості маси зерна з колосу.

Серед групи короткостеблових сортів найвищу масу зерна з колосу, в середньому за роками та варіантами, формував сорт Трифон (2,73 г). По роках досліджень в середньому за варіантами маса зерна з колосу у нього коливалась від 2,61 г у 2023 р. до 2,77 г у 2025 р. У цього сорту спостерігалось підвищення маси зерна з колосу у варіантах доз азотного живлення N_{90} , N_{180} та N_{240} (перевищення контролю на 0,27–0,42 г), але достовірно лише у варіанті N_{90} . Сорт Трифон має високу стабільність маси зерна з колосу ($V = 7\%$) (табл. 3.7).

У лінії ХАД 45 маса зерна з колосу по роках досліджень коливалась від 1,61 г у 2023 р. до 2,99 г у 2025 р. та у середньому становила 2,27 г. За реакцією на внесення азотних добрив відмічається значний відгук на збільшення азоту. За усіх варіантів доз азоту відбувалось значне підвищення маси зерна з колосу. У контрольному варіанті без добрив маса зерна з колосу становила 1,40 г. При внесенні азотних добрив цей показник підвищувався на 0,97–1,85 г. Найбільшого значення маса зерна з колосу набувала у варіанті N_{240} (3,25 г), що свідчить про високу пластичність лінії за цією ознакою.

Маса зерна з колосу у короткостеблових сортів тритикале, г, 2023–
2025 рр.

Сорт	Доза азоту	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє	V, %
ХАД 45	контроль	1,44	1,23	1,54	1,40	39
	N 60	1,58	2,05	3,48	2,37*	
	N 90	1,58	2,15	3,44	2,39*	
	N 120	1,65	2,26	2,32	2,08*	
	N 180	1,58	2,02	2,81	2,14*	
	N 240	1,84	3,54	4,37	3,25*	
Середнє		1,61	2,21	2,99	2,27	–
Тимофій	контроль	1,85	1,74	2,87	2,15	38
	N 60	1,69	1,55	2,58	1,94	
	N 90	1,35	1,33	2,49	1,72	
	N 120	1,40	1,62	3,10	2,04	
	N 180	1,42	1,46	3,37	2,08	
	N 240	2,03	1,54	3,96	2,51*	
Середнє		1,62	1,54	3,06	2,07	–
Трифон	контроль	2,56	2,41	2,64	2,54	7
	N 60	2,71	2,65	2,64	2,67	
	N 90	2,98	2,69	3,20	2,96*	
	N 120	2,69	2,68	2,52	2,63	
	N 180	2,98	2,58	2,86	2,81	
	N 240	3,00	2,65	2,77	2,81	
Середнє		2,82	2,61	2,77	2,73	–
НІР _{0,5}	загальна				0,23	–
	фактор сорт				0,06	–
	фактор рік				0,03	–
	фактор добрива				0,04	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

Сорт Тимофій у середньому за роками та варіантами формував масу зерна з колосу 2,07 г з коливанням по роках від 1,61 г у 2023 р. до 2,77 г

у 2025 р. У контрольному варіанті без добрив у середньому за роками досліджень маса зерна з колосу становила 2,15 г. Істотне перевищення контролю спостерігалось у варіанті N₂₄₀ (2,51 г). У інших варіантах спостерігалось зниження показників цієї ознаки, що може бути пов'язане з більш значним впливом азоту на формування інших ознак, які від'ємно корелюють з масою зерна з колосу. Мінливість ознаки висока ($V = 38 \%$).

Середньостеблові сорти формували високу масу зерна з колосу в середньому за роками та варіантами доз азоту від 1,84 г до 2,22 г (табл. 3.8).

За роками досліджень у всіх досліджуваних середньостеблових сортів відмічено значне підвищення маси зерна з колосу у сприятливих умовах вирощування 2025 р.

Сорт Лукашевський мав найвищу серед досліджуваної групи масу зерна з колосу. В середньому за роками вона становила 2,22 г, а у сприятливому 2025 р. за оптимальних доз живлення азотом досягала 3,70–3,80 г. У середньому за роками у контрольному варіанті без добрив маса зерна з колосу становила 1,77 г. За усіх варіантів доз азотного живлення спостерігалось істотне підвищення показників цієї ознаки. Найвищу масу зерна з колосу сорт формував при дозі N₉₀ – 2,48 г, що перевищує контроль на 1,79 г. Також значне підвищення маси зерна з колосу спостерігалось у варіантах N₁₈₀ (2,38 г, перевищення контролю на 0,61 г), N₁₂₀ та N₂₄₀ (2,35 г, перевищення контролю на 0,58 г). Сорт Лукашевський має високий рівень мінливості ознаки під впливом абіотичних факторів ($V = 39 \%$). Добрий відгук на покращення умов вирощування, який відображається у істотному підвищенні рівня прояву ознаки, свідчить про високу пластичність сорту за ознакою маса зерна з колосу.

Лінія ХАД 650 мала середню за роками та варіантами масу зерна з колосу 2,13 г, а за сприятливих умов 2025 р., в середньому за варіантами – 2,79 г. Лінія проявила високе значення ознаки у контрольних умовах без добрив (2,17 г), а достовірне підвищення рівня прояву ознаки спостерігалось лише у варіанті N₁₈₀ (2,48 г, що перевищує контроль на 0,31 г).

Маса зерна з колосу середньостеблових сортів тритикале, см, 2023–
2025 рр.

Сорт	Доза азоту	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє	V, %
Лукашевський	контроль	1,68	1,53	2,09	1,77	39
	N 60	1,69	1,54	2,80	2,01*	
	N 90	2,05	1,90	3,48	2,48*	
	N 120	1,72	1,52	3,80	2,35*	
	N 180	1,77	1,57	3,79	2,38*	
	N 240	1,70	1,65	3,70	2,35*	
Середнє		1,77	1,62	3,28	2,22	–
ХАД 650	контроль	1,87	1,67	2,97	2,17	27
	N 60	1,91	1,69	2,48	2,02	
	N 90	1,74	1,44	2,99	2,06	
	N 120	1,62	1,74	2,49	1,95	
	N 180	2,07	1,77	3,61	2,48*	
	N 240	2,13	1,98	2,19	2,10	
Середнє		1,89	1,72	2,79	2,13	–
Златоуст	контроль	1,58	1,44	2,01	1,68	31
	N 60	1,57	1,43	2,47	1,82	
	N 90	1,85	1,40	2,51	1,92*	
	N 120	1,83	1,39	2,59	1,94*	
	N 180	1,61	1,19	3,35	2,05*	
	N 240	1,31	1,39	2,17	1,63	
Середнє		1,62	1,38	2,52	1,84	–
Єлань (дворучка)	контроль	1,14	1,02	2,49	1,55	28
	N 60	1,85	1,80	2,47	2,04*	
	N 90	1,84	1,68	2,83	2,12*	
	N 120	1,60	1,43	2,13	1,72	
	N 180	2,15	2,11	3,12	2,46*	
	N 240	1,75	1,62	1,86	1,74	
Середнє		1,72	1,61	2,48	1,94	–
НІР _{0,5}	загальна				0,23	–
	фактор сорт				0,06	–
	фактор рік				0,03	–
	фактор добрива				0,04	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

Це може бути пов'язане з тим, що сорт дуже добре реагує на умови зволоження та у меншій мірі на азотне живлення. Коефіцієнт варіації за роками та варіантами становив 27 %, що вказує на середній рівень мінливості маси зерна з колосу.

Сорт Златоуст формував середню за роками та варіантами масу зерна з колосу 1,84 г з коливанням за роками від 1,38 г у 2024 р. до 2,52 г у 2025 р. У контрольному варіанті без добрив маса зерна з колосу у середньому за роками становила 1,68 г. Істотне перевищення цього показника відбувалось у варіантах N₉₀, N₁₂₀ та N₁₈₀. Вищу прибавку забезпечив варіант N₁₈₀ при якому маса зерна з колосу становила 2,05 г, що перевищує контроль на 0,37 г. Сорт Златоуст мав високий рівень варіювання ознаки ($V = 31\%$).

Сорт дворучка Єлань формував середню масу зерна з колосу за роками та варіантами 1,94 г з коливанням від 1,61 г у 2024 р. до 2,48 г у 2025 р. У середньому за роками маса зерна з колосу у контрольному варіанті без добрив становила 1,55 г. Сорт добре реагує на внесення азотних добрив. Істотна прибавка показників ознаки спостерігалась за варіантами доз азоту N₆₀, N₉₀ та N₁₈₀. У середньому за роками досліджень сорт формував вищий показник маси зерна з колосу у варіанті N₁₈₀ 2,46 г, що переважає контроль на 0,91 г. За коефіцієнтом варіації ($V = 28\%$) сорт Єлань проявляє середній рівень мінливості ознаки маса зерна з колосу.

У цілому, у середньостеблових сортів відмічено загальну тенденцію доброго відгуку на внесення азотних добрив та покращення умов зволоження та середній рівень мінливості за ознакою маса зерна з колосу. Оскільки ця ознака безпосередньо впливає на врожайність, підвищення останньої можна досягти при застосуванні азотних добрив.

Серед групи високостеблових сортів середня маса зерна з колосу в середньому за роками да варіантами доз азотних добрив становила від 1,97 г до 2,38 г (табл. 3.9).

Маса зерна з колосу високостеблових сортів тритикале , см, 2023–
2025 рр.

Сорт	Доза азоту	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє	V, %
Букет	контроль	1,90	2,10	3,49	2,49	20
	N 60	1,86	1,98	1,88	1,90	
	N 90	1,81	2,30	2,69	2,27	
	N 120	2,04	2,23	2,14	2,14	
	N 180	2,65	2,65	2,81	2,70	
	N 240	2,98	2,90	2,45	2,78*	
Середнє		2,20	2,36	2,58	2,38	–
Ратне	контроль	1,83	2,01	2,93	2,26	24
	N 60	1,74	1,86	2,82	2,14	
	N 90	1,97	2,09	3,42	2,49*	
	N 120	1,71	1,77	2,15	1,88	
	N 180	1,81	1,94	2,81	2,18	
	N 240	1,64	1,72	2,10	1,82	
Середнє		1,78	1,90	2,71	2,13	–
Раритет	контроль	1,50	1,52	3,33	2,12	28
	N 60	1,82	1,94	2,62	2,13	
	N 90	1,69	1,71	2,53	1,98	
	N 120	1,55	1,60	2,90	2,02	
	N 180	1,89	2,84	3,09	2,61*	
	N 240	2,00	2,54	3,12	2,55*	
Середнє		1,74	2,02	2,93	2,23	–
Леонтій	контроль	1,43	1,88	3,29	2,20	31
	N 60	1,73	1,53	2,06	1,77	
	N 90	1,87	1,53	2,41	1,94	
	N 120	1,97	1,20	2,08	1,75	
	N 180	1,87	1,42	3,42	2,24	
	N 240	1,78	1,56	2,51	1,95	
Середнє		1,77	1,52	2,63	1,97	–
НІР _{0,5}	загальна				0,23	–
	фактор сорт				0,06	–
	фактор рік				0,03	–
	фактор добрива				0,04	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

Сорт Букет формував найвищий показник маси зерна з колосу у середньому за роками та варіантами (2,38 г). Сорт проявив високу посухостійкість та формував високі значення маси зерна з колосу обидва посушливі роки: відповідно 2,20 г у 2023 р. та 2,36 г у 2024 р. В оптимальних за зволоженням умовах 2025 р. маса зерна з колосу становила 2,58 г. Також відмічено високі показники ознаки без застосування добрив. У середньому за роками у контрольному варіанті без добрив маса зерна з колосу становила 2,49 г. Істотне підвищення цього показника відмічалось у варіанті з високою дозою азоту: N_{240} – 2,78 г, що переважає контроль на 0,29 г.

Здатність сорту Букет формувати високі рівні маси зерна з колосу в несприятливих умовах посухи та без застосування добрив вказує на високу загальну адаптивність. Доведено, що сорт добре реагує на покращення умов зволоження та високі дози азотного живлення, тобто є пластичним. Мінливість ознаки маса зерна з колосу була на середньому рівні ($V = 20 \%$).

У сорту Ратне середня маса зерна з колосу за роками та варіантами дослідів становила 2,13 г. По роках вона коливалась від 1,78 г до 2,71 г. В оптимальних умовах зволоження 2025 р. при внесенні азотних добрив у дозі N_{90} вона досягала 3,42 г. У середньому за роками досліджень у контрольному варіанті без добрив маса зерна з колосу становила 2,26 г. Істотне підвищення цього показника виявлено у варіанті N_{90} (2,49 г). Сорт Ратне має середній рівень мінливості ознаки маса зерна з колосу під впливом умов середовища та доз азотного живлення ($V = 24 \%$).

Сорт Раритет у середньому за роками досліджень та варіантами доз азотного живлення формував масу зерна з колосу 2,23 г. Відмічалось значне підвищення рівня прояву цієї ознаки при покращенні умов року. У сприятливому 2025 р. маса зерна з колосу в середньому за варіантами становила 2,93 г, а максимального значення набувала у цьому ж році у контрольному варіанті без добрив (3,33 г). Відсутність позитивного впливу азотних добрив на масу зерна з колосу, а в деяких варіантах зниження цього показника, може бути пов'язане з генетичними особливостями сорту та більш

ефективним впливом азоту на інші ознаки, які від'ємно корелюють з ознакою маса зерна з колосу. В середньому по роках досліджень у контрольному варіанті маса зерна з колосу становила 2,12 г. Істотне підвищення спостерігалось у варіантах з високими дозами азоту N_{180} – 2,61 г, що перевищує контроль на 0,49 г та N_{240} – 2,55 г, що перевищує контроль на 0,43 г.

У сорту Леонтій маса зерна з колосу в середньому за варіантами коливалась по роках від 1,52 г у 2024 р. до 2,63 г у 2025 р. У середньому за роками та варіантами вона становила 1,97 г. Максимального значення маса зерна з колосу набувала у сприятливому 2025 р. у варіанті N_{180} – 3,42 г. У середньому за роками досліджень у контрольному варіанті без добрив маса зерна з колосу становила 2,20 г. Істотного підвищення цього показника при внесенні азотних добрив виявлено не було. Хоча в окремі роки азотне живлення суттєво підвищувало рівень прояву ознаки, що свідчить про більший вплив азотних добрив у взаємодії з факторами середовища, ніж окремо фактора добрив. Рівень мінливості ознаки маса зерна з колосу у сорту Леонтій середній ($V = 31\%$).

Шляхом багатофакторного дисперсійного аналізу було визначено вплив окремих факторів та їх взаємодії на загальну мінливість ознаки маса зерна з колосу. Встановлено, що найбільший вплив обумовлює фактор умов року – 37 % від загальної мінливості (рис. 3.3).

Наступним за значенням впливу є взаємодія усіх трьох факторів: генотип сорту, умови року та доза азотного живлення (18 %). Значний вплив на формування також мала взаємодія факторів генотип/доза азоту (14 %). Рівні значення впливу на формування маси зерна з колосу мали фактор генотип та взаємодія факторів генотип/умови року (12 %). Нижчий вплив мав фактор доза добрив (3 %) та взаємодія факторів умови року/доза азоту (1 %).

У цілому серед усіх досліджуваних груп у сортів тритикале виявлено значні сортові відмінності за реакцією на зміни умов середовища та внесення азотних добрив за масою зерна з колосу. Загальним є середній рівень мінливості ознаки у всіх сортів ($V = 20\text{--}39\%$) за винятком сорту Трифон, який

проявив високу стабільність ($V = 7 \%$). Сорти Тимофій, Букет та Раритет суттєво підвищували масу зерна з колосу тільки при внесенні максимальних доз азоту N_{180} та N_{240} .

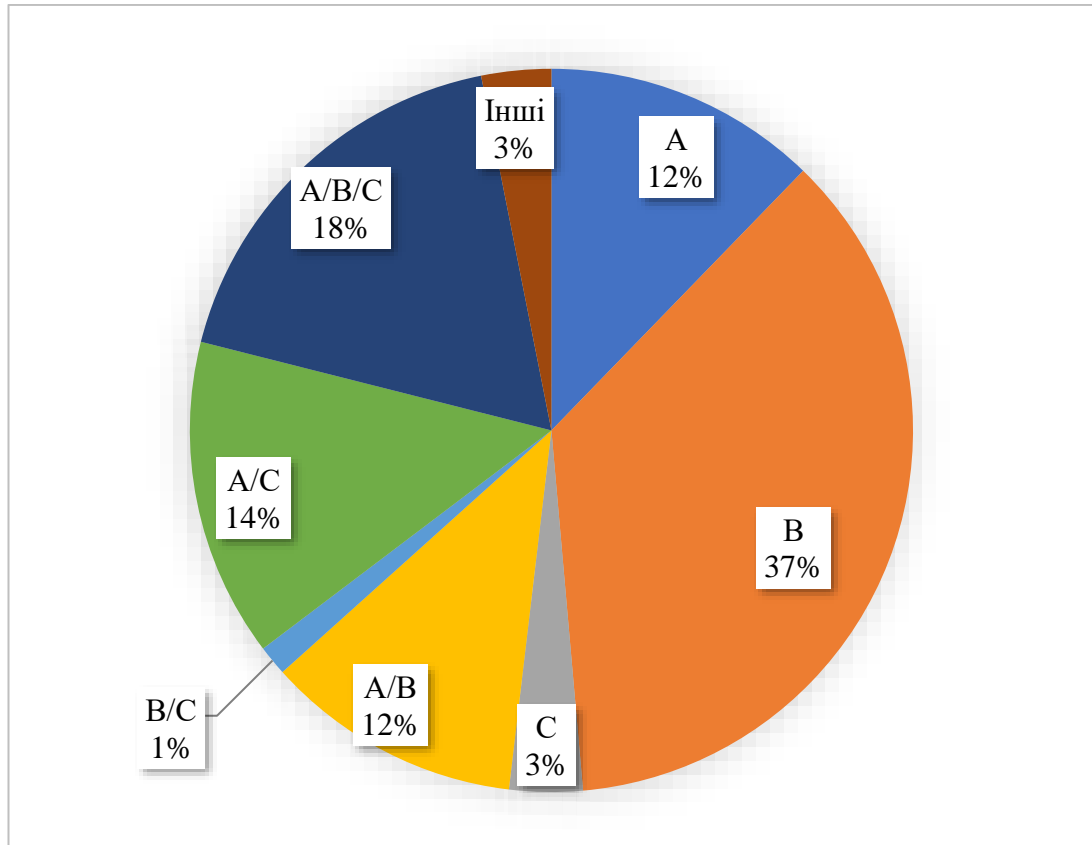


Рисунок 3.3. Частка впливу факторів на мінливість маси зерна з колосу у тритикале, де А – фактор генотип, В – фактор умови року, С – фактор доза азоту, А/В - взаємодія генотип/умови року, В/С - взаємодія умови року/доза азоту, А/С - взаємодія генотип/доза азоту, А/В/С – взаємодія всіх факторів.

Низьку реакцію на внесення азотних добрив мали сорти Ратне та Леонтій, у яких підвищення маси зерна з колосу шляхом живлення азотом відбувалось тільки у взаємодії з умовами середовища та генотипом сорту. Умови року мають найбільший вплив на загальну мінливість ознаки маса зерна з колосу (37 %). Азотне живлення, як окремий фактор, має низьку частку впливу, але значно впливає при взаємодії з іншими факторами, зокрема з генотипом та умовами року (18 %) та генотипом (14 %).

Висновки до розділу 3

За результатами оцінки впливу умов середовища та внесення азоту на мінливість висоти рослин встановлено, що усі сорти тритикале озимого та дворучок проявляли істотне зменшення висоти рослин за посушливих умов. У цілому спостерігається збільшення висоти рослин при внесенні азотних добрив. Серед досліджуваних сортів підвищення висоти не набувало критичних значень, які призводили до вилягання. Посушливі умови не дали змоги високостебловим сортам Букет та Ратне досягнути характерної для них висоти 140–150 см. Найбільш стабільними за висотою рослин в різних умовах були озимі зразки Тимофій, ХАД 650, та дворучка Олександра з коефіцієнтом варіації 6–8 %. Ці сорти можна вирощувати з використанням широкого діапазону доз азотного живлення та у перезволожених умовах з мінімальним ризиком вилягання.

Встановлено, що за ознакою довжина колосу сорти тритикале мають високу та середню стабільність ознаки під впливом абіотичних чинників. Мінливість переважно визначається генотипом сорту. Найбільш стабільними за ознакою довжина колосу є короткостеблові сорти тритикале озимого Трифон та Тимофій, середньостеблові сорти Златоуст та Єлань, високостеблові сорти Букет та Ратне, які мали низький рівень мінливості за цією ознакою ($V = 4\text{--}8\%$). Довший колос мають сорти Трифон – у середньому 11,1 см, при внесенні N_{180} довжина колосу досягала 11,8 см; дворучка Єлань – у середньому 11,8 см, підвищення довжини колосу було досягнуто при дозі N_{90} (12,5 см) та Ратне – у середньому 11,2 см, при дозі N_{90} –11,9 см.

Вищу масу зерна з колосу формували сорти Трифон (2,73 г), Тимофій (2,51 г) та Букет (2,38 г). За ознакою маса зерна з колосу виявлено значні сортові відмінності за реакцією на зміни умов середовища та внесення азотних добрив. Загальним є середній рівень мінливості ознаки у всіх сортів ($V = 20\text{--}39\%$) за винятком сорту Трифон, який проявив високу стабільність ($V = 7\%$). Сорти Трифон, ХАД 45, Лукашевський та Єлань добре реагують на внесення

азотних добрив, істотно перевищуючи контроль. Сорти Тимофій, Букет та Раритет суттєво підвищували масу зерна з колосу тільки при внесенні максимальних доз азоту N_{180} та N_{240} . Низьку реакцію на внесення азотних добрив мали сорти Ратне та Леонтій, у яких підвищення маси зерна з колосу шляхом живлення азотом відбувалось тільки у взаємодії з умовами середовища та генотипом сорту. Умови року мають найбільший вплив на загальну мінливість ознаки маса зерна з колосу (37 %).

РОЗДІЛ 4

УРОЖАЙНІСТЬ ТА АДАПТИВНІСТЬ СОРТІВ І ЛІНІЙ ТРИТИКАЛЕ ДО АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА

Урожайність озимого тритикале обумовлюється його генетичним потенціалом, погодними умовами (особливо взимку та навесні) і дотриманням технології вирощування. Стабільність урожайності під впливом умов середовища залежить від адаптивних властивостей сорту.

Білітюк А. П., Новицька Н. В. повідомляють, що на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті західного Полісся оптимальною дозою для сорту тритикале озимого Поліський 7 є N_{120} у поєднанні з фосфорними та калійними добривами [97]. В дослідженнях Любича В. В., Остапчука В. В. щодо впливу азотного живлення на врожайність тритикале озимого в умовах правобережного Лісостепу показало, що серед варіантів N_{30} , N_{60} , N_{90} та N_{120} на фоні $P_{60}K_{60}$ оптимальними є дози $N_{60} - N_{90}$ [98]. Дробітько А. В., Качанова Т. В. зазначають, що в умовах південного Степу України внесення мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{45}K_{45}$ суттєво збільшувало врожайність сортів тритикале озимого Тимофій, Донець та Пластун волинський [99]. В дослідженнях Щипака Г. В. показано, що при використанні дози азоту N_{240} за сприятливих умов року врожайність сорту Тимофій підвищувалась до 11,74 т/га, коли у варіанті без добрив вона становила 9,40 т/га [100].

У селекційній практиці відомі сорти з дуже високою адаптивністю, підтвердженою виробництвом у широкому географічному та часовому діапазоні. У 1982 р. у Польщі на генетичній основі Амфідиплоїда 206 було створено озимий сорт тритикале *Lasko*, який характеризувався високими показниками біо- та абіотичної адаптивності. Він був зареєстрований у Польщі, Німеччині, Австрії, Швейцарії, США та став найбільш розповсюдженим сортом у світі [101]. Сорт тритикале ярого Аїст харківський, який поєднував високі господарсько-біологічні ознаки з відмінною харчовою

якістю зерна, вирощувався на всій території України понад 20 років та увійшов до родоводів багатьох сучасних високоадаптивних сортів [102]. Сорт *BG Goran*, зареєстрований у Хорватії у 2004 р., досі є провідним у виробництві. Завдяки високій адаптивності він поширився у Словенії, Боснії та Герцеговині [103]. У Нідерландах селекційна станція *Lantmännen SW Seed BV* застосовує ефективну схему селекції тритикале озимого у поєднанні із загальноєвропейською системою екологічних випробувань. Завдяки цій системі більшість нідерландських сортів придатні до вирощування на всій території Європи. Найбільшого поширення у Європі набули сорти *Lombardo*, *Agostino*, *Barolo ma Kaulos* [104].

Таким чином, для стабільного формування високих врожаїв тритикале озимого актуальним є підбір сортів з високою адаптивністю до різних умов вирощування.

4.1 Урожайність зразків тритикале залежно від умов середовища та азотного живлення

Урожайність сортів тритикале у середньому за роками та варіантами добрив становила 4,21–5,74 т/га. Найбільш урожайними були зразки ХАД 650, Златоуст, Тимофій та Єлань (табл. 4.1).

Лінія ХАД 650 мала середню за роками та варіантами врожайність 5,79 т/га. За реакцією цього сорту на внесення добрив у всі три роки досліджень спостерігалось підвищення врожайності. У посушливих умовах 2023 р. внесення азотних добрив збільшувало врожайність сорту ХАД 650 на 0,27–1,43 т/га залежно від дози N. У посушливих умовах 2024 р. спостерігалась подібна динаміка. Внесення азотних добрив збільшувало врожайність на 0,53–1,43 т/га. У сприятливих умовах 2025 р. вплив азотних добрив був меншим.

Урожайність зразків тритикале залежно від умов року та норм азотних добрив, т/га, 2023 – 2025 рр.

Сорт	Рік	Норма азоту					Середня за варіантами		Середня загальна	
		Без добрив	N ₆₀	N ₉₀	N ₁₂₀	N ₁₈₀	N ₂₄₀	по удобреному фону		за всіма варіантами
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ХАД 45	2023	3,26	4,07	4,68	4,74	4,79	4,86	4,63	4,59	4,21
	2024	3,45	3,18	3,66	3,70	3,74	3,80	3,62	3,59	
	2025	4,60	4,56	4,62	4,59	4,34	4,02	4,43	4,46	
Середнє за роками		3,77	3,94*	4,32*	4,34*	4,29*	4,23*	—	—	—
Ратне	2023	4,79	4,86	5,35	4,92	4,79	5,40	5,06	5,02	4,92
	2024	3,74	3,80	4,18	3,84	3,74	4,22	3,96	3,92	
	2025	4,24	5,74	5,40	6,20	7,26	6,10	6,14	5,82	
Середнє за роками		4,26	4,80*	4,98*	4,99*	5,26*	5,24*	—	—	—
Букет	2023	4,07	5,35	5,48	4,92	5,5*	4,99	5,26	5,06	5,05
	2024	3,18	4,18	4,28	3,84	4,34	3,90	4,11	3,95	
	2025	5,96	3,24	6,80	6,20	7,14	7,42	6,16	6,13	
Середнє за роками		4,40	4,26	5,52*	4,99*	5,68*	5,44*	—	—	—
Леонтій	2023	4,34	4,22	4,66	4,89	5,20	4,97	4,79	4,71	4,82
	2024	3,39	3,30	3,64	3,82	4,06	3,88	3,74	3,68	
	2025	6,77	5,86	6,16	6,00	5,82	5,84	5,94	6,08	
Середнє за роками		4,83	4,46	4,90	6,00*	5,82*	5,84*	—	—	—
Раритет	2023	4,25	4,48	4,76	4,61	5,02	4,85	4,74	4,66	5,07
	2024	3,32	3,50	3,72	3,60	3,92	3,98	3,74	3,67	
	2025	5,96	7,10	7,16	6,92	7,02	7,15	7,07	6,89	
Середнє за роками		4,51	5,03*	5,21*	5,04*	5,32*	5,33*	—	—	—

продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ХАД 650	2023	5,05	5,73	5,32	6,35	6,02	6,48	5,98	5,83	5,79
	2024	3,63	4,48	4,16	4,96	4,70	5,06	4,67	4,5	
	2025	6,93	7,42	7,50	6,98	6,64	6,72	7,05	7,03	
Середнє за роками		5,20*	5,88*	5,66*	6,10*	5,79*	6,09*	—	—	—
Лукашевський	2023	4,13	5,22	4,68	4,45	3,84	3,96	4,43	4,38	4,91
	2024	3,23	4,08	3,66	3,48	3,00	3,15	3,47	3,43	
	2025	6,88	7,06	6,42	7,10	7,02	7,02	6,92	6,92	
Середнє за роками		4,75	5,45*	4,92	5,01	4,62	4,71	—	—	—
Олександра	2023	4,28	4,99	5,02	4,15	4,71	4,04	4,58	4,53	4,66
	2024	3,34	3,90	3,92	3,24	3,68	3,16	3,58	3,54	
	2025	6,96	4,60	5,12	5,88	6,56	6,40	5,71	5,92	
Середнє за роками		4,86	4,50	4,69	4,42	4,98	4,53	—	—	—
Єлань	2023	4,61	5,04	5,56	6,05	6,12	4,66	5,49	5,34	5,24
	2024	3,46	3,94	3,56	3,96	4,00	3,64	3,82	3,76	
	2025	6,16	6,04	6,10	6,90	6,90	7,54	6,70	6,61	
Середнє за роками		4,74	5,01	5,07*	5,64*	5,67*	5,28*	—	—	—
Златоуст	2023	5,44	4,94	5,88	6,35	7,14	4,76	5,81	5,75	5,71
	2024	3,47	3,86	4,12	4,12	4,16	3,72	4,00	3,91	
	2025	7,07	6,72	7,00	8,08	7,40	8,46	7,53	7,46	
Середнє за роками		5,33	5,17	5,67*	6,18*	6,23*	5,65*	—	—	—
Трифон	2023	4,68	5,12	5,04	6,35	5,88	4,86	5,45	5,32	4,88
	2024	3,34	4,00	3,94	4,18	3,90	3,80	3,96	3,86	
	2025	5,25	6,44	4,60	5,40	5,66	5,32	5,48	5,45	
Середнє за роками		4,42	5,19*	4,53	5,31*	5,15*	4,66	—	—	—
Тимофій	2023	5,42	4,79	6,08	6,51	5,85	5,85	5,82	5,75	5,45
	2024	3,99	3,74	3,72	4,44	3,90	3,90	3,94	3,95	
	2025	6,03	6,26	7,20	6,62	6,90	6,90	6,78	6,65	
Середнє за роками		5,15	4,93	5,67*	5,86*	5,55*	5,55*	—	—	—
НІР _{0,5}	загальна									0,32
	фактор сорт									0,08
	фактор рік									0,04
	фактор добрива									0,05

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

Підвищення врожайності було менш значним (на 0,49–0,57 т/га) лише у варіантах N_{60} та N_{90} . При цьому лінія добре реагувала на покращення погодних умов, збільшуючи врожайність до 7,03 т/га. Таким чином, лінія ХАД 650 має підвищену середню врожайність та високий потенціал урожайності, який проявляється за сприятливих умов року. Внесення азотних добрив може стабілізувати прояв урожайності у посушливі роки. В таких умовах доза азоту N_{180} найбільше підвищувала врожайність, але економічно доцільшим є внесення азоту у дозі N_{120} , яка також значно підвищувала врожайність і неістотно поступалась варіанту N_{180} .

Високу середню врожайність по досліді мав сорт Златоуст (5,71 т/га). Цей сорт мав найвищий серед досліджуваних сортів рівень урожайності, який проявився за сприятливих умов року та внесення високої дози азоту N_{240} – 8,46 т/га. Внесення азотних добрив у найбільш посушливому 2024 р. підвищувало врожайність на 0,25–0,69 т/га. Більшого підвищення врожайності було досягнуто за доз N_{90} – N_{180} , при цьому різниця між цими варіантами неістотна, тож оптимальною є доза N_{90} . У менш посушливих умовах 2023 р. підвищення врожайності спостерігалось у варіантах N_{90} – N_{180} на 0,44–1,70 т/га. У сприятливих умовах 2025 р. підвищення врожайності сорту Златоуст спостерігалось лише при високих дозах азоту N_{120} – N_{240} , що може мати значення тільки для інтенсивних технологій для максимальної реалізації сортом свого потенціалу.

Короткостеблій сорт Тимофій мав підвищену середню урожайність за роками та варіантами досліджень (5,45 т/га). Максимальної врожайності було досягнуто у сприятливих умовах 2025 р. при внесенні азотних добрив N_{90} – 7,02 т/га. За реакцією на азотне живлення під впливом погодних умов, на відміну від сортів ХАД 650 та Златоуст, сорт Тимофій мав більший відгук на добрива при покращенні умов року. У найбільш посушливих умовах 2024 р. сорт майже не реагував позитивно на внесення азоту. Лише у варіанті N_{120} спостерігалось підвищення врожайності на 0,45 т/га. У менш посушливих умовах 2023 р. азотні добрива підвищували врожайність у варіантах N_{90} і вище

на 0,33–1,09 т/га. У сприятливих умовах 2025 р. урожайність підвищувалась у всіх варіантах доз азоту на 0,23–1,17 т/га.

Сорт дворучка Єлань у середньому за роками та варіантами мав підвищену врожайність (5,24 т/га). Максимальний прояв потенціалу врожайності спостерігався у сприятливих умовах року за високої дози азоту N_{240} (7,54 т/га). У цілому сорт Єлань добре реагує на внесення азотних добрив. Підвищення урожайності при внесенні азоту спостерігалось як у посушливих так і у сприятливих роках, за винятком окремих варіантів. У середньому за роками вищу врожайність забезпечували дози N_{120} та N_{180} , за яких середня за роками врожайність перевищувала контроль (без добрив) відповідно на 0,90 т/га та 0,93 т/га, а враховуючи неістотну різницю між цими значеннями, оптимальною можна вважати дозу N_{120} .

У середньому за всіма сортами та роками досліджень спостерігалось поступове підвищення врожайності із збільшенням дози азоту від 4,72 т/га у варіанті без добрив до 5,30 т/га у варіанті N_{120} , та зниження при N_{240} – 5,13 т/га. Але така динаміка не є загальною і відрізняється при спостереженні окремо по сортах та роках досліджень, що можна пояснити індивідуальною реакцією генотипу на дози азоту, взаємодією факторів генотип, умови року та дози азоту між собою та впливом інших ознак та чинників. У більш сприятливих за вологозабезпеченням умовах 2025 р. зразки ХАД 45, ХАД 650, Раритет та Тимофій формували вищу врожайність за нижчих доз добрив: N_{60} та N_{90} , а сорти Олександра та Леонтій – у варіанті без добрив.

4.2 Адаптивність зразків тритикале до абіотичних факторів середовища

Про суттєву різницю за реакцією на внесення добрив у сортів тритикале озимого повідомляється у дослідженнях, проведених в різних агрокліматичних умовах та на сортах різного походження [105, 106].

Було визначено адаптивні властивості сортів тритикале селекції ІР НААН в умовах східного Лісостепу України та виділено сорти з оптимальним

поєднанням підвищеної урожайності з її стабільністю залежно від погодних умов та норми азотних добрив.

Результати трифакторного дисперсійного аналізу показали, що всі три досліджувані фактори, а також їх взаємодія мають істотний вплив на мінливість урожайності (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Дисперсійний аналіз урожайності сортів тритикале,
2023–2025 рр.

Дисперсія	Сума квадратів	Ступінь свободи, n-1	Середній квадрат, s^2	$F_{факт.}$	F_{05}	Достовірність різниці	НІР ₀₅ т/га
Загальна S_y	1039,54	647	–	–	–	–	–
Повторень S_p	0,29	2	–	–	–	–	–
Сорту S_a	115,14	11	10,47	116,31	1,92	достовірно	0,08
Року S_b	658,22	2	329,11	3656,79	3,09	достовірно	0,04
Добрив S_c	25,94	5	5,19	57,64	2,30	достовірно	0,05
Взаємодії S_{ab}	85,46	22	3,88	43,16	1,63	достовірно	0,13
Взаємодії S_{ac}	41,17	55	0,75	8,32	1,48	достовірно	0,19
Взаємодії S_{bc}	9,17	10	0,92	10,19	1,92	достовірно	0,09
Взаємодії S_{abc}	86,63	110	0,79	8,75	1,39	достовірно	0,32
Залишку S_z	17,51	427	0,04	–	–	–	–

Найбільший вплив мали умови року (63 %), генотип (11 %). Ефекти впливу взаємодії факторів були більшими за взаємодією генотип/умови року та взаємодією усіх трьох факторів (8 %) (рис. 4.1).

Переважаючий вплив умов середовища на формування врожайності підтверджується і багатьма іншими дослідженнями, проведеними в різних країнах світу. В Інституті генетичних ресурсів рослин «Костянтин Малков» (Садово, Болгарія) при вивченні восьми сортів тритикале вплив фактору середовища становив близько 70 %, вплив фактору генотип 10 %, а взаємодії цих факторів 18 % [107]. В посушливих умовах з еродованими ґрунтами

високогір'я Південної Ефіопії вплив фактору умови року на мінливість урожайності п'яти сортів тритикале складав 64,6 %, а вплив фактору генотип та взаємодії факторів генотип/середовище відповідно 13,2 % та 11,7 % [108]. В п'ятирічних дослідженнях адаптивності 12 сортів тритикале у 58 локаціях, які охоплюють усі природно-кліматичні зони Польщі, вплив фактору середовище на мінливість урожайності становив 73 % [109]. В умовах Лісостепу України при оцінці впливу факторів генотип та умови року на врожайність 40 селекційних ліній тритикале (МПП ім. Ремесла) високий вплив мала взаємодія факторів генотип/середовище – 39,3 %, а також фактор середовище – 35,4 %. Вплив фактору генотип становив 13,8 % [110]. Враховуючи значний вплив умов вирощування на формування врожайності, вирощування сортів з високою адаптивністю може значно зменшити ризики недобору врожаїв, спричинених несприятливими умовами під час вегетації.

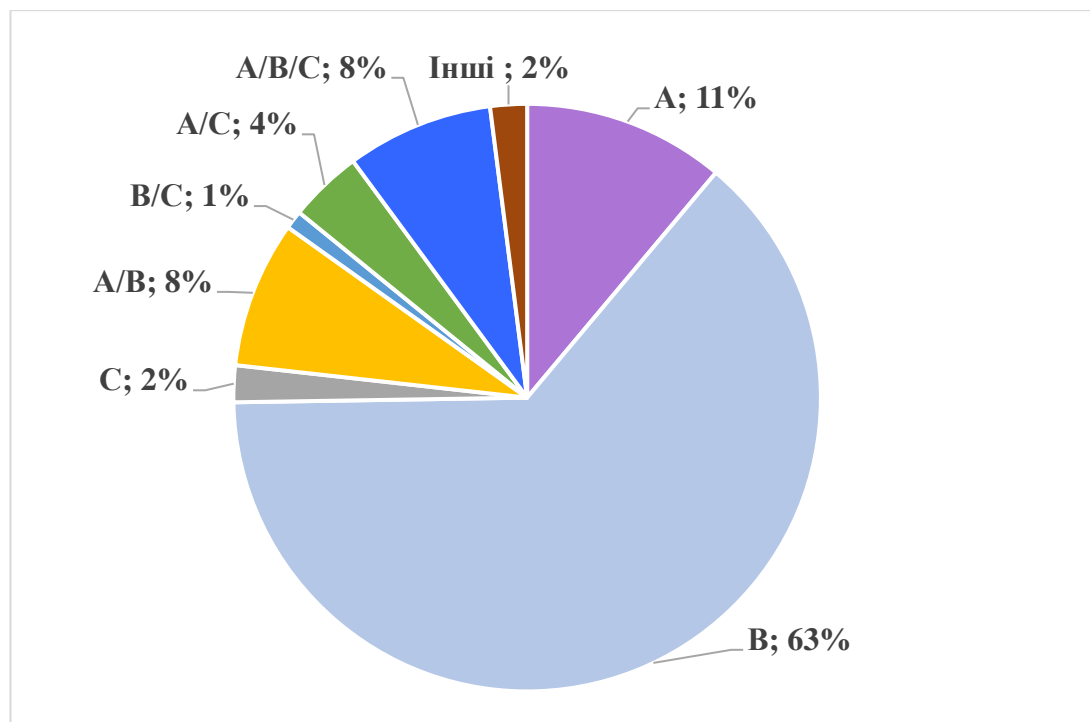


Рисунок 4.1. Частка впливу факторів на мінливість урожайності зерна тритикале, де А – фактор генотип, В – фактор умови року, С – фактор доза азоту, А/В - взаємодія генотип/умови року, В/С - взаємодія умови року/доза азоту, А/С - взаємодія генотип/доза азоту, А/В/С – взаємодія всіх факторів.

Загальна адаптивна здатність генотипу (ЗАЗ) характеризує середнє значення ознаки в різних умовах середовища. Вищі ефекти ЗАЗ мали сорти ХАД 650 (0,73), Златоуст (0,65) та Тимофій (0,39) (табл. 4.3).

Таблиця 4.3.

Адаптивність та селекційна цінність сортів тритикале,
2023–2025 рр.

Сорт	Урожайність, т/га	Адаптивна здатність		Відносна стабільність, S_{gi} , %	Коефіцієнт регресії, b_i	Селекційна цінність генотипу (СЦГ)
	min-max	загальна (ЗАЗ)	специфічна (САЗ)			
ХАД 45	3,18 – 4,86	-0,85	0,47	11,14	0,34	3,81
Ратне	3,74 – 7,26	-0,14	3,43	69,81	0,79	2,00
Букет	3,18 – 7,42	-0,01	4,83	95,74	0,97	0,94
Леонтій	3,30 – 6,77	-0,24	3,79	78,51	0,94	1,60
Раритет	3,32 – 7,16	0,01	5,43	106,98	1,27	0,46
ХАД 650	3,63 – 7,50	0,73	4,26	73,64	1,00	2,16
Лукашевський	3,00 – 7,10	-0,15	6,05	123,13	1,34	-0,23
Олександра	3,16 – 6,96	-0,39	4,24	90,89	0,96	1,06
Єлань	3,46 – 7,54	0,18	4,90	93,51	1,19	1,07
Златоуст	3,47 – 8,46	0,65	6,30	110,45	1,47	2,35
Трифон	3,34 – 6,44	-0,18	2,98	61,10	0,66	2,34
Тимофій	3,72 – 7,20	0,39	4,58	84,10	1,09	1,55

Ці сорти мали вищу врожайність в середньому по досліді. Вони мають високий потенціал урожайності, добрий відгук на внесення азотних добрив та сприятливі погодні умови. При цьому, наведені сорти мали середні та високі

показники специфічної адаптивної здатності (САЗ), що свідчить про нестабільний прояв високої врожайності в різних варіантах досліджу. За показником відносної стабільності генотипу кращими були зразки ХАД 650 (73,64 %) та Тимофій (84,10 %). Більш стабільними за формуванням урожайності в різних умовах вирощування та азотного живлення за були зразки ХАД 45 (0,47), Трифон (2,98), Ратне (3,43) та Леонтій (3,79). Стабільність цих сортів підтверджується також і нижчими значеннями показника відносної стабільності генотипу який характеризує здатність генотипу в результаті регуляторних механізмів підтримувати певний фенотип в різних умовах середовища.

Коефіцієнт лінійної регресії (bi) вказує на реакцію сортів на зміну умов вирощування, тобто характеризує екологічну пластичність генотипів. Чим вище значення коефіцієнту ($bi > 1$), тим більшим відгуком на покращення умов характеризується даний сорт. Такі сорти вибагливі до умов середовища, тільки при наявності таких умов вони максимально реалізують свій потенціал.

У випадку ($bi < 1$) сорт реагує слабше на зміну умов, ніж в середньому весь набір досліджуваних генотипів. Такі сорти краще використовувати на екстенсивному фоні, де вони забезпечать максимум віддачі при мінімумі витрат. Якщо $bi = 1$, відбувається повна відповідність зміни урожайності сорту до зміни умов середовища. Найбільш пластичними були сорти Златоуст (1,47) та Лукашевський (1,34). Ці сорти мають високий потенціал урожайності та здатні максимально реалізувати його у сприятливих умовах. Доцільним є вирощування цих сортів в умовах інтенсивного землеробства.

Селекційна цінність генотипу (СЦГ) характеризує поєднання стабільності, пластичності та врожайності генотипу. Висока СЦГ свідчить про відносно високі рівні параметрів адаптивності та оптимальне їх поєднання з підвищеною урожайністю. Найвищий рівень СЦГ серед досліджуваних сортів мав ХАД 45 (3,81). Хоча цей сорт проявляв середній рівень урожайності, він був максимально стабільним за роками досліджень та за різних доз внесення

азоту. Тому сорт ХАД 45 економічно доцільно вирощувати у несприятливих умовах та низькому агрофоні, наприклад, у зонах, непридатних для вирощування пшениці. Високу СЦГ також мав сорт Златоуст (2,35), що обумовлено високою ЗАЗ, пластичністю та потенціалом урожайності. Сорт Трифон проявив високу СЦГ (2,34), яка обумовлена підвищеною середньою врожайністю за різних умов вирощування та високою її стабільністю. Також за підвищеним показником СЦГ виділено сорт ХАД 650 (2,16), що обумовлюється найвищим у досліді показником ЗАЗ та відносною стабільністю генотипу. Ці сорти мають високий потенціал урожайності, який проявляють за сприятливих умов і мають здатність протистояти несприятливим умовам року, тому здатні забезпечувати високу стабільність формування врожаю за різних умов вирощування [111].

Висновки до розділу 4

Визначено рівень урожайності зерна, її стабільність та адаптивність 12 сортів і ліній тритикале за різних умов навколишнього середовища та доз азотного живлення.

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що на мінливість урожайності мали істотний вплив усі досліджувані фактори: генотип, умови навколишнього середовища, доза азоту, а також взаємодія цих факторів. Найбільший вплив мали умови середовища (63 %). Менший вплив мав фактор генотип (11 %), взаємодія генотип/середовище та взаємодія усіх трьох факторів (8 %).

Зразки ХАД 650, Златоуст та Тимофій мають високу загальну адаптивну здатність. Вони формували вищу врожайність у середньому по досліді (відповідно 5,79 т/га, 5,71 т/га та 5,45 т/га). Найбільш стабільними за формуванням урожайності в різних умовах вирощування та азотного живлення за варіансою специфічної адаптивної здатності та відносною стабільністю генотипу були зразки ХАД 45, Трифон, Ратне та Леонтій.

Найбільш пластичними за показником коефіцієнту регресії були сорти Златоуст, Лукашевський та Раритет. Ці сорти мають високий потенціал урожайності та здатні максимально реалізувати його у сприятливих умовах. За поєднанням стабільності, пластичності та врожайності найвищі показники селекційної цінності генотипу мали зразки ХАД 45, Златоуст, Трифон та ХАД 650. Ці сорти та лінії мають високий потенціал урожайності, який проявляють за сприятливих умов і мають здатність протистояти несприятливим умовам року, тому здатні забезпечувати високу стабільність формування врожаю за різних умов вирощування.

РОЗДІЛ 5.

ЯКІСТЬ ЗЕРНА ТА БОРОШНА У СОРТІВ ТРИТИКАЛЕ ЗАЛЕЖНО ВІД АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ

5.1 Якість зерна у зразків тритикале залежно від азотного живлення

Якість зерна тритикале відіграє значну роль для всіх напрямків використання. Для харчової промисловості використовуються сорти, які за біохімічним складом зерна наближені до пшениці [112]. Тритикале використовується для випічки хліба та хлібобулочних виробів, пластівців, крупи, макаронних виробів, печива та ін. Також зерно тритикале використовується для виробництва крохмалю, як компонент діабетичних продуктів [113]. Біохімічні властивості зерна тритикале дозволяють використовувати його у круп'яному виробництві [114]. Висока активність ендогенних амілолітичних ферментів у окремих сортів, головним чином α -амілази, і високий вміст крохмалю свідчать про потенційне використання тритикале в інших промислових цілях, наприклад, у пивоварній промисловості. Із зерна тритикале можна отримати якісний солод, який характеризується високою екстракційною здатністю, коротким часом оцукрення та забезпечує специфічні органолептичні якості [115]. Сорти тритикале спирто-дистилятного напрямку використання повинні бути високопродуктивними, характеризуватися високим вмістом крохмалю. Сорти з високим вмістом білку використовуються для приготування концентрованих кормів для птиці, жуйних та нежуйних тварин. Тритикале є хорошим джерелом протеїну та енергії, тому найбільш широко використовується у кормовиробництві. Зерно тритикале відрізняється доброю засвоюваністю поживних речовин тваринами, оскільки містить велику кількість крохмалю та менший вміст сирі клітковини [116].

У 2023 – 2024 рр. було проведено оцінку показників якості зерна сортів тритикале різного типу розвитку.

Натура зерна – важлива ознака якості, яка обумовлюється щільністю та виповненістю і впливає на вихід борошна і комбікормів.

Серед короткостеблових сортів у середньому за роками та варіантами доз азотного живлення вищу натуру зерна мав сорт Тимофій (695 г/л) (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Натура зерна у короткостеблових та середньостеблених сортів і ліній тритикале, г/л, 2023 – 2024 рр.

Сорт	Варіанти доз азоту	Натура зерна, г/л			Коефіцієнт варіації, %
		2023 р.	2024 р.	середнє	
короткостеблові					
ХАД 45	контроль	620	640	630	5
	N 90	668*	698*	683*	
	N 120	668*	710*	689*	
	N 180	664*	712*	688*	
	середнє	667	707	673	–
Тимофій	контроль	660	716	688	4
	N 90	661	720	691	
	N 120	684*	724	704*	
	N 180	681*	716*	699*	
	середнє	672	719	695	–
Трифон	контроль	656	692	674	2
	N 90	668*	696	682*	
	N 120	682*	688	685*	
	N 180	684*	692	688*	
	середнє	673	692	682	–
середньостеблові					
ХАД 650	контроль	640	700	670	4
	N 90	660*	708*	684*	
	N 120	664*	716*	690*	
	N 180	672*	708*	690*	
	середнє	659	708	684	–
Златоуст	контроль	656	700	678	4
	N 90	656	708*	682	
	N 120	660	716*	688*	
	N 180	660	708*	684	
	середнє	658	708	683	–
Єлань	контроль	660	718	689	4
	N 90	672*	728*	700*	
	N 120	672*	724*	698*	
	N 180	668*	732*	700*	
	середнє	668	726	697	–
НІР _{0,5}		10,8	5,29	5,87	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

В середньому за роками у контрольному варіанті без добрив натура зерна становила 688 г/л. Достовірне підвищення натури зерна відбувалось за дози N₁₂₀ (704 г/л, що переважає контроль на 36 г/л) та дози N₁₈₀ (699 г/л, що переважає контроль на 11 г/л) [117].

У лінії ХАД 45 середня натура зерна за роками та варіантами становила 673 г/л. За всіма варіантами азотного живлення спостерігалось підвищення натури, порівняно з контролем. Вищу натуру зерна сорт формував у варіанті N₁₂₀ (689 г/л, що переважає контроль на 59 г/л).

У сорту Трифон середня за роками та варіантами натура зерна становила 682 г/л. У середньому за роками у контрольному варіанті без добрив натура зерна становила 674 г/л. Достовірне підвищення цього показника відбувалось за усіма варіантами внесення азоту. Вищу натуру зерна сорт формував за дози N₁₈₀ (688 г/л, що переважає контроль на 14 г/л).

Усі короткостеблові сорти проявили високу стабільність за натурою зерна (коефіцієнт варіації $V = 2-5 \%$). Найбільш стабільним був сорт Трифон.

Серед групи середньостеблових сортів вищу натуру зерна мав сорт дворучка Єлань. У середньому за роками та варіантами цей показник становив 697 г/л. Найбільше на підвищення натури зерна впливало внесення азотних добрив у дозах N₁₂₀ та N₁₈₀ (700 г/л, що переважає контроль на 11 г/л).

У лінії ХАД 650 середня за роками та варіантами натура зерна становила 684 г/л. У середньому за роками у контрольному варіанті без добрив зерно мало натуру 670 г/л. Кращими варіантами є дози N₁₂₀ та N₁₈₀ за яких натура зерна становила 690 г/л, що перевищує контроль на 20 г/л.

У сорту Златоуст середня за роками та варіантами натура зерна становила 683 г/л. У варіанті без добрив у середньому за роками зерно мало натуру 678 г/л. Достовірне підвищення цього показника відбувалось за дози N₁₂₀ – 688 г/л, що перевищує контроль на 10 г/л.

Мінливість натури зерна в усіх середньостеблових сортів мала низький рівень ($V = 4 \%$).

Високостеблові сорти тритикале мали вищу натуру зерна, порівняно з низько- та середньостебловими сортами, яка становила 698–723 г/л (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Натура зерна у високостеблових сортів тритикале, г/л,
2023–2024 рр.

Сорт	Варіанти доз азоту	Натура зерна, г/л			Коефіцієнт варіації, %
		2023 р.	2024 р.	середнє	
Букет	контроль	668	712	690	4
	N 90	670	724*	697*	
	N 120	672	724*	698*	
	N 180	682*	732*	707*	
	середнє	673	723	698	–
Ратне	контроль	680	748	714	6
	N 90	672	752	712	
	N 120	668	740	704	
	N 180	668	756	712	
	середнє	672	749	711	–
Раритет	контроль	676	768	722	6
	N 90	682	764	723	
	N 120	680	764	722	
	N 180	692	760	726	
	середнє	683	764	723	–
Леонтій	контроль	680	720	700	5
	N 90	668	732*	700	
	N 120	668	740*	704	
	N 180	656	732*	694	
	середнє	668	731	700	–
НІР _{0,5}		10,8	5,29	5,87	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

У середньому по роках та варіантах дослідів вищу натуру зерна формували сорти Раритет (723 г/л) та Ратне (711 г/л).

У сорту Раритет в середньому за роками досліджень різниця за варіантами доз азотних добрив була неістотною.

У сорту Ратне у контрольному варіанті без добрив у середньому за роками натура зерна становила 714 г/л. При цьому внесення азотних добрив не підвищувало цей рівень.

У сорту Букет середня натура зерна за роками та варіантами становила 698 г/л. У середньому за роками у контрольному варіанті без добрив зерно мало натуру 690 г/л. За всіма варіантами азотного живлення відбувалось підвищення натури зерна на 7–17 г/л. Максимального показника цієї ознаки було досягнуто за дози N_{180} (707 г/л).

У сорту Леонтій середня за роками та варіантами натура зерна становила 700 г/л. Значних відмінностей за варіантами доз азотного живлення виявлено не було. Достовірне підвищення натури зерна (на 12–20 мл) спостерігалось лише у 2024 р. за всіма варіантами азотного живлення.

Коефіцієнт варіації натури зерна у високостеблових сортів коливався від 4 % до 6 %, що вказує на високу стабільність цієї ознаки.

Таким чином, встановлено, що натура зерна у всіх досліджуваних сортів незалежно від групи високорослості має високий рівень стабільності під впливом умов середовища та доз азотного живлення ($V = 2-6 \%$). У більшості коротко- та середньостеблових сортів застосування азотних добрив у дозах $N_{90}-N_{180}$ підвищувало показник натури зерна. Високостеблові сорти Ратне, Раритет та Леонтій слабо реагували на внесення азотних добрив. При цьому, наведені сорти формували вищу серед інших сортів натуру зерна (700–723 г/л).

Вміст білку в зерні визначає його харчову та кормову цінність.

У лінії ХАД 45 середній вміст білку в зерні за роками та варіантами доз азоту становив 11,4 %. У середньому за роками у контрольному варіанті без добрив зерно містило 10,2 % білку. У варіантах доз азотного живлення N_{120} та N_{180} у середньому за роками спостерігалось достовірне підвищення вмісту білку відповідно до 12,0 % та 13,1 % (табл. 5.3).

Вміст білку в зерні у короткостеблових та середньостеблених зразків
тритикале, %, 2023–2024 рр.

Сорт	Варіанти доз азоту	Вміст білку, %			Коефіцієнт варіації, %
		2023 р.	2024 р.	середнє	
короткостеблові					
ХАД 45	контроль	10,6	9,8	10,2	13
	N 90	10,8	10,2	10,5	
	N 120	13,5*	10,5	12,0*	
	N 180	13,7*	12,4*	13,1*	
	середнє	12,2	10,7	11,4	–
Тимофій	контроль	13,2	11,3	12,3	7
	N 90	11,1	11,3	11,2	
	N 120	11,9	11,7	11,8	
	N 180	12,9	11,4	12,2	
	середнє	12,3	11,4	11,9	–
Трифон	контроль	11,8	9,9	10,9	7
	N 90	11,2	11,1	11,2	
	N 120	11,5	11,9*	11,7	
	N 180	12,3	12,3*	12,3*	
	середнє	11,7	11,3	11,5	–
середньостеблові					
ХАД 650	контроль	10,8	10,3	10,6	4
	N 90	11,1	10,6	10,9	
	N 120	11,2	10,9	11,1	
	N 180	11,8	11,5	11,7	
	середнє	11,2	10,8	11,0	–
Златоуст	контроль	12,8	9,1	11,0	14
	N 90	12,8	9,6	11,2	
	N 120	12,8	10,6*	11,7	
	N 180	12,8	11,1*	12,0	
	середнє	12,8	10,1	11,5	–
Єлань	контроль	9,6	10,6	10,1	8
	N 90	9,7	10,9	10,3	
	N 120	10,3	10,9	10,6	
	N 180	12,3*	11,1	11,7*	
	середнє	10,5	10,9	10,7	–
НІР _{0,5}		1,4	1,4	1,1	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

У сорту Тимофій середній за роками та варіантами вміст білку становив 11,9 % з коливанням по роках від 11,4 % до 12,3 %. У контрольному варіанті без добрив у середньому за роками вміст білку становив 12,3 %. При внесенні азотних добрив у різних дозах підвищення вмісту білку не спостерігалось.

У сорту Трифон середній вміст білку за роками та варіантами становив 11,5 %. У середньому за роками у варіанті без добрив вміст білку становив 10,9 %. Внесення азотних добрив достовірно підвищувало вміст білку у варіанті N₁₈₀ – 12,3 %.

Серед групи середньостеблих сортів вищий вміст білку мав сорт Златоуст. У середньому за роками та варіантами вміст білку становив 11,5 % з коливанням по роках від 10,1 % до 12,8 %. У варіанті без добрив середньорічний показник вмісту білку становив 11,0 %. Внесення азотних добрив неістотно підвищувало вміст білку з максимальним значенням за дози N₁₈₀ (12,0 %). Статистично достовірне підвищення вмісту білку спостерігалось лише у 2025 р. у варіантах N₁₂₀ та N₁₈₀.

Лінія ХАД 650 проявляла високу стабільність прояву ознаки вміст білку за роками досліджень (від 10,8 % до 11,2 %). Вміст білку в зерні у середньому за роками та варіантами становив 11,0 %. Застосування азотних добрив неістотно підвищувало вміст білку у зерні.

У сорту дворучки Єлань середній за роками та варіантами вміст білку становив 10,7 %. У середньому за роками у контрольному варіанті без добрив зерно формувало 10,1 % білку. Достовірне підвищення вмісту білку спостерігалось лише у варіанті N₁₈₀.у 2023 р. та у середньому по роках.

Сорти Тимофій, Трифон, ХАД 650 та Єлань мали низький рівень мінливості ознаки вміст білку ($V = 4-8 \%$), а сорти ХАД 45 та Златоуст – середній ($V = 13-14 \%$).

У високорослого сорту Букет середній за роками та варіантами вміст білку становив 10,9 %. У середньому за роками у контрольному варіанті без добрив вміст білку становив 10,3 %. Застосування азотних добрив

підвищувало вміст білку в зерні від 10,7 % за дози N₉₀ до 11,9 % за дози N₁₈₀ (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Вміст білку у зерні високостеблових сортів тритикале, г/л,
2023–2024 рр.

Сорт	Варіанти доз азоту	Вміст білку, %			Коефіцієнт варіації, %
		2023 р.	2024 р.	середнє	
Букет	контроль	10,8	9,8	10,3	7
	N 90	10,6	10,8	10,7	
	N 120	10,8	10,7	10,8	
	N 180	12,7*	11,1	11,9*	
	середнє	11,2	10,6	10,9	–
Ратне	контроль	10,9	10,7	10,8	6
	N 90	9,7	11,3	10,5	
	N 120	9,7	11,2	10,5	
	N 180	10,6	11,0	10,8	
	середнє	10,2	11,1	10,6	–
Раритет	контроль	10,8	10,8	10,8	7
	N 90	11,5	10,1	10,8	
	N 120	11,4	11,2	11,3	
	N 180	12,8*	12,0	12,4*	
	середнє	11,6	11,0	11,3	–
Леонтій	контроль	10,6	8,6	9,6	13
	N 90	12,3*	10,7*	11,5*	
	N 120	12,8*	10,5*	11,7*	
	N 180	12,8*	10,8*	11,8*	
	середнє	12,1	10,2	11,1	–
НІР _{0,5}		1,4	1,4	1,1	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

У сорту Ратне вміст білку в зерні у середньому за роками та варіантами становив 10,6 %. Середній за роками вміст білку у варіанті без добрив становив 10,8 %. Підвищення вмісту білку при застосуванні азотних добрив не спостерігалось.

Сорт Раритет мав вищий серед високостеблових сортів вміст білку. У середньому за роками та варіантами зерно містило 11,1 % білку. Середній за роками вміст білку у контрольному варіанті без добрив становив 10,8 %. Достовірне підвищення цього показника відбувалось за варіанту дози азоту N_{180} (12,4 %).

Сорт Леонтій у середньому за роками та варіантами мав вміст білку 11,1 %. У варіанті без добрив сорт мав найменший серед досліджуваних сортів вміст білку (9,6 %). При цьому внесення азотних добрив у всіх варіантах значно підвищувало вміст білку від 11,5 % при дозі N_{90} до 11,8 % при дозі N_{180} .

Сорти Букет, Ратне та Раритет мають низький рівень мінливості за вмістом білку в зерні ($V = 6-7\%$), а сорт Леонтій – середній ($V = 13\%$).

Таким чином, більшість досліджуваних сортів добре реагує на внесення азотних добрив, яке підвищує вміст білку на 1,0–2,9 %. Сорти Тимофій, Ратне та Леонтій мають низький відгук на застосування азотних добрив. Вищий серед досліджуваних сортів вміст білку мають сорти Тимофій (11,9 %), Трифон, Златоуст (11,5 %), ХАД 45 та Раритет (11,3 %).

Крохмаль – це основний енергетичний компонент зерна тритикале. Високий вміст крохмалю забезпечує можливість виробництва етанолу та крохмалопродукції, а у поєднанні з високим вмістом білку забезпечує високу кормову цінність.

Вміст крохмалю у зерні сортів тритикале у середньому за роками досліджень та варіантами доз азоту коливався від 68,7 % до 70,8 % (табл. 5.5).

Вищий вміст крохмалю у зерні мали сорти Златоуст – 70,8 % з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,7 %), сорт Ратне (70,6 %) з максимальним рівнем у варіантах N_{90} (71,5 %) та N_{120} (71,4 %), сорт Трифон – 70,3 % з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,4 %) та сорт Леонтій – 70,3 % з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,6 %). Але незначне підвищення вмісту крохмалю в окремих варіантах азотного живлення було статистично не достовірним.

За варіантами доз добрив у більшості сортів спостерігалась тенденція до зниження вмісту крохмалю в зерні при застосуванні азотних добрив. Це пов'язане з тим, що азотні добрива значно підвищують вміст білку в зерні, який має від'ємну кореляцію з вмістом крохмалю.

Таблиця 5.5

Вміст крохмалю в зерні сортів та ліній тритикале, %, середнє за 2023–2024 рр.

Сорт	Доза азоту					Середнє
	Контроль	N 60	N90	N120	N180	
ХАД 45	71,3	69,2	70,6	67	65,6	68,7
Тимофій	70,0	70,1	71,1	69,8	67,5	69,7
Трифон	72,4	70,8	70,8	69,8	67,8	70,3
ХАД 650	68,1	68,8	67,6	67,6	66,8	67,8
Златоуст	72,7	69,2	71,8	71,5	69,0	70,8
Єлань	70,8	71,6	70,8	69,6	67,5	70,1
Букет	69,9	70,6	71,3	70,9	68,1	70,2
Ратне	69,8	70,5	71,5	71,4	69,9	70,6
Раритет	71,2	69,4	69,8	69,8	68,8	69,8
Леонтій	72,6	70,9	70,3	69,5	68,1	70,3
НІР _{0,5}	2,14					–

Загальна склоподібність зерна тритикале є важливою для технологічної переробки та борошномельної якості. Склоподібність зерна переважно є досить мінливим фактором. Погодні умови, зокрема висока температура та дефіцит вологи під час наливу зерна, значно підвищують склоподібність. І навпаки, дощова, прохолодна погода у період дозрівання обумовлює гідроліз крохмалю, що знижує склоподібність.

З літературних джерел відомо, що склоподібність залежить як від сортових особливостей, так і від погодних умов. Білітюк А. П. зазначає, що інтенсивне азотне підживлення (особливо пізні строки підживлення) сприяє підвищенню склоподібності [118]. У роботах Рожкова А. О. вплив азотного живлення на склоподібність зерна тритикале озимого описується як один із

найсильніших чинників керування якістю в умовах Лісостепу. Збільшення доз азоту (особливо на фоні фосфорно-калійних добрив) сприяє ущільненню ендосперму та зростанню частки склоподібних зерен. Раціональна система удобрення дозволяє підвищити склоподібність на 12–18% порівняно з контролем без добрив [119]. У дослідженнях Авраменка С. В. склоподібність тритикале розглядається як динамічний показник якості, що тісно пов'язаний з адаптивністю сортів та рівнем агротехнічного фону. Автор зазначає, що показник склоподібності суттєво варіює залежно від умов вирощування. А осіннє та ранньовесняне підживлення азотом сприяє підвищенню склоподібності за рахунок кращого наливу зерна та синтезу запасних білків. Склоподібність розглядається як елемент адаптивності. Сорти, що здатні зберігати високу склоподібність під впливом абіотичних факторів (зокрема в умовах Східного Лісостепу) класифікуються як найбільш придатні для продовольчого використання [120].

У наших дослідженнях багатофакторний дисперсійний аналіз показав, що основним фактором, який впливає на склоподібність є погодні умови року. Частка цього фактору у загальній мінливості складає 49 % (рис. 5.1).

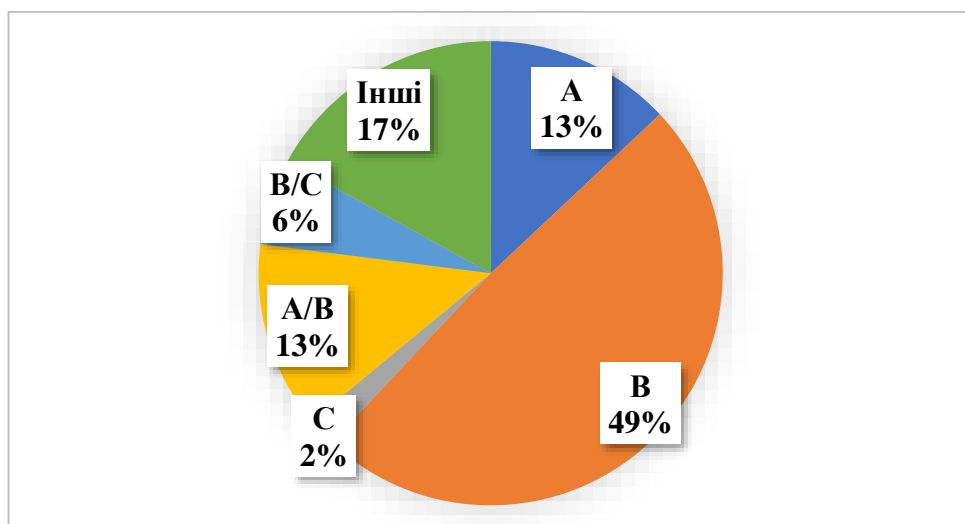


Рисунок 5. 1. Частка впливу факторів на мінливість склоподібності зерна тритикале , де А – фактор генотип, В – фактор умови року, С – фактор доза азоту, А/В - взаємодія генотип/умови року, В/С - взаємодія умови року/доза азоту.

Також значний вплив мають генотип сорту (13 %) та взаємодія факторів генотип сорту/умови року (13 %). Фактор доза азотного живлення мав значно нижчий вплив (3 %). Більший вплив цей фактор має у взаємодії з умовами року (6 %). За впливом взаємодії факторів генотип сорту та доза азотного живлення, а також взаємодією всіх трьох досліджуваних факторів достовірної різниці не виявлено, тому їх вплив віднесено до інших факторів. Враховуючі те, що погодні умови мають найбільший вплив на формування скловидності, але й обумовлюються генотипом сорту, найбільш цінними є сорти, що стабільніше формують вищу склоподібність за роками. Усі досліджувані сорти мали високий рівень мінливості ознаки склоподібність зерна, одже серед них виділяли сорти з меншим значенням коефіцієнту варіації.

Серед сортів низькостеблової групи вищу склоподібність у середньому за роками та варіантами доз азоту мав сорт Тимофій – 28 % (табл. 5.6)

Таблиця 5.6

Загальна склоподібність зерна короткостеблових та середньостеблових зразків тритикале, %, 2023–2024 рр.

Сорт	Варіанти доз азоту	Загальна склоподібність, %			Коефіцієнт варіації, %
		2023 р.	2024 р.	середнє	
ХАД 45	контроль	9	38	24	62
	N 90	8	40	24	67
	N 120	21	34	28*	24
	N 180	26	36	31*	16
	середнє	16	37	27	40
Тимофій	контроль	26	40	33	21
	N 90	8	36	22	64
	N 120	20	33	27	25
	N 180	27	35	31	13
	середнє	20	36	28	28
Трифон	контроль	13	29	21	38
	N 90	13	29	21	38
	N 120	19*	36*	28*	31
	N 180	18*	37*	28*	35
	середнє	16	33	24	35
НІР _{0,5}		3,1	4,4	2,7	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

Сорт Тимофій мав нижчий за інші низькостеблові сорти рівень мінливості ознаки (28 %).

У лінії ХАД 45 середній за роками та варіантами рівень скловидності становив 27 %. За внесення азотних добрив у дозах N₁₂₀ та N₁₈₀ склоподібність підвищувалась відповідно до 28 % та 31 %.

У сорту Трифон склоподібність у середньому за роками та варіантами становила 24 %. Внесення азотних добрив у дозах N₁₂₀ та N₁₈₀ підвищувало склоподібність до 28 %.

У сортів Тимофій, ХАД 45 та Трифон при внесенні азотних у дозі N₁₂₀ відмічався більш стабільний прояв ознаки склоподібність зерна за роками досліджень.

Серед групи середньостеблових зразків вищу середню за роками та варіантами склоподібність мала лінія ХАД 650 – 39 % (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Загальна склоподібність зерна середньостеблених зразків тритикале озимого, %, 2023–2024 рр.

Сорт	Варіанти доз азоту	Загальна склоподібність, %			Коефіцієнт варіації, %
		2023 р.	2024 р.	середнє	
ХАД 650	контроль	28	37	33	14
	N 90	38*	35	37*	4
	N 120	41*	37	39*	5
	N 180	50*	43*	47*	8
	середнє	39	38	39	8
Златоуст	контроль	13	33	23	43
	N 90	16	34	25	36
	N 120	13	32	23	42
	N 180	45*	32	39*	17
	середнє	22	33	27	35
Єлань	контроль	12	34	28	40
	N 90	13	34	29	38
	N 120	11	31	31	37
	N 180	33*	31	29	7
	середнє	17	33	29	31
НІР _{0,5}		3,1	4,4	2,7	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

Лінія ХАД 650 була найбільш стабільною за проявом ознаки склоподібність зерна по роках ($V = 8 \%$). Внесення азотних добрив за всіма варіантами доз підвищувало склоподібність. Кращим був варіант N_{180} , за якого склоподібність підвищувалась до 47% . У сорту Златоуст середня за роками та варіантами склоподібність становила 27% . Підвищення склоподібності спостерігалось у варіанті дози азоту N_{180} (39%). У сорту дворучки Єлань середня за роками та варіантами склоподібність становила 29% . Внесення азоту значного впливу на прояв цієї ознаки не мало. У сортів Златоуст та Єлань спостерігалось підвищення стабільності прояву ознаки склоподібність при внесенні азотних добрив у дозі N_{180} .

Серед сортів групи високостеблових сортів вищу склоподібність у середньому за роками та варіантами мав сорт Раритет (30%). При внесенні азотних добрив у дозі N_{180} склоподібність підвищувалась до 38% (табл. 5.8).

Сорт Букет мав середню за роками та варіантами склоподібність 23% . Внесення азотних добрив у дозі N_{180} підвищувало рівень склоподібності зерна до 26% . У сорту Ратне рівень склоподібності в середньому за роками та варіантами становив 22% . Азотні добрива не впливали на рівень прояву ознаки. У сорту Леонтій середня за роками та варіантами склоподібність становила 27% . У контрольному варіанті без добрив склоподібність становила 20% . Застосування азотних добрив підвищувало склоподібність сорту до 29% при дозах азоту N_{90} , N_{120} та до 33% при дозі азоту N_{180} .

Таким чином встановлено, що усі досліджувані сорти тритикале мають високий рівень мінливості ознаки склоподібність зерна за винятком лінії ХАД 650, яка проявила високу стабільність за цією ознакою ($V = 8 \%$). Найбільший вплив на мінливість склоподібності мають умови року (49%), генотип сорту (13%) та взаємодія цих факторів (13%). Доза азотних добрив має низький вплив на мінливість ознаки (3%), але у взаємодії з фактором умови року впливає більше (6%). У зразків ХАД 45, Трифон, ХАД 650, Златоуст, Єлань, Букет, Раритет та Леонтій відмічено позитивний вплив застосування азоту у дозі N_{180} на склоподібність зерна, що підвищує її

на 5–16 %. При цьому, варіант N₁₈₀ значно підвищував стабільність прояву ознаки за роками досліджень у всіх сортів, крім Тимофій, змінюючи рівень мінливості з високого до середнього та низького.

Таблиця 5.8

Загальна склоподібність зерна високостеблових сортів тритикале, %, 2023–2024 рр.

Сорт	Варіанти доз азоту	Загальна склоподібність, %			Коефіцієнт варіації, %
		2023 р.	2024 р.	середнє	
Букет	контроль	10	31	21	51
	N 90	11	31	21	48
	N 120	8	38*	23	65
	N 180	17*	34	26*	33
	середнє	12	34	23	49
Ратне	контроль	9	42	26	65
	N 90	12	31	22	44
	N 120	11	30	21	46
	N 180	15*	29	22	32
	середнє	12	33	22	47
Раритет	контроль	10	47	29	65
	N 90	7	41	24	71
	N 120	6	50	28	79
	N 180	27*	49	38*	29
	середнє	13	47	30	61
Леонтій	контроль	9	30	20	54
	N 90	23*	35*	29*	21
	N 120	21*	36*	29*	26
	N 180	30*	35*	33*	8
	середнє	21	34	27	27
НІР _{0,5}		3,1	4,4	2,7	–

Примітка. * – істотне перевищення контролю на 5 % рівні значущості

Середня за роками досліджень та варіантами доз азоту склоподібність зерна у сортів тритикале становила 22–39 %. Найвищу склоподібність зерна мав сорт ХАД 650 (середня 39 %, у варіанті N₁₈₀ – 47 %).

5.2 Якість борошна та хліба у зразків тритикале залежно від азотного живлення

На сучасному етапі селекції тритикале високі хлібопекарські властивості пов'язують з якістю клейковини. У зерні тритикале найважливіше — це клейковинний білок, який зумовлює технологічні властивості зерна і виробленого з нього борошна. За високої кількості сирої клейковини та гарній її якості сорт придатний для хлібопечення. На хлібопекарські властивості, крім кількості клейковинних білків, має великий вплив і їх якість. Якість клейковини у багатьох випадках надає вирішальне значення якості хліба. Якість клейковини характеризується її фізичними властивостями, зокрема розтяжністю і пружністю, еластичністю. Пружність і розтяжність визначають еластичність клейковини [121]. Пружність та еластичність клейковини визначається показником ВДК. Він показує, наскільки клейковина здатна чинити опір стисканню. Це критично важливо для хлібопечення: занадто «сильна» клейковина не дасть тісту піднятися, а занадто «слабка» — призведе до того, що хліб розпливеться і буде глевким. Першочергове значення для оцінки хлібопекарських властивостей тритикале мають показники фаринографа, особливо розрідження тіста. Щипак Г. В. зазначає, що більшість сортів тритикале мають показник ВДК у межах 80–100 одиниць. Це класифікує їх як II групу (задовільно слабку). Це пов'язано з наявністю білків жита, які не здатні утворювати міцну глютену структуру. Селекційним шляхом, завдяки відбору специфічних субодиниць глютенінів автору вдалося стабілізувати якість клейковини в межах I групи (45–75 од. ВДК). Це робить такі генотипи конкурентними з пшеницею [122, 123].

У середньому за роками досліджень вміст сирої клейковини у борошні у варіанті без добрив становив 10,3 – 15,4 %. При цьому, за показником ВДК усі сорти мали високу якість клейковини I групи за всіма варіантами. Вищий вміст клейковини у борошні мали сорти Леонтій (15,4 %), Букет (15,0 %), Тимофій (14,0 %) та Ратне (13,6 %) (табл. 5.9).

Кількість сирої клейковини у борошні тритикале, %, середнє за 2023 – 2024 рр.

Сорт	Варіант азотного живлення				Середнє
	контроль	N ₉₀	N ₁₂₀	N ₁₈₀	
короткостеблові					
ХАД 45	10,3	12,2	13,2*	15,2*	12,7
Тимофій	14,0	14,4	16,2*	18,0*	15,7
Трифон	10,6	11,4	11,5	13,6*	11,8
середньостеблові					
ХАД 650	11,0	11,8	14,4*	15,6*	13,2
Златоуст	10,5	8,6	11,4	15,2*	11,4
Єлань	11,0	11,0	12,2	13,8*	12,0
високостеблові					
Букет	15,0	15,4	15,6	20,4*	16,6
Ратне	13,6	15,4	14,8	15,4	14,8
Раритет	11,0	12,8	14,6*	17,0*	13,9
Леонтій	15,4	15,6	17,6*	19,0*	16,9
НІР _{0,5}	загальна (рік, сорт, азотне живлення)				2,1
	за фактором сорт				0,9
	за фактором азотне живлення				0,6

Примітка: * - істотне перевищення контролю на 0,5 % рівні значущості.

При внесенні азоту у дозі N₉₀ істотної різниці з контролем не спостерігалось. Це ймовірно пов'язане з тим, що азот вносився тільки на початку відновлення весняної вегетації і рослини використали його до фаз наливу та досягання зерна. У варіанті N₁₂₀ спостерігалась диференціація сортів за реакцією на азотне живлення. У варіанті N₂₄₀ всі сорти крім Ратне мали істотне перевищення вмісту клейковини, порівняно з контролем.

У сортів ХАД 45, Тимофій, ХАД 650, Раритет та Леонтій відмічався добрий відгук на азотне живлення за формуванням ознаки. У цих сортів істотно підвищувався вміст клейковини за обох варіантів азотного живлення N_{120} та N_{180} . При застосуванні азотних добрив найвищий вміст клейковини у борошні мали ті самі сорти, що і у контрольному варіанті, але з різною прибавкою до показника контролю: Букет – 20,4 % (+ 5,4 % до контролю), Леонтій – 19,0 % (+ 3,6 % до контролю), Тимофій – 18,0 % (+4,0 % до контролю) та Раритет – 17,0 % (+ 6,0 % до контролю).

Високу прибавку вмісту клейковини за норми азоту N_{180} мали також сорти з середнім її вмістом у варіанті без добрив: ХАД 45 – 15,2 % (+ 5,0 % до контролю), Златоуст – 15,2 % (+ 4,8 % до контролю), та ХАД 650 – 15,6 % (+4,6 % до контролю).

Сорт Ратне слабо реагував на внесення азотних добрив, при цьому він здатний формувати підвищений вміст клейковини у борошні без застосування азотних добрив (13,6 %). При внесенні азоту сорт неістотно перевищував цей показник (на 1,2–1,8 %).

Мінливість ознаки кількість клейковини у борошні за роками та варіантами добрив у досліджуваних сортів мала середній рівень ($V = 11$ –27 %), а у сорту ХАД 650 – високий рівень ($V = 34$ %). Більш стабільними за проявом цієї ознаки є сорти Леонтій ($V = 11$ %), Трифон ($V = 13$ %), Тимофій та ХАД 45 ($V = 16$ %).

Шляхом дисперсійного аналізу проведено оцінку впливу генотипу сорту, умов року, доз азотного живлення та взаємодії цих факторів на загальну мінливість ознаки. Встановлено, що всі три фактори та варіанти їх взаємодії між собою мають достовірно значущий вплив на мінливість ознаки. Найбільше вона обумовлюється фактором генотип сорту (частка мінливості 33 %) та його взаємодія з умовами року (частка мінливості 23 %). Менший вплив мають умови року (14 %) та доза азоту (8 %) (рис. 5.2).

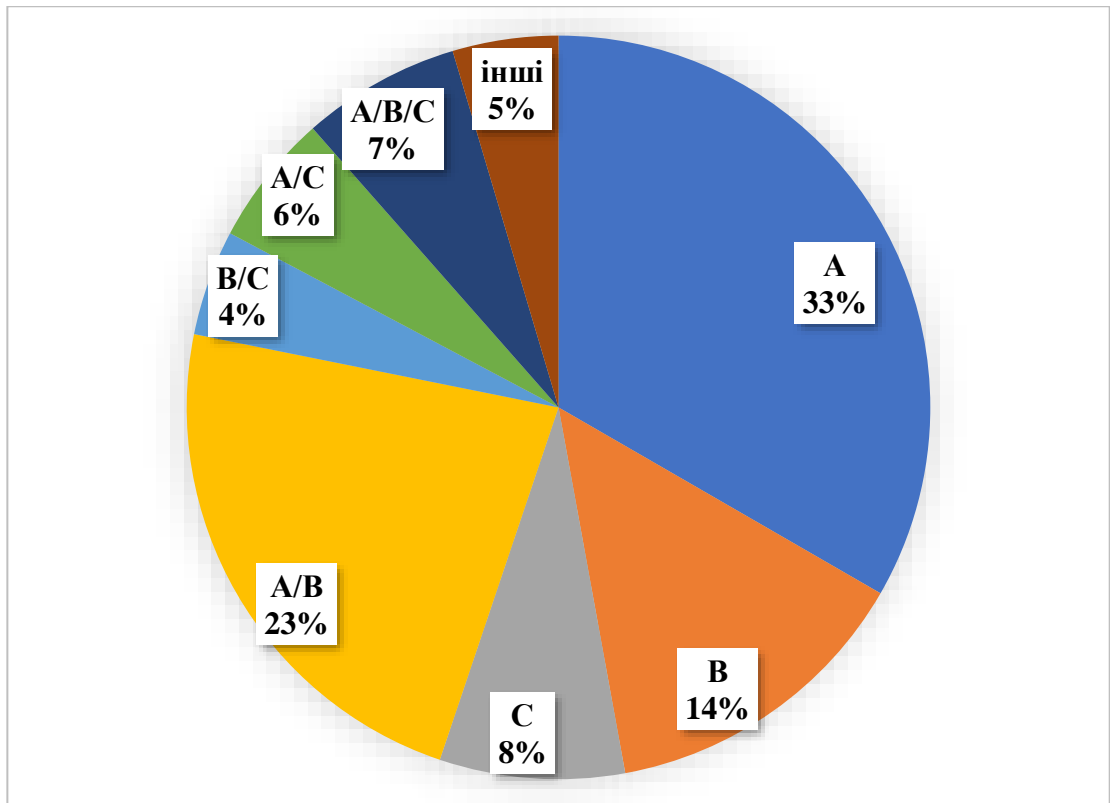


Рисунок 5. 2. Частка впливу факторів на мінливість ознаки кількість клейковини у борошні у сортів тритикале , де А – фактор генотип, В – фактор умови року, С – фактор доза азоту, А/В - взаємодія генотип/умови року, В/С - взаємодія умови року/доза азоту, А/С - взаємодія генотип/доза азоту, А/В/С – взаємодія всіх факторів.

Таким чином, внесення високої дози азоту – N_{180} на початку відновлення весняної вегетації без подальших підживлень підвищує вміст сирої клейковини у борошні на 2,8 – 6,0 %. Кращий відгук на азотне живлення за цією ознакою мають сорти Букет, Леонтій, Раритет та Тимофій. У цілому вищий вміст клейковини як у варіанті без добрив, так і за використання азотних добрив мають сорти Леонтій, Тимофій та Раритет. Найбільший вплив на мінливість ознаки кількість сирої клейковини у борошні мають фактор генотип сорту (частка мінливості 33 %) та його взаємодія з умовами року (частка мінливості 23 %).

Сила борошна – це здатність тіста чинити опір розтягуванню та утримувати вуглекислий газ під час бродіння й випікання. Вона обумовлюється трьома головними факторами:

- кількість та якість білків: головну роль відіграють глютенін (відповідає за пружність) та гліадин (відповідає за розтяжність). Разом вони утворюють каркас клейковини. Чим більше цих білків, тим сильніше борошно;
- стан вуглеводно-амілазного комплексу. Тобто наявність цукрів та активність ферментів (амілаз), які їх розщеплюють. Якщо ферменти надто активні (як у тритикале), вони «розріджують» тісто, роблячи його слабшим;
- водопоглинальна здатність: сильне борошно здатне ввібрати більше води, зберігаючи при цьому стабільну структуру тіста.

У досліджуваних сортів спостерігалась висока мінливість сили борошна за роками досліджень. У 2023 р. середня сила борошна у сортів становила 63 о.а., що характеризує борошно як низької якості. Залежно від сорту цей показник коливався від 42 о.а. у сорту Ратне до 80 о.а. у сорту ХАД 650. Вищу силу борошна мали сорти ХАД 650 (80 о.а.), Трифон (75 о.а.) та Тимофій (73 о.а.). У 2024 р. середня по сортах сила борошна була значно вищою – 125 о.а., що характеризує його як борошно середньої сили. Залежно від сорту цей показник коливався від 95 о.а. у сорту Златоуст до 167 о.а. у сорту Раритет. Вищу силу борошна у цьому році проявляли сорти Раритет (167 о.а.), Елань (157 о.а.), Трифон (155 о.а.), ХАД 45 (134 о.а.) та ХАД 650 (131 о.а.).

У середньому за роками досліджень та варіантами азотного живлення сила борошна у сортів становила 67–118 о.а. (табл. 5.10).

У варіанті без добрив у середньому за роками вищу силу борошна проявили сорти Тимофій (106 о.а.), ХАД 650 (102 о.а.) та Раритет (101 о.а.).

Відмічається різна реакція сортів на внесення азотних добрив. Низький коефіцієнт варіації ($V < 10\%$) за варіантами доз азоту свідчить, що сорти Тимофій, Трифон та ХАД 650 не підвищують силу борошна при даних варіантах внесення азотних добрив. Істотних різниць за даним показником не виявлено.

Сила борошна у сортів та ліній тритикале, о.а., середнє за 2023 – 2024

Сорт	Варіант азотного живлення				Середнє	Коеф. варіації, V, %
	контроль	N ₉₀	N ₁₂₀	N ₁₈₀		
короткостеблові						
ХАД 45	88	95	99	113*	99	10
Тимофій	106	96	102	95	100	5
Трифон	97	96	100	104	99	4
середньостеблові						
ХАД 650	102	96	101	99	99	3
Златоуст	70	82	84	104*	77	35
Єлань	92	118*	121*	141*	108	36
високостеблові						
Букет	63	79*	79*	112*	83	25
Ратне	82	72	66	62	70	12
Раритет	101	115	125*	130*	118	11
Леонтій	53	72*	65	79*	67	17
НІР _{0,5}	15					–

Примітка: * - істотне перевищення контролю на 0,5 % рівні значущості.

Високий рівень мінливості за варіантами дослідів ($V = 25\text{--}36\%$) мали сорти Букет та Єлань. Вони добре реагували на азотне живлення. Підвищення сили борошна спостерігалось за всіма варіантами доз азоту. Сорт Букет при внесенні азотних добрив підвищував силу борошна на 16–49 о.а., залежно від варіанту. Вищий показник сили борошна спостерігався у варіанті N₁₈₀ (112 о.а.). У сорту Єлань спостерігалось найбільше серед інших сортів підвищення показника сили борошна при внесенні азотних добрив (перевищення контролю на 26–49 о.а., залежно від варіанту). Максимальний показник сили борошна спостерігався у варіанті N₁₈₀ (141 о.а.).

У сорту Златоуст, який мав силу борошна у контрольному варіанті 70 о.а., внесення азотних добрив у дозі N_{180} істотно підвищувало цей показник на 34 о.а.

Зразки ХАД 45, Ратне, Раритет та Леонтій мали середній рівень мінливості по варіантах досліджень ($V = 10\text{--}17\%$). Підвищення сили борошна спостерігалось тільки в окремих варіантах доз азоту.

У лінії ХАД 45 істотне збільшення сили борошна спостерігалось тільки у варіанті N_{180} (113 о.а., +25 о.а. до контролю). Сорт Раритет мав високий показник сили борошна у варіанті без добрив (101 о.а.), доза азоту N_{90} підвищувала цей показник до 115 о.а., але статистично не істотно. Істотне підвищення сили борошна спостерігалось у варіантах N_{120} та N_{180} (перевищення контролю на 24–29 о.а.). Максимальний показник сили борошна сорт Раритет проявляв у варіанті N_{180} (130 о.а.). Сорт Леонтій у контрольному варіанті мав силу борошна 53 о.а. Істотне підвищення цього показника спостерігалось у варіантах N_{90} та N_{180} (перевищення контролю відповідно на 19 о.а. та 26 о.а.). Вищої сили борошна у цього сорту було досягнуто при дозі азоту N_{180} (79 о.а.).

Дисперсійний аналіз показав, що на мінливість ознаки сила борошна достовірно значущий вплив мають усі три фактори: генотип сорту, умови року та дози азотного живлення. При цьому, найбільшу частку впливу мають умови року (54 %) (рис. 5.3). Це означає, що при вирощуванні сортів для продовольчого використання слід враховувати стабільність прояву цієї ознаки по роках досліджень. Важливим є також урахування сортових особливостей, оскільки фактор сорту також має високу частку впливу на мінливість ознаки (18 %). Наступною за впливом на мінливість сили борошна є взаємодія факторів генотип сорту та доза азотного живлення (10 %), тобто у окремих сортів можливе значне підвищення сили борошна шляхом застосування азотних добрив. За даними дослідженнями, сила борошна зростає навіть при внесенні азотних добрив тільки під час відновлення весняної вегетації, без додаткових підживлень.

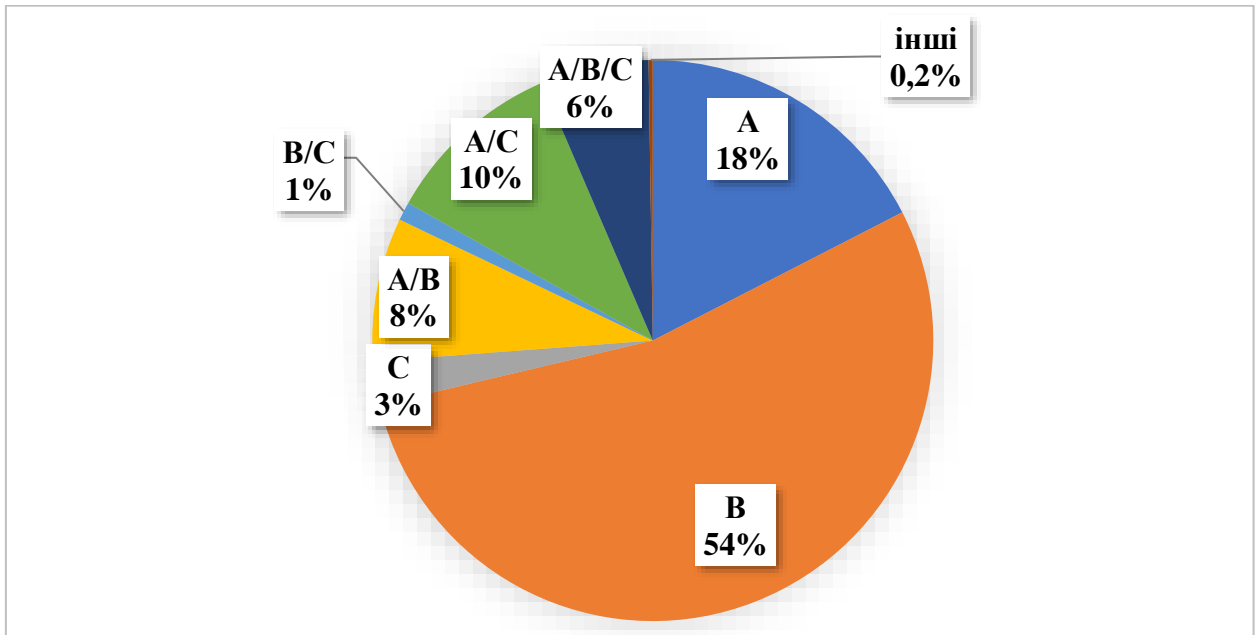


Рисунок 5. 3. Частка впливу факторів на мінливість ознаки сила борошна у сортів тритикале , де А – фактор генотип, В – фактор умови року, С – фактор доза азоту, А/В - взаємодія генотип/умови року, В/С - взаємодія умови року/доза азоту, А/С - взаємодія генотип/доза азоту, А/В/С – взаємодія всіх факторів.

Таким чином, серед досліджуваних сортів вищу силу борошна у варіанті без добрив мають сорти Тимофій (106 о.а.), ХАД 650 (102 о.а.) та Раритет (101 о.а.).

Сорти Тимофій, Трифон та ХАД 650 слабо реагують на азотне живлення за ознакою сила борошна. Сорти Букет, Златоуст і Єлань мають високу реакцію на внесення азотних добрив, підвищення сили борошна спостерігалось за всіма варіантами доз азоту. Сорти ХАД 45, Ратне, Раритет та Леонтій мають середню реакцію на азотне живлення.

Внесення азотних добрив на початку ранньовесняної вегетації, без додаткових підживлень, дозволяє підвищити показник сили борошна на 19–89 о.а., залежно від сорту та дози азоту.

Максимальних показників сили борошна досягнуто у варіанті N₁₈₀ у сортів Єлань (141 о.а.), Раритет (130 о.а.) та ХАД 45 (113 о.а.).

Основними характеристиками хліба є його об'єм (W , мл) та загальна хлібопекарська оцінка (ЗХО, бал).

Об'єм хліба у тритикале обумовлюється унікальним поєднанням білкового комплексу пшениці та ферментативної активності жита.

Основними чинниками, що впливають на цей показник є:

- Якість клейковинних білків. Хоча тритикале має високий вміст білка, його клейковина слабша та більш розтяжна, ніж у пшениці. Вона гірше утримує вуглекислий газ, що утворюється під час бродіння, тому об'єм часто менший.

- Активність амілолітичних ферментів. У тритикале природно висока активність альфа-амілази (що відображається у низькому «числі падіння»). Це прискорює розщеплення крохмалю до цукрів, що забезпечує інтенсивне газоутворення, але може призвести до ослаблення структури м'якуша та його просідання.

- Вміст водорозчинних речовин (пентозанів). Успадковані від жита пентозани підвищують в'язкість тіста. Вони допомагають утримувати вологу, але при надлишку роблять тісто липким, що заважає формуванню високого купола хліба.

- Газоутворювальна здатність. Завдяки інтенсивному розщепленню цукрів дріжджі працюють активніше, ніж у чистому пшеничному тісті. Це дає гарний початковий підйом, проте через слабку клейковину цей об'єм важко втримати до кінця випікання.

- Співвідношення пружності та розтяжності тіста. У тритикале переважає розтяжність. Для високого об'єму хліба важливо, щоб сорт мав достатню пружність, інакше тісто «розпливається» [124, 125].

Наведені властивості переважно стосуються кормових сортів тритикале. У продовольчих сортів тритикале важливіше значення має показник пружність тіста. Сучасні сорти Раритет, Єлань, Тимофій, Пудік формують надміцну клейковину, що доведено дослідженнями в Україні, Польщі та США [126, 127, 128].

Загальна хлібопекарська оцінка (ЗХО) за методикою Державної комісії з випробування сортів рослин — це інтегральний показник, який виражається у балах за 9-бальною шкалою і включає як органолептичні, так і вимірювані фізичні параметри.

Органолептичні показники (зовнішній вигляд та смак):

- Смак та аромат: чи немає специфічного присмаку, притаманного жити, або надмірної кислотності.
- Колір м'якуша: у тритикале він часто сіруватий або кремовий (через високий вміст каротиноїдів).
- Стан м'якуша: еластичність (здатність відновлювати форму після натискання) та відсутність липкості (що вказує на гарне «число падіння»).
- Пористість: рівномірність, товщина стінок пор та їх розмір (дрібна, середня, велика).

Фізико-хімічні (технічні) показники:

- Об'ємний вихід хліба зі 100 г борошна.
- Формостійкість – відношення висоти хліба до його діаметра. Оцінюється здатність тіста тримати форму (у тритикале цей показник часто є слабким місцем).
- Зовнішній вигляд скоринки: колір (від золотистого до темно-коричневого) та наявність тріщин чи підривів [129].

У середньому за роками досліджень сорти формували об'єм хліба у варіанті без добрив 385–515 мл. Вищий об'єм хліба був у сортів Тимофій (515 мл), ХАД 650 (510 мл), ХАД 45 (495 мл) та Раритет (495 мл) (рис. 5.4). При цьому сорт Раритет мав найвищу загальну хлібопекарську оцінку (9 балів). У сортів Тимофій та ХАД 650 загальна хлібопекарська оцінка становила 8 балів, а у сорту ХАД 45 – 7 балів (табл. 5.11).

У більшості досліджуваних зразків відсутня тенденція до зростання об'єму хліба за внесення азотних добрив. Достовірний ефект порівняно з контрольним варіантом (без добрив) спостерігався у варіанті N₁₈₀ у зразків ХАД 650, Трифон та Златоуст (на 60 мл).

Таблиця 5.11

Об'ємний вихід хліба зі 100 мл борошна (W, %) та загальна хлібопекарська оцінка (ЗХО, бал) у сортів тритикале, середнє за 2023–2024 рр.

Сорт	Варіант азотного живлення								Середнє	
	контроль		N ₉₀		N ₁₂₀		N ₁₈₀			
	W, мл	ЗХО, бал	W, мл	ЗХО, бал	W, мл	ЗХО, бал	W, мл	ЗХО, бал	W, мл	ЗХО, бал
короткостеблові										
ХАД 45	495	7	495	8	520	8	485	8	499	8
Тимофій	515	8	470	7	510	8	475	8	493	8
Трифон	405	5	425	6	460	7	465	6	439*	6
середньостеблові										
ХАД 650	510	8	510	9	510	8	570	8	525*	8
Златоуст	385	6	410	7	415	7	445	7	414*	7
Єлань	465	8	465	8	480	8	490	8	475	8
високостеблові										
Букет	410	8	440	8	450	8	465	8	441	8
Ратне	400	8	395	8	440	8	410	8	411	8
Раритет	495	9	515	9	515	9	515	9	510	9
Леонтій	445	8	465	8	465	8	470	8	461	8
НІР _{0,5}									51	–

За впливом азотних добрив на загальну хлібопекарську оцінку тенденції до її збільшення не виявлено. Це ймовірно пов'язане з тим, що ЗХО включає комплекс багатьох органолептичних та фізичних ознак, які в свою чергу по різному реагують на внесення азоту.

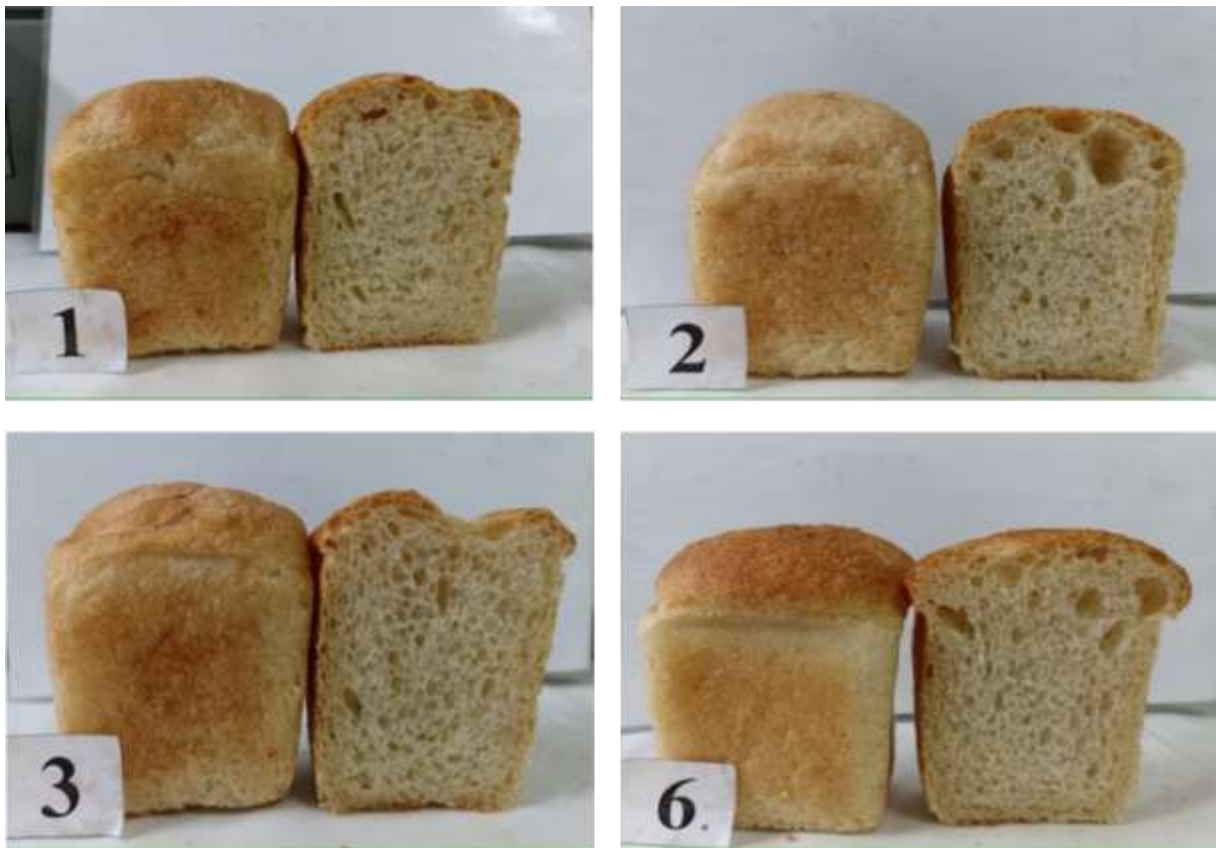


Рисунок 5.4. Хліб із борошна сортів тритикале: 1 – ХАД 45, 2 – Раритет, 3 – ХАД 650, 6 – Тимофій, у варіанті контроль (без добрив), 2024 р.

Таким чином, вищий об'єм хліба формують сорти Тимофій (515 мл), ХАД 650 (510 мл), ХАД 45 (495 мл) та Раритет (495 мл). Вищу загальну хлібопекарську оцінку має сорт Раритет.

Прибавку об'єму хліба забезпечує живлення азотом у дозі N_{180} у зразків Трифон, ХАД 650 та Златоуст (на 60 мл).

Висновки до розділу 5

Натура зерна має високий рівень стабільності під впливом умов середовища та доз азотного живлення ($V = 2-6\%$). У більшості сортів застосування азотних добрив у дозах $N_{90}-N_{180}$ підвищує показник натурності зерна. Лише високостеблові сорти Ратне, Раритет та Леонтій слабо реагували на внесення азотних добрив. При цьому, наведені сорти формували вищу серед інших сортів натурність зерна (700–723 г/л).

Вищий вміст білку мають сорти Тимофій (11,9 %), Трифон, Златоуст (11,5 %), ХАД 45 та Раритет (11,3 %). Більшість досліджуваних сортів добре реагує на внесення азотних добрив, яке підвищує вміст білку на 1,0–2,9 %. Сорти Тимофій, Ратне та Леонтій мають низький відгук на застосування азотних добрив.

Вищий вміст крохмалю у зерні мали сорти Златоуст – 70,8 % з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,7 %), сорт Ратне (70,6 %) з максимальним рівнем у варіантах N₉₀ (71,5 %) та N₁₂₀ (71,4 %), сорт Трифон – 70,3 % з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,4 %) та сорт Леонтій – 70,3 % з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,6 %).

Найвищу склоподібність зерна мав сорт ХАД 650 (середня 39 %, у варіанті N₁₈₀ – 47 %). Усі досліджувані сорти тритикале мають високий рівень мінливості ознаки склоподібність зерна, крім сорту ХАД 650, який проявив високу стабільність за цією ознакою ($V = 8$ %). Найбільший вплив на мінливість склоподібності мають умови року (49 %), генотип сорту (13 %) та взаємодія цих факторів (13 %). Доза азотних добрив має низький вплив на мінливість ознаки (3 %), але у взаємодії з фактором умови року впливає більше (6 %). У сортів ХАД 45, Трифон, ХАД 650, Златоуст, Єлань, Букет, Раритет та Леонтій відмічено позитивний вплив застосування азоту у дозі N₁₈₀ на склоподібність зерна, підвищуючи її на 5–16 %.

Вищий вміст клейковини як у варіанті без добрив, так і за використання азотних добрив мають сорти Леонтій, Тимофій та Раритет. Внесення високої дози азоту – N₁₈₀ підвищує вміст сирової клейковини у борошні на 2,8 – 6,0 %. Кращий відгук на азотне живлення за цією ознакою мають сорти Букет, Леонтій, Раритет та Тимофій. Найбільший вплив на мінливість ознаки кількість сирової клейковини у борошні мають фактор генотип сорту (частка мінливості 33 %) та його взаємодія з умовами року (частка мінливості 23 %).

Вищу силу борошна у варіанті без добрив мають сорти Тимофій (106 о.а.), ХАД 650 (102 о.а.) та Раритет (101 о.а.). Сорти Тимофій, Трифон та ХАД 650 слабо реагують на азотне живлення за ознакою сила борошна.

Сорти Букет, Златоуст і Єлань мають високу реакцію на внесення азотних добрив, підвищення сили борошна спостерігалось за всіма варіантами доз азоту. Сорти ХАД 45, Ратне, Раритет та Леонтій мають середню реакцію на азотне живлення. Внесення азотних добрив на початку ранньовесняної вегетації, без додаткових підживлень, дозволяє підвищити показник сили борошна на 19–89 %, залежно від сорту та дози азоту. Максимальних показників сили борошна досягнуто у варіанті N₁₈₀ у сортів Єлань (141 о.а.), Раритет (130 о.а.) та ХАД 45 (113 о.а.).

Вищий об'єм хліба формують сорти Тимофій (515 мл), ХАД 650 (510 мл), ХАД 45 (495 мл) та Раритет (495 мл). Вищу загальну хлібопекарську оцінку має сорт Раритет. Прибавку об'єму хліба забезпечує живлення азотом у дозі N₁₈₀ у сортів Трифон, ХАД 650, Златоуст (на 60 мл).

РОЗДІЛ 6

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ МІЖ ЦІННИМИ ГОСПОДАРСЬКИМИ ОЗНАКАМИ У СОРТІВ І ЛІНІЙ ТРИТИКАЛЕ

Кореляційний аналіз в агрономії є ключовим інструментом для виявлення та оцінки взаємозв'язків між різними біологічними та технологічними показниками. Основне значення кореляцій полягає у здатності передбачати зміни одних ознак на основі інших, що має пряме практичне застосування в селекції та рослинництві. Ефективність процесу селекції та рослинництва тритикале значною мірою залежить від розуміння характеру та ступеня взаємозв'язку між основними господарсько-цінними ознаками.

На основі кореляційного аналізу встановлено взаємозв'язки між господарсько-цінними ознаками у тритикале (табл. 6.1).

Взаємозв'язок урожайності та морфологічних ознак рослин. Кореляційний аналіз виявив позитивну залежність між урожайністю зерна та висотою рослин ($r = 0,56$). Такий рівень зв'язку вказує на те, що формування вищої продуктивності у досліджуваних сортів значною мірою супроводжувалося інтенсивним ростом вегетативної маси. Зокрема, зростання врожайності на фоні підвищення норм азотного живлення відбувалося паралельно зі збільшенням лінійних розмірів рослин. Це свідчить про високу чутливість морфологічних параметрів сортів до агротехнічних факторів. Проте, середній рівень кореляції також вказує на те, що врожайність залежала не лише від габітусу рослини, а й від показників структури колосу та виповненості зерна натури.

Між урожайністю зерна та довжиною колосу у досліджуваних зразків існує суттєвий позитивний зв'язок ($r = 0,68$), тобто довжина колосу є одним із важливих чинників формування врожайності.

Встановлено середню позитивну залежність між урожайністю та масою зерна з колосу ($r = 0,47$).

Встановлено високу позитивну залежність між висотою рослин та довжиною колосу ($r = 0,86$). Високий рівень кореляції свідчить про спільність генетичної та фізіологічної детермінації цих ознак: інтенсивні ростові процеси вегетативних органів синхронізовані з формуванням лінійних розмірів генеративного органа (колосу). Це підтверджує, що для досліджуваних сортів збільшення загального габітусу рослини є необхідною умовою для формування великого, добре розвиненого колосу.

За довжиною колосу та масою зерна з колосу відмічено суттєвий позитивний зв'язок ($r = 0,52$). Підтверджується позитивний вплив лінійних розмірів колосу на його озерненість, проте цей зв'язок не є абсолютним, оскільки значну роль можуть відігравати щільність колосу та виповненість зерна.

Взаємозв'язок урожайності та морфологічних ознак з ознаками якості.

Виявлено суттєвий позитивний зв'язок між урожайністю та вмістом білку в зерні ($r = 0,52$). Це свідчить про те, що застосування азотних добрив у досліді сприяло одночасному зростанню маси зерна та накопиченню в ньому азотистих речовин, що є важливою ознакою інтенсивних сортів. Як відомо з літературних джерел, для тритикале характерний від'ємний зв'язок між цими ознаками, що обумовлюється тенденцією культури до інтенсивного накопичення крохмалю. Зазвичай від'ємний зв'язок спостерігається за традиційних технологій вирощування [130, 131, 132]. Але є результати, що свідчать про можливість поєднання високої врожайності та високого вмісту білку в зерні. Зв'язок цих ознак стає позитивним при використанні азотних добрив [133]. В дослідженнях Белашова О. М. та Рожкова А. О. повідомляється, що інтенсивне мінеральне живлення ($N_{90-N_{120}}$ і вище) сприяє синхронному зростанню продуктивності та накопиченню білку в зерні [134]. L. Giunta та ін. зазначають, що тритикале має вищу ефективність засвоєння

азоту, порівняно з пшеницею [135]. Щипак Г. В. вказує на можливість поєднання високої врожайності з високим вмістом білку селекційним шляхом [див. 4].

Між вмістом білку та крохмалю виявлено сильну обернену залежність ($r = -0,72$), що є класичною біологічною закономірністю часткового заміщення вуглеводного комплексу білковим при інтенсифікації живлення.

Встановлено дуже сильну залежність між об'ємом хліба та загальною хлібопекарською оцінкою ($r = 0,91$). Така кореляція свідчить про те, що білково-протеїновий комплекс зерна окремих сортів тритикале має достатню силу, щоб утримувати вуглекислий газ, що прямо пропорційно впливає на підсумкову оцінку випічки.

Виявлений сильний кореляційний зв'язок між натурою зерна та об'ємом хліба ($r = 0,81$) та загальною хлібопекарською оцінкою ($r = 0,83$). Загальна склоподібність тісно корелює з силою борошна ($r = 0,85$) та загальною хлібопекарською оцінкою ($r = 0,83$) підтверджуючи, що щільна структура ендосперму сприяє кращим технологічним властивостям борошна тритикале.

Про складність поєднання в одному генотипі високої урожайності зерна та його високої якості свідчить від'ємна кореляція, яка спостерігалась між врожайністю і натурою зерна ($r = -0,69$), об'ємом хліба ($r = -0,67$) та загальною хлібопекарською оцінкою ($r = -0,58$). Це вказує на необхідність оптимізації цих взаємодій селекційним шляхом та агротехнічними заходами.

Висновки до розділу 6

Встановлено, що врожайність значно позитивно корелює з довжиною колосу ($r = 0,68$) та висотою рослин ($r = 0,56$). Високий зв'язок спостерігається між висотою рослин та довжиною колосу ($r = 0,86$), що вказує на єдиний механізм формування вегетативної маси.

Між урожайністю та масою зерна з колосу виявлено помірний позитивний зв'язок ($r = 0,47$), це вказує на те, що індивідуальна продуктивність колосу суттєво впливає на загальний урожай.

Встановлено, що натура зерна та склоподібність можуть використовуватись як додаткові індикатори високої хлібопекарської якості. Натура зерна має сильний позитивний зв'язок з об'ємом хліба ($r = 0,87$) та загальною хлібопекарською оцінкою ($r = 0,83$). Склоподібність також має високі позитивні зв'язки з цими ознаками (відповідно $r = 0,81$ та $r = 0,83$).

Підтверджено закономірність від'ємної кореляції між вмістом білку та крохмалю ($r = -0,72$), що вказує на альтернативність накопичення цих речовин у зерні.

Відмічено негативну кореляцію врожайності з показниками якості: натурою ($r = -0,69$), об'ємом хліба ($r = -0,67$) та загальною хлібопекарською оцінкою ($r = -0,58$). Це вказує на необхідність оптимізації цих зв'язків селекційним шляхом та агротехнічними заходами.

За врожайністю та вмістом білку виявлено нетипову для тритикале позитивну кореляцію ($r = 0,52$), що може бути обумовлено генотиповими особливостями нових сортів та застосуванням великих доз азоту.

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ ТРИТИКАЛЕ ЗА РІЗНИХ СХЕМ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ

Об'єктивність оцінки результатів польових досліджень та вибір кращих сортів тритикале передбачає проведення аналізу економічної та енергетичної доцільності азотного живлення. В умовах сучасного аграрного виробництва, що характеризується нестабільністю цін на енергоносії та агрохімікати, економічні критерії часто стають вирішальними при виборі сортового складу та стратегії мінерального живлення.

Було встановлено оптимальні параметри азотного живлення для досліджуваних сортів і ліній тритикале, за яких забезпечується не лише максимальна продуктивність, а й найвищий рівень рентабельності та енергетичної незалежності агроценозу.

Економічна ефективність вирощування тритикале при різних нормах азоту базується на балансі між приростом урожайності та зростанням виробничих витрат.

Результати розрахунків свідчать, що економічна ефективність вирощування тритикале суттєво залежала як від сортових особливостей, так і від дози азотного живлення (табл. 7.1).

Зразки Лукашевський, ХАД 650 та Тимофій мають тенденцію до високої окупності низьких доз азоту (N_{60}). Найвищу економічну ефективність продемонстрував сорт Лукашевський. При дозі азоту N_{60} окупність склала 13,8 кг зерна на 1 кг азоту, що забезпечило максимальний у досліді рівень рентабельності – 68,2 %. У зразків ХАД 650 та Тимофій окупність становила відповідно 7,3 та 5,7 кг зерна/кг азоту.

Сорти Букет, Златоуст, Єлань та Трифон проявили властивості сортів інтенсивного типу. Сорт Букет при внесенні N_{90} забезпечував прибуток 1476 грн./га (рентабельність 30,7 %).

Економічна та біологічна ефективність застосування різних доз азотних добрив при вирощуванні сортів і ліній тритикале, середнє за 2023–2025 рр.)

Сорт	Показник	Доза азоту				
		N 60	N 90	N 120	N 180	N 240
Лукашевський	УЧП, грн/га	2344	-1194	-1232	-6224	-7616
	P, %	68,2	-24,8	-20	-69,9	-65,4
	O, кг	13,8	6	5,5	-1,6	-0,8
Златоуст	УЧП, грн/га	-5064	-2154	1358	-384	-6616
	P, %	-147,4	-44,8	22	-4,3	-56,8
	O, кг	-9	4,2	9	7,1	4,2
Букет	УЧП, грн/га	-6904	1476	-2312	506	-3316
	P, %	-200,9	30,7	-37,5	5,7	-28,5
	O, кг	-13,2	10	4,8	7,6	5,5
Ратне	УЧП, грн/га	-2184	-1434	-1232	-1384	984
	P, %	-63,6	-29,8	-20	-15,5	8,4
	O, кг	4,5	5,4	5,1	6	7,5
ХАД 650	УЧП, грн/га	-544	-2224	308	-4124	-4016
	P, %	-15,8	-46,3	5	-46,3	-34,5
	O, кг	7,3	3,1	6,4	3,2	4,8
Єлань	УЧП, грн/га	-2824	-2874	838	-984	-5916
	P, %	-82,2	-59,8	13,6	-11	-50,8
	O, кг	1,5	2,8	8,3	6,5	4,3
ХАД 45	УЧП, грн/га	-3344	446	-512	-4224	-5916
	P, %	-97,3	9,3	-8,3	-47,4	-50,8
	O, кг	0,2	6	4,7	3,3	2,7
Тимофій	УЧП, грн/га	-1424	-54	-432	-4384	-6616
	P, %	-41,4	-1,1	-7	-49,2	-56,8
	O, кг	5,7	5,8	5,3	3,3	2,7
Трифон	УЧП, грн/га	-1544	-2874	838	-3684	-9416
	P, %	-44,9	-59,8	13,6	-41,4	-80,9
	O, кг	5,5	3	8,3	3,9	0,7
Раритет	УЧП, грн/га	-1544	-654	-2312	-2424	-4216
	P, %	-44,9	-13,6	-37,5	-27,2	-36,2
	O, кг	5,5	6,6	4,8	4,4	4,2
Олександра	УЧП, грн/га	-2824	-1434	-1512	-2424	-8316
	P, %	-82,2	-29,8	-24,5	-27,2	-71,4
	O, кг	3,7	5,4	5	4,4	1,8
Леонтій	УЧП, грн/га	-3844	-1654	-1512	-4724	-7316
	P, %	-111,9	-34,4	-24,5	-53	-62,8
	O, кг	2,2	5,1	5	3,1	2,2

Сорти Златоуст, Єлань та Трифон проявили кращу ефективність при дозі N_{120} , забезпечивши рентабельність на рівні 13,6–22,0 %.

Для лінії ХАД 45 оптимальною є доза азоту N_{90} , лише за якої вона показала позитивну рентабельність (9,3 %).

Сорт Ратне проявив унікальну стійкість до високих доз азоту. Він забезпечив вищий прибуток за дози азоту N_{240} (984 грн./га), що свідчить про його високий генетичний потенціал азотспоживання.

Сорти Леонтій, Олександра та Раритет мали низьку економічну віддачу на застосування азотних добрив. Вони за середніми по роках показниками не забезпечили позитивного прибутку на жодному з варіантів. Їх окупність не перевищувала 5,0 – 6,6 кг зерна/кг азоту, що в умовах сучасного ринку робить інтенсивне живлення збитковим. Тому при вирощуванні цих сортів доцільно обмежуватись мінімальними дозами азотного живлення, які необхідні для підтримки бездефіцитного балансу гумусу та для запобігання мінералізації органічної речовини ґрунту, збереження його родючості без надмірного хімічного навантаження.

Об'єктивність оцінки ефективності елементів технології вирощування тритикале потребує комплексного підходу, що поєднує економічні та енергетичні показники. Доцільність проведення енергетичної оцінки паралельно з економічною зумовлена необхідністю отримання стабільних показників ефективності технології, що не залежать від цінових коливань та інфляційних процесів. Біоенергетичний аналіз дозволяє об'єктивно визначити реальний коефіцієнт корисної дії агротехнології, оцінити рівень антропогенного навантаження на довкілля та встановити ступінь акумуляції енергії в урожаї відносно витрат невідновлюваних ресурсів. Це забезпечує всебічне обґрунтування ресурсоощадності та екологічної доцільності обраних фонів живлення.

Проведені дослідження енергетичного балансу посівів сортів тритикале виявили чітку тенденцію: підвищення доз азотних добрив

призводить до поступового зниження коефіцієнта енергетичної ефективності, що підтверджує фундаментальний закон спадаючої віддачі в агроєкосистемах.

Найвищі показники енергетичної ефективності у варіанті без добрив мали лінія ХАД 650 (3,8) та сорт Златоуст (3,7). Це свідчить про їх високу здатність ефективно використовувати природний потенціал ґрунту без значного залучення дорогої енергії (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) сортів і ліній тритикале, середнє за 2023–2025 рр.

Сорт	Доза азотного живлення					
	Без добрив	N 60	N 90	N 120	N 180	N 240
ХАД 650	3,8	3,5	2,9	2,9	2,4	2,2
Златоуст	3,7	3,1	2,9	2,9	2,6	2,1
Лукашевський	3,2	3,4	2,6	2,4	1,9	1,7
Єлань	3,4	2,9	2,6	2,6	2,3	1,9
Букет	3,3	2,5	2,8	2,3	2,3	2,0
Ратитет	3,3	3,0	2,7	2,3	2,2	2,0
Ратне	3,1	2,8	2,6	2,3	2,2	2,2
Леонтій	3,1	2,6	2,5	2,3	2,1	1,8
Тимофій	3,1	2,9	2,6	2,5	2,1	1,9
Трифон	3,0	2,9	2,4	2,5	2,1	1,6
Олександра	2,9	2,7	2,5	2,2	2,1	1,6
ХАД 45	2,8	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6

Сорт Лукашевський при внесенні азоту у дозі N_{60} підвищив K_{ee} з 3,2 до 3,4, що вказує на наявність явища синергізму цього сорту з азотним живленням N_{60} . Це дозволяє рослинам значно повніше реалізувати біологічний потенціал, перевищуючи витрати антропогенної енергії.

Сорти Єлань, Букет та Ратне, зберігають стабільно високий рівень енергетичної віддачі ($K_{ee} = 2,3–2,9$) при дозах $N_{90}–N_{120}$, що дозволяє

рекомендувати ці рівні живлення як енергетично оптимальні для реалізації їхнього генетичного потенціалу.

Застосування надвисоких доз азоту ($N_{180-240}$) для зразків ХАД 45, Олександра, Леонтій та Трифон призводить до значного зниження коефіцієнта енергоефективності до рівня 1,6–1,8. Це свідчить про енергетичну розбалансованість технології для даних сортів, де витрати на виробництво добрив не компенсуються відповідним приростом біоенергії зерна.

Висновки до розділу 7

Встановлено, що економічна та енергетична ефективність вирощування тритикале суттєво детермінується генетичними особливостями сортів та дозами азотного живлення. Встановлено, що за сучасних цінових параметрів та енергоемності ресурсів оптимальним діапазоном інтенсифікації для культури є дози $N_{60-N_{120}}$.

За показниками економічної ефективності еталонним сортом для ресурсоощадних технологій визначено сорт Лукашевський. При внесенні мінімальної дози N_{60} він забезпечив найвищу в досліді окупність одиниці азоту (13,8 кг зерна/кг N), що дозволило отримати максимальний рівень рентабельності – 68,2%.

Встановлено, що сорти Златоуст, Букет, Єлань та Трифон найповніше реалізують свій потенціал при середньому рівні живлення (N_{90-120}). На цих варіантах зафіксовано оптимальний баланс між продуктивністю та економічною віддачею (рентабельність 13,6–30,7 %). Сорт Ратне здатний зберігати позитивну рентабельність (8,4 %) навіть за максимальної дози N_{240} .

Сорти Леонтій та Раритет мають низьку економічну віддачу на застосування азотних добрив. Вони за середніми по роках показниками не забезпечили позитивного прибутку на жодному з варіантів. Тому при вирощуванні цих сортів доцільно обмежуватись мінімальними дозами

азотного живлення, які необхідні для збереження його родючості без надмірного хімічного навантаження.

Розрахунок енергетичного балансу підтвердив доцільність вирощування всіх досліджуваних сортів тритикале ($K_{ee} > 1$). Проте виявлено закономірне зниження коефіцієнта енергетичної ефективності зі збільшенням доз азоту, що зумовлено високою енергоємністю мінеральних добрив (80 МДж/кг д.р.).

Найвищий рівень енергозбереження продемонстрували лінія ХАД 650 та сорт Златоуст, які на фоні природної родючості забезпечили максимальні значення K_{ee} – 3,8 та 3,7 відповідно. Ці генотипи визначено як найбільш придатні для технологій із мінімальним залученням антропогенної енергії.

Сорт Лукашевський виявився найбільш технологічно адаптивним до помірної інтенсифікації: це єдиний сорт, у якого при внесенні N_{60} спостерігалось зростання енергетичної віддачі порівняно з контролем (з 3,2 до 3,4), що свідчить про високий чистий енергетичний доход. З біологічної точки зору, це пояснюється високою синергією між генетичним потенціалом сорту та антропогенним чинником, що дозволяє рекомендувати його як еталонний для впровадження у ресурсощадні системи землеробства.

Сорти Ратне, Тимофій та Трифон продемонстрували стабільну енергетичну окупність на середніх фонах живлення (N_{90-120}).

З позицій енергетичної безпеки та сталого розвитку агросфери, оптимальним для умов східного Лісостепу України є вирощування сортів Златоуст та Лукашевський з обмеженням азотного навантаження рівнем N_{60-120} , що гарантує отримання продукції з найменшою питомою енергоємністю. Сорти Ратне, Тимофій та Трифон продемонстрували стабільну енергетичну окупність на середніх фонах живлення (N_{90-120}). При цьому сорт Ратне виявився найбільш стійким до надінтенсивного азотного живлення.

ВИСНОВКИ

Наведено теоретичне узагальнення та вирішення нового наукового завдання – визначення особливостей формування морфо-біологічних, господарсько-цінних ознак та адаптивності сортів тритикале залежно від умов навколишнього середовища та азотного живлення.

1. Визначено рівні прояву та мінливість кількісних ознак структури врожаю під впливом погодних умов та азотного живлення. Мінливість ознаки довжина колосу переважно визначається генотипом сорту. Довший колос мають сорти Трифон – у середньому 11,1 см, при внесенні N_{180} довжина колосу досягала 11,8 см; дворучка Єлань – у середньому 11,8 см, підвищення до було досягнуто при дозі N_{90} (12,5 см) та Ратне – у середньому 11,2 см, при дозі N_{90} – 11,9 см. Вищу масу зерна з колосу формували сорти Трифон (2,73 г), Тимофій (2,51 г) та Букет (2,38 г). Умови року мають найбільший вплив на загальну мінливість ознаки маса зерна з колосу (37 %). На мінливість урожайності мали істотний вплив усі досліджувані фактори: генотип, умови навколишнього середовища, доза азоту, а також взаємодія цих факторів. Найбільший вплив мали умови середовища (63 %) та генотип (11 %), взаємодія генотип/середовище та взаємодія усіх трьох факторів (8 %).

2. Встановлено, що зразки ХАД 650, Златоуст та Тимофій мають високу загальну адаптивну здатність. Вони формували вищу врожайність у середньому по досліді (відповідно 5,79 т/га, 5,71 т/га та 5,45 т/га). Найбільш стабільними за формуванням урожайності в різних умовах вирощування та азотного живлення за варіансою специфічної адаптивної здатності та відносною стабільністю генотипу були лінія ХАД 45 та сорти Трифон, Ратне, Леонтій. Найбільш пластичними за показником коефіцієнту регресії були сорти Златоуст, Лукашевський та Раритет. Ці сорти мають високий потенціал урожайності та здатні максимально реалізувати його у сприятливих умовах. За поєднанням стабільності, пластичності та врожайності найвищі показники селекційної цінності генотипу мали зразки ХАД 45, Златоуст, Трифон та

ХАД 650. Вони мають високий потенціал урожайності, який проявляють за сприятливих умов і мають здатність протистояти несприятливим умовам року, тому здатні забезпечувати високу стабільність формування врожаю за різних умов вирощування.

3. Визначено особливості формування ознак якості зерна під впливом абіотичних факторів. Натура зерна має високий рівень стабільності під впливом умов середовища та доз азотного живлення ($V = 2-6\%$). У більшості сортів застосування азотних добрив у дозах $N_{90}-N_{180}$ підвищує показник натури зерна. Вищу натуру зерна мають сорти Ратне, Раритет та Леонтій (700–723 г/л). Вищий вміст білку мають зразки Тимофій (11,9%), Трифон, Златоуст (11,5%), ХАД 45 та Раритет (11,3%). Більшість досліджуваних сортів добре реагує на внесення азотних добрив, яке підвищує вміст білку на 1,0–2,9%. Сорти Тимофій, Ратне та Леонтій мають нижчий відгук на застосування азотних добрив. Вищий вміст крохмалю у зерні мають сорти Златоуст – 70,8% з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,7%), сорт Ратне (70,6%) з максимальним рівнем у варіантах N_{90} (71,5%) та N_{120} (71,4%), сорт Трифон – 70,3% з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,4%) та сорт Леонтій – 70,3% з максимальним рівнем у варіанті без добрив (72,6%). Найвищу склоподібність зерна мав сорт ХАД 650 (середня 39%, у варіанті N_{180} – 47%). У сортів ХАД 45, Трифон, ХАД 650, Златоуст, Єлань, Букет, Раритет та Леонтій відмічено позитивний вплив застосування азоту у дозі N_{180} на склоподібність зерна, підвищуючи її на 5–16%.

4. Встановлено, що внесення азотних добрив на початку ранньовесняної вегетації, без додаткових підживлень, дозволяє підвищити показники якості борошна та хліба у сортів тритикале. Вищий вміст клейковини у борошні як у варіанті без добрив, так і за використання азотних добрив мають сорти Леонтій, Тимофій та Раритет. Внесення високої дози азоту – N_{180} підвищує вміст сирої клейковини у борошні на 2,8 – 6,0%. Кращий відгук на азотне живлення за цією ознакою мають сорти Букет, Леонтій, Раритет та Тимофій. Найбільший вплив на мінливість ознаки кількість сирої

клейковини у борошні мають фактор генотип сорту (частка мінливості 33 %) та його взаємодія з умовами року (частка мінливості 23 %).

Максимальних показників сили борошна досягнуто у варіанті N₁₈₀ у сортів Єлань (141 о.а.), Раритет (130 о.а.) та лінії ХАД 45 (113 о.а.). Вищу силу борошна у варіанті без добрив мають зразки Тимофій (106 о.а.), ХАД 650 (102 о.а.) та Раритет (101 о.а.). Сорти Тимофій, Трифон та лінія ХАД 650 слабо реагують на внесення азоту шляхом підживлення у фазі кушення за ознакою сила борошна. Сорти Букет, Златоуст і Єлань мають високу реакцію на внесення азотних добрив.

Вищий об'єм хліба формують сорти Тимофій (515 мл), ХАД 650 (510 мл), ХАД 45 (495 мл) та Раритет (495 мл). Вищу загальну хлібопекарську оцінку має сорт Раритет. Максимальну прибавку об'єму хліба забезпечує живлення азотом у дозі N₁₈₀ у сортів Трифон, ХАД 650, Златоуст (на 60 мл), Букет (на 55 мл), Єлань, Леонтій (на 25 мл), Раритет (на 20 мл), а у сорту Ратне – у дозі N₁₂₀ (на 40 мл).

5. Встановлено, що врожайність значно позитивно корелює з довжиною колосу ($r = 0,68$) та висотою рослин ($r = 0,56$). Високий зв'язок спостерігається між висотою рослин та довжиною колосу ($r = 0,86$), що вказує на єдиний механізм формування вегетативної маси. Між урожайністю та масою зерна з колосу виявлено помірний позитивний зв'язок ($r = 0,47$), це вказує на те, що індивідуальна продуктивність колосу суттєво впливає на загальний урожай, проте не є єдиним вирішальним фактором, оскільки для тритикале властива висока продуктивна кущистість, яка також має вплив.

6. Встановлено, що натура зерна та склоподібність можуть використовуватись як індикатори високої хлібопекарської якості. Натура зерна має сильний позитивний зв'язок з об'ємом хліба ($r = 0,87$) та загальною хлібопекарською оцінкою ($r = 0,83$). Склоподібність також має високі позитивні зв'язки з цими ознаками (відповідно $r = 0,81$ та $r = 0,83$).

Підтверджено закономірність від'ємної кореляції між вмістом білку та крохмалю ($r = -0,72$), що вказує на альтернативність накопичення цих речовин

у зерні. Відмічено негативну кореляцію врожайності з показниками якості: натурою ($r = -0,69$), об'ємом хліба ($r = -0,67$) та загальною хлібопекарською оцінкою ($r = -0,58$). Це вказує на необхідність оптимізації цих зв'язків селекційним шляхом та агротехнічними заходами. За врожайністю та вмістом білку виявлено нетипову для тритикале позитивну кореляцію ($r = 0,52$), що може бути обумовлено генотиповими особливостями нових сортів та застосуванням великих доз азоту.

7. Встановлено, що економічна та енергетична ефективність вирощування тритикале суттєво детермінується генетичними особливостями сортів та дозами азотного живлення. Встановлено, що за сучасних цінкових параметрів та енергоємності ресурсів оптимальним діапазоном інтенсифікації для культури є дози N_{60} – N_{120} . За показниками економічної ефективності еталонним генотипом для ресурсощадних технологій визначено сорт Лукашевський. Сорти Златоуст, Букет, Єлань та Трифон найповніше реалізують свій потенціал при середньому рівні живлення (N_{90} – N_{120}). Сорт Ратне здатний зберігати позитивну рентабельність навіть за максимальної дози N_{240} . Сорти Леонтій, Олександра та Раритет мають низьку економічну віддачу на застосування азотних добрив, тому при вирощуванні цих сортів доцільно обмежуватись мінімальними дозами азотного живлення, які необхідні для збереження його родючості без надмірного хімічного навантаження.

8. Підтверджено доцільність вирощування всіх досліджуваних сортів тритикале на основі їх енергетичного балансу ($K_{ee} > 1$). Найвищий рівень енергозбереження продемонстрували сорти ХАД 650 та Златоуст, які на фоні природної родючості забезпечили максимальні значення K_{ee} – 3,8 та 3,7 відповідно. Ці генотипи визначено як найбільш придатні для технологій із мінімальним залученням антропогенної енергії. Сорт Лукашевський виявився найбільш технологічно адаптивним до помірної інтенсифікації, у якого при внесенні N_{60} спостерігалось зростання енергетичної віддачі порівняно з контролем (з 3,2 до 3,4). З біологічної точки зору, це пояснюється високою синергією між генетичним потенціалом сорту та антропогенним чинником, що

дозволяє рекомендувати його як еталонний для впровадження у ресурсоощадні системи землеробства. З позицій енергетичної безпеки та сталого розвитку агросфери, оптимальним для умов східного Лісостепу України є вирощування сортів Златоуст та Лукашевський з обмеженням азотного навантаження рівнем N_{60-120} , що гарантує отримання продукції з найменшою питомою енергоємністю. Сорти Ратне, Тимофій та Трифон продемонстрували стабільну енергетичну окупність на середніх фонах живлення (N_{90-120}).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТА СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ

1. Для виробництва зерна тритикале рекомендується формувати сортовий склад посівів на основі особливостей їх реакції до певних умов вирощування:

- за інтенсивних технологій та умов надмірного зволоження з метою мінімізації ризиків вилягання висівати озимий сорт Тимофій та дворучку Олександра. Їх висока стабільність за висотою рослин дозволяє використовувати високі дози азоту без ризику втрат врожаю від вилягання.

- для зон із нестабільними погодними умовами вирощувати сорти з високою загальною адаптивною здатністю – Златоуст та Тимофій. Вони забезпечують стабільно високу врожайність (5,45–5,79 т/га) незалежно від коливань зовнішніх факторів.

- для умов із високим агрофоном та сприятливим кліматом найбільш ефективним є використання пластичних сортів Златоуст, Лукашевський та Раритет. Ці генотипи мають найвищий відгук на покращення умов вирощування і здатні максимально реалізувати потенціал продуктивності.

- для отримання стабільних зборів зерна в екстремальних умовах (посуха, перепади температур) слід надавати перевагу сортам із високою селекційною цінністю генотипу –Златоуст та Трифон.

2. З позицій енергетичної безпеки та сталого розвитку агросфери, оптимальним для умов східного Лісостепу України є вирощування сортів Златоуст та Лукашевський з обмеженням азотного навантаження рівнем N_{60-120} , що гарантує отримання продукції з найменшою питомою енергоємністю. Сорти Ратне, Тимофій та Трифон продемонстрували стабільну енергетичну окупність на середніх фонах живлення.

3. Для отримання зерна з високим вмістом білку рекомендується вирощувати сорти Тимофій, Трифон та Златоуст. При цьому необхідно враховувати, що більшість сортів потребує інтенсивного азотного живлення

для підвищення білковості на 1,0–2,9 %, тоді як сорти Тимофій та Ратне стабільно зберігають ці показники навіть при менших дозах. Для крохмальної промисловості найбільш придатними є сорти Златоуст, Ратне, Трифон та Леонтій.

4. Для селекційної практики рекомендовано використовувати лінії ХАД 45 та ХАД 650, які характеризуються високим та стабільним рівнем прояву комплексу цінних господарських ознак. Для покращення довжини колосу цінним вихідним матеріалом є сорти Трифон, Єлань та Ратне, а сорти Трифон та Тимофій – для підвищення маси зерна з колосу. Зразки ХАД 45 та Трифон доцільно залучати до гібридизації як джерела специфічної адаптивної здатності та стабільності врожаю. Для підвищення потенційної врожайності нових ліній як батьківські компоненти слід використовувати пластичні сорти Златоуст та Лукашевський. Як джерела високої натури зерна рекомендуються сорти Ратне, Раритет та Леонтій. У програмах селекції на покращення хлібопекарських властивостей доцільно використовувати сорти Єлань та Раритет (стабільно висока загальна хлібопекарська оцінка). Для створення генотипів із високим вмістом клейковини та білку як батьківські форми слід залучати сорти Тимофій, Леонтій та Трифон.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2026 рік. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://me.gov.ua/view/2957b803-f25b-4abf-8f0c-892e8754f3ad>
2. Кириченко В. В., Щипак Г. В., Кобизева Л. Н., Святченко С. І. Сучасна селекція високоврожайних сортів тритикале з поліпшеною якістю зерна. Вісник аграрної науки, 2022. № 3 (828). С. 52–61. DOI: 10.31073/agrovisnyk202203-07
3. Yakymchuk R. A., Shchipak G. V., Shchipak V. G., Matviets V. G., Matviets N. M., Woś H. Breeding Triticale with High Productivity and Improved Grain Quality. *Sci. innov.*, 2022. Vol. 18, No. 6. P. 113–126. DOI: 10.15407/scine18.06.113
4. Рябчун В. К., Мельник В. С., Капустіна Т. Б., Чернобай С. В., Щеченко О. Є. Адаптивні особливості сортів тритикале ярого в умовах Східного Лісостепу України. *Агробіологія*, 2017. № 1. С. 56–60.
5. Остапчук В. В., Любич В. В. Урожайність тритикале озимого залежно від умов азотного живлення в Правобережному Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*, 2025, № 143 (2). С. 21–25. DOI: 10.32782/2226-0099.2025.143.2.3
6. Березюк С.В., Зубар І.В. Сучасні економіко-екологічні аспекти застосування добрив у рослинництві. *Економіка АПК*, 2019. № 10. С. 34–43. DOI: 10.32317/2221-1055.201910034
7. Muhova A., Kirchev H. Agronomic performance of triticale varieties (\times Triticosecale Wittm.) grown under fertilization with organic manure from red californian worms (*Lumbricus rubellus*). *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2020. Vol. LXIII, Issue 1. P. 428–436.
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Database 2025. URL: www.fao.org/faostat/en/

9. Common Catalogue of Plant Variety. European Commission. EUPVP. 2024. URL: <https://Ec.Europa.Eu/Food/Plant-Variety-Portal/>
10. Triticale production in Poland. Polish food website. URL: <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel/nieuws/2022/03/21/triticale-production-in-poland>
11. Jaskiewicz B., Grabinski J., Ochmian I. Intensity Of Triticale Production In Different Regions Of Poland. Proceedings of the 2019 International Conference "Economic science for rural development" No 51 Jelgava, LLU ESAF, 9-10 May 2019. P. 137–143 DOI: 10.22616/ESRD.2019.068139
12. Arseniuk E. Recent Developments in Triticale Breeding Research and Production - An Overview. Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics. 2019. 5(2). P 68–73.
13. Masson E., Cheyron P., Bousquet N. Le triticale de plus en plus cultivé en France. Perspectives Agricoles. 2013. °402. 1012. URL: https://www.perspectives-agricoles.com/sites/default/files/imported_files/402_6920603502365792636.pdf
14. Céréales à paille - Le triticale, une culture appréciée des éleveurs. 2014. URL: <https://www.arvalis.fr/infos-techniques/le-triticale-une-culture-appreciee-des-eleveurs>
15. Project de recherche RUSTRIT. ARVALIS. 2023 URL: <https://www.arvalis.fr/recherche-innovation/nos-travaux-de-recherche/projet-de-recherche-rustrit>
16. Schreiber E., Guddat Ch., Degner J., etc. Leitlinie zur effizienten und umweltvertraglichen Erzeugung von Wintertriticale, 2014. 23 s. URL: https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00030320/Leitlinie%20WintertricitaleA.pdf
17. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. 15.02.2024. URL: <https://data.gov.ua/dataset/22d2fe72-1f3b-414c-9ba5-e28af3917719>

18. Щипак Г.В., Матвієць В.Г., Щипак В.Г., Ничипорук О.О., Вось Х., Бжезинський В. Створення гексаплоїдних тритикале різних сортотипів із високими хлібопекарськими якостями. Физиология растений и генетика. 2018. Т. 50. № 2. С. 134–148. URL: <https://www.frg.org.ua/articles/50020134a.pdf>
19. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур: підручник. Львів : НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
20. Левченко О. С. Ідентифікація генетичного різноманіття тритикале озимого за ознаками придатності до переробки на біоетанол: дис. ... доктора філософії : 201 – Агронімія / ННЦ «Інститут землеробства НААН». Чабани, 2021. 219 с.
21. Ewert T., Miralles W. Spikelet initiation of winter triticale and winter wheat in response to nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy*, 1999. Vol. 11, Iss. 1. P. 43–52.
22. Méndez-Espinoza A. M., Matus I., del Pozo A., Arriagada O., Poblete E., Lobos G. A., Estrada F. Exploring Agronomic and Physiological Traits Associated With the Differences in Productivity Between Triticale and Bread Wheat in Mediterranean Environments. *Frontiers in Plant Science*, 2019. Vol. 10. P. 1–14. DOI: 10.3389/fpls.2019.00404
23. Pelekh L., Zabarnyi O. Formation of bushiness of spring triticale varieties depending on the predecessor and fertilizer. *Agriculture and Forestry*, 2023. No. 2 (29). P. 18–31. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-2
24. Koppensteiner, L. J., Obermayer-Böhm, K., Hall, R. M., Kaul, H. P., Wagentristl, H., Neugschwandtner, R. W. Autumn sowing of facultative triticale results in higher biomass production and nitrogen uptake compared to spring sowing. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 2021. 71(9), 806–814. DOI: 10.1080/09064710.2021.1950205

- 25.Бондаренко О. В. Пластичність типу розвитку озимого тритикале. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво, 2024. Вип. 76, ч. 1. С. 9–17. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-1
- 26.Спеціальна селекція і насінництво польових культур : навч. посіб. за ред. В.В. Кириченка. – Харків : ІР ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2010. – 462 с.
- 27.Рябчун В.К., Шатохін В.І., Капустіна Т.Б., Лісничий В.А. Каталог сортів ярого тритикале селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2006. 22 с.
- 28.Щипак Г.В. Тритикале і пшениця: селекція на адаптивність, урожайність, якість: монографія (наукове видання). НААН України, Волинська державна с.-г. дослідна станція Інституту картоплярства НААН, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. К., 2019. 480 с
- 29.Гуцол А.В., Гуцол Н.В., Мисенко О.О., Чорнолата Л. П. Пшенично-житній гібрид як кормова альтернатива в годівлі сільськогосподарських тварин. Корми і кормовиробництво, 2024. № 98. С. 175–184. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202498-16
- 30.Білітюк А. П. Цінний корм для тваринництва. Корми і кормовиробництво, 2005. № 55. С. 114–120
- 31.Овсієнко С. М. Зерно тритикале як фактор стимулювання обмінних процесів в годівлі свиней. Аграрна наука та харчові технології. збірник наукових праць, 2018. 4 (103). URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/20684.pdf>
- 32.Beji S. Yield and quality of dual-purpose barley and triticale in a semi-arid environment in Tunisia. African Journal of Agricultural Research, 2016. 11(30), P. 2730–2735. DOI: 10.5897/AJAR2016.10803
- 33.Salama H. S. A., Badry H. H. Forage and grain yields of dual-purpose triticale as influenced by the integrated use of Azotobacter chroococcum and mineral nitrogen fertilizer. Ital. J. Agron, 2021. Vol. 16. No. 2. 1719. DOI: 10.4081/ija.2020.1719.

- 34.Рябчун В. К., Капустіна Т. Б., Мельник В. С., Щеченко О. Є. Господарські та біологічні властивості нових сортів тритикале ярого селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області, 2015. Вип. 19. С. 149–154.
35. Cioch M., Zdaniewicz M., Pater A., Skoneczny S. Impact of triticale malt application on physiochemical composition and profile of volatile compounds in beer. *European Food Research and Technology*, 2019. 245. P. 1431–1437. DOI: 10.1007/s00217-019-03284-2
- 36.Latini A, Cantale C, Gazza L, Nocente F, Migliore G, Maccioni O, et al. Exploring the potential of triticale lines for bioethanol production. *Explor Foods Foodomics*, 2024. 2. P. 613–625. DOI: 10.37349/eff.2024.00054
- 37.Olgica S. Grujić, Jelena D. Pejin, Srbislav S. Denčić. The application of triticale variety Odyssey as the substitute for malt in wort production. *Acta periodica technologica*, 2026. 41.P. 7–17. DOI: 10.2298/APT1041007G
- 38.Cantale C., Petrazzuolo F., Correnti A., Farneti A., Felici F., Latini A., Galeffi P. Triticale for Bioenergy Production. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2016. 8. P. 609–616. DOI: 10.1016/j.aaspro.2016.02.083
- 39.Jørgensen, H., Thomsen, S. T., Schjoerring, J. K. The potential for biorefining of triticale to protein and sugar depends on nitrogen supply and harvest time. *Industrial Crops and Products*, 2020 DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112333
- 40.Ion V., Basa A. G., Epure L. I., Dumbrava M., Dinca N. Above-ground biomass at different triticale varieties in the specific conditions from South Romania. *Agriculture & Forestry*, 2015. Vol. 61, Issue 1. P. 203–210. DOI: 10.17707/AgricultForest.61.1.26
- 41.Левченко, О. С., Стариченко, В. М. Evaluation of the source breeding material of winter triticale by the main signs of suitability for processing into bioethanol. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2020. 16 (1), P. 32–39. DOI: 10.21498/2518-1017.16.1.2020.201018

42. Szempliński W., Dubis B., Lachutta K. M., Jankowski K. J. Energy optimization in different production technologies of winter triticale grain. *Energies*, 2021. Vol. 14, Iss. 3. 12p. DOI: 10.3390/en14041003
43. Jaśkiewicz B., Podolska G. Impact of cultivation technology on yield and fodder value of winter triticale grain. *Information and Communication Technologies as Humanizing Factors. Proceedings of the 5th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment (HAICTA 2011) (Skiathos Island, Greece, September 8–11, 2011)*, 2011. P. 593–598.
44. Сгупова Т. В., Романюк П. В. Сучасні технології вирощування тритикале озимого в Правобережному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*, 2020. № 7. С. 31–37. DOI: 10.31073/agrovisnyk202007-04
45. Đekić V., Milovanović M., Popović V., Milivojević J., Staletić M., Jelić M., Perišić V. Effects of fertilization on yield and grain quality in winter triticale. *Agriculture & Forestry / Poljoprivreda i šumarstvo*. 2014. Vol. 60, Issue 1. P. 139–146.
46. Gaj R., Górski D., Wielgusz K., Kukawka R., Sychalski M., Borowski J. Nitrogen management impact on winter triticale grain yield and nitrogen use efficiency. *Journal of Elementology*, 2023. Vol. 28. № 3. P. 605–622. DOI: 10.5601/jelem.2023.28.3.2433
47. Коноваленко О. С., Мазур О. В., Панцирева Г. В. Продуктивність сортів тритикале озимого залежно від технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу. *Сільське господарство та лісництво*, 2021. № 21. С. 15–28. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-2-2
48. Білітюк А. П., Новицька Н. В., Максимюк В. П. Формування врожаю та якості зерна тритикале озимого залежно від удобрення в умовах Західного Полісся. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2012. № 2. С. 38–41. DOI: 0.31210/visnyk2012.02.07.
49. Корнійчук О. В., Мельничук В. Ю. Вплив мінеральних добрив та технологічних чинників на ріст і урожайність сортів тритикале озимого.

- Корми і кормовиробництво, 2023. Вип. 95. С. 98–107. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202395-10
50. Майстер А. А., Майстер О. А. Енерго- та ресурсозберігаюча технологія вирощування озимого тритикале в зоні Полісся України. Вісник Державного агроєкологічного університету, 2005. № 2 (15). С. 61–69.
51. Aranyos T. J., Lázár L., Vágó I. The effect of fertilization and rainfall on the yield of triticale in a long-term experiment. *Acta Agraria Debreceniensis*, 2016. № 69. P. 5–9. DOI: 10.34101/actaagrar/69/1763.
52. Gaj R. The effect of different phosphorus and potassium fertilization on plant nutrition in critical stage and yield of winter triticale. *Journal of Central European Agriculture*, 2012. Vol. 13, № 4. P. 704–716. DOI: 10.5513/JCEA01/13.4.1118.
53. Kinaci E., Gulmezoglu N. Grain yield and yield components of triticale upon application of different foliar fertilizers. *Interciencia*, 2007. Vol. 32, No. 9. P. 624–628.
54. Любич В. В., Стратуца Я. С. Фосфорне живлення тритикале озимого за різних видів і доз добрив. *Аграрні інновації*, 2024. № 26. С. 165–174.
55. Авраменко С. В. Продуктивність тритикале озимого залежно від строків сівби та рівнів мінерального живлення. Вісник Центру наукового забезпечення АПП Харківської області, 2012. Вип. 12. С. 5–11.
56. Особливості догляду за посівами озимих зернових культур у весняно-літній період : науково-практичні рекомендації / за ред. С. В. Авраменка. Харків : Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2012. 44 с.
57. Авраменко С. В., Попов С. І. Оптимізація технологічних прийомів вирощування тритикале озимого. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2011. № 4. С. 24–27.
58. Авраменко С. В. Формування якості зерна тритикале озимого залежно від агротехнічних прийомів вирощування в умовах східного Лісостепу України. *Посібник українського хлібороба*, 2014. С. 162–164.

59. Bielski S., Romaneckas K., Šarauskis E. Impact of Nitrogen and Boron Fertilization on Winter Triticale Productivity Parameters. *Agriculture*, 2020. Vol. 10, №11. P. 506. DOI: 10.3390/agriculture10110506
- 60.. Alaru M., Laur Ü., Eremeev V., Reintam E., Selge A., Noormets M. Winter triticale yield formation and quality affected by N rate, timing and splitting. *Agricultural and Food Science*, 2009. Vol. 18, №. 1. P. 76–90. DOI: 10.2137/145960609788035222.
61. Jańczak-Pieniążek M. The Influence of Cropping Systems on Photosynthesis, Yield, and Grain Quality of Selected Winter Triticale Cultivars. *Agriculture*, 2021. Vol. 11, № 1. P. 33. DOI: 10.3390/agriculture11010033.
62. Gibson L. R., Nance C. D., Karlen D. L. Winter Triticale Response to Nitrogen Fertilization when Grown after Corn or Soybean. *Agronomy Journal*, 2007. Vol. 99. 1. P. 49–58. DOI: 10.2134/agronj2006.0076
63. Тритикале. Технічні умови: ДСТУ 4762:2007. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 15 с.
64. McGoverin C. M., Snyders F., Muller N., Botes W., Fox G., Manley M. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2011. Vol. 91, No. 7. P. 1155–1165. DOI: 10.1002/jsfa.4338
65. Stoyanov H. Analysis on test weight of Bulgarian triticale cultivars. *Rasteniєvadni nauki (Bulgarian Journal of Crop Science)*, 2020. 57(6). P. 3–16.
66. F. Zhu. Triticale: Nutritional composition and food uses. *Food Chemistry*, 2018. 241. 468–479. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.09.009
67. Kaszuba J., Kapusta I., Posadzka Z. Content of Phenolic Acids in the Grain of Selected Polish Triticale Cultivars and Its Products. *Molecules*, 2021. 26. P. 562–572. DOI: 10.3390/molecules26030562
68. Kamanova S., Yermekov Y., Shah K., et. al. Review on nutritional benefits of triticale. *Czech J. Food Sci*, 2023. 41. 248–262. DOI: 10.17221/67/2023-CJFS
69. Рябчун В., Капустіна Т., Мельник В. та ін. Тритикале – нові можливості стабілізації виробництва зерна. Наукове видання. Харків. 2013. 18 с.

70. Camerlengo F., Kiszonas A. M. Genetic factors influencing triticale quality for food. *Journal of Cereal Science*, 2023. 113. DOI: 10.1016/j.jcs.2023.103743
71. Щипак Г. В., Матвієць В. Г., Щипак В. Г., Ничипорук О. О., Вось Х., Бжезинський В. Створення гексаплоїдних тритикале різних сортотипів із високими хлібопекарськими якостями. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. Т. 50. № 2. С. 134 – 148.
72. Kselíková V., T. Vyhnanek, P. Hanáček, P. Martinek. Grain hardness in triticale: a physical and molecular evaluation. *Czech J. Genet. Plant Breed*, 2020. 56 (3).102–110. URL: DOI: 10.17221/96/2019-CJGPB
73. Рябчун В. К., Мельник В. С., Чернобай С. В. Виділення джерел високої твердості зерна тритикале. *Селекція і насінництво*, 2024. Вип.125.С. 32-45. DOI: 10.30835/2413-7510.2024.306964
- 74.. Leatamborg S., Rotari S., Gore A. Productivity and quality of grain of winter triticale varieties. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 2022. Vol. LXV, No. 1. P. 343–348.
75. Pózewicz M. Yield, grain quality and potential use of triticale in Poland. *Polish Journal of Agronomy*. 2022. No. 48. P. 13–23. DOI: 10.26114/pja.iung.487.2022.49.02
76. Bonea D., Dunăreanu I.C., Constantinescu E., Botu M. Impact of cropping systems and year on yield and grain quality of triticale grown in a semi-arid region. *Bragantia*, 2026. Vol. 85. DOI: 10.1590/1678-4499.20250122
- 77.. Jaśkiewicz B. Chemical composition of winter triticale grain depending on type of tillage in crop rotation. *Agriculture and Forestry / Poljoprivreda i šumarstvo*, 2019. Vol. 65, Issue 2. P. 135–144. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N074
78. Желязков О. І., Педаш О. О., Бойко О. В., Прядко Ю. М. Вплив основних елементів технології вирощування на формування продуктивності та якості зерна тритикале озимого. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 2016. Вип. 2. С. 73–81.
79. Любич В. В. Формування азотовмісного складника в зерні тритикале ярого за різного удобрення. *Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та*

- поствоєнної відбудови: виклики для фахівців: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 22–25 травня 2023 р.). Миколаїв: МНАУ, 2023. С. 236–238.
80. Писаренко П. В., Москалець В. В. Агроекологічні особливості впливу мікробних препаратів на кількісні параметри якості зерна тритикале озимого. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2013. № 1. С. 27–32.
81. Клімат України: монографія / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченка ; УкрНДГМІ. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
82. Національний атлас України: карти, гол. ред. Руденко Л. Г. НАН України. Київ, 2008. 439 с.
83. Харківський регіональний центр з гідрометеорології. Декадні агрометеорологічні бюлетені за 2022–2025 рр. Харківський РЦГМ : офіційний вебсайт. URL: meteo.gov.ua
84. Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Каленська С. М. Методика селекційного експерименту (у рослинництві) Харків : ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2014. 229 с.
85. Методика проведення експертизи сортів рослин зернових культур на відмінність, однорідність та стабільність / Український інститут експертизи сортів рослин. Київ, 2020. 312 с.
86. Мельник С. І., Присяжнюк Л. М., Гринів С. М. Методика кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (Загальна частина). Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця, 2024. 83 с.
87. Український інститут експертизи сортів рослин. Методика кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Київ : УІЕСР, 2016. 159 с.
88. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М., Пузік Л.М., Попов С.І., Музафаров Н.М., Бухало В.Я., Криштоп Є.А. Дослідна справа в агрономії:

- навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень. Харків, 2016. 342 с.
- 89.Базалій В. В. Оцінка адаптивності сортів методом ЗАЗ-САЗ-СЦГ. Вісник аграрної науки. 2007. № 7. С. 49–52.
- 90.Шпичак О. Г., Бойко В. І., Лупенко Ю. О., Малік М. Й. Методика визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідних робіт, нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій. Київ : ННЦ ІАЕ, 2007. 120 с.
- 91.Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник. Київ : Університет «Україна», 2015. 412 с.
- 92.Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз технологій сільськогосподарського виробництва. Полтава, 2004. 144 с.
- 93.Тритикале озиме: каталог продукції / Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. URL: <https://yuriev.com.ua/ua/katalog-produkcii/katalog/tritikale-ozime/>
- 94.Інформаційно-довідкова система «Сорт». Український інститут експертизи сортів рослин. URL: <http://sort.sops.gov.ua/search/search>
- 95.Звіт про науково-дослідну роботу «Дослідження основи біохімічного та молекулярно-генетичного поліморфізму тритикале при створенні сортів різного типу розвитку з високими адаптивними, урожайними хлібопекарськими і кормовими властивостями» (проміжний) / Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН; керівник Г. В. Щипак. Харків, 2021. 80 с. № ДР 0121U100549.
- 96.Chapman B., Salmon D., Dyson C. Triticale Production and Utilization Manual. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. Edmonton : Alberta Agriculture, Food and Rural Development, 2005. 138 p.
- 97.Білітюк А. П., Новицька Н. В., Максимюк В. П. Формування врожаю та якості зерна тритикале озимого залежно від удобрення в умовах Західного Полісся. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2012. № 3. С. 24–27.

98. Любич В. В., Остапчук В. В. Формування продуктивності тритикале озимого різних доз азотних добрив, позакореневого підживлення та сеникації. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва, 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 10–18. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-10-18
99. Дробітько А. В., Качанова Т. В. Удосконалення елементів ресурсощадної технології вирощування тритикале для використання на зернофураж і зелений корм в умовах нестійкого зволоження Південного Степу України. Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри. Міжнародний форум = Food security of Ukraine in the conditions of the war and post-war recovery: global and national dimensions. International forum: доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції, 01-02 червня 2023 р., м. Миколаїв / Міністерство освіти і науки України ; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв : МНАУ, 2023. С. 51-54.
100. Щипак Г. В. Теоретичні основи селекції гексаплоїдних тритикале на адаптивність, урожайність та якість : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.05. Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Харків, 2021. 41 с.
101. Wolski T., Tymieniecka E. The first Polish triticale variety. *Cereal Research Communications*, 1983. 11(2). 139–141. URL: <http://www.jstor.org/stable/23781480>
102. Рябчун В.К., Капустіна Т.Б., Мельник В.С. Методи створення вихідного матеріалу тритикале ярого, адаптованого до несприятливих умов вирощування. *Селекція і насінництво*, 2012. 102. 41 – 50. DOI: 10.30835/2413-7510.2012.59819
103. Triticale. BC Institute Zagreb. 2017. URL: <https://bc-institut.hr/en/tritikale-2/>
104. Triticale breeding. Lantmannen seed. 2023. URL: <https://www.lantmannenseed.nl/tritikale-breeding>

105. Корнійчук О. В., Мельничук В. Ю. Вплив мінеральних добрив та технологічних чинників на ріст і урожайність сортів тритикале озимого. *Корми і кормовиробництво*, 2023. № 95. С. 117–127. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202395-10
106. Lalević D., Miladinović B., Biberdžić M., Vuković A., Milenković L. Differences in grain yield and grain quality traits of winter triticale depending on the variety, fertilizer and weather conditions. *Applied Ecology & Environmental Research*, 2022. Vol. 20, No. 5. P. 3779–3792. DOI: 10.15666/aeer/2005_37793792
107. Neykov N. Evaluation of the stability and adaptability of yield in triticale varieties using non-parametric methods. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 2024. Vol. 30, № 2. P. 301–304.
108. Tariku S. D., Selamawit M. T., Melese L. T. Stability and Adaptability of Triticale (*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) Varieties Across Environmental Conditions in the Highlands of Southern Ethiopia. *International Journal of Agronomy*, 2024. Vol. 2024. 9 p. DOI: 10.1155/2024/9948844
109. Derejko A., Studnicki M., Wójcik-Gront E., Gacek E. Adaptive Grain Yield Patterns of Triticale (*Triticosecale* Wittmack) Cultivars in Six Regions of Poland. *Agronomy*, 2020. Vol. 10, № 3. Art. 415. 14 p. DOI: 10.3390/agronomy10030415
110. Волощук С. І., Харченко М. В. Екологічна оцінка перспективних ліній тритикале озимого. *Миронівський вісник*, 2017. Вип. 5. С. 126–151. DOI: 10.31073/mvis201705-11
111. Щеченко Р.С. Адаптивність сортів тритикале озимого до абіотичних факторів середовища в умовах східного лісостепу України. *Селекція і насінництво*, 2026. 129. С. 18-33. DOI: 10.30835/2413-7510.2026.129.02
112. Щипак Г. В., Чернобай С. В., Мельник В. С., Чернобаб Р. А., Усова З. В., Шелякіна Т. А. Створення сортів тритикале зі стабільно високими хлібопекарськими властивостями. НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2025. 36 с.

113. Havensone G., Meija L., Balode L., Stūrīte I., Lejnieks A. Glycaemic profile and insulin response after consuming triticale flakes. Proceedings of the Latvian academy of sciences. Section B, 2017. Vol. 71. № 6 (711). P. 434–439. DOI: 10.1515/prolas-2017-007
114. Liubych V., Novikov V., Zheliezna V., Prykhodko V., Petrenko V., Khomenko S., Zorunko V., Balabak O., Moskalets V., Moskalets, T. Improving the process of hydrothermal treatment and dehulling of different triticale grain fractions in the production of groats. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020. 3 (105). 55–65. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.203737
115. Cioch M., Zdaniewicz M., Pater A., Skoneczny S. Impact of triticale malt application on physiochemical composition and profile of volatile compounds in beer. European Food Research and Technology, 2019. 245. P. 1431–1437. DOI: 10.1007/s00217-019-03284-2
116. Білітюк А. П. Цінний корм для тваринництва. Корми і кормовиробництво, 2005. № 55. С. 114–120
117. Щеченко Р.С. Щипак Г.В. Агробіологічна характеристика сортів озимого тритикале для використання у хлібопекарській промисловості. Селекція і насінництво, 2025. 128. С. 34–45. DOI: 10.30835/2413-7510.2025.347594
118. Білітюк А. П. Агротехнологічні основи вирощування тритикале в Україні. К.: Колос, 2005. 248 с.
119. Рожков А. О., Пузік В. К. Особливості формування склоподібності зерна тритикале озимого під впливом агротехнічних факторів. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків, 2013. Вип. 17(2). С. 135–139.
120. Авраменко С. В., Попов С. І. Склоподібність зерна тритикале озимого залежно від сортових особливостей та умов вирощування. Посібник українського хлібороба, 2012. С. 142–144.
121. Кирильчук А. М. Вміст клейковини в зерні тритикале озимого (*Triticosecale Wittmack* el. *Samus*) для використання в хлібопекарській

- промисловості. Агроекологічний журнал, 2021. № 1. С. 114–120. DOI: 10.33730/2077-4893.4.2021.252962
122. Щипак Г. В., Щипак В. Г., Матвієць В. Г. Селекція тритикале озимого на якість зерна. Генетичні ресурси рослин, 2016. № 18. С. 68–79.
123. Shchechenko R. S., Shchypak H. V. Sources of high adaptability, yield and bakery properties in triticale. Генетичні ресурси рослин, 2025. 37. С. 75–83. DOI: 10.36814/pgr.2025.37.07
124. Доронін Г. І., Розумна М. О., Губеня В. О. та ін. Технологія борошномельного і круп'яного виробництва: Підручник. К.: НУХТ, 2011. 512 с.
125. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва. — К.: Кондор, 2002. — 365 с.
126. Shchechenko R. S., Shchypak H. V. Sources of high adaptability, yield and bakery properties in triticale. Plant Genetic resources, 2025. 37. P. 75–83. DOI: 10.36814/pgr.2025.37.07
127. Hegarty J., Kleist T. Triticale to rise in the world of baked deliciousness [Information Report] / UC Davis Department of Plant Sciences. 2023. URL: <https://www.plantsciences.ucdavis.edu/news/hegarty-triticale-rise>
128. Kaszuba J., Woś H., Shchipak G. V. Bread making quality parameters of some Ukrainian and Polish triticale cultivars. Euphytica. 2024. Vol. 220, 15 p. DOI: 10.1007/s10681-023-03272-4
129. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні (ПСП). Український інститут експертизи сортів рослин. К., 2016. 82 с.
130. Mergoum M., Rosas V., Pena R. J. et al. Triticale: grain yield and quality genetic progress. Proceedings of the 5th International Triticale Symposium (Radzikow, Poland, June 30 – July 5, 2002). Radzikow, 2004. P. 13–18.
131. Cibak V. Genetic variability and correlations of grain yield and quality traits in winter triticale. Genetika, 2004. Vol. 36. № 1. P. 53–60.

132. Кирильчук А. М. Вміст клейковини в зерні тритикале озимого (*Triticosecale Wittmack* ex *Camus*) для використання у хлібопекарській промисловості. *Агроекологічний журнал*, 2021. № 4. С. 98–104. DOI: 10.33730/2077-4893.4.2021.252962.
133. Janusauskaite D., Feiziene D., Feiza V. Relationship between spring triticale physiological traits and productivity changes as affected by different N rates. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*. 2017. Vol. 67 (6). P. 534–541. DOI: 10.1080/09064710.2017.1308545
134. Белашов О. М., Рожков А. О. Біохімічні показники якості зерна тритикале озимого за різних варіантів живлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 1. С. 48–52.
135. Giunta L., Motzo R., Deidda M. Trends in yield and grain protein content of wheat and triticale in a Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*. 1993. Vol. 2, №. 1. P. 1–11.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1

Середньодекадна температура повітря в зоні проведення досліджень
(Харківська обл.) та кліматична норма, °С, 2022–2025 рр.

Місяць	Декада	Кліматична норма	2022 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
Січень	I	-5,2	-3,4	1,1	-1,5	0,2
	II	-4,6	-2,1	-6,4	-7,8	-4,1
	III	-3,7	-0,1	-1,9	-3,0	-2,4
Лютий	I	-4,2	0,4	-1,1	2,1	0,5
	II	-3,9	2,3	-2,8	1,4	-1,1
	III	-3,3	0,8	-0,8	1,8	-0,6
Березень	I	-0,8	-1,5	2,3	2,5	1,4
	II	1,2	0,2	4,1	4,2	2,8
	III	3,6	3,1	6,3	7,4	4,9
Квітень	I	6,8	6,2	8,5	12,1	9,8
	II	9,2	8,4	10,2	14,3	11,4
	III	12,1	10,5	11,8	15,6	13,2
Травень	I	13,6	11,1	12,4	13,2	14,5
	II	15,4	14,8	14,1	15	16,1
	III	17,5	16,9	18,3	19,2	18,9
Червень	I	18,8	19,2	19	21,4	20,3
	II	19,5	20,4	20,5	22,8	21,9
	III	20,8	21,5	21,1	23,5	23,1
Липень	I	21,3	22,1	23,4	25,8	24,6
	II	21,7	19,8	22,8	28,1	27,4
	III	21,2	20,2	24,2	26,4	25,2
Серпень	I	20,9	23,6	25,1	23,9	24,8
	II	20,4	22,9	24,3	24,5	25,3
	III	18,8	19,1	22	25,2	23,7
Вересень	I	17,2	15,4	19,8	22,1	20,4
	II	15,1	13,1	18,5	20,6	19,1
	III	13	10,3	16,9	18,2	17,2
Жовтень	I	10,5	11,2	12,1	12,4	11,5
	II	8,3	8,9	9,5	8,8	8,4
	III	6,4	6,4	7,8	6,2	6,2
Листопад	I	4,2	4,8	5,2	4,5	3,9
	II	2	2,1	2,7	1,9	1,6
	III	0,2	0,4	0,5	-0,1	-0,1
Грудень	I	-1,2	-0,5	0,9	-0,6	-0,2
	II	-2,5	-0,8	-0,8	-1,5	-1,1
	III	-4,1	-1,9	-1,5	-2,1	-2,0

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

Середньодекадна кількість опадів в зоні проведення досліджень
(Харківська обл.) та кліматична норма, мм, 2022–2025 рр.

Місяць	Декада	Кліматична норма	2022 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
Січень	I	15	8	19	11	14
	II	14	12	7	21	9
	III	13	19	11	4	16
Лютий	I	12	6	18	9	11
	II	12	14	5	24	7
	III	11	3	12	0	15
Березень	I	12	19	4	2	8
	II	12	5	22	8	14
	III	11	2	15	0	19
Квітень	I	11	18	9	4	12
	II	12	32	26	0	7
	III	13	4	15	0	16
Травень	I	15	8	3	0	9
	II	16	21	18	2	14
	III	19	5	32	1	8
Червень	I	21	34	12	14	26
	II	20	11	42	3	11
	III	20	8	19	0	18
Липень	I	21	42	35	0	14
	II	22	18	8	0	5
	III	21	25	14	8	11
Серпень	I	15	0	5	0	7
	II	14	4	0	2	12
	III	13	12	19	0	4
Вересень	I	15	22	0	0	2
	II	14	38	2	0	9
	III	14	15	4	0	11
Жовтень	I	13	9	18	4	15
	II	14	24	32	2	7
	III	14	5	8	11	14
Листопад	I	15	18	21	14	19
	II	14	31	45	9	12
	III	14	12	19	24	8
Грудень	I	15	24	15	11	21
	II	15	11	29	19	14
	III	14	16	8	6	17

ДОДАТОК В

**НАУКОВІ ПРАЦІ, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ
РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Щеченко Р.С. Щипак Г.В. Агробіологічна характеристика сортів озимого тритикале для використання у хлібопекарській промисловості. *Селекція і насінництво*. 2025. Вип. 128. С. 34–45. DOI: 10.30835/2413-7510.2025.347594

2. Shchechenko R.S., Shchypak H.V. Sources of high adaptability, yield and bakery properties in triticale. *Plant Genetic resources*. 2025. 37. P. 75–83. DOI: 10.36814/pgr.2025.37.07

3. Щеченко Р.С. Адаптивність сортів тритикале озимого до абіотичних факторів середовища в умовах східного лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2026. Вип. 129. С. 18–33. DOI: 10.30835/2413-7510.2026.129.02

4. Щеченко Р.С., Щипак Г.В. Сорти тритикале з високими хлібопекарськими властивостями. Тези Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., «Сучасні технології в рослинництві» присвяч. 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого-рослиника Рожественського Бориса Миколайовича. 27-28 листопада 2024 р. Харків, НААН, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. С. 182–184.

5. Усова Н.О., Щеченко Р.С., Усова А.О. Формування показників якості зерна сортами тритикале озимого залежно від норм азотного живлення. Мат. VI Міжн. наук.-практ. інтернет-конф. «Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва», 25 травня 2026 р. Полтава, ПДАУ, 2026. С. 127.

ДОДАТОК Г

Рис. Г.1 Довідка про впровадження результатів наукових досліджень



УСТИМІВСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ РОСЛИННИЦТВА
ІНСТИТУТУ РОСЛИННИЦТВА ІМ. В.Я. ЮР'ЄВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

39074, с. Устимівка, Кременчуцького району, Полтавської області
Тел./факс +38 05365 23401, E-mail uds_st@ukr.net

15.06.2026 № 105

На № _____

ДОВІДКА

щодо впровадження результатів науково-дослідної роботи Щеченка Руслана Сергійовича, виконаної в лабораторії селекції та генетики тритикале Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН за темою «**Особливості формування продуктивності та якості зерна тритикале різного типу розвитку залежно від азотного живлення в умовах східної частини Лісостепу України**» в Устимівській дослідній станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України

Видана здобувачу Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН Щеченку Руслану Сергійовичу, в тому, що результати досліджень пройшли виробничу перевірку і впроваджені в умовах Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України Кременчуцького району Полтавської області, які включали внесення аміачної селітри у фазі кушення дозою N₉₀ та сорт озимого тритикале Златоуст у 2024-2025 рр.


Запроваджені у 2024-2025 рр. елементи технології вирощування озимого тритикале сорту Златоуст забезпечили середню урожайність зерна на рівні 6,85 т/га, що дозволили отримати умовно чистий прибуток 1960 грн/га та рентабельність виробництва 25 %.

В.о. директора Устимівської
дослідної станції рослинництва



Юрій ХАРЧЕНКО

Рис. Г.1 Довідка про впровадження результатів наукових досліджень



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ВОЛИНЬСЬКА ДЕРЖАВНА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ
ІНСТИТУТУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

вул. Шкільна, 2, селище Рокитні, Луцький район, Волинська обл., 45626 тел. (0332) 70-67-05, 70-94-25
 E-mail: voldsgds@gmail.com P/p UA 698201720313251001202004662 ДКСУ Київ
 ПІН 133688403080 МФО 820172, ЄДРПОУ 13368842

18.06.2026 № 73 /01-06



ДОВІДКА

щодо впровадження результатів науково-дослідної роботи
 ЩЕЧЕНКА Руслана Сергійовича, виконаної в лабораторії селекції та
 генетики тритикале Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН за темою
 «**Особливості формування продуктивності та якості зерна тритикале
 різного типу розвитку залежно від азотного живлення в умовах
 східної частини Лісостепу України**»
 у Волинській державній сільськогосподарській дослідній станції
 Інституту сільського господарства Карпатського регіону
 Національної академії аграрних наук України

Видана здобувачу Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН
 ЩЕЧЕНКУ Руслану Сергійовичу, в тому, що результати досліджень
 пройшли виробничу перевірку і впроваджені в умовах Волинської державної
 сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства
 Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України Луцького
 району Волинської області, які включали вирощування сортів озимого
 тритикале Златоуст та Тимофій у 2023-2024 рр.

Сорти озимого тритикале сорту Златоуст та Тимофій мають високу
 загальну адаптивну здатність забезпечували стабільно високу середню
 урожайність зерна на рівні 7,48–7,78 т/га високої натури (725–730 г/л).

В.о. директора
 Волинської ДСГДС ІСГ
 Карпатського регіону НААН
 к.б.н.



 Оксана ПУЗНЯК