МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агрономії
Кафедра генетики, селекції рослин та біотехнології

0680965867

vadimregent91@gmail.com

Допущено до захисту

«____» _____ 2025 р.

Зав. кафедри, д. с.-г. н., професор

_____ Людмила РЯБОВОЛ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

КОНКУРСНЕ ВИПРОБУВАННЯ СОРТОЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ СЕЛЕКЦІЇ УМАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Виконала: студентка II курсу, групи 22 м-ан спеціальності 201 Агрономія

Регент Вадим Сергійович

Керівник: НОВАК Жанна, к. с.-г. н., доцент

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМАТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВА СЕЛЕКЦІЇ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ (огляд літератури) ……..……..……. 4

1.1. Стійність проти вилягання …….. 4

1.2. Якість зерна ……..…….. 7

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ. ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТУ КСАНТІЯ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ …….. 15

РОЗДІЛ 3. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ 16

3.1. Опис ґрунтів 16

3. .2 Кліматичні і погодні умови ……..…… 17

3.3. Схема досліду 19

3.4. Агротехнологія вирощування сортозразків пшениці ярої .. 19

3.5. Методика, а також програма досліджень 20

РОЗДІЛ 4. ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ ……..…… 21

4.1. Висота рослин 21

4.2. Характеристики колоса 22

4.3. Кількість продуктивних стебел 28

4.4. Урожайність 30

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТОЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ …… 32

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИРОЩУВАННІ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ 35

5.1. Моделювання виробничих небезпек ……. 35

5.2. Охорона навколишнього природного середовища 37

ВИСНОВКИ 39

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 41

ДОДАТКИ 48

ВСТУП

Пшениця тверда важлива для зернового господарства України та країн Європи, насамперед як сировина для макаронних виробів, круп, продуктів дитячого харчування, а також як поліпшувач борошна пшениці м'якої для хлібопечення. Від м'якої пшениці, багатої на крохмаль, вид Durum (тверда) відрізняється насамперед високим умістом білків і клейковини, а також мінімальним умістом крохмалю.

У нашій країні створенням нового матеріалу пшениці твердої займаються Миронівський інститут пшениці (Київська обл., Миронівка), Селекційно-генетичний інститут - Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення УААН (м. Одеса), Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва УААН (м. Харків) тощо.

В Уманському національному університеті садівництва, а саме, на кафедрі генетики, селекції рослин та біотехнології, зібрано та підтримано колекцію сортозразків пшениці твердої. Щорічно проводиться гібридизація зібраного матеріалу для поєднання найбільш корисних господарсько-цінних ознак в одному генотипі. Надалі отримані зразки розмножують протягом кількох поколінь, постійно проводячи добір кращих та вибракування гірших зразків.

Ми виділили шість перспективних популяцій пшениці твердої ярої та досліджували їх впродовж двох років.

Наукова новизна проаналізовано шість перспективних популяцій пшениці твердої впродовж 2024-2025 років.

Практична цінність визначення характерних особливостей (біологічних, морфологічних, господарських) кращих популяцій пшениці твердої ярої.

Апробація результатів досліджень Робота апробована на XIV Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)» 18–20 березня 2025 р. [1].

РОЗДІЛ 1.
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМАТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВА СЕЛЕКЦІЇ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ (огляд літератури)

1.1. Стійність проти вилягання

Вилягання посівів колосових культур, зокрема, пшениці ярої завдає великих втрат агропромисловому комплексу . Як зазначає низка науковців [2, 3], вилягання культур призводить до значних втрат урожаю (25-60%), при цьому супроводжується зниженням якості зерна. Інтенсивна технологія вирощування пшениці вимагає певних параметрів висоти рослин, адже ця ознака є не тільки морфологічної і сортовою, але й постає показником стійкості рослин до вилягання [4]. Для селекціонерів важливим є забезпечення вихідним матеріалом різного екологічного або географічного походження. У такому разі можна поєднати в одному генотипі низькорослість з іншими цінними корисними ознаками, що сприятиме розв'язанню проблеми вилягання [5].

Недостатня стійкість до вилягання пшениці залишається однією із основних ознак у моделі сорту, які лімітують високу врожайність [5]. Значна увага у селекційно-генетичних дослідженнях приділяється висоті рослин. Стебло є колосоносним органом, що приймає активну участь у процесі фотосинтезу, транспорту і перетворення органічних речовин — все це зумовлює величину врожаю. Попри те, що висота рослин є генетично зумовленою ознакою, вона характеризується високою варіацією за різних агрокліматичних факторів середовища [6]. Від висоти стебла та його анатомічних особливостей залежить стійкість рослин до вилягання [7]. У пшениці основною особливістю низькорослих сортів на відміну від високорослих, є стійкість до вилягання вилягати на підвищеному фоні мінерального удобрення або за кращого попередника, що забезпечує

досягнення високої продуктивності. Короткостебельні рослини характеризуються високим коефіцієнтом господарської ефективності: у них за однакових умов більше асимілятів надходить у квітку, а потім — у зерно, тоді як у високорослих —у солому [8]. Сорти з коротким і міцним стеблом здатні реалізувати високий потенціал урожайності, зумовлений генетично. В У Україні аграрні господарства вирощують, головним чином, низько- і середньорослі сорти пшениці [9]. Розширення поліморфізму генофонду вихідного матеріалу пшениці, зокрема, твердої ярої залишається актуальним для забезпечення селекційних програм донорами продуктивності та стійкості до вилягання.

Як зазначають В.С. Кочмарський, С.О. Хоменко, М.В. Федоренко, Т.А. Данюк [10] у результаті аналізу 110 колекційних сортозразків пшениці твердої ярої, проведено ранжування за висотою рослин на карлики, середньо- і низькорослі. За три роки, залежно від погодних умов, висота різних сортозразків варіювала від 47 до 100 см.

Карликові колекційні зразки у кількості 55, були представлені матеріалом з Мексики (48 біотипів або 43,6 %), Франції (3 зразки або 2,7 %), України (2 номера або 1,8 %), Австрії і США (по 1 сортозразку або 0,9 %). Їх висота рослин була у межах 47-60 см. Низькорослі біотипи з висотою рослин 60-85 см налічували 28 зразків, що походять з України, Канади, Марокко, Мексики, Казахстану. Було виділено 27 середньорослих селекційних зразків, що становило 24,5 %, походження з України, Казахстану, Мексики і Франції. Їх висота була в межах 85 – 100 см [11].

Середньорослі колекційні зразки пшениці твердої були з висотою 87,9 см (Дарина) – 99,7 см (Леукурум 10-28). При цьому середня (5-6 балів) стійкість до вилягання спостерігалась у 11 зразків, що складало 40,7 % від усього аналізованого матеріалу; до них належали, зокрема: Гордеіформе 1741, Накат (країна походження — Україна) та ін. Високою стійкістю до вилягання, на рівні 7–8 балі володіли 16 сортозразків (59,3 %), зокрема: Діана, Леукурум 10-2S, Леукурум 10-07, (Україна), Кустанайская 30, Бошак

(Казахстан), 111 MUSK 7 (Мексика) та ін. Варіювання висоти рослин колекційних зразків було різним і коливалось від 2 см (Кустанайская 2S, Казахстан) до 13 см (Леукурум 10-2S, Україна). Коефіцієнт варіації 28 біотипів виявився незначним — до 10 % [12].

Висота низькорослих сортозразків була в межах 73,6 см (Ник) до 85,1 см (Алтин-шігис, Казахстан). Висока (7–8 балів) стійкість до вилягання була відмічена у 15 зразків, тобто у 53,6 % , зокрема: Нащадок, Харківська 19, МІП Райдужна, Луганська 7, Спадщина (Україна), Алтин-шігис (Казахстан), Тверда 1S7 (Марокко) та ін. 46,4 % або 13 зразків були середньостійкими (5–6 балів) до вилягання [13]. У 23 колекційних зразків пшениці встановлено незначне варіювання висоти рослин з коефіцієнтом варіації у межах 10 %, середня варіація відмічена у біотипів Plenty (Канада) – 10,7%, Ізольда (Україна) –11,2 %, Славута (Україна) – 11,4%, Херсонська 66 (Україна) – 12,1 %.

Усі карликові форми за період досліджень характеризувались високим балом стійкості до вилягання — Неодур, Ольга, Мультідур (Франція), 13S Подіцепс 9, 27 Тідіин 95-96-8 Ромаріно 1, 2S Тідіин-S9 Калело 2, 103 Каба-Джайлак 2, 2S Тідісн-2-S3 Хаахка-1, 1S6 Тарро 1 (Мексика), Белладур (Австрія) [14, 15].

У 42 колекційних сортозразків коефіцієнт варіації був незначним (до 10 %), у 13 - середнім (10,6-11,8%). Серед колекційних біотипів пшениці твердої ярої виділено карликові, низькорослі та середньорослі форми, похлдженням з України, Казахстану, Франції, Австрії, Марокко та Мексики. Цей селекційний матеріал рекомендовано як вихідний у селекції на стійкість до вилягання [12, 13].

Автори підкреслюють, що у пшениці твердої ярої зі зниженням висоти рослин зменшується також урожайність, але зростає стійкість до вилягання. Тому цінними є зразки, що поєднують у генотипі короткостебельність, стійкість до вилягання, а також високі показники продуктивніості [10– 15].

Низкою науковців проведено всебічний аналіз колекційних зразків різного еколого-географічного походження пшениці твердої ярої. У результаті виділено середньорослі сортозразки: Леукурум 10-2S, Діана, Чадо, Янтар Луганщини, Леукурум 10-07, Золотко, Альдаринка (Україна), Кустанайская 2S, Кустанайская 30, Нурлы, Бошак (Казахстан), 111 Маск 7 (Мексика); низькорослі: МІП Райдужна, Нащадок, Луганська 7 (Україна), Тверда 187 (Марокко) та карликові зразки 13S Подіцепс 9, 27 Тідіин 95-96-8 Ромаріно 1, 2S Тідіин-S9 Калело 2, 103 Каба-Джайлак 2, 2S Тідісн-2-S3 Хаахка-1, 1S6 Тарро 1 (Мексика), що поєднували високий рівень урожайності та стійкість до вилягання [14, 15].

1.2. Які сть зерна

Одним із основних завдань сучасної селекції є покращення якості зерна пшениці, зокрема, підвищення вмісту білка в зерні. Його вміст в зерні є складною ознакою, що характеризується полігенним типом успадкування та значною мірою залежить від ґрунтових, кліматичних та агротехнічних умов вирощування. Все це ускладнює контроль процесу селекції. Зразки пшениці двозернянки *Triticum turgidum ssp. Dicoccoides*, яка не має промислового значення зберігаються у національних фондах зародкової плазми Ізраїлю. У цих зразків ідентифіковано ген дикого типу Gpc-B1 (вміст білка в зерні – grain protein concentration) у хромосомі 6B. Цей ген який значно підвищує вміст протеїну і мікроелементів в зерні унаслідок ефективнішого транспортування азоту з вегетативних органів у зерно та пришвидшення фізіологічного старіння рослин. Ген Gpc-B1 дещо знижує показники структури врожаю (маса зернівки і натура), проте у кінцевому результаті не спостерігалось зниження врожайності зерна. Тому наші співвітчизники Рибалка О.І., Моргун Б.В., Поліщук С.С [16] досліджували даний ген та його прояв у рослин пшениці. Ген Gpc-B1 було клоновано і досліджено як за функціональністю та молекулярною структурою. У різних країнах світу

проведено низку досліджень дії цього гена, виконаних на різному селекційному матеріалі за контрастних умов вирощування. У результаті кропіткої роботи численних науковців доведено високу ефективність у селекційних програмах використання гена Gpc-B1 з метою покращення якості зерна, а саме, підвищення вмісту білка і мікроелементів у зерні, [16].

У 2012 р. ООН прогнозувала, що протягом наступного півстоліття населення Землі зросте на 50 % і становитиме близько 9,5 млрд. осіб до 2050 р. у зв'язку з цим, зростає потреба у виробництві продуктів харчування на 60 % [17]. Серед джерел продуктів харчування рослинний білок буде залишатися надважливим ресурсом. На теперішній час населенням Землі споживає рослинного протеїну 57 % від загальної його кількості. М'ясо постачає 18 % білка, молоко — 10, морепродукти та риба — 6, 9 % білка припадає на решту тваринного протеїну. Близько половини усієї кількості рослинного білка протягом останніх десятиліть стабільно постачає пшениця [16]. Тому перспективним напрямком селекційних програм пшениці є підвищення вмісту білка в зерні, та покращення його якості, зокрема, технологічної і біологічної цінності. Вміст білка у зерні пшениці варіює в межах 8—15 %. Вищим його вмістом характеризуються сорти пшениці твердої, як озимої, так і ярої, у них частка білка в зерні може сягати 15-17 %. У той же час пшениця м'яка характеризується вмістом білка 11-14 %. Певний вплив на міст білка у зерні пшениці також мають умови вирощування, зокрема, внесення азотних добрив у фазу наливу зерна, спекотна та відносно посуха погода тощо. Департамент сільського господарства США спільно з Університетом штату Небраска започаткував фундаментальні дослідження, метою яких було підвищення вмісту білка в зерні пшениці ще в 1954 р.

Протягом періоду у понад 30 років (1954—1985) досліджували 12 600 сортів пшениці за вмістом білка в зерні, варіювання за генотипом якого становили 5 %. У результаті численних досліджень було встановлено, що вміст білка в зерні пшениці є полігенною, складною кількісною ознакою та

характеризується оберненою кореляцією з рівнем врожайності зерна. У той же час було зроблено висновок, що урожайність більшою мірою залежить від умов вирощування, ніж від генотипу, контролюється великою кількістю генів з адитивними й неадитивними ефектами [19–24].

Вміст білка в зерні пшениці контролюється генами, які присутні майже у кожній хромосомі із 21 пар, проте їх вплив різний на вираження ознаки [25]. Разом із білком вкрай важливими у харчуванні людства є мікроелементи, від постійного дефіциту яких страждає більша половина населення Землі [26]. Зокрема, лише дефіцит заліза у спостерігається у харчуванні 2,7 млрд осіб, з них близько 160 млн дітей віком до п’яти років. Це зумовлює вади фізичного розвитку, больові синдроми, погане самопочуття. Одним з шляхів запобігання цьому є вживання достатньої кількості хліба з зерна пшениці [27, 28].

Пшениця є поліморфним родом, що нараховує понад 20 видів з різною кількістю хромосом — від 14 до 56. У різних країнах світу у колекціях зародкової плазми пшениці, які мають і дикорослі форми із різним рівнем плоїдності, знаходиться велика кількість біотипів із вмістом білка в зерні 23–27 % [29].

Проте жодне з цих джерел не було донором високого вмісту білка в зерні сортів пшениці промислового значення. Поняття «джерело» і «донор» ознаки є докорінно різними за своєю суттю, тобто, «джерелом» може бути матеріал, який містить бажану ознаку, проте це ще не забезпечує успішну передачу при гібридизації наступним поколінням. Проте «донором» є та селекційна форма, ознака з якої успішно передається при схрещуванні у створений селекційний матеріал. Тобто, різниця між «джерелом» і «донором» обумовлюється можливістю спадкової передачі корисної ознаки, наприклад, «високий вміст білка», від джерела в культурний високопродуктивний сорт. І от було виділено зразки дикорослої двозернянки *T. turgidum ssp. dicoccoides (Körn. ex Asch. and Graebn.) Thell.*, які мають високий вміст білка і крупне зерно. Це тетраплоїдних вид (2n = 4x = 28) з

геномною формулою A^u A^u BB у колекції дикорослих видів пшениці національних фондів зародкової плазми Ізраїлю [30]. Методом індивідуального добору було виділено високобілковий зразок FA-15-3, з яким проведено успішну гібридизацію сорту пшениці твердої Langdon. Метою цього стало отримання чужорідних хромосомних транслокацій у отриманого селекційного матеріалу та ідентифікації хромосом, що найбільше впливають на вміст білка в зерні [31].

У однієї селекційної лінії із заміщенням пари хромосом 6B сорту пшениці твердої Langdon на хромосомну пару 6B від *Triticum dicoccoides* вміст білка у зерні достовірно зростав (на 38 % порівняно з контролем). Також, разом з білком, зростав вміст заліза (на 18 %), мангану (на 29 %) і цинку (на 12 %) [32]. Детальний аналіз цієї лінії спричинив ідентифікацію QTL-фактора на короткому плечі хромосоми 6B. Цей ген контролює вміст білка в зерні *Triticum dicoccoides*, його було картовано як локус розміром 2,7 cM і названо Gpc-B1 (GPC — вміст білка в зерні grain protein concentration) [33]. Порівнянням колінеарності цього локусу пшениці з локусом геному рису, ген Gpc-B1 було обмежено інтервалом у 0,3 cM (250 тпн), та встановлено, що він має множинний алелізм, що складається з п’яти альтернативних генів [34]. За допомогою трансформації бактеріальної синтетичної хромосоми було складено карту локусу та ідентифіковано один окремий ген No Apical Meristem-B1 (NAM-1, Genbank id: DQ869673) [34].

Детальне вивчення гена Gpc-B1, який кодує білок із NAC-доменом, дозволило точно локалізувати його на 6B-хромосомі. Встановлено, що він представлений послідовністю довжиною приблизно 7400 пар нуклеотидів, розташованою між маркерами Xucw109 і Xuhw106. Виявлено, що локус Xuhw84, який є ортологом гена OSJNBa002E05.19-1 рису, має тісне зчеплення з Gpc-B1, тому може використовуватись як надійний молекулярний маркер для виявлення цього гена в селекційних популяціях [34, 35].

Для ідентифікації Gpc-B1 у селекційному матеріалі також придатні інші маркерні локуси — Xucw67, Xucw71, Xucw79, Xcdo365 тощо, які знаходяться на відстані 0,3–1,5 cM від гена, а також Xuhw89, розміщений на відстані близько 0,1 cM [25, 34].

У наукових публікаціях цей ген частіше згадується під позначенням Gpc-B1, хоча його також ідентифікують як NAM-1. Подальші дослідження показали, що Gpc-B1 кодує NAC-доменний транскрипційний фактор — білок, який належить до родини регуляторних протеїнів, що беруть участь у контролі ростових і розвиткових процесів у рослин, зокрема старіння та реакцій на стресові умови середовища [36].

Варто підкреслити, що на відміну від більшості відомих раніше генів, які визначають накопичення білка в зерні, Gpc-B1 (NAM-B1) має унікальні властивості. По-перше, він відзначається потужним позитивним впливом не лише на підвищення вмісту білка, але й на збагачення зерна основними мікроелементами, зокрема залізом та цинком. По-друге, його механізм експресії істотно відрізняється від дії інших генів, адже проявляється морфологічно у вигляді добре відомого фізіологічного процесу — старіння рослин.

Процес старіння спостерігається на завершальному етапі розвитку клітин, тканин чи органів і є важливим адаптивним станом для монокарпічних рослин, до яких належать і злаки, що проходять цикл цвітіння та плодоношення лише один раз у житті. Типовим прикладом цього процесу є перехід зеленого пшеничного поля у жовте протягом кількох тижнів наприкінці вегетації.

На початку старіння запускається активна ремобілізація рухомих метаболітів із вегетативних органів у формуюче зерно. Серед усіх органічних сполук особливу роль відіграють азотовмісні метаболіти, які переважають кількісно. Перед потраплянням у флоему, великі молекули — такі як білки й нуклеїнові кислоти — під дією гідролітичних процесів розщеплюються до

глутаміну, глутамату та інших амінокислот, що потім транспортуються у зернівку.

Таким чином, рання або більш ефективна ремобілізація азотовмісних сполук безпосередньо пов’язана з вищим вмістом білка у зерні, а також із підвищеною концентрацією мікроелементів, зокрема заліза та цинку [32–34].

Дослідження ролі гена Gpc-B1 у процесі старіння рослин проводили шляхом порівняння вмісту розчинного білка у верхніх листках та загального азоту в колоссі, зерні й стеблах у майже ізогенних рекомбінантних заміщених лініях, які відрізнялися наявністю функціонального або нефункціонального алеля Gpc-B1, а також у вихідного сорту Langdon.

Результати експерименту показали, що лінії з функціональним алелем Gpc-B1 характеризувалися вищим накопиченням білка в зерні, що зумовлено підвищеною ефективністю ремобілізації азоту з листкових тканин у колос і зерно під час фази наливання зерна.

Крім того, у рослин, які містили активний алель Gpc-B1, фізіологічне старіння наставало раніше, ніж у ліній із нефункціональним алелем, що свідчить про безпосередню участь цього гена в регуляції процесів старіння та перерозподілу азоту в організмі пшениці [35, 36].

На основі даних наукових публікацій можна стверджувати, що Gpc-B1 (NAM-B1) є першим ідентифікованим у пшениці геном, який контролює варіабельність ознаки вмісту білка в зерні (GPS) і був клонований з використанням генетичної карти. Порівняння нуклеотидних послідовностей Gpc-B1 дикорослої форми T. dicoccoides з функціонально неактивним алелем, характерним для більшості сучасних сортів пшениці, показало, що у них відбулася інсерція розміром 1 пн у кодувальній ділянці гена.

Ця мутація, вперше виявлена у сорту Langdon, розташована між першим інтроном і залишком тиміну в позиції 11, або може бути представлена повною делецією, яка порушує відкриту рамку зчитування. У результаті утворюється нефункціональний білок, що складається лише з 327 амінокислот замість 405 у функціональному варіанті. Така зміна зумовлює

втрату позитивного впливу на накопичення білка в зерні та передчасне старіння рослин, що є характерним для сучасних сортів пшениці [35, 37].

У гексаплоїдної пшениці ген Gpc-B1 має ще дві функціональні ортологічні копії — у хромосомах 6A (Gpc-A1) та 6D (Gpc-D1), а також дві паралогічні копії Gpc-2, розташовані у хромосомах 2B (Gpc-B2) і 2D (Gpc-D2). За результатами секвенування ДНК, послідовності локусів Gpc-1 і Gpc-2 мають 91 % подібності, що свідчить про порівняно недавню подію дуплікації локусу Gpc-2 [38].

У тетраплоїдної пшениці для Gpc-B1 визначено функціональну ортологічну копію у хромосомі 6A (Gpc-A1) та паралогічну копію у хромосомі 2B (Gpc-B2). Важливим доказом функціональної ролі генів Gpc у процесах старіння є результати експериментів із РНК-інтерференцією (RNAi gene silencing). При штучному пригніченні експресії всіх копій Gpc у гексаплоїдного сорту пшениці Bobwhite спостерігалося відтермінування старіння на 24–30 днів (фенотип *stay green*), а також зниження вмісту білка, заліза та цинку у зерні приблизно на 30 % порівняно з контрольними рослинами цього сорту [39–41].

Згідно з результатами секвенування, функціональний алель Gpc-B1 (так званий алель дикого типу) має довжину 1452 пари нуклеотидів і складається з трьох екзонів та двох інтронів. Продуктом експресії цього локусу є функціональний білок, який включає 405 амінокислотних залишків і характеризується наявністю консервативного N-кінцевого NAC-домену з п’ятьма субдоменами (A, B, C, D, E) у діапазонах амінокислотних позицій 34–55, 66–80, 88–124, 139–166 та 193–205. С-кінцева частина білка представлена варіабельною ділянкою, що виконує функцію активації транскрипції [22, 28].

Філогенетичний аналіз показав, що ген Gpc-B1 пшениці має ортологічні копії у геномах інших видів рослин — рису, арабідопсису, егілопсів, кукурудзи та ячменю [35, 42, 43].

У дослідженнях рекомбінантно-інбредних ліній (RIL) ячменю, отриманих від схрещування високобілкового сорту Lewis з низькобілковим сортом Karl, було виявлено QTL, функціонально подібний до пшеничного Gpc-B1, локалізований у хромосомі 6H [44, 45]. Подальше бекросування ліній із Gpc-локусом від сорту Lewis на сорт Karl дозволило створити майже ізогенні лінії, які відрізнялися лише наявністю або відсутністю цього локусу. Рослини, що містили Gpc-локус Lewis, демонстрували раніше настання старіння та вищий рівень білка в зерні, який відповідав показникам високобілкового сорту Lewis, на відміну від ліній без локусу та вихідного сорту Karl [46].

Додатково у геномі ячменю ідентифіковано два гени — HvNAM-1 та HvNAM-2, послідовності яких мають 98 % подібності до пшеничного Gpc-B1. Вони локалізовані у хромосомах 6H і 2H відповідно [35]. При цьому саме HvNAM-1 виявився ортологом Gpc-B1 пшениці, демонструючи схожі патерни експресії, аналогічний механізм контролю старіння та позитивний вплив на вміст білка в зерні [40, 47].

З огляду на те, що функціональний алель дикого типу Gpc-B1 вперше було виявлено лише у дикорослого емера (*Triticum dicoccoides*), виникло питання про його можливе поширення серед інших видів роду *Triticum* і сучасних сортів пшениці. За результатами подальших досліджень встановлено, що функціональний алель Gpc-B1 є досить поширеним серед диких форм пшениці, проте вкрай рідко трапляється у сучасних комерційних сортів [16].

На кафедрі генетики, селекції рослин та біотехнології створено селекційний матеріал пшениці твердої ярої, аналізу якого присвячена дана робота.

РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТУ КСАНТІЯ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ

Оригінатором сорту Ксантія є Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Рік реєстрації – 2019.

Рекомендується для вирощування у Лісостепу.

Різновидність – леукурум (*leucurum*).

Сорт середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 96 діб. Сорт характеризується значною пластичністю та високим потенціалом продуктивності.

Середньостійкий до вилягання, висота рослин в середньому 96 см.

Перевищує стандарт за стійкістю до твердої та летючої сажки.

В конкурсному сортовипробуванні сорт показав переваги перед стандартом за вмістом білка 15,02 % (+1,1 %), загальною макаронною оцінкою 8,1 бали (+ 1,3 бали), вмістом каротиноїдних пігментів 3,7 мг/кг (+ 0,65 мг/кг), має відмінні макаронні властивості.

Середня врожайність за роки випробування в конкусному сортовипробуванні - 4,69 т/га, найвища – 6,4 т/га.

Норма висіву 5 млн схожих зерен на гектар. Насіння перед посівом необхідно протруювати фунгіцидом та інсектицидом [48].

РОЗДІЛ 3.
УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Характеристика ґрунтів

Проведено дослідження за темою «Конкурсне випробування сортозразків пшениці твердої Уманського національного університету» гібридних популяцій F4 пшениці на дослідному полі цього навчального закладу.

Аналіз грунту, на якому проведено дослідження, подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад ґрунту

Назва елемента	Вміст у ґрунті, рівень
Азот нітратний	низький
Азот лужно гідролізований	наднизький
Фосфор рухомий (за Кірсановим)	надвисокий
Калій рухомий	високий
Органічна речовина	високий
Засоленість грунту	52,0 мг/100г.
Сірка рухома	наднизький
Магній обмінний	наднизький
Кальцій обмінний	середній

З даних таблиці випливає, що грунт придатний для вирощування рослин пшениці. Занизький вміст азоту перешкодить сформувати значний врожай зерна та отримати високий вміст білка у ньому. Хоча за умов без використання добрив можливо виявити генотиповий потенціал кожного сортозразка.

3.2 Кліматичні і погодні умови

Наші дослідження проведено в Уманському національному університеті садівництва, що розташовано в центральному Лісостепу України.

Центральний Лісостеп вже не так страждає від дефіциту вологи, як степова зона, але вона все одно є вирішальним фактором при отриманні врожаю у цій зоні. Тому аграріям варто звертати увагу на правильний підбір гібридів, аби отримати максимально можливий результат. Центральний Лісостеп займає території чотирьох областей: Вінницької, Черкаської, Полтавської та південну частину Київської області. Клімат Центрального Лісостепу помірно-континентальний, із порівняно м'якою, малосніжною зимою та теплим, помірно вологим літом. За даними відділу агрометеорології Українського Гідрометцентру, середня температура повітря за рік становить 7,6–9,3 °C. Зимовий період триває в середньому 80-105 днів – з кінця листопада до кінця лютого-початку березня, коли починається весна.

Середня кількість опадів за рік у Центральному Лісостепу становить від 575 до 615 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає у теплий період року. Перші осінні заморозки за середніми багаторічними даними спостерігаються у першій-другій декаді жовтня, останні весняні – у другій-третій декаді квітня. Загальна тривалість залягання снігу за зиму коливається від 55 до 95 днів. Середня висота снігу за зиму становить 2–11 см, тоді як максимальна висота в окремі роки досягає 54–78 см. В останні десятиріччя досить часто спостерігаються зими без сталого снігового покриву або взагалі безсніжні [49].

Елементи погоди вносять щороку корективи у процес вирощування сільськогосподарських культур. Розглянемо їх завдяки таблиці 2.

Кількість опадів протягом періоду 2023-2024 року загалом поступалась середньобагаторічній нормі майже на 100 мм. Проте їх розподіл був досить вдалим для рослин пшениці ярої. На час сівби, проростання насіння та

ювенільного етапу розвитку рослин спостерігалось перевищення кількості опадів на 53,5 і 15,2 мм. При цьому теплий березень і квітень сприяли швидкому росту і розвитку рослин, а прохолодний травень подовжив формування вегеьаьивної маси та знівелював нестачу опадів.

Таблиця 2.

Погодні умови у роки проведення досліджень згідно даних метеостанції Умань

Роки	Місяці												
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	сума/ середнє
	Кількість опадів, мм у роки проведення досліджень												
Середнє багаторічне	43	43	40	38	34	36	41	52	81	68	49	61	586
2023-2024	33,5	62,3	55	29,8	14,9	89,5	56,2	41,8	56,5	17,9	17,7	12,1	487,2
*	-9,5	19,3	15	-8,2	-19,1	53,5	15,2	-10,2	-24,5	-50,1	-31,3	-48,9	-98,8
2024-2025	99,4	45,1	61	12,4	7,8	12,5	26,9	101,8	11,2	112,3	23	51,8	565,2
**	56,4	2,1	21	-25,6	-26,2	-23,5	-14,1	49,8	-69,8	44,3	-26	-9,2	-20,8
	Температура повітря, 0С												
Середнє багаторічне	8,3	2	-1,8	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19	20,9	20,1	14,5	8,7
2023-2024	11,7	4,6	1,2	-1,6	4,2	4,5	13	15,3	21,2	24,3	23,1	19,7	11,8
*	3,4	1,8	3	1,8	6,5	2	3,3	-0,1	2,2	3,4	3,0	5,2	3
2024-2025	10,8	2,6	0,4	2,1	-3,9	6,7	10,3	13,1	19,3	22,4	19,7	16,2	10,0
**	2,5	0,6	2,2	5,5	-1,6	4,2	0,6	-2,3	0,3	1,5	-0,4	1,7	1,3
	Відносна вологість повітря, %												
Середнє багаторічне	73	80	87	88	86	85	82	68	64	66	67	68	76
2023-2024	77	83	88	84	88	76	67	57	69	60	56	56	72
*	4	3	1	-4	2	-9	-15	-11	5	-6	-11	-12	-4
2024-2025	80	80	90	86	74	67	61	74	63	65	63	65	72
**	7	0	3	-2	-12	-18	-21	6	-1	-1	-4	-3	-4

Примітка: * — відхилення від 2023-2024; ** — відхилення від 2024-2025

Дефіцит вологи у травні і червні (відповідно 10,2 та 24,5 мм) не був надто критичним, і рослини сформували достатню вегетативну масу. Під час цвітіння, формування насіння та початок наливу зерна спостерігались підвищені температурні показники, що негативно впливали на розвиток рослин. У липні посуха та рекордна за останні 100 років спека зумовили швидке висихання зерна та ускладнили процес збирання рослин.

2024-2025 рік, характеризувався різкою зміною посушливих і дощових періодів, у результаті чого кількість опадів за цей рік становила 565,2 мм, що поступалось нормі на 20,8мм. Проте цього року не спостерігались такі надмірні температурні показники, як минулого року. І хоча більшість місяців були теплішими, це не мало негативних наслідків для рослин пшениці. Занадто теплий березень дав змоги провести посів за достатньої кількості грунтової вологи, рослини нормально розвивались, використовуючи опади цього та наступного місяця. Холодний та дощовий травень продовжив накопичення асимілятів та період сходи – колосіння. Червень був майже без дощів, а вже у липні випала півторамісячна кількість опадів, що теж сприяло наливу зерна та повільній віддачі вологи.

3.3. Схема досліду

Аналізували дев’ять сортозразків пшениці твердої ярої та порівнювали їх з сортом Ксантія. Графічна схема досліду виглядає наступним чином:

Ксантія	210/25	211/25	212/25	213/25	214/25	215/25	216/25	217/25	218/25
Ксантія	210/25	211/25	212/25	213/25	214/25	215/25	216/25	217/25	218/25
Ксантія	210/25	211/25	212/25	213/25	214/25	215/25	216/25	217/25	218/25
Ксантія	210/25	211/25	212/25	213/25	214/25	215/25	216/25	217/25	218/25

Повторність чотириразова, норма висіву – 4 млн/га.

3.4. Агротехнологія вирощування сортозразків пшениці ярої

Сіяли пшеницю 1 квітня та 14 березня відповідно у 2024 і 2025 роках. Використовували загальновживану, окрім використання ручної праці, технологію вирощування пшениці ярої. Попередником у нашому досліді була кукурудза.

Технологія підготовки грунту включала такі операції: восени збирання попередника (жовтень), після чого - лущення решток на 10-12 см та оранка на глибину 21-22 см. Навесні, після настання фізичної стиглості грунту проводили поверхневий його обробіток. Культури ранні ярі,у тому числі і пшеницю, намагаються сіяти якомога раніше. Тому відразу після першої культивації проводили сівбу.

Прополювання пшениці проводилось вручну. Збирали окремо сортозразки кожну повторність із залученням ручної праці.

3.5. Методика, а також програма досліджень

У програму наших досліджень входило проведення біометричних імірів. Зокрема, ми за допомогою 20-см-ої лінійки визначали довжину колоса, 1-м-ої - висоту рослини, обраховували кількість продуктивних стебел з кожного варіанту та кількість колосків в колосі. Ці всі показники ми визначали у двох несуміжних повторностях. Молотили снопи, зібрані з кожного варіанта, окремо по повторностям, визначали урожайність кожного варіанту та масу 1000 зерен. Після цього визначали середні показники та проводили статистичний аналіз результатів.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ

4.1. Висота рослин

Аналізовані сортозразки досить відрізнялися як між собою, так і за роками (табл. 3). Деякі сортозразки майже не змінювали свою висоту залежно від року. До таких належать стандарт – сорт пшениці твердої ярої Ксантія і сортозразок 211/25 (різниця 1 см). Менше 5 см різниця спостерігалась у біотипів 213/25; 215/25 і 216/25. Висота рослин змінювалась на 6-19 см у селекційних номерів 210/25; 212/25; 214/25 та 218/25. Проте у біотипу 217/25 рослини були на 18 см вищими у 2024 році, ніж у наступному.

Таблиця 3

Висота рослин, см

Сортозразок	2024 р.	Відхилення від стандарту	2025 р.	Відхилення від стандарту	Середнє	Відхилення від стандарту
Ксантія	102	-	103	-	103	-
210/25	111	9	93	-10	102	-1
211/25	107	5	108	5	108	5
212/25	111	9	93	-10	102	-1
213/25	108	6	111	8	110	7
214/25	98	-4	108	5	103	1
215/25	120	18	115	12	118	15
216/25	111	9	114	11	113	10
217/25	108	6	86	-17	97	-6
218/25	113	11	105	2	109	7

Висота аналізованих селекційних номерів у 2024 році становила 98 – 120 см. При цьому лише біотип 214/25 поступався стандарту на 4 см. На 5-6 см були вищими від рослин сорту Ксантія рослини селекційних номерів 211/25; 213/25 і 217/25. Сортозразки 210/25; 212/25; 216/25 та 218/25 були вищими від стандарту на 9-11см. Біотип 215/25 був найвищим у досліді, перевищуючи стандарт на 18см.

Показники 2025 року складали 86–115 см. При цьому найбільш низьким був біотип 217/25, поступаючись сорту Ксантія на 17 см. Нижчими на 10 см від стандарту були сортозразки 210/25 і 212/25. На 2-8 см перевищували стандарт селекційні зразки 211/25; 213/25; 214/25 і 218/25. Лише два біотипи (215/25 і 216/25) були вищими від стандарту на 11-12 см.

Середні дані свідчать що переважна більшість аналізованих сортозразків відхилялась від стандарту у межах 7 см. Селекційні номери 215/25 і 216/25 – перевищували його відповідно на 15 та 10 см.

За класифікації, рослини пшениці з висотою 85–105 см є низькорослими, 105-120 – середньо рослими, понад 120 – високорослими. Тобто, стандарт, сорт пшениці твердої ярої Ксантія і сортозразки 210/25; 212/25; 214/25 і 217/2 2 є низькорослими, а 211/25; 213/25; 215/25; 216/25 і 218/25 – середньорослими.

4.2. Характеристики колоса

Ми проводили виміри колоса: його довжину, кількість колосків, щільність, а також продуктивність.

Довжина колоса не має тісної кореляції з продуктивністю, проте є характеристикою певного генотипу. Ми визначали даний показник перед збиранням рослин від основи колоса до останнього верхнього колоска, без остей.

За нашими вимірами (табл. 4) у сорту пшениці твердої ярої Ксантія довжина колоса складала в середньому за 2024-2025 рр. 6,5 см.

Таблиця 4

Довжина колоса, см

Сортозразок	2024 р.	Відхилення від стандарту	2025 р.	Відхилення від стандарту	Середнє	Відхилення від стандарту
Ксантія	6,4	-	6,5	-	6,5	-
210/25	6,4	0,0	7,3	0,8	6,9	0,4
211/25	5,8	-0,6	7,4	0,9	6,6	0,1
212/25	6,2	-0,2	6,6	0,1	6,4	0,0
213/25	5,7	-0,7	6,4	-0,1	6,1	-0,4
214/25	6,5	0,1	7,5	1,0	7,0	0,6
215/25	7,7	1,3	7,4	0,9	7,6	1,1
216/25	7,8	1,4	6,7	0,2	7,3	0,8
217/25	5,5	-0,9	5,7	-0,8	5,6	-0,9
218/25	5,3	-1,1	6,1	-0,4	5,7	-0,8

У сортозразків пшениці твердої, що аналізуються у досліді, цей показник становив 5,6 – 7,3 см. У межах 0,3 см відрізнялись від стандарту за довжиною колоса сортозразки 211/25 і 212/25. Селекційні номери 210/25; 214/25 та 216/25 перевищували сорт пшениці твердої ярої Ксантія відповідно на 0,4; 0,6 і 0,8 см. Найдовшим колосом серед аналізованих матеріалів вирізнявся сортозразок 215/25 – 7,6 см, що перевищувало стандарт на 1,1 см. Селекційні зразки 213/25; 217/25 та 218/25 мали колос довжиною відповідно 6,1; 5,6 та 5,7 см, що було менше, ніж у сорту Ксантія на 0,4; 0,9 та 0,8 см.

Довжина колоса даних селекційних номерів у 2024 року становила 5,3 – 7,8 см. За показника сорту пшениці твердої ярої Ксантія - 6,4 см, відрізнялись від нього у межах 0,2 см сортозразки 210/25; 212/25 і 214/25. Коротшими відповідно на 0,6; 0,7; 0,9 і 1,1 см були колоси сортозразків

211/25; 213/25; 217/25 і 218/25, а довшими на 1,3та 1,4 см – біотипів 215/25 та 216/25.

У 2025 році довжина колоса стандарту складала 6,5 см. На 0,8-1,0 см вона була більшою у селекційних зразків 210/25; 211/25; 214/25 і 215/25. Найкоротшим був колос у зразка 217/25 – 5,7 см, що поступалось стандарту на 0,8см. У решти сортозразків різниця даного показника з таким у сорту Ксантія становив ± 0,4 см.

Найдовший колос був у сортозразка 215/25 – 7,6 см, що перевищувало стандарт на 1,1 см, а найкоротший – у селекційного зразка 217/25 – 5,6 см, поступаючись стандарту, сорт пшениці твердої ярої Ксантія на 0,9 см.

На продуктивність колоса та посіву в цілому більше впливає кількість колосків у колосі (табл. 5).

У 2024 році кількість колосків у колосі сорту пшениці твердої ярої Ксантія становила 18,3 шт. у сортозразків пшениці твердої ярої вона складала 16,8 – 20,9 шт. Менше, ніж у сорту Ксантія на 0,7; 1,5; 1,3 та 0,9 колосків в одному колосі було у сортозразків 213/25; 214/25; 217/25 та 218/25. Селекційні номери 210/25; 212/25; 215/25 і 216/25 перевищували стандарт за кількістю колосків у колосі відповідно на 1,3; 0,5; 2,6 та 0,9 шт.

У більшості сортозразків аналізований показник був вищим у 2025 році порівняно з попереднім. Це можна пояснити пониженими температурами на початку вегетації, до подовжило період закладання колосових горбочків. У стандарту, сорту Ксантія кількість колосків у колосі в 2025 році становила 20,2 колоски в одному колосі. У межах ± 1,0 шт. відрізнялись від стандарту біотипи 210/25 (-0,6); 212/25 (0,2); 213/25 (-0,8); 214/25 (0,8). Меншим на 1,4; 4,6 та 2,8 було колосків у колосі селекційних номерів 211/25; 215/25; 217/25 і 218/25. Сортозразок 216/25 у 2025 році мав найвищу кількість колосків у колосі – 21,6, перевищуючи стандарт на 1,4 колоски.

Таблиця 5

Кількість колосків колоса, шт.

Сортозразок	2024 р.	Відхилення від стандарту	2025 р.	Відхилення від стандарту	Середнє	Відхилення від стандарту
Ксантія	18,3	-	20,2	-	19,3	-
210/25	19,6	1,3	19,6	-0,6	19,6	0,4
211/25	18,4	0,1	18,8	-1,4	18,6	-0,6
212/25	18,8	0,5	20,4	0,2	19,6	0,4
213/25	17,6	-0,7	19,4	-0,8	18,5	-0,8
214/25	16,8	-1,5	21,0	0,8	18,9	-0,4
215/25	20,9	2,6	18,8	-1,4	19,9	0,6
216/25	19,2	0,9	21,6	1,4	20,4	1,2
217/25	17,0	-1,3	15,6	-4,6	16,3	-3,0
218/25	17,4	-0,9	17,4	-2,8	17,4	-1,9

Узагальнюючи отримані результати , відмітимо, що найбільшою у середньому за два роки була кількість колосків у колосі сортозразка 216/25 (20,4 шт.), що перевищувало стандарт на 1,2 колоски в одному колосі. Найменший показник було відмічено у селекційного номера 217/25 – 16,3 колоски, що поступалось стандарту на 3,0 колоска.

Щільність колоса вираховується на 10 см колосового стрижня та вказує на тип колоса. За даними таблиці 6, у сорту пшениці твердої ярої Ксантія щільність становила у 2024 році 28,6 колосків/ 10 см стрижня. У аналізованих селекційних номерів вона коливалась від 24,6 (сортозразок 216/25) до 31,7 (біотип 211/25). Перевищували стандарт у цьому році за щільністю колоса сортозразки 210/25 (на 2,0 шт./10см); 211/25 (на 3,1 шт./10см); 212/25 (на 1,7 шт./10см); 213/25 (на 2,3 шт./10см); 217/25 (на 2,3 шт./10см) та 218/25 (на 4,2 шт./10см).

Таблиця 6

Щільність колоса, шт./10см

Сортозразок	2024 р.	Відхилення від стандарту	2025 р.	Відхилення від стандарту	Середнє	Відхилення від стандарту
Ксантія	28,6	-	31,1	-	29,8	-
210/25	30,6	2,0	26,8	-4,2	28,7	-1,1
211/25	31,7	3,1	25,4	-5,7	28,6	-1,3
212/25	30,3	1,7	30,9	-0,2	30,6	0,8
213/25	30,9	2,3	30,3	-0,8	30,6	0,8
214/25	25,8	-2,7	28,0	-3,1	26,9	-2,9
215/25	27,1	-1,5	25,4	-5,7	26,3	-3,6
216/25	24,6	-4,0	32,2	1,2	28,4	-1,4
217/25	30,9	2,3	27,4	-3,7	29,1	-0,7
218/25	32,8	4,2	28,5	-2,6	30,7	0,8

Меншою була щільність колоса селекційних номерів 214/25; 215/25 і 216/25 відповідно на 2,7; 1,5 та 4,0 колоска/ 10 см колосового стрижня.

У 2025 році щільність колоса стандарту складала 31,1 шт./10см. Перевищував стандарт, сорт пшениці твердої ярої Ксантія, лише сортозразок 216/25 на 1,2 шт./10см. У всіх інших біотипів він поступався стандарту на 0,2 (212/25) – 5,7 (211/25) колосків/ 10 см стрижня.

Згідно визначника пшениці, колос пшениці твердої є нещільний, якщо у ньому менше 24 колосків, середньої щільності – 25-29 та щільний, якщо у ньому понад 29 колосків.

Середні дані свідчать, що сортозразки 210/25; 211/25; 214/25; 215/25 і 216/25 мають колос середньої щільності, а сорт Ксантія та біотипи 212/25; 213/25; 217/25 і 218/25 – щільний колос.

Велика кількість колосків з колоса ще не може свідчити про високу продуктивність рослин. Адже не всі колоски продуктивні, за різних погодних

умов може формуватися різна кількість зерен, деякі квітки при цьому не розвиваються. Тому більш важливим показником є кількість зерен з одного колоса.

Кількість зерен з колоса сорту пшениці твердої ярої Ксантія у середньому за два роки становила 40,3 шт. (табл. 7).

Таблиця 7

Кількість зерен з колоса, шт.

Сортозразок	2024 р.	Відхилення від стандарту	2025 р.	Відхилення від стандарту	Середнє	Відхилення від стандарту
Ксантія	45,8	-	34,8	-	40,3	-
210/25	49,0	3,3	38,1	3,3	43,6	3,3
211/25	46,0	0,3	41,2	6,4	43,6	3,3
212/25	47,0	1,3	36,6	1,8	41,8	1,5
213/25	44,0	-1,8	41,6	6,8	42,8	2,5
214/25	42,0	-3,8	38,3	3,5	40,2	-0,1
215/25	52,3	6,5	42,9	8,1	47,6	7,3
216/25	48,0	2,3	36,3	1,5	42,2	1,9
217/25	42,5	-3,3	35,9	1,1	39,2	-1,1
218/25	43,5	-2,3	45,1	10,3	44,3	4,0

У аналізованих сортозразків вона була від 39,2 до 47,6 зерен. Найбільшими були дані селекційного номерів 215/25 (47,6 шт.); 218/25 (44,3 шт.); 210/25 т а 211/25 (43,6 шт.). Найменшою кількість зерен з колоса була у селекційного номера 217/25 (39,2 шт.), проте це лише на 1,1 зернину поступалось стандарту.

Кількість зерен з одного колоса у 2024 році перевищувала таку у 2025 році у всіх сортозразків. При чому дана різниця становила від 1,6 (у біотипу 218/25) до 10, 4 шт. (селекційний зразок 212/25). У стандарту, сорту Ксантія в одному колосі було 45,8 зерен, майже така сама кількість їх була у біотипу

211/25. Проте селекційні номери 210/25, 212/25, 215/25 та 216/25 перевищували стандарт відповідно на 3,3; 1,3; 6,5 та 2, 3 зерна. Біотипи 213/25, 214/25, 217/25 і 218/25 мали в одному колосі відповідно на 1,8; 3,8; 3, 3 та 2,3 зерна менше, ніж сорту Ксантія.

У 2025 році в одному колосі сорту пшениці твердої ярої Ксантія було 34,8 зерен. Усі сортозразки перевищували стандарт. На 1,1 – 1,8 зерен більше було у біотипів 212/25, 216/25 і 217/25, на 3,3 -3,5 – у селекційних номерів 210/25 і 214/25; на 6,4 -6,8 – у сортозразків 211/25 і 213/25. Найбільша кількість зерен з колоса була у біотипів 215/25 (42,9 шт.) та 218/25 (45,1 шт.), що перевищувало стандарт відповідно на 8,1 та 10,3 зерна.

У середньому за два роки найбільша кількість зерен з одного колоса була відмічена у селекційного номера 215/25 – 47,6 зерен, що було більше, ніж у сорту Ксантія на 7,3 шт. Найменшою вона була у сортозразка 217/25 (39,2 шт.).

4.3. Кількість продуктивних стебел

Величина урожайності залежить від продуктивності одного колоса та їх кількості на одиниці площі. Ми визначали кількість продуктивних стебел з 1 га (табл. 8).

У більшості селекційних зразків даний показник був вищим у 2025 році. Лише сортозразки 210/25, 213/25 і 218/25 мали більше продуктивних стебел у 2024 році.

У стандарту, сорту пшениці твердої ярої Ксантія, на 1 га було 4,83 млн продуктивних колосків. Сортозразки 211/25, 212/25, 213/25, 214/25, 215/25, 216/25 і 218/25 поступались стандарту відповідно на 1,51; 1,66; 1,03; 1,57; 0,86; 1,23 і 1,17 млн. шт./га. Біотип 217/25 майже не відрізнявся від сорту Ксантія, а селекційний зразок 210/25 – перевищував його на 0,57 млн. шт./га. У 2025 році рослини стандарту сформували на 1 га 5,5 млн продуктивних

стебел. Близькими до стандарту були селекційні номери 211/25 (5,48 млн. шт./га), 216/25 (5,53) і 217/25 (5,68).

Таблиця 8

Кількість продуктивних стебел, млн. шт./га

Сортозразок	2024 р.	Відхилення від стандарту	2025 р.	Відхилення від стандарту	Середнє	Відхилення від стандарту
Ксантія	4,83	-	5,50	-	5,16	-
210/25	5,40	0,57	5,25	-0,25	5,33	0,16
211/25	3,31	-1,51	5,48	-0,03	4,39	-0,77
212/25	3,17	-1,66	4,60	-0,90	3,89	-1,28
213/25	3,80	-1,03	3,48	-2,03	3,64	-1,53
214/25	3,26	-1,57	6,15	0,65	4,70	-0,46
215/25	3,97	-0,86	4,70	-0,80	4,34	-0,83
216/25	3,60	-1,23	5,53	0,02	4,56	-0,60
217/25	4,86	0,03	5,68	0,18	5,27	0,10
218/25	3,66	-1,17	3,00	-2,50	3,33	-1,84

Кількість продуктивних стебел біотипів 210/25 (5,25 млн. шт./га), 212/25 (4,60 млн. шт./га), 213/25 (3,48 млн. шт./га), 215/25 (4,70 млн. шт./га) і 218/25 (3,00 млн. шт./га) поступалась стандарту відповідно на 0,25; 0,90; 2,03; 0,80; 2,50 млн. шт./га. Проте у сортозразки 214/25 вона була вищою на 0,65 млн. шт./га.

У середньому за роки досліджень, кількість продуктивних стебел сорту пшениці твердої ярої Ксантія становила 5,16 млн. шт./га. У сортозразків 210/25 і 217/25 вона була близькою, перевищуючи стандарт лише на 0,16 і 0,10 млн. шт./га. У всіх інших біотипів цей показник складав 3,33 – 4,56 млн. шт./га, що поступалось сорту Ксантія на 0,60-1,84 млн. шт./га.

4.4. Урожайність

Урожайність селекційного матеріалу подано у таблиці 9.

Таблиця 9.

Урожайність, т/га

Сортозразок	2024 р.	Відхилення від стандарту	2025 р.	Відхилення від стандарту	Середнє	Відхилення від стандарту
Ксантія	5,73	-	5,92	-	5,82	-
210/25	6,84	1,12	6,03	0,11	6,43	0,61
211/25	4,31	-1,41	6,90	0,98	5,60	-0,22
212/25	4,05	-1,67	4,42	-1,49	4,24	-1,58
213/25	5,06	-0,66	4,48	-1,44	4,77	-1,05
214/25	3,96	-1,77	5,41	-0,51	4,68	-1,14
215/25	4,97	-0,76	5,44	-0,47	5,20	-0,62
216/25	4,00	-1,72	4,92	-1,00	4,46	-1,36
217/25	5,48	-0,24	5,94	0,03	5,71	-0,11
218/25	4,13	-1,59	3,98	-1,94	4,06	-1,77
НІР 0,95	0,17		0,19			

Сорт Ксантія та біотипи 211/25, 212/25, 214/25, 215/25, 216/25 і 217/25 мали вищу урожайність у 2025 році, а сортозразки 210/25, 213/25 і 218/25 – 2024. Найвищою урожайність у 2024 році була у селекційного номера 210/25 - т/га, що істотно перевищувало стандарт. Зразок 217/25 несуттєво відрізнявся від сорту Ксантія. Усі інші біотипи на достовірному рівні поступались стандарту. Найменша врожайність відмічена у сортозразка 214/25 - 3,96 т/га, що було менше, ніж у сорту Ксантія на 1,77т/га.

У 2025 році за показника стандарту 5,92 т/га, неістотно відрізнялись від нього біотипи 210/25 та 217/25. Сортозразок суттєво перевищував

стандарт з урожайністю 6,90 т/га. Біотипи 212/25, 213/25, 214/25, 215/25, 216/25 і 218/25 на достовірному рівні поступались стандарту з різницею 0,47 - 1,94 т/га.

У 2024 році сортозразок 210/25 істотно перевищував стандарт за врожайністю, а у 2025 – несуттєво від нього відрізнявся. Селекційний номер 217/25 протягом двох років знаходився на рівні стандарту. Всі інші біотипи впродовж двох років суттєво відрізнялись від стандарту.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТОЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ

Впровадження будь-якої агротехнології або нового сорту у сільськогосподарське виробництво вимагає його економічної ефективності. У нашій роботі ми розраховували економічну ефективність вирощування аналізованих сортозразків пшениці твердої ярої. Проте ці розрахунки були дещо спрощеними, а саме: враховувалася вартість зерна, а не посівного матеріалу і не брався до уваги вміст білка у зерні, тобто якість продукції.

Згідно наших обрахунків (таблиця 10), урожайність ми брали середню за два роки. Матеріально-грошові витрати у різних сортозразків відрізнялися у межах 60-70 грн/га і вони залежали лише від вартості перевезення готової зернової продукції, тобто зернового вороху.

Таблиця 10.

Економічна ефективність вирощування пшениці твердої ярої

Сортозразок	Урожайність, т/га	Матеріально-грошові витрати, грн./га	Собівартість, грн./т	Ціна, грн./т	Вартість валової продукції, грн./га	Умовно-чистий прибуток, грн./га	Рівень рентабельності, %
Ксантія	5,82	26656	4580	11000	64020	37364	140
210/25	6,43	25672	3993	11000	70730	45058	176
211/25	5,6	26650	4759	11000	61600	34950	131
212/25	4,24	26614	6277	11000	46640	20026	75
213/25	4,77	26628	5582	11000	52470	25842	97
214/25	4,68	26625	5689	11000	51480	24855	93
215/25	5,2	26639	5123	11000	57200	30561	115
216/25	4,46	26620	5969	11000	49060	22440	84
217/25	5,71	26653	4668	11000	62810	36157	136
218/25	4,06	26609	6554	11000	44660	18051	68

Всі інші матеріально-грошові витрати, логічно, були однаковими, тому що і внесення засобів захисту рослин, і обробіток ґрунту, і такі технології, як посів, догляд та збирання, мали однакову вартість і лише різниця у врожаї зумовлювала різницю на транспортування даної продукції. Таким чином, найвищими матеріально-грошові витрати були у тих варіантах, де була вища врожайність, а саме, у сортозразка 210/25, сорту Ксантія та зразків 211/25 та 217/25.

Собівартість одиниці продукції вираховується у кількості гривень за тону зерна, і тут спостерігається обернена картина. Тобто, найменшою собівартість була саме у вище наведених номерів і найвищою вона була, навпаки, у тих біотипів, які відрізнялись найменшою врожайністю, зокрема, у номерів 218/25, 212/25, 213/25, 214/25 і 216/25.

Ціну ми брали без врахування якості —11,000 грн/т. Оскільки у нас робота не економічного спрямування, а саме селекційного, тому ми і не змінювали ціну для різних зразків.

Таким чином, вартість валової продукції вираховувалася шляхом добутку урожайності на ціну і найвищою вона була у номера 210/25, а найнижчою — у зразка 218/25.

Умовно чистий прибуток визначається як різниця вартості валової продукції та матеріально-грошових витрат, які були використані на виробництво даної продукції. Таким чином, понад 40 000 грн прибуток був лише у номера 210/25, а саме 45 058 грн/га. Умовно чистий прибуток на рівні вищому 30,000 грн/га відмічався у сорту Ксантія та селекційних зразків 211/25 та 217/25; на рівні від 20000 до 25000 грн — у селекційних зразків 212/25, 213/25, 214/25 та 216/25. Біотип 218/25 який відрізнявся найнижчою врожайністю в досліді — його рівень прибутку становив близько 18,000 грн. На цьому етапі необхідно відмітити, що навіть різниця урожайності порівняно з контролем більш низько врожайних зразків 212/25, 213/25, 214/25, 216/25 та 218/25, яка не перевищувала 2 т/га зумовлювала зменшення рівня умовно чистого прибутку вдвічі.

Рівень рентабельності найвищий був при вирощуванні сорту Ксантія і зразків 210/25, 211/25, 217/25. Виробництво зразка 215/25 мало рентабельність 115 %, а зразків 212/25, 213/25, 214/25, 216/25 і 218/25 — відповідно 68– 97%.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВК ОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИРОЩУВАННІ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ

5.1. Моделювання виробничих небезпек

Як на виробництві, так і на всіх етапах селекційного процесу, значної уваги потребує охорона праці. Шкоду для здоров'я та життєдіяльності людини може бути завдано на різноманітних сільськогосподарських роботах. Так, при наднормовій роботі з технікою, при її пошкодженні або недостатньому віці працівника, можуть виникнути механічні пошкодження, які часто бувають непоправимими. Приготування робочих розчинів мінеральних добрив, гербіцидів, інсектицидів та ретардантів потребує високої кваліфікації, уваги та використання індивідуальних засобів захисту. До останніх належать респіратор, водонепроникні рукавички та халат. До того ж таку роботу необхідно виконувати у безвітряну погоду.

Державна служба з охорони праці розробила низку нормативних документів, наказів, інструктажів, вимог до медичних оглядів тощо.

В Україні створено Службу охорони праці. Вона виконує такі функції:

- Опрацьовує ефективну цілісну систему управління охороною праці в системі Міннауки України, сприяє удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожної посадової особи.
- Здійснює оперативно-методичне керівництво роботою з охорони праці.
- Організує:

а) забезпечення працюючих правилами, стандартами, нормами, положеннями, інструкціями та іншими нормативними актами з охорони праці;

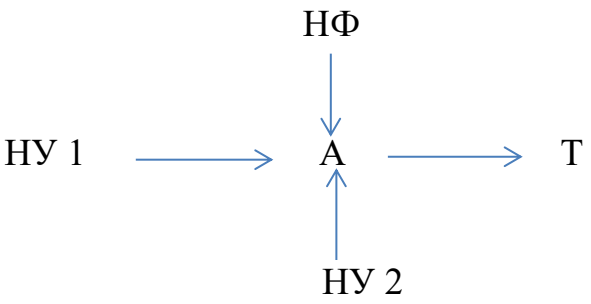
б) облік, аналіз нещасних випадків, професійних захворювань і аварій, а також шкоди від цих подій;

в) розробку перспективних та поточних планів роботи Міннауки України щодо створення безпечних та нешкідливих умов праці;

г) підвищення кваліфікації і перевірку знань посадових осіб з питань охорони праці [50].

Проте краще попередити небезпечну ситуацію, ніж ліквідовувати її наслідки [51, 52]. Тобто, необхідно суворо слідувати усім нормам та правилам, які висуваються до працівників. Для наглядного пояснення шкоди від недотримання правил охорони праці розглянемо модель виробничих небезпек, що можуть виникнути при проведенні свіби пшениці твердої ярої.

Небезпечною умовою (НУ) в даній ситуації може бути понаднормовий робочий день, небезпечним фактором (НФ) – втома працівника. Закінчення роботи відбувається у темну частину доби (НУ 2). При виїзді з поля, на якому проводилась сівба, унаслідок неуважності тракториста та поганої видимості може відбутися наїзд на інший транспорт, у результаті чого станеться аварія (А), яка призведе до травми (Т) як працівника, так і сторонньої людини. У такому випадку модель виробничої небезпеки матиме такий вигляд:



Для запобігання такої ситуації потрібно виконувати такі запобіжні заходи:

Робочий день тракториста повинен бути нормованим, не більше 8 годин з перервою на обід;

Трактор та сівалка повинен бути обладнаний габаритними вогнями;

За відчутті втоми тракторист повинен перепочити.

5.2. Охорона навколишнього природного середовища

Збереження навколишнього природного середовище – це завдання та обов'язок кожного українця. Адже наша природа – це те надбання, яке ми отримали від попередніх поколінь та повинні передати нащадкам. Проте розвиток промисловості, інноваційних технологій часто супроводжується погіршенням екологічної ситуації: забрудненням водойм, грутну, ерозією грунтів, знищенням флори та фауни.

Надмірне використання хімічних засобів захисту, мінеральних та органічних добрив не лише супроводжується підвищенням врожайності та зростанням рівня рентабельності, а й руйнуванням природних екосистем, знищенням популяцій рослин та тварин [53].

Проте наразі підвищується увага цілого світу до збереження природного навколишнього середовища.

Як рух і ідеологія охорона природи сформувалася в царській Росії та СРСР в перші десятиліття XX століття. Один з піонерів природоохоронного руху професор Г. О. Кожевніков ще в 1928 р. вказував на етичний момент як найважливішу складову охорони природи: «Охороняти первісну дику природу заради неї самої, вважаючи прикладні питання такими, що стоять на другому плані, — ось основна ідея охорони природи …»

Польський філософ Я. Колбичевський вважає, що охорона природи є добровільною діяльністтю на користь слабкого, хто без надання певної допомоги міг би загинути, бо не в змозі сам впоратися зі своїми проблемами. Відомий російський еколог Ф. Р. Штільмарк вважає, що: «Насправді охорона природи починається там, де вона міцно і реально не сприяє, а протистоїть природокористуванню». Відомий російський фахівець в галузі екологічного права О. С. Колбасов пише: «Раціональне використання природних багатств, як воно здійснюється в сучасних умовах, таїть у собі можливість протиріччя інтересам охорони природи» [54].

На думку українського еколога В. Є. Борейка, під охороною природи «слід розуміти альтруїстичні дії, спрямовані на захист природи від експлуатації, від людського використання, невикористання природи, збереження природи недоторканою навічно, залишення природи в спокої, захист, заступництво, порятунок природи заради неї самої, захист прав природи, збереження рослин, тварин, інших живих істот і місць їх проживання навічно заради них самих, незалежно від будь-якого натяку на сьогодення або майбутнє їх використання людиною». Близьким до поняття «охорона природи» є термін «заповідання», який слід трактувати як припинення на природній території будь-якої господарської діяльності, будь-якого утилітарного використання природних ресурсів [53, 54].

Наприкінці 1970-х проявлялася посилена увага людей до навколишнього середовища, було створено багато організацій з охорони навколишнього середовища, наприклад, «Всесвітній фонд природи», «Друзі Землі», «Ґрінпіс» (англ. Greenpeace), «Клуб Сьєрра» та інші. Глобальну стурбованість викликало руйнування озонового шару Землі, викликане хлорфторвуглецями, що привело до їхньої заборони, підвищені викиди двоокису вуглецю, що веде до парникового ефекту і знищення лісів. З метою збереження рідкісних видів тварин і рослин було створено Червоний список МСОП [53, 54].

Ключова роль у збереженні навколишнього середовища належить саме селекції, адже генотипові стійкість проти шкідників та хвороб попереджає використання інсектицидів чи фунгіцидів.

ВИСНОВКИ

1. Стандарт, сорт пшениці твердої ярої Ксантія і сортозразки 210/25; 212/25; 214/25 і 217/2 2 є низькорослими, а 211/25; 213/25; 215/25; 216/25 і 218/25 – середньорослтими.
2. Найдовший колос був у сортозразка 215/25 – 7,6 см, що перевищувало стандарт на 1,1 см, а найкоротший – у селекційного зразка 217/25 – 5,6 см, поступаючись стандарту, сорт пшениці твердої ярої Ксантія на 0,9 см.
3. Найбільшою у середньому за два роки була кількість колосків у колосі сортозразка 216/25 (20,4 шт.), що перевищувало стандарт на 1,2 колоски в одному колосі. Найменший показник було відмічено у селекційного номера 217/25 – 16,3 колоски, що поступалось стандарту на 3,0 колоска.
4. Середні дані свідчать, що сортозразки 210/25; 211/25; 214/25; 215/25 і 216/25 мають колос середньої щільності, а сорт Ксантія та біотипи 212/25; 213/25; 217/25 і 218/25 – щільний колос.
5. У середньому за два роки найбільша кількість зерен з одного колоса була відмічена у селекційного номера 215/25 – 47,6 зерен, що було більше, ніж у сорту Ксантія на 7,3 шт. Найменшою вона була у сортозразка 217/25 (39,2 шт.).
6. Кількість продуктивних стебел сорту пшениці твердої ярої Ксантія становила 5,16 млн. шт./га. У сортозразків 210/25 і 217/25 вона була близькою, перевищуючи стандарт лише на 0,16 і 0,10 млн. шт./га. У всіх інших біотипів цей показник складав 3,33 - 4,56 млн. шт./га, що поступалось сорту Ксантія на 0,60-1,84 млн. шт./га.
7. У 2024 році сортозразок 210/25 істотно перевищував стандарт за врожайністю, а у 2025 – несуттєво від нього відрізнявся. Селекційний номер 217/25 протягом двох років знаходився на рівні стандарту. Всі інші біотипи впродовж двох років суттєво відрізнялись від стандарту.

8. Вирощування сортозразків пшениці твердої ярої було рентабельним з рівнем умовно чистого прибутку від 18 до 45 тис. грн./га та рівнем рентабельності від 68 до 176%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Новак Ж. М., Новак А. В., Кулик В. П., Регент В. С. Динаміка температури повітря в умовах глобального потепління. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)*. Матеріали XIV Міжнародної наукової конференції (18–20 березня 2025 р.). Умань, 2025. С. 87-91.
2. Ageeva, E. V., Leonova, I. N., & Likhenko, I. E. (2020). *Lodging in wheat: genetic and environmental factors and ways of overcoming* [Полегання пшениці: генетичні та екологічні чинники й шляхи подолання]. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii, 24(4), 356–362. https://doi.org/10.18699/VJ20.628
3. Song, L., Liu, J., Cao, B., Liu, B., Zhang, X., Chen, Z., Dong, C., Liu, X., Zhang, Z., Wang, W., Chai, L., Liu, J., Zhu, J., Cui, S., He, F., Peng, H., Hu, Z., Su, Z., Guo, W., Xin, M., Yao, Y., Yan, Y., Song, Y., Bai, G., Sun, Q., & Ni, Z. (2023). *Reducing brassinosteroid signalling enhances grain yield in semi-dwarf wheat.* Nature, 617, 118–124. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06023-6
4. Li, W., Gao, X., Qi, G., Wurilige, Guo, L., Zhang, M., Fu, Y., Wang, Y., Wang, J., Wang, Y., Yang, F., Gao, Q., Fan, Y., Wen, L., Li, F., Bai, X., Zhao, Y., Gun-Aajav, B., & Xu, X. (2024). *Research on the effects of the relationship between agronomic traits and dwarfing genes on yield in colored wheat.* Genes, 15(6), 649. https://doi.org/10.3390/genes15060649
5. Селекція, насінництво та сортознавство пшениці / Шелепов В. В., Гаврилюк М. М., Чебаков М. П., Гончар О. М. [та ін.]. - Миронівка, 2007. - 405 с.
6. Chai, S., Li, Y., Zhang, X., Zhang, Q., Wang, P., Du, C., & colleagues. (2021). *The semi-dwarfing gene Rht-dp from dwarf polish wheat (Triticum polonicum L.) is the "Green Revolution" gene Rht-B1b*. BMC Genomics, 22, 63. https://doi.org/10.1186/s12864-021-07367-x

7. Khobra, R., Sheoran, S., Sareen, S., Meena, B. K., Kumar, A., & Singh, G. (2024). *Augmenting the basis of lodging tolerance in wheat (Triticum aestivum) under natural and simulated conditions.* Functional Plant Biology, 51, FP24107. https://doi.org/10.1071/FP24107
8. Wang, Y., Pan, Y., Zhao, F., Meng, X., Li, Q., Huang, Y., … Ye, Y. (2023). *Changes in the lodging resistance of winter wheat from 1950s to the 2020s in Henan Province of China.* BMC Plant Biology, 23, Article 442. https://doi.org/10.1186/s12870-023-04452-z
9. Уліч Л. І., О. Л. Уліч Вплив висоти рослин сортів пшениці озимої на стійкість до вилягання і продуктивність посівів. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. С. 55-63.
10. Кочмарський В.С., Хоменко С.О., Федоренко М.В., Данюк Т.А. Висота рослин та стійкість проти вилягання колекційних зразків пшениці твердої ярої. Миронівський вісник випуск №1. 2015. С. 73-82.
11. Кочмарський В. С., Хоменко С. О., Федоренко М. В., Данюк Т. А. Висота рослин та стійкість проти вилягання колекційних зразків пшениці твердої ярої : Миронівський вісник. 2015. Вип. 1. С. 65–72.
12. Хоменко С. О., Федоренко М. В. Вихідний матеріал за стійкістю проти вилягання пшениці твердої ярої для умов Лісостепу України : Збірник матеріалів / Наукові праці. 2014 Режим доступу: http://irbis-nbuv.gov.ua
13. Хоменко С. О., Кочмарський В. С., Федоренко І. В., Федоренко М. В., Данюк Т. А. Селекційно-генетичне поліпшення пшениці ярої м’якої та твердої в умовах Лісостепу України : монографія. Київ : Компринт, 2021. 122 с.
14. Хоменко С. О., Федоренко І. В., Федоренко М. В., Раченко О. С., Данюк Т. А. Оцінка стійкості сортів пшениці ярової до листових грибних хвороб в умовах Лісостепу України : анотація / С. О. Хоменко, І. В. Федоренко, М. В. Федоренко, О. С. Раченко, Т. А. Данюк. — Режим доступу: https://journal.udau.edu.ua/assets/files/88/agro/rus/25.pdf (дата звернення: 05.11.2025). Уманьуніверситет.

15. Демидов О. А., Хоменко С., Федоренко І., Федоренко М. Оцінка посухостійкості ліній пшениці ярої в умовах Лісостепу України. (2016) — Режим доступу: https://journals.uran.ua/pbsd/article/view/87584 (дата звернення: 05.11.2025).
16. Рибалка О.І., Моргун Б.В., Поліщук С.С. GPC-B1 (NAM-B1) ген як новий генетичний ресурс у селекції пшениці на підвищення вмісту білка в зерні та мікроелементів. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. Т. 50. № 4. С. 279-2
17. Alexandratos, N. & Bruinsma, J. (2012). World Agriculture: towards 2030/2050. The 2012 revision. ESA working paper No. 12-03 (Food Agric Org, Rome).
18. Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A., Fenelon, M. & Tiwari, B. (2017). Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. A review. Foods, pp. 1-21.
19. Johnson, V., Mattern, P., Peterson, C. & Kuhr, S. (1985). Improvement of wheat protein by traditional breeding and genetic techniques. Cereal Chemistry, 62(5), p. 350-355.
20. Simmonds, N. (1995). The relation between yield and protein in cereal grain. J. Sci. Food Agric., 67, pp. 309-315.
21. Levy, A. & Feldman, M. (1989). Location of genes for high grain protein percentage and other quantitative traits in wild wheat, T. turgidum var. dicoccoides. Euphytica, 41, pp. 113-122.
22. Snape, J., Hyne, V. & Aitken, K. (1995). Targeting genes in wheat using markermediated approaches. In: ZS Li, Xin ZY (eds) Proc. 8th Int. wheat genetics symposium, Beijing, 20–25 July 1993. China Agric Scientech Press, Beijing, China, pp. 749- 759.
23. Joppa, L., Du, C., Hart, G. & Hareland, G. (1997). Mapping genes for grain protein in tetraploid wheat (Triticum turgidum L.) using a population of recombinant inbred chromosome lines. Crop Sci., 37, pp. 1586-1589.

24. Terasawa, Y., Ito, M., Tabiki, T., Nagasawa, K., Hatta, K. & Nishio, Z. (2016). Mapping of major QTL associated with protein content on chromosome 2B in hard red winter wheat (Triticum aestivum L.). Breed. Sci., 66, pp. 471-480.
25. McIntosh, R.A., Dubcovsky, J., Rogers, W.J., Rogers, W.J., Morris, C., Appels, R. & Xia, X.C. (2013). Catalogue of Gene Symbols for Wheat. 12th Int. Wheat Genet. Symp. 8—13 Sept.,Yokohama, Japan.
26. Zhao, F. & McGrath, S. (2009). Biofortification and phytoremediation. Curr. Opin. Plant Biol., 12, pp. 373-380.
27. FAO, WHO, Rome declaration on nutrition. In: Second Int. Conference on Nutrition. Rome, Italy, 2014.
28. Hirschi, K.D. (2009). Nutrient biofortification of food crops. Annu. Rev. Nutr., 29, pp. 401-421.
29. Mitrofanova, O.P. & Khakimova, A.G. (2016). New genetic resources in wheat breeding for an increased grain protein content. Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii, 20, No. 4, pp. 545-554. doi: https://doi:10.18699/VJ16.177.
30. Avivi, L. (1978). High protein content in wild tetraploid Triticum dicoccoides Korn. Proc. 5th Int. Wheat Genet. Symp. Ed. S. Ramanujam. Indian Soc. of Genet. and Plant Breed., New Delhi, India, pp. 372-380.
31. Joppa, L. & Cantrell, R. (1990). Chromosomal location of genes for grain protein content of wild tetraploid wheat. Crop Sci., 30, pp. 1059-1064.
32. Distelfeld, A., Cakmak, I., Peleg, Z., Ozturk, L., Yazici, A.M., Budak, H., Saranga, Y. & Fahima, T. (2007). Multiple QTL-effects of wheat Gpc-B1 locus on grain protein and micronutrient concentrations. Physiol. Plantarum, 129, pp. 635-643.
33. Chee, P., Elias, E., Anderson, J. & Kianian, S. (2001). Evaluation of a high grain protein QTL from Triticum turgidum L. var. dicoccoides in an adapted durum wheat background. Crop Sci., 41, pp. 295-301.

34. Distelfeld, A., Uauy, C., Fahima, T. & Dubcovsky, J. (2006). Physical map of the wheat high-grain protein content gene Gpc-B1 and development of a high-throughput molecular marker. New Phytol., 169, pp. 753-763.
35. Uauy, C., Distelfeld, A., Fahima, T., Blechl, A. & Dubcovsky, J. (2006). A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc and iron content in wheat. Science, 314, pp. 1298-1301.
36. Guo, Y. & Gan, S. (2006). AtNAP, a NAC family transcription factor, has an important role in leaf senescence. Plant J., 46, pp. 601-612.
37. Hagenblad, J., Asplund, L., Balfourier, F., Ravel, C. & Leino, M. (2012). Strong presence of the high grain protein content allele of NAM-B1 in Fennoscandian wheat. Theor. and Appl. Genet., 125, pp. 1677-1686.
38. Waters, B., Uauy, C., Dubcovsky, J. & Grusak, M. (2009). Wheat (Triticum aestivum) NAM proteins regulate the translocation of iron, zinc, and nitrogen compounds from vegetative tissues to grain. J. Expt. Bot., 60, pp. 4263-4274.
39. Distelfeld, A., Avni, R. & Fischer, A. (2014). Senescence, nutrient remobilization, and yield in wheat and barley. J. Expt. Bot., 65, No. 14, pp. 3783-3798. doi: https://doi:10.1093/jxb/ert477
40. Kade, M., Barneix, J., Olmos, S. & Dubcovsky, J. (2005). Nitrogen uptake and remobilization in tetraploid Langdon durum wheat and a recombinant substitution line with the high grain protein gene Gpc-B1. Plant Breed., 124, pp. 343-349.
41. Distelfeld, A., Cakmak, I., Peleg, Z., Ozturk, L., Yazici, A.M., Budak, H., Saranga, Y. & Fahima, T. (2007). Multiple QTL-effects of wheat Gpc-B1 locus on grain protein and micronutrient concentrations. Physiol. Plantarum, 129, pp. 635-643.
42. Distelfeld, A., Korol, A., Dubcovsky, J., Uauy, C., Blake, T. & Fahima, T. (2008). Colinearity between the barley grain protein content (GPC) QTL on chromosome arm 6HS and the wheat Gpc-B1 region. Mol. Breed., 22, pp. 25-38.

43. Distelfeld, A., Pearce, S., Avni, R., Scherer, B., Uauy, C., Piston, F., Slade, A., Zhao, R. & Dubcovsky, J. (2012). Divergent functions of orthologous NAC transcription factors in wheat and rice. Plant Mol. Biol., 78, pp. 515-524.
44. Mickelson, S., See, D., Meyer, F., Garner, J., Foster, C., Blake, T. & Fischer, A. (2003). Mapping of QTL associated with nitrogen storage and remobilization in barley (Hordeum vulgare L.) leaves. J. Expt. Bot., 54, pp. 801-812.
45. See, D., Kanazin, V., Kephart, K. & Blake, T. (2002). Mapping genes controlling variation in barley grain protein concentration. Crop Sci., 42, pp. 680-685.
46. Jukanti, A. & Fischer, A. (2008). A high-grain protein content locus on barley (Hordeum vulgare) chromosome 6 is associated with increased flag leaf proteolysis and nitrogen remobilization. Physiol. Plantarum, 132, pp. 426-439.
47. Jamar, C., Loffet, F., Frettinger, P., Ramsay, L., Fauconnier, M.-L. & du Jardin, P. (2010). NAM-1 gene polymorphism and grain protein content in Hordeum. J. Plant Physiol., 167, pp. 497-501.
48. КСАНТІЯ. Доступно з: https://yuriev.com.ua/ua/katalog-produkcii/katalog/pshenicya-yara/ksantiya/
49. Визначник різновидностей пшениці. https://www.ckofr.com/selhoznauki/90-opredelitel-raznovidnosti-pshenicy
50. Наказ № 62 від 11.03.1997. Про охорону праці https://zakononline.com.ua/documents/show/117879___117879
51. Xie, X., Zhang, Y., Xu, L., Xiong, H., Xie, J., Zhang, Y., … & colleagues. (2024). *Mapping of dwarfing gene and identification of mutant allele on plant height in wheat.* Molecular Breeding, 44(11), 79. https://doi.org/10.1007/s11032-024-01515-3
52. Лехман С.Д., Рубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві [Текст] : навч. Посібник. К. : Урожай, 1993. – 272 с.

53. Гетьман В. І. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2020. 472 с.
54. Омельяненко В. А., Яцюк М. В. Основи екології та охорони навколишнього середовища: навчальний посібник. Харків: ХНТУСГ, 2018. 312 с.