

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ РОСЛИННИЦТВА ІМЕНІ В.Я. ЮР'ЄВА

Кваліфікаційна наукова
праця на правах
рукопису

ДОКУКІНА КСЕНІЯ ІВАНІВНА

УДК 633.14:631.527

ДИСЕРТАЦІЯ
ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИКІВ ГЕНОМНОЇ СТРУКТУРИ АВД ДЛЯ
СЕЛЕКЦІЇ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЯРОЇ

06.01.05 – селекція і насінництво

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук

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

_____ К.І. Докукіна

Науковий керівник: Богуславський Роман Львович, кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник

Харків – 2021

АНОТАЦІЯ

Доукіна К.І. Використання синтетиків геномної структури ABD для селекції пшениці м'якої ярої. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.05 – «Селекція і насінництво». – Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України, Харків, 2021.

Мета дослідження – встановити цінність синтетиків пшениці (тетраплоїдна пшениця / *Aegilops tauschii* Coss.) як вихідного матеріалу для селекції пшениці м'якої ярої в умовах східної частини лісостепу України. Завдання дослідження: установити характер успадкування морфологічних і біохімічних ознак у потомстві гібридів від схрещування синтетиків як материнського компонента з пшеницею м'якою (♂); визначити успадкування ознак у гібридів від схрещування пшениці м'якої як материнського компонента з синтетиками (♂); установити прояв і мінливість продуктивності та її елементів у константних ліній, виділених із гібридів синтетиків з пшеницею м'якою ярою; оцінити водоутримуючу здатність листків і колосу константних ліній; визначити цінність константних ліній за показниками якості зерна.

Матеріалом для досліджень були дев'ять амфідиплоїдів (*T. durum* / *Ae. tauschii*), одержані від Міжнародного центру з покращення кукурудзи та пшениці (CIMMYT, Мексика), та один (*T. persicum* / *Ae. tauschii*) з Університету Кіото (Японія), усі геномної структури ABD ($2n = 42$). Рекурентною батьківською формою був сорт пшениці м'якої ярої Харківська 26.

Методи. Дослідження проводили в 2002–2020 рр. в лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин та на дослідних полях наукової сівозміни Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, розташованих у північно-східній часті Лісостепу України (Харківська обл., Харківський район). Роки досліджень різнилися за основними

метеорологічними показниками, що сприяло встановленню рівня прояву, мінливості та успадкування ознак рослин.

Польова оцінка та опис амфідиплоїдів, їх гібридів з пшеницею, а також гібридних сімей проводилася згідно з Методичними вказівками Всеросійського науково-дослідного інституту рослинництва ім. М.І. Вавілова (ВІР) (А.Ф. Мережко и др., 1999). Гібридизацію проводили вручну загальноприйнятим способом з запиленням твел-методом (Ю.Б. Коновалов с сотр., 1990) та ручного нанесення пилку на приймочку. Аналіз седиментації борошна проводили за методикою О.І. Рибалки (2008). Електрофорез запасних білків зернівки та аналіз електрофоретичних спектрів проводили за методикою (Ф.А. Попереля., 1996). Вміст білка в зерні визначали на приладі ИнфраЛЮМ ФТ-10. Якість клейковини оцінювали за індексом деформації клейковини (ІДК) за допомогою приладу ВДК-1М. Важкість вимолоту оцінювали шляхом пропускання колосів через колосову молотарку моделі МКС-1МА. Водоутримуючу здатність листа та колосу оцінювали за зворотнім показником – коефіцієнтом вологовіддачі, який визначали згідно методики Н.Н. Кожушко (1988). Оцінку екологічної пластичності та стабільності ознак проводили за методикою S.A. Eberhart and W.A. Russel (1966). Математичну обробку здійснювали загальноприйнятими методами варіаційної статистики (Б.О. Доспехов., 1972) та гібридологічного аналізу (П.Ф.Рокицкий, 1978). Типи домінування за ступенем домінантності ознак в F_1 визначали за методикою G.M. Veil и R.E. Atkins (1965). Частоту та ступінь трансгресії визначали за методикою Г.С. Воскресенської та В.І. Шпота (1967).

Результати. У F_1 між амфідиплоїдами *T. durum* / *Ae. tauschii* (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) домінували більшість ознак амфідиплоїду (опушення колоскових лусок, відсутність воскового нальоту, а також спельтоїдний комплекс (важкий вимолот зернівок, наявність широкого плеча на колоскових лусках, нещільний колос); м'яка пшениця домінувала лише за відсутністю остюків. За рештою фенотипових ознак успадкування було за проміжним типом. Розщеплення в F_2 та BC_1 гібридів між амфідиплоїдами

T. durum / *Ae. tauschii* (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) відповідало незалежному успадкуванню пар ознак, кожна з котрих контролювалась моногенно: остистість – безостистість; опушення колоскових лусок – відсутність опушення; наявність – відсутність воскового нальоту на колосі, сіро-димчасте забарвлення колоскових лусок. Це сприяє їх використанню як морфологічних маркерів для сортів пшениці. В F₂ між амфідиплоїдами *T. durum* / *Ae. tauschii* (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) розмах прояву показників продуктивності колоса не виходив за межі батьківських компонентів. Загальний рівень прояву кількості колосків у колосі був вищим у класах безостих колосів порівняно з остистими.

Здійснено інтрогресію в генотип м'якої пшениці генів амфідиплоїду, які контролюють гліадинові блоки, пов'язані з високими та низькими показниками седиментації. У потомстві гібридів між амфідиплоїдами *T. durum* / *Ae. tauschii* (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) одержано сім'ї, у яких рівень седиментації борошна значно перевищує цей показник батьківських компонентів. Виявлено зв'язок високого показника седиментації з остистістю колосів.

У F₁ пшениці м'якої (♀) з синтетиками (♂) домінують ознаки пшениці (переважно у слабкому та середньому ступені) за висотою рослин, довжиною колоса та елементами продуктивності. Слабке домінування висоти рослин було у гібридів пшениці з синтетиками DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221) та D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (257), позитивне наддомінування – за довжиною колоса у гібридів з DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221) та 68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369). У F₁ пшениці м'якої (♀) з синтетиками (♂) D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217), D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (218), DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221), D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (257) домінував важкий вимолот зернівок. Розщеплення за цією ознакою у гібридів за участі синтетиків відповідає моногенній схемі з домінуванням важкого вимолоту. У гібридів за участі 68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369) домінував середній ступінь вимолоту, розщеплення відповідало схемі повного домінування.

У F₂ пшениці м'якої (♀) з синтетиками (♂) коефіцієнти успадкованості у широкому розумінні були високими у переважній більшості випадків – 25 з 30, середніми – у чотирьох, низкими – в одному. Коефіцієнти успадкованості у вузькому розумінні за всіма ознаками є значно меншими, ніж коефіцієнти успадкування у широкому розумінні, що дає підстави починати добір за цими ознаками у більш пізніх поколіннях. Незначна різниця обох коефіцієнтів має місце за масою зерна з колоса у гібридів за участі синтетиків D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) та DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221), у яких доцільно починати добір у ранніх поколіннях. У потомстві гібридів пшениці м'якої (♀) з синтетиками (♂) трансгресивні форми спостерігались у всіх п'яти комбінаціях за різними ознаками з частотою від 6 % до 8 % та ступенем трансгресії від 6 % до 17 %. У комбінації Харківська 26 / 68.112/WARD // *Ae. tauschii* (369) рослини з трансгресіями відмічено за п'ятьма ознаками: висотою рослини та параметрами головного колоса – довжиною, кількістю колосків і зерен, масою зерна. Наявність трансгресій свідчить про можливість підвищення рівня прояву цих ознак у пшениці м'якої.

Одержанням у потомстві гібридів між синтетиками (тетраплоїдна пшениця / *Ae. tauschii*) (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) після триразових беккросів і чотириразового самозапилення з доборами 50 константних інтрогресивних ліній показано ефективність використання синтетиків (тетраплоїдна пшениця / *Ae. tauschii*) для покращення пшениці м'якої ярої за генотиповим ефектом, пластичністю й стабільністю ознак урожайності та її основних складових – маси зерна з колоса та маси 1000 зерен. Найбільшими генотиповим ефектом і екологічною пластичністю за урожайністю характеризувались лінії ДК 4 та ДК 6. Їх можна рекомендувати для селекції сортів пшениці м'якої ярої з позитивною реакцією на умови вирощування. Високою стабільністю за підвищеної урожайності характеризуються лінії ДК 2, ДК 27 і ДК 30, які рекомендуються як вихідний матеріал для більш жорстких умов вирощування. За масою зерна з колоса та масою 1000 зерен високим генотиповим ефектом, високою екологічною

пластичністю та стабільністю рівня прояву ознаки відзначилась лінія ДК 39. Для урожайності, маси зерна з колоса та маси 1000 зерен середній коефіцієнт пластичності однаковий і дорівнює 1,0. Амплітуда варіювання елементарної ознаки – маси 1000 зерен значно менша, ніж більш складних ознак – урожайності та маси зерна з колоса. За показником стабільності прояву ознаки, навпаки, як середнє значення, так і амплітуда елементарної ознаки – маси 1000 зерен набагато більші, ніж двох складних ознак – урожайності та маси зерна з колоса. Доведено тісну кореляцію між урожайністю та масою зерна з колоса у посушливі 2015 р. та 2017 р. і середню – у більш сприятливому 2016 р.

Одержані константні лінії характеризуються різноманіттям за водоутримуючою здатністю листових пластинок – прапорцевого та підпрапорцевого листків і колоса. Лінії ДК 30, ДК 31, ДК 34, ДК 37, ДК 39 і ДК 48, похідні різних синтетиків, в усі роки досліджень показали найменшу вологовіддачу прапорцевого (коефіцієнт 0,58–1,22) та підпрапорцевого (0,88–1,74) листків порівняно з рекурентним сортом Харківська 26 (1,77–2,08 та 1,26–1,43 відповідно), що відповідає більшій водоутримуючій здатності. Коефіцієнт вологовіддачі прапорцевого листка тісно позитивно корелює з вологовіддачею підпрапорцевого листка ($r = 0,98–0,99$). У найбільш посушливому 2015 р. спостерігалась негативна кореляція між коефіцієнтами вологовіддачі колоса, з одного боку, та прапорцевого і підпрапорцевого листків, з другого. Величина вологовіддачі на одиницю сухої маси була найбільшою у листовій пластинці підпрапорцевого листа, меншою – у прапорцевого листка, найменшою – у колоса, що відповідає закону В.Р. Заленського про настання ксероморфності від нижніх до верхніх ярусів рослини. Лінії, виділені за низькою вологовіддачею листових пластинок, перевищували рекурентний сорт Харківська 26 за урожайністю та масою зерна з колоса. Разом з цим, зв'язок між вологовіддачею, з одного боку, та масою зерна з колоса і урожайністю, з другого боку, не завжди має місце.

Частина інтрогресивних ліній характеризується покращеними показниками якості зерна – вмісту білка, вмісту клейковини та її якості за ІДК,

їх реакцією на умови вирощування та стабільністю прояву ознак. Лінії ДК 21, ДКС 16, ДКС 18 виділились за вмістом білка і клейковини та ІДК; лінії ДК 23 та ДК 30 – за вмістом білка та ІДК лінії ДКС 17, ДКС 20 – за вмістом клейковини та ІДК.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше в умовах східної частини Лісостепу України вирішено важливе наукове завдання з установаження особливостей синтетиків (тетраплоїдна пшениця / *Ae. tauschii* Coss. як вихідного матеріалу для селекції пшениці м'якої ярої. Визначено селекційну цінність синтетиків геномної структури ABD (*T. durum* / *Ae. tauschii*) та (*T. persicum* / *Ae. tauschii*) ($2n = 42$) для селекції пшениці м'якої ярої за комплексом ознак продуктивності, посухостійкості та якості зерна. Здійснено інтрогресію генів, що контролюють господарські та біологічні ознаки, від синтетиків у пшеницю м'яку яру та одержано константні лінії – носії підвищеної врожайності – ДК 3, ДК 4, ДК 6, ДК 30, ДК 34, ДК 39, ДК 48; низької вологовіддачі листя – ДК 30, ДК 31, ДК 34, ДК 37, ДК 39, ДК 48; низької вологовіддачі колоса як чинників посухостійкості, вмісту білка, клейковини та ІДК – ДК 21, ДКС 16 і ДКС 18; вмісту білка та ІДК – ДК 23 та ДК 30, вмісту клейковини та ІДК – ДКС 17, ДКС 20; морфологічних ознак – забарвлення колоса та опушення як ознак ідентифікації сорта.

Уперше в Україні встановлено особливості формоутворюючого процесу при гібридизації синтетиків з пшеницею м'якою ярою лісостепоного еко типу та характер успадкування кількісних та якісних ознак. Установлено особливості характеру успадкування і трансгресивної мінливості ознак продуктивності у F_2 гібридів синтетиків з пшеницею м'якою ярою. Створено нові селекційні лінії пшениці м'якої ярої ДК 23, ДК 39, ДК 21 з комплексом цінних ознак.

Практичне значення одержаних результатів. На основі встановлених закономірностей у співавторстві створено константні лінії з цінними господарськими та біологічними ознаками, які включено в селекційний процес кафедри генетики, селекції та насінництва Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва, кафедри захисту рослин факультету

агротехнологій та природокористування Сумського Національного аграрного університету, Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла – ДК 33, ДК36, ДК 39 і ДК47а, ДК47б, ДК49, ДКС 2, ДКС 3, ДКС 6, ДКС 7, ДКС 9, ДКС 10. Лінії включено до колекції Національного генбанку рослин України. Зареєстровано у Національному центрі генетичних ресурсів рослин України як цінні зразки генофонду лінії ДК 23 (свідоцтво України № 1121), ДК 39 (свідоцтво № 753). Виділено носії ознак, які доцільно використати як морфологічні маркери інтрогресії генів синтетиків у геном пшениці м'якої та для ідентифікації сортів рослин при тестуванні їх на охороноздатність: опушення колоскових лусок; відсутність воскового нальоту на колосі, сіро-димчасте забарвлення колоскових лусок.

Ключові слова: *пшениця, синтетики, гібриди, ознаки, успадкування, якість зерна, екологічна пластичність, стабільність, водоутримуюча здатність листа та колосу.*

ANNOTATION

Dokukina K.I. Use of synthetics of genomic structure *ABD* for breeding bread spring wheat. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences in the specialty 06.01.05 – "Breeding and seed production". – Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS, Kharkiv, 2021.

Purpose of the study is to establish the value of wheat synthetics (tetraploid wheat / *Aegilops tauschii* Coss.) as a starting material for the breeding of bread spring wheat in the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine.

Objectives of the research are: to establish the nature of a morphological and biochemical traits inheritance in the offspring of hybrids from crossing synthetics as a maternal component with bread wheat (♂); to determine traits' inheritance in hybrids from crossing bread wheat as a maternal component with synthetics (♂); to establish the manifestation and variability of productivity and its elements in the constant lines isolated from hybrids of synthetics with bread spring wheat; evaluate the water

holding capacity of leaves and ears of the constant lines; to determine the value of constant lines on grain quality indicators.

As the research material, nine amphidiploids-synthetics (*T. durum* / *Ae. tauschii*) obtained from the International Centre for Maize and Wheat Improvement (CIMMYT, Mexico) and one *T. persicum* / *Ae. tauschii* synthetic from Kyoto University (Japan), all of genomic structure *ABD* ($2n = 42$) were used. The recurrent parental component was bread spring wheat variety Kharkivska 26.

Methods. The research was carried out in 2002 – 2020 in the Laboratory for Plant Genetic Resources Introduction And Storage and in the experimental fields of scientific crop rotation of the of Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS located in the northeastern part of the Forest-Steppe of Ukraine (Kharkiv region, Kharkiv district). The research years differed in the main meteorological indicators what helped to establish the level of manifestation, variability and inheritance of plant traits.

The field evaluation and description of synthetics, their hybrids with wheat as well as hybrid families was carried out in accordance with the Guidelines of the All-Russian Research Institute of Plant Industry named after N. I. Vavilov (VIR) (Merezhko AF and others, 1999). Hybridization was performed manually by conventional methods with pollination by the “twirl” method (U. B. Konovalov et al., 1990) and manual application of pollen to the stigma. Analysis of flour sedimentation was performed according to the method of O. I. Rybalka (2008). Electrophoresis of grain storage proteins and analysis of electrophoretic spectra were performed according to the method of F. A. Poperelya (1996). The protein content in the grain was determined on the device InfraLUM FT-10. The gluten quality was evaluated by the gluten deformation index (GDI) using the device VDK-1M. The difficulty of threshing was assessed by passing the ears through the ear thresher model MKS-1MA. The water holding capacity of the leaf and ear was evaluated by the inverse indicator – the coefficient of moisture loss which was determined according to the method of N. N. Kozhushko (1988). Evaluation of traits ecological plasticity and stability was performed according to the method of S. A. Eberhart and W. A. Russel (1966).

Mathematical processing was carried out by conventional methods of variation statistics (B. O. Dospekhov, 1972) and hybridological analysis (P. F. Rokitsky, 1978). Types of traits dominance by the dominance degree in F_1 were determined by the method of G. M. Beil and R. E. Atkins (1965). The frequency and degree of transgression was determined by the method of G. S. Voskresenskaia and V. I. Shpota (1967).

Results. In F_1 hybrids between the synthetics (tetraploid wheat / *Ae. tauschii*) (♀) and bread spring wheat Kharkivska 26 (♂), most of the amphidiploid's traits dominated (pubescence of glumes, absence of wax plaque as well as speltoid complex (difficult threshing of grains, presence of a broad shoulder on glumes, loose ear); for the rest of the phenotypic traits, the inheritance was of an intermediate type: the segregation in the F_2 and BC_1 between synthetics (♀) and bread spring wheat Kharkivska 26 (♂) corresponded to independent inheritance of the pairs of traits each of which was controlled monogenically: awness - awnlessness, pubescence of glumes - no pubescence, presence – absence of wax on the ear, gray-smoky color of spikelet scales. This contributes to their use as morphological markers for wheat varieties. In F_2 of hybrids between the synthetics (tetraploid wheat / *Ae. tauschii*) (♀) and bread spring wheat Kharkivska 26 (♂) range of ear productivity indicators did not go beyond the parent components. The overall manifestation level of the spikelets number of in the ear was higher in the classes of awnless ears compared to the awned ones.

Introgression into the bread wheat genotype of amphidiploid genes that control gliadin blocks associated with high and low sedimentation rates is performed. In the offspring of hybrids between synthetics (tetraploid wheat / *Ae. tauschii*) (♀) and bread spring wheat Kharkivska 26 (♂), a families were obtained in which the level of flour sedimentation significantly exceeds this indicator of parental components. The connection between high sedimentation rate and ear awness was revealed.

In the F_1 hybrids of bread wheat (♀) with synthetics (♂), the wheat traits are dominated (mostly weak and medium) in plant height, ear length, and productivity elements. Weak dominance of plant height was in wheat hybrids with the synthetics

DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221) and D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (257), positive overdominance - by ear length in hybrids with DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221) and 68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369). In F₁ hybrids of bread wheat (♀) with the synthetics (♂) D67.2/ P66.270 // *Ae. tauschii* (217), D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (218), DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221), D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (257), difficult grain threshing dominated. Segregation on this trait in the hybrids with the participation of synthetics corresponds to a monogenic scheme with dominance of difficult threshing. In the hybrids with the participation of 68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369), average degree of threshing dominated, segregation corresponded to the scheme of complete dominance.

In F₂ of bread wheat (♀) with synthetics (♂), the heritability coefficients in the broadest sense were high in the vast majority of cases – 25 out of 30, medium – in four, low – in one. Heritability coefficients in the narrow sense on all traits are much lower than the heritability coefficients in the broad sense, which gives grounds to start selection for these traits in later generations. A slight difference between the two coefficients occurs in the grain weight per ear in hybrids with the participation of synthetics D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) and DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221), in which it is advisable to start selection in the early generations. In the offspring of bread wheat hybrids (♀) with synthetics (♂), transgressive forms were observed in all five combinations on different traits with a frequency of 6 % to 8 % and a transgression degree of 6 % to 17 %. In the combination of Kharkivska 26 / (68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369)), the plants with transgressions were observed on five traits: plant height and parameters of the main ear - length, number of ears and grains, grain weight. The presence of transgressions indicates an increase in the level of these symptoms in soft wheat.

Obtaining of 50 constant introgressive lines in the offspring of hybrids between synthetics (tetraploid wheat / *Ae. tauschii*) (♀) and bread spring wheat Kharkivska 26 (♂) after three times backcross and four times self-pollination with selections shows the efficiency of using synthetics (tetraploid wheat / *Ae. tauschii*) to improve bread spring wheat in terms of genotypic effect, plasticity and stability of yield

characteristics and its main components – grain weight per ear and 1000 grain weight. The lines DK 4 and DK 6 had the greatest genotypic effect and ecological plasticity in terms of yield. They can be recommended for breeding of bread spring wheat varieties with a positive reaction to growing conditions. The lines DK 2, DK 27 and DK 30 are characterized by high stability at high yields, they may be recommended as a starting material for harsher growing conditions. According to the grain weight per ear and 1000 grains weight, the line DK 39 was distinguished by high genotypic effect, high ecological plasticity and stability of the trait manifestation level. For yield, grain weight per ear and 1000 grain weight, the average coefficient of plasticity is the same and equal to 1.0. The variation amplitude of the elementary trait – 1000 grain weight is much smaller than one of the more complex traits - yield and grain weight per ear. In terms of the stability of the trait manifestation, on the contrary, both the average value and the amplitude of the elementary trait – the 1000 grain weight is much larger than the two complex traits – yield and grain weight of the ear. The close correlation between the yield and the grain weight per ear is proved in the drought 2015 and 2017 and the average - in the more favorable 2016.

The obtained constant lines are characterized by a variety of water holding capacity of the leaf plates of the upper (flag) and second leaves and ears. The lines DK 30, DK 31, DK 34, DK 37, DK 39 and DK 48 which are derivatives of various synthetics, in all years of research showed the lowest moisture yield of the first (coefficient 0,58–1,22) and the second (0,88–1,74) leaves compared to the recurrent variety Kharkivska 26 (1,77–2,08 and 1,26–1,43, respectively), which corresponds to a higher water holding capacity. The moisture yield of the flag leaf is closely positively correlated with the moisture yield of the second leaf ($r = 0,98–0,99$). In the driest 2015, there was a negative correlation between the moisture yield coefficients of the ear, on the one hand, and the first and second leaves, on the other. The value of moisture yield per dry weight unit was the largest in the leaf blade of the second leaf, smaller – in the upper leaf, the smallest - in the ear, which corresponds to the law of V. R. Zalensky on the increase of xeromorphism from the lower to the upper tiers of the plant. The lines distinguished by low moisture yield of leaf blades exceeded the

recurrent variety Kharkivska 26 in terms of yield and grain weight per ear. However, the relationship between moisture yield, on the one hand, and a grain weight per ear and yield, on the other hand, is not always the case.

Some introgressive lines are characterized by improved grain quality indicators - protein content, gluten content and its quality by GDI, their response to growing conditions and the stability of traits manifestation. The lines DK 21, DKS 16, DKS 18 were distinguished by protein and gluten content and GDI; lines DK 23 and DK 30 – on protein content and GDI, the lines DKS 17, DKS 20 – on the gluten content and IDC.

Scientific novelty of the obtained results. For the first time in the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine, an important scientific problem was solved to establish the features of synthetics (tetraploid wheat – *Ae. tauschii* Coss.) as a source material for breeding of bread spring wheat. The breeding value of synthetics of genomic structure *ABD* (*T. durum* / *Ae. tauschii*) and *T. persicum* / *Ae. tauschii* ($2n = 42$) for breeding of bread spring wheat by a set of traits of productivity, drought resistance and grain quality. Introgression of genes controlling economic and biological traits is performed from synthetics into bread spring wheat and constant lines are created which are carriers of high yields – DK 3, DK 4, DK 6, DK 30, DK 34, DK 39, DK 48, low moisture yield of leaves – DK 30, DK 31, DK 34, DK 37, DK 39, DK 48; low moisture yield of the ear as factors of drought resistance, protein content, gluten and GDI – DK 21, DKS 16 and DKS 18, protein content and IDC - DK 23 and DK 30, gluten content and IDC – DKS 17, DKS 20, morphological features – coloration of the ear and pubescence as signs of identification of the variety.

For the first time in Ukraine, the peculiarities of the forming process in hybridization of synthetics with bread spring wheat of forest steppe ecotype and the nature of inheritance of quantitative and qualitative traits.

The peculiarities of the nature of inheritance and transgressive variability of productivity traits in F_2 hybrids of synthetics with bread spring wheat have been

established. New lines of bread spring wheat DK 23, DK 39, DK 21 with a set of valuable traits have been created.

The practical significance of the obtained results. On the basis of the established laws, in co-authorship, constant lines with valuable economic and biological traits are created which are included in breeding process of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production of the Kharkiv National Agricultural University named after V.V. Dokuchaev; Department of Plant Protection of the Faculty for Agrotechnology and Nature Management, Sumy National Agrarian University; Myronivsky Institute for Wheat named after V.M. Remeslo – DK 33, DK 36, DK 39 and DK47 a, DK 47 b, DK 49, DKS 2, DKS 3, DKS 6, DKS 7, DKS 9, DKS 10. The lines are included in the collection of the National Plant Gene Bank of Ukraine. Two lines are registered in the National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine as valuable gene pool accessions: DK 23 (certificate of Ukraine № 1121) and DK 39 (certificate № 753). Carriers of traits that may be used as morphological markers of introgression of synthetics' genes into the genome of bread wheat and to identify plant varieties when testing them for protection are identified: glumes pubescence, no wax on the ear, gray-smoky glume color.

Key words: *wheat, synthetics, hybrids, traits, inheritance, grain quality, ecological plasticity, stability, water-holding capacity of leaf and ear.*

Список публікацій здобувача

Статті у фахових наукових виданнях України

1. Докукіна К. І. Успадкування ознак колоса у гібридів між амфідиплоїдом *Triticum durum* Desf. – *Aegilops tauschii* Coss. та сортом ярої м'якої пшениці Харківська 26. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Харків, 2012. Вип. 3. С. 98–103.
2. Докукіна К. І., Діденко С. Ю., Усова З. В. Інтрогресивна гібридизація амфідиплоїдів *T. durum* – *Ae. tauschii* з м'якою пшеницею Харківська 26. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Харків, 2006. Вип. 3. С. 67–71. Серія Біологія (частка авторства 60 %: проведення експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів, узагальнення даних).
3. Докукіна К. І. Екологічна пластичність ліній пшениці похідних від синтетиків геномної структури ABD. Селекція і насінництво: міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва імені В. Я. Юр'єва. Харків, 2020. Вип. 117. С. 59–68.
4. Dokukina K. I., Bohuslavskiy R. L. Trait inheritance in bread spring wheat hybrids with synthetics with ABD genomic structure. Генетичні ресурси рослин : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва імені В. Я. Юр'єва. Харків, 2020. № 26. С. 11–19 (частка авторства 80 %: проведення експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів, узагальнення даних).
5. Докукіна К. І., Богуславський Р. Л. Посухостійкість ліній пшениці похідних від синтетиків геномної структури ABD. Генетичні ресурси рослин : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва імені В. Я. Юр'єва. Харків, 2020. № 27. С. 26–36 (частка авторства 80 %: проведення експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів, узагальнення даних).
6. Докукіна К. І., Білинська О. В., Шелякіна Т. А., Буряк Л. І., Ільченко Н. К. Якість зерна гібридних ліній пшениці м'якої ярої – потомків гібридів синтетиків з сортом Харківська 26. Наукові доповіді НУБіП України;

№ 3(91) (2021) DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.03.006> (частка авторства 60 %: проведення експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів, узагальнення даних)

Матеріали наукових конференцій

7. Докукіна К. І. Использование амфидиплоидов геномной структуры ABD для генетического улучшения мягкой пшеницы. Сучасні технології селекційного процесу сільськогосподарських культур : тези доп. міжнар. наук. симп., 7–9 липня. Харків, 2004. С. 38, 39.

8. Докукіна К. І., Діденко С. Ю., Усова З. В. Дикі співродичі як джерело нових генів у геномі м'якої пшениці. Генетичні ресурси для адаптивного рослинництва: мобілізація, інвентаризація, збереження, використання : тези доп. міжн. наук.-прак. конф., 29 червня – 1 липня. Оброшино, 2005. С. 212,213

9. Докукіна К. І., Діденко С. Ю., Усова З. В. Характеристика показників якості зерна амфідиплоїдів геномної структури ABD з м'якою пшеницею. Інноваційні напрямки діяльності молодих вчених в галузі рослинництва : зб. тез III-ої Міжнар. конф. молодих вчених, 20–22 червня. Харків, 2006. С. 93, 94.

10. Докукіна К. І. Формоутворення у гібридів синтетичної форми *T.durum*-*Ae.tauschii* ($2n=42$) з м'якою ярою пшеницею Харківська 26. Молодь та поступ біології : тези IV міжн. наук. конф. студентів і аспірантів, 7–10 квітня. Львів, 2008. С. 130, 131.

11. Dokukina K. Use of wheat synthetics to expand genepool of spring bread wheat REGIONAL CONFERENCE. Diversity, characterization and utilization of plant genetic resources for enhanced resilience to climate change, 3–4 october. Azerbaijan, 2011. С. 152–154

12. Докукіна К. І. Амфідиплоїди *Triticumdurum* – *Aegilops tauschii* як вихідні форми для селекції пшениці м'якої ярої : тези міжнар. науково-практичної конф. присвяченої 100-річчю Національної академії аграрних наук

України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН, 4–5 липня. Харків, 2018. С. 176, 177.

Наукові посібники

13. Рябчун В. К., Богуславский Р. Л., Твердохлеб Е. В., Голик О. В., Ниниева А. К., Докукина К. И. [и др.]. Коллекция малораспространенных видов, дикорастущих сородичей и амфидиплоидов пшеницы национального генбанка растений Украины : каталог / НААН, Институт растениеводства имени В.Я. Юрьева. Харьков, 2011. 10 с.

14. Богуславський Р. Л., Рябчун В. К., Голік О. В., Діденко С. Ю., Кір'ян В. М., Вискуб Р. С., Задорожна О. А., Докукіна К. І., Бондаренко В. М., Кузьмишина Н. В., Сергєєва І. Л., Скороходов М. Ю., Шиянова Т. П., Криштопа Н. І., Вечерська Л. А. Генетичне різноманіття малопоширених видів, диких родичів та амфідиплоїдів пшениці у Національному генбанку рослин України. Харків, 2018. 45 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....		20
ВСТУП.....		21
Список використаних джерел.....		28
РОЗДІЛ 1 ПШЕНИЧНО-ЕГІЛОПСНІ АМФІДИПЛОЇДИ - СИНТЕТИКИ ЯК ДЖЕРЕЛА ЦІННИХ ОЗНАК ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОГО ПОКРАЩЕННЯ ПШЕНИЦІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....		30
1.1	Еволюція гексаплоїдної пшениці та формування її генетичного різноманіття.....	30
1.2	Проблеми та перспективи використання диких споріднених видів і синтетичних гексаплоїдів для покращення культурної пшениці.....	31
1.3	Ознаки, за якими нове генетичне різноманіття, інтрогресоване від синтетиків, може бути перспективним.....	35
1.4	Досягнення у селекційному використанні синтетиків гексаплоїдної пшениці.....	42
1.5	Виявлення інтрогресії генів диких співродичів у геномі пшениці.....	45
1.6	Перспективність використання синтетиків у селекції пшениці в Україні.....	50
Висновки до розділу 1.....		53
Список використаних джерел по розділу 1.....		54
РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНА СХЕМА ДОСЛІДІВ, УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....		68
2.1	Загальна схема дослідів.....	68
2.2	Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови проведення досліджень.....	69
2.3	Матеріал досліджень.....	76
2.4	Методика досліджень.....	78
Висновки до розділу 2.....		81
Список використаних джерел по розділу 2.....		82
РОЗДІЛ 3 ФОРМОТВОРЧИЙ ПРОЦЕС ПРИ ГІБРИДИЗАЦІЇ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЯРОЇ З СИНТЕТИКАМИ.....		84
3.1	Успадкування ознак колоса у гібридів між амфідиплоїдом <i>Triticum durum</i> Desf. / <i>Aegilops tauschii</i> Coss. IU013954 та сортом ярої м'якої пшениці Харківська 26.....	84

3.2	Успадкування морфологічних та біохімічних ознак у гібридів від схрещування амфідиплоїду <i>Triticum durum</i> Desf. / <i>Aegilops tauschii</i> Coss. IU013948 із сортом ярої м'якої пшениці Харківська 26.....	90
3.3	Порівняльна характеристика успадкування ознак у гібридів пшениці м'якої ярої з синтетиками IU13931, IU13933, IU13937, IU13948, IU13974.....	96
Висновки до розділу 3.....		102
Список використаних джерел по розділу 3.....		105
РОЗДІЛ 4 ПРОЯВ І МІНЛИВІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ У КОНСТАНТНИХ ЛІНІЙ ІЗ ГІБРИДІВ СИНТЕТИКІВ З ПШЕНИЦЕЮ М'ЯКОЮ.....		109
Висновки до розділу 4.....		116
Список використаних джерел по розділу 4.....		117
РОЗДІЛ 5 ВОДОУТРИМУЮЧА ЗДАТНІСТЬ ЛИСТКІВ І КОЛОСУ КОНСТАНТНИХ ЛІНІЙ ІЗ ГІБРИДІВ СИНТЕТИКІВ З ПШЕНИЦЕЮ М'ЯКОЮ.....		119
Висновки до розділу 5.....		126
Список використаних джерел по розділу 5.....		127
РОЗДІЛ 6 ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТАНТНИХ ЛІНІЙ ІЗ ГІБРИДІВ СИНТЕТИКІВ З ПШЕНИЦЕЮ М'ЯКОЮ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ТА КОМПЛЕКСОМ ОЗНАК.....		130
6.1	Якість зерна ліній пшениці	130
6.2	Характеристика ліній пшеничного типу, створених шляхом гібридизації синтетиків (тетраплоїдна пшениця / <i>Aegilops tauschii</i>) з м'якою пшеницею Харківська 26	139
Висновки до розділу 6.....		149
Список використаних джерел по розділу 6.....		150
ВИСНОВКИ.....		153
РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ.....		157
ДОДАТКИ.....		158

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ВУЗ	водоутримуюча здатність
ІДК	індекс деформації клейковини
ІР	Інститут рослинництва імені В.Я. Юр`єва
НААН	Національна академія аграрних наук України
ПНД	програма наукових досліджень
СГП	синтетична гексаплоїдна пшениця
CIMMYT	Міжнародний центр з покращення кукурудзи та пшениці
AB-QTL	розширений аналіз беккроссів
BC1–BC4	беккрос, одно-чотириразове зворотнє насичуюче схрещування
DPI	Департамент первинної індустрії
F ₁ , F ₂	гібриди першого, другого поколінь
GRDC	Кооперація досліджень і селекції зернових
ICARDA	Міжнародний центр сільськогосподарських досліджень на посушливих територіях
PHS	передзбиральне проростання зерна
QTL	локуси кількісних ознак
SSR	прості мікросателітні послідовності
SynERGE	Synthetic Enriched Resources for Genetic Enhancement
MPBCRC	дослідницький кооперативний центр молекулярної селекції рослин

ВСТУП

Яра м'яка пшениця є традиційною в Україні зерновою культурою, джерелом отримання високоякісного продовольчого зерна, яке має високі хлібопекарські якості, містить більше білка, ніж зерно озимої пшениці (14–16 %) і клейковини (28–40 %) і високо цінується на внутрішньому і зовнішньому ринках. Також яра пшениця має кормове значення, є цінною страховою культурою для пересіву загиблих посівів озимої пшениці. Суттєву роль відіграє генетичне різноманіття ярої м'якої пшениці як джерело генів, що обумовлюють цінні ознаки, у селекції головної зернової культури України – озимої м'якої пшениці.

На даний час можливості селекційного покращення пшениці за рахунок внутрішньовидового різноманіття вичерпані, і актуальним є використання генофонду споріднених видів і родів. Зокрема, перспективним є включення до генотипу пшениці генів від егілопса Тауша (*Aegilops tauschii* Coss.), який є найбільш поширеним серед диплоїдних видів егілопса, займаючи природний ареал від Передньої Азії до Гімалаїв [1], і служить генетичним джерелом адаптивності до широкого спектру агрокліматичних чинників, поряд з генами, що визначають стійкість до низки хвороб, високий вміст білка та клейковини у зерні, та ін. [2]. Низку цінних генів несуть генотипи пшениці твердої (*Triticum durum* Desf.) – міцність клейковини, толерантність та стійкість до хвороб, у частини форм короткостеблїсть, та пшениці перської (*Triticum persicum* Vav.) – високий вміст білка в зерні, холодостійкість на ранніх і пізніх фазах розвитку рослин та інші [3].

Але прямий перенос цінного генетичного матеріалу у геноми сортів м'якої пшениці від споріднених форм важко здійснити внаслідок причин, що характерні для інконгруентних схрещувань: низький рівень зав'язуваності гібридних зернівок, фертильності рослин F_1 , ефективності беккросів. Необхідні біотехнологічні процедури, які ускладнюють процес і обмежують обсяг гібридного потомства. Ця проблема з успіхом вирішується створенням та використанням амфідиплоїдів геномної структури *ABD*, що поєднують геноми

тетраплоїдних пшениць з геномом A^*B та егілопса Тауша (*Aegilops tauschii* Coss., синонім *Ae. squarrosa* L., геном D) і у світовій літературі позначаються як «синтетика» [4]. Цей термін використаний і у даній роботі. Гомологія генома A^*BD синтетиків геномові м'якої пшениці обумовлює порівняльну легкість інтрогресії генів цінних господарських і біологічних ознак: стійкості до хвороб, високого вмісту білка та клейковини у зерні, адаптивності до абіотичних чинників середовища тощо, які у різному ступені успадковані від обох батьківських форм, що розширює можливості генетичного покращення сортів пшениці [4]. Крім того, вивчення формотворчого процесу у таких схрещуваннях певною мірою сприятиме з'ясуванню питань філогенії пшениці.

Залучення синтетиків дозволило створити понад 60 високоурожайних з високою адаптивністю сортів м'якої пшениці у 15 країнах чотирьох континентів [5, 6, 7, 8]. Отже використання синтетиків є перспективним у широкому діапазоні природно-кліматичних умов.

Найбільш активно і результативно працює у напрямі створення та використання синтетиків Міжнародний центр з покращення кукурудзи та пшениці (СІММУТ, Мексика) [5, 6]. Але мексиканські синтетики пристосовані до умов тропічного та субтропічного поясів, але не до умов середніх широт, у яких знаходиться Україна. Ефективність використання цих форм в Україні досліджена і підтверджена для озимої пшениці стосовно південного регіону (Одеса) [9]. Проблема залучення синтетиків у селекцію ярої пшениці у регіоні з помірним кліматом, де ця культура вирощується, зокрема, у лісостепу України, не вивчена.

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Яра м'яка пшениця є традиційною в Україні зерновою культурою, джерелом отримання високоякісного продовольчого зерна, яке має високі хлібопекарські якості й високо цінується на внутрішньому, зовнішньому ринках. Одним з найбільш надійних і економічно вигідних чинників збільшення валових зборів ярої пшениці є використання нових високоврожайних сортів з широкою адаптованістю до агрокліматичних умов і

високою якістю продукції. У селекції таких сортів у світі в останній час все більшого значення набуває віддалена гібридизація пшениці з представниками споріднених їй видів і родів, які несуть низку цінних генів господарських і біологічних ознак, зокрема *Aegilops tauschii* Coss., *Triticum durum* Desf., *Triticum persicum* Vav. Але ці види як генетичні ресурси селекції належать відповідно до третьої (ГФ-3) та другої (ГФ-2) категорій генофонду [10], отже важко схрещуються з пшеницею, що перешкоджає інтрогресії цінних генів. Використання амфідиплоїдів – синтетиків, створених на основі цих видів, є ефективним шляхом вирішення проблеми передачі цінних генів, що підвищить урожайність і якість зерна створюваних сортів ярої пшениці. Найбільш активно й результативно працює в напрямку створення та використання синтетиків Міжнародний центр із покращення кукурудзи та пшениці (СІММУТ, Мексика). Ефективність використання цих форм в Україні досліджена й підтверджена для озимої пшениці стосовно південного регіону (О. І. Рибалка та ін., 2019). Доцільність залучення синтетиків у селекцію ярої пшениці в регіоні з помірним кліматом, де ця культура вирощується, зокрема в Лісостепу України, не вивчена. Світовий досвід довів, що використання амфідиплоїдів – синтетиків, створених на основі цих видів, є ефективним шляхом вирішення проблеми передачі цінних генів, що підвищує урожайність і якість зерна створюваних сортів ярої пшениці. Визначення селекційної цінності синтетиків пшениці як джерел господарських і біологічних ознак є актуальною проблемою, вирішенню якої присвячені дослідження дисертаційної роботи.

Мета та завдання дослідження.

Мета дослідження полягала у встановленні цінності синтетиків пшениці геномної структури ABD тетраплоїдних видів пшениці з *Ae. tauschii* Coss. як вихідного матеріалу для селекції пшениці м'якої ярої в умовах східної частини лісостепу України.

Для досягнення даної мети вирішували наступні завдання:

- установити характер успадкування морфологічних і біохімічних ознак у потомстві гібридів від схрещування синтетиків як материнського

компоненту з пшеницею м'якою (♂);

- визначити успадкування ознак у гібридів від схрещування пшениці м'якої як материнського компоненту з синтетиками (♂);
- установити прояв і мінливість продуктивності та її елементів у константних ліній, виділених із гібридів синтетиків з пшеницею м'якою ярою;
- оцінити водоутримуючу здатність листків і колосу константних ліній;
- визначити цінність константних ліній за показниками якості зерна.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконано в 2002–2020 рр. відповідно до тематичного плану науково-дослідних робіт ПНД «Збагачення генетичної різноманітності культурних рослин на основі базових, ознакових та спеціальних колекцій генетичного банку рослин України» («Генетичні ресурси рослин») за завданням 02.01.01. «Базові та ознакові колекції зернових, зернобобових культур та проса (сучасні комерційні сорти та лінії)» 2001–2005 рр.; ПНД 8 «Формування колекцій Національного банку генетичних ресурсів рослин в Україні для використання в наукових, селекційних та навчальних програмах» («Генетичні ресурси рослин») за завданням 08.02-013 «Сформувати базові та ознакові колекції зернових, зернобобових культур, проса та соняшнику і забезпечити ведення Національного банку генетичних ресурсів рослин України» 2006–2010 рр.; ПНД 9 «Формування генетичного різноманіття Національного банку генетичних ресурсів рослин України» («Генетичні ресурси рослин») за завданням 09.01/55 «Розробити методики формування та створити генетичні та ознакові колекції зернових колосових культур», номер державної реєстрації 0111U003413 2011–2015 рр.; ПНД 24 «Формування та ведення Національного банку генетичних ресурсів рослин для стабільного забезпечення потреб народу України у продукції рослинництва» («Генофонд рослин») за завданням 24.01.02.01.Ф «Встановити генотипові та фенотипові

ряди мінливості генотипів зернових колосових культур за адаптивністю, продуктивністю та якістю; сформувати та поповнити ознакові та генетичні колекції», номер державної реєстрації 0111U003413 2016–2020 pp..

Об'єкт дослідження: розширення генетичної основи сортів пшениці шляхом віддаленої гібридизації з представниками споріднених видів і родів.

Предмет дослідження: селекційна цінність синтетиків геномної структури ABD ($2n = 42$) тетраплоїдних видів пшениці з *Ae. tauschii* Coss. як вихідного матеріалу для селекції пшениці м'якої ярої.

Методи дослідження: загальнонаукові – емпіричні (спостереження експеримент, узагальнення); польові – гібридизація, фенологічні спостереження, оцінка стійкості до біотичних та абіотичних факторів, морфологічний опис (оцінка рівня прояву ознак); біохімічний аналіз (визначення вмісту білка, електрофоретичний аналіз спектрів запасних білків зерна); технологічні (визначення вмісту клейковини, аналіз седиментації борошна, індексу деформації клейковини), вимірально-ваговий (визначення врожайності, маси зерна з рослини, колоса, 1000 зерен), фізіологічні (оцінка водоутримуючої здатності листків; генетичні (гібридологічний аналіз, успадковуваність); математично-статистичні (визначення ступеня мінливості, оцінка достовірності експериментальних даних дисперсійним аналізом, кореляційний аналіз).

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше в Україні вирішено важливе наукове завдання з установлення селекційної цінності синтетиків геномної структури ABD тетраплоїдних видів пшениці з *Ae. tauschii* ($2n = 42$) для селекції пшениці м'якої ярої за комплексом ознак продуктивності, посухостійкості, якості зерна. Здійснено інтрогресію генів, що контролюють господарські та біологічні ознаки, від синтетиків у пшеницю м'яку яру та одержано константні лінії – носії підвищеного рівня врожайності (ДК2, ДК27, ДК30) та її елементів – маси зерна з колоса (ДК 3, ДК 4, ДК 6, ДК 30, ДК 34, ДК 39, ДК 48) та крупнозерності (ДК 47ч, ДКС 16, ДКС 17, ДКС 18, ДКС 19); низької вологовіддачі листків та колоса (ДК 30, ДК 31, ДК 34, ДК 37, ДК 39, ДК

48) як чинників посухостійкості; вмісту білка і клейковини та ІДК (ДК 21, ДКС 16, ДКС 18); вмісту білка та ІДК (ДК 23 та ДК 30); вмісту клейковини та ІДК (ДКС 17, ДКС 20); морфологічних ознак – забарвлення колоса (ДК 25, ДК 27, ДК 33, ДК 36, ДК 37, ДК 47ч) та опушення (ДК 33, ДК 36) – як сортовирізняльних ознак.

Установлено особливості формоутворюючого процесу при гібридизації синтетиків з пшеницею м'якою ярою лісостепового еко типу та характер успадкування кількісних та якісних ознак: остистості, опушення та забарвлення колоскових лусок, воскового нальоту, важкого вимолоту зернівок, наявності широкого плеча на колоскових лусках, нещільності колосу, висоти рослини, параметрами головного колосу – довжини, кількості колосків і зерен, маси зерна; маси 1000 зерен.

Установлено особливості характеру успадкування і трансгресивної мінливості ознак продуктивності у F_2 синтетиків з пшеницею м'якою ярою. Створено нові селекційні лінії пшениці м'якої ярої ДК 23, ДК 39, ДК 21 з комплексом цінних ознак. Визначено перспективність дослідження з використання синтетичних пшениць у селекційних програмах.

Удосконалено селекційний процес пшениці м'якої ярої шляхом залучення в гібридизацію синтетиків.

Набули подальшого розвитку наукові положення щодо використання синтетиків для створення перспективних ліній ярої м'якої пшениці: ДК 4, ДК 6, ДК 21, ДК 23, ДК 30, ДК 31, ДК 33, ДК 34, ДК36, ДК 37, ДК 39, ДК47, ДК47ч, ДК49, ДКС 2, ДКС 3, ДКС 6, ДКС 7, ДКС 9, ДКС 10, ДКС 16, ДКС 17, ДКС 18, ДКС 20.

Практичне значення одержаних результатів. На основі встановлених селекційних закономірностей у співавторстві створено і виділено лінії, на які отримано свідоцтва Національного центру генетичних ресурсів рослин в Україні про реєстрацію генофонду рослин в Україні – ДК 23 (свідоцтво № 1121) і ДК 39 (свідоцтво № 753) та константні лінії, які включені до колекції Національного генбанку рослин України. Для практичного використання

створено шляхом схрещування та беккросування перспективні селекційні лінії, які включено в селекційні дослідження кафедри генетики, селекції та насінництва Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва, кафедри захисту рослин факультету агротехнологій та природокористування Сумського Національного аграрного університету, лабораторію селекції ярої пшениці Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла – ДК 33, ДК 36, ДК 39, ДК47 а, ДК47 б, ДК 49, ДКС 2, ДКС 3, ДКС 6, ДКС 7, ДКС 9, ДКС 10. Створено лінії ДК 2, ДК 4, ДК 6, ДК 27, ДК 30, які є вихідним матеріалом для селекції м'якої ярої пшениці.

Особистий внесок здобувача. Полягає в проведенні польових та лабораторних дослідів, аналізі та узагальненні літературних джерел і результатів досліджень за темою дисертаційної роботи, аналізі експериментальних даних, формулюванні наукових положень і висновків, написанні статей, тез і рукопису дисертації. Разом з керівником складено план роботи, визначено методи досліджень, відредаговано публікації. Отримано два Свідоцтва про реєстрацію зразків, донори цінних ознак генофонду рослин в Україні. Частка авторства у створених лініях м'якої ярої пшениці становить 80 %. Оpubліковано шість статей та 6 тез доповідей. Авторство в наукових працях становить 60–80%.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень представлено та обговорено на щорічних засіданнях лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин та селекційної секції вченої ради Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН в 2002–2020 рр., а також на міжнародних науково-практичних конференціях: Міжнародному науковому сипозіумі (м. Харків 7–9 липня 2004 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Генетичні ресурси для адаптивного рослинництва: мобілізація, інвентаризація, збереження, використання» (м. Оброшино, 29 червня – 1 липня 2005 р.); III-й Міжнародній конференції молодих вчених (м. Харків, 20–22 червня 2006 р.); IV Міжнародній науковій конференції студентів і аспірантів «Молодь та поступ біології» (м. Львів, 7–10 квітня 2008 р.); Regional

conference «Diversity, characterization and utilization of plant genetic resources for enhanced resilience to climate change» (Azerbaijan, 3–4 October 2011); Міжнародній науково-практичній конференції присвяченій 100-річчю Національної академії аграрних наук України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. (м. Харків, 4–5 липня 2018 р.)

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано шість статей у наукових фахових виданнях України, серед яких статті, включені до міжнародних наукометричних баз, шість тез доповідей у матеріалах наукових конференцій; два наукових видання; два свідоцтва про реєстрацію ліній.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена на 170 сторінках комп'ютерного тексту, включає 19 таблиць, 4 рисунки. Робота містить вступ, шість розділів, висновки, список літератури містить 197 найменувань, із них 147 латиницею та 12 додатків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Van Slageren M.W. Wild wheats: a monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopyrum* (Jaub. & Spach) Eig (Poaceae). Wageningen Agricultural University, Wageningen and ICARDA, Aleppo, Syria, 1994. 514 p
2. Богуславский Р.Л., Голик О.В. Род *Aegilops* L. как генетический ресурс селекции. Харьков, 2004. с. 236–248.
3. Дорофеев В.Ф., Удачин Р.А., Семенова Л.В., Новикова М.В., Градчанинова О.Д., Шитова И.П., Мережко А.Ф., Филатенко А.А. Пшеницы мира. Издание 2-е. 1987. 560 с.
4. Cox T.S., Wu J., Wang Sh., Cai J., Zhong Q., Fu B. Comparing two approaches for introgression of germplasm from *Aegilops tauschii* into common wheat. *The Crop Journal*. 2017. № 5(5). P. 355–362. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.05.006>.

5. Li J., Wan H. S., Yang W. Synthetic hexaploid wheat enhances variation and adaptive evolution of bread wheat in breeding processes. *Journal of Systematics and Evolution*. 2014. Vol. 52. № 6. P. 735–742.
6. Li A, Liu D, Yang W, Kishii M, Mao L. 2018. Synthetic Hexaploid Wheat: Yesterday, Today and Tomorrow. *Engineering*. 4: 552–558. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> doi:10.1016/j.eng.2018.07.001
7. Потоцкая И.В., Шаманин В.П., Шепелев С.С., Пожерукова В.Е., Моргунов А.И. Синтетическая пшеница как источник улучшения качества зерна в селекции пшеницы. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. № 2. 2019 С. 56–63.
8. Лапочкина И.Ф., Адхам Аль Лаббан, Макарова И.Ю., Гайнуллин Н.Р., Жемчужина А.И. Оценка и характеристика образцов коллекции синтетической пшеницы ($2n=42$) как новых источников устойчивости к бурой ржавчине и мучнистой росе в условиях Нечерноземной зоны РФ. *Известия ТСХА*. Выпуск 6. 2011. С. 39–48.
9. Рибалка О.І., Моргун В.В., Моргун Б.В., Поліщук С.С. Генетичні основи нового напрямку селекції оригінальних за якістю зерна класів пшениці (*Triticum aestivum* L.) і тритикале (х *Triticosecale* Wittmack). *Физиология растений и генетика*. 2019. т. 51. № 3. С. 207-240. doi: <https://doi.org/10.15407/frg2019.03.207>
10. Harlan JR and de Wet JMJ. 1971. Toward a Rational Classification of Cultivated Plants. *Taxon* 20 (4). P. 509–517.

РОЗДІЛ 1

ПШЕНИЧНО-ЕГІЛОПСНІ АМФІДИПЛОЇДИ ЯК ДЖЕРЕЛА ЦІННИХ ОЗНАК ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОГО ПОКРАЩЕННЯ ПШЕНИЦІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Еволюція гексаплоїдної пшениці та формування її генетичного різноманіття

Гексаплоїдна м'яка пшениця (*T. aestivum* L., $2n=6x=42$, AABBDD) є провідним у світі харчовим продуктом і стане ще більш значущим, оскільки населення світу збільшується.

Пшениця м'яка виникла у результаті спонтанної події гібридизації [1, 2]. За загально прийнятим на даний час уявленням, тетраплоїдна пшениця ($2n=4x=28$, AABB) схрестилася з диплоїдним диким видом *Ae. tauschii* Coss. ($2n=2x=14$, DD), після чого відбулося спонтанне подвоєння набору хромосом [2]. Еволюція поліплоїдної пшениці характеризується тим, що одомашнення, природна гібридизація, аллополіплоїдне видоутворення обумовили формування її різноманіття [3]. До цих чинників слід додати спонтанний мутаційний процес за поширення на великій території.

Після поліплоїдизації як генетичні, так і епігенетичні механізми могли відігравати важливу роль у зміні експресії генів [4]. Проте загально визнано, що лише обмежена кількість особин родоначальника взяли участь у походженні та еволюції пшениці м'якої. Отже, генетичне різноманіття пшениці м'якої вужче порівняно з її двома видами – донорами. Через це більшість генетичних варіацій, що мають місце у генофондах тетраплоїдної пшениці та *Ae. tauschii*, не представлені у загальнодоступній зародковій плазмі гексаплоїдної пшениці.

Проте генетичні ресурси тетраплоїдної пшениці та *Ae. tauschii* широко використані як джерела генів для розширення генетичного різноманіття і генетичного покращення пшениці м'якої.

1.2 Проблеми та перспективи використання диких споріднених видів і синтетичних гексаплоїдів для покращення культурної пшениці

Для підвищення ефективності передачі цінних генів від двох предків до звичайної пшениці вчені повторюють шлях природного походження гексаплоїдної пшениці через створення синтетичної гексаплоїдної пшениці (СГП) від схрещування між різними формами тетраплоїдної пшениці та *Ae. tauschii* [5, 6].

Уперше цілеспрямовано амфідиплоїд з гібриду між тетраплоїдною пшеницею *T. dicoccoides* (Koern. ex Aschers. et Graebn.) Schweinf. var. *spontaneovillosum* та *Ae. squarrosa* L. (syn. *Ae. tauschii* Coss.) створив E.R. Sears [7]

У 1940-х рр. Н. Kihara в Японії [8] і E. S. McFadden, E. R. Sears. у США [9] незалежно один від одного схрестили між собою різні носії А-, В- і D-геномов для того щоб виявити і охарактеризувати первинних родоначальників твердої та м'якої пшениць. Дослідженнями впродовж наступних 60 років була встановлена роль різних батьківських компонентів у походженні пшениці. Після цього не було досягнуто суттєвого успіху у розширенні генетичного різноманіття пшениці з використанням цих знань про походження – до 1980-х років, коли з'явилися перші статті, у яких було вказано на перспективність «синтетичних» пшениць» [10]. Коли було проведено нові схрещування з використанням тетраплоїдів та *Ae. tauschii*, генетична різноманітність хлібної пшениці збільшилась приблизно на 50 %, якщо припустити, що не було більше двох первинних подій "гексаплоїдизації". Нинішнє завдання – максимально використовувати це нове різноманіття у створенні сортів для фермерів і споживачів.

Приблизно у 1985–1990 рр. Т. S. Сох і А. Муїєєв-Казі вдалися до виявлення та використання генетичної мінливості дикорослих пшениць таким шляхом, який виявився актуальним для сучасних селекційних програм. Т.S. Сох працював з озимою пшеницею в Державному університеті штату Канзас, США,

а А. Муґеєб-Казі базувався в Міжнародному центрі покращення кукурудзи та пшениці (СІММУТ) в Мексиці, зосередивши увагу на пшениці з ярим типом розвитку. Обидві програми скоро виявили потенціал цих нових схрещувань [11]. У програмі широкомасштабних віддалених схрещувань СІММУТ більшість синтетичних пшениць було створено з використанням сучасної твердої пшениці (*T. durum*) як донора геномів А та В, але кілька десятків комбінацій включали також *T. dicoccoides* та *T. dicocum*.

Ефективність використання для інтрогресії у геном пшениці м'якої генів від *Ae. tauschii* саме схрещувань з СГП порівняно з прямим схрещуванням обох видів переконливо доведена [12].

Більш ніж 1000 ліній СГП було створено від схрещування за участі більш ніж 600 зразків *Ae. tauschii*, що зберігаються у генбанку СІММУТ [6, 13].

Серед перших селекціонерів і генетиків, які почали використовувати це нове різноманіття у Канзаському державному університеті, були Ролі Сірс, Джина Браун Гуедйра та Аллан Фріц. У СІММУТ з 1990 року Санджа Раджарам та Маартен ван Гінкель були серед перших, хто ввели первинні синтетики в активну програму селекції м'якої пшениці. Це було мотивовано високими рівнями стійкості до індійської сажки (*Neovossia indica* або *Tilletia indica*) синтетичних гексаплоїдів [13]. У той же час роботи зі створення та використання синтетиків ініціювали в Австралії Е. S. Lagudah et al. [14], а потім Р. F. Eastwood et al. [15] під керівництвом д-ра Джеральда Холлорана з Мельбурнського університету.

Ж. А. Able, Langridge P. [16] зазначають, що багато сучасних культур, включаючи пшеницю, було піддано окультуренню та тиску добору, тому вони мають вузьку генетичну різноманітність у порівнянні з їх дикими родичами. Це обумовило зниження толерантності сільськогосподарських культур до 18 екологічних стресів [17].

Одним із шляхів підвищення продуктивності та стабільності врожаю є покращення генетичного фону культур для підвищення толерантності до абіотичних стресів [17, 18].

Міжнародна програма з селекції пшениці в CIMMYT все більше включає в себе зародкову плазму дикої пшениці та її аллельне розмаїття у формі синтетичних гексаплоїдів [19]. CIMMYT оцінює неадаптовані генетичні ресурси, такі як ландраси або дикі види, для пошуку ознак адаптованості до стресів. CIMMYT також використовує інструменти скринінгу з високою пропускнуою спроможністю, такі як інфрачервона термометрія, для виявлення нових генів, характеристики батьківських компонентів для використання в схрещуваннях і добору у ранніх поколіннях.

Використання генетичної основи синтетичних пшениць пов'язано з подоланням низки проблем. У досить великої частки синтетиків спостерігається надзвичайна жорсткість колоскових лусок, що дуже утруднює вимолот зернівок, і послаблене з'єднання члеників колосового стрижню, що веде до розламування колосів у полі та втрати урожаю при досягнанні. Успадкування цих ознак не до кінця зрозуміло. Проте на практиці стало можливим відновити здатність до обмолоту синтетичних похідних шляхом їх схрещування з м'якими пшеницями, вирощуючи відносно великі популяції F_2 і добираючи "нормальні" колоси у F_3 . Тому це питання легко вирішити.

Гібридне потомство від схрещувань синтетиків та м'якої пшениці може загинути через гібридний некроз на ранній стадії. В. А. Пухальський та ін. [20] підсумовує розповсюдження аллелей гібридного некрозу $Ne1 / ne1$ та $Ne2 / ne2$. Коли аллелі в обох окремих локусах присутні в гетерозиготному стані (як у F_1 від схрещувань, що включають комплементарних батьків), пагони загинуть ще на стадії одного або двох листків [21]. Частоти цих алелей відрізняються у м'яких та твердих пшениць, і в результаті їх схрещування (поряд з проблемами, пов'язаними з розбіжностями розмірів геномів) потомство F_1 часто проявляє гібридний некроз. Оскільки синтетики походять від схрещувань з твердими пшеницями (або їхніми предками), схрещування між синтетиками та сучасними м'якими пшеницями (обидва гексаплоїди) призводять до гібридного некрозу в середньому в 1–50 % випадків. Їх наслідки можуть істотно відрізнятися. Наприклад, J. Wilson, R. F. Eastwood та F. Ogbonnaya [13] схрестили 163

синтетики СІММУТ як чоловічих партнерів з сортом пшениці Goldmark. З них більше 90 % показали сильний некроз, що свідчить про те, що понад 140 синтетичних гексаплоїдів та / або їх тетраплоїдних батьків несуть ген некрозу комплементарний до гену сорту Goldmark. Якщо не відома точна конституція алелів обох передбачуваних батьків, лише дослід покаже, які комбінації не призведуть до гібридного некрозу. Рішенням є випробування різних гібридних комбінацій сортів та синтетиків.

Самі синтетики з агрономічної точки зору часто поступались за продуктивністю сортам м'якої пшениці. Невелика частка має високу біомасу, і це збільшення, як видається, може передаватися в схрещуваннях зі звичайною пшеницею. Але в інших випадках кращі потомки можуть бути отримані з схрещувань із, здавалося б, посередніми синтетиками. S. D. Tanksley et al. [22] показали, що дикі форми, які проявляють складні ознаки на рівнях, які в цілому не відповідають сучасним селекційним стандартам, можуть містити гени, які після інтрогресії в поєднанні з іншими можуть покращувати сучасну зародкову плазму. Дуже ймовірно, що таке явище працює в схрещуваннях за участі синтетичних пшениць з сучасними сортами м'якої пшениці. Це обумовлює доцільність посилення роботи з синтетиками, можливо, спочатку з тими, які вже призвели до одержання видатних потомств в інших програмах.

Проблеми, пов'язані з якістю кінцевого продукту, також дали деяким селекціонерам можливість вивчити потенціал синтетичних пшениць. Коли *Ae. tauschii* вивчався вперше, його генетичний потенціал для поліпшення якості чи навіть негативний вплив його через інтрогресію небажаних генів був неясним [23]. Однак, крім питання про те, чи може нове генетичне різноманіття за хлібопекарськими якостями бути інтрогресовано з *Ae. tauschii* через синтетики, основною проблемою для селекціонерів залишається те, чи можна видобути будь-які похідні синтетиків, які мають хоча б прийнятну якість хліба. Протягом останніх років у СІММУТ стало цілком зрозуміло, що дійсно такі похідні синтетиків з високими хлібопекарськими якостями можуть бути виведені шляхом схрещування з сортами або лініями м'якої пшениці, що мають хорошу

якість. Профілі високомолекулярних (HMW) та низькомолекулярних (LMW) глютенінів батьківських компонентів використовуються для визначення перспективних гібридних комбінацій, а також для виявлення найкращих за якістю ліній в їх потомстві. J. C. Nelson et al. [24] повідомили, що деякі лінії з гібридної популяції синтетика (W7985) x Opata ITMI показали якісні показники, які перевершили такі показники батьківських ліній. Незважаючи на ці спостереження селекціонерів в CIMMYT та в інших установах, деякі селекціонери залишаються скептичними щодо використання синтетиків для подолання обмежень, пов'язаних з низькою якістю, оскільки вони бояться поставити під загрозу якість кінцевої продукції пшениці.

1.3 Ознаки, за якими нове генетичне різноманіття, інтрогресоване від синтетиків, може бути перспективним

Висловлюється думка, що за продуктивністю в умовах абіотичних стресів сорти пшениці, адаптовані до конкретних умов, часто показують себе краще, ніж кращі синтетичні лінії пшениці як такі [25]. Проте інтрогресія відповідних генів та QTL із дикої чи похідної від дикої зародкової плазми може покращити продуктивність [26, 27].

Використання генетичних ресурсів диких співродичів у селекційних програмах в основному було спрямовано на введення у генотипи сортів стійкості до біотичних стресів [28], тоді як порівняно небагато співродичів сільськогосподарських культур використовувалось для адаптації до абіотичних стресів, таких як посуха [29]. Є свідчення про те, що алелі, пов'язані з посухостійкістю, локалізовані у диких співродичах і старомісцевих формах (ландрасах) культивованої пшениці, можуть покращити толерантність до посухи [30]. Зокрема, види *Aegilops* визнані потенційними джерелами алелів посухостійкості [31]. Недостатньо використаним резервом генетичного різноманіття є *Ae. tauschii*, що представляє третину синтетичного генома гексаплоїдної пшениці [32].

Гібридизація між сортами пшениці та синтетичними лініями гексаплоїдної пшениці сприяла покращенню адаптації сортів до посухи [33]. Проте існують недоліки, пов'язані з інтрогресією екзотичної зародкової плазми у культурного сорту.

По-перше, екзотична зародкова плазма часто відрізняється від культурної за вимогами до умов дозрівання або яровизації. По-друге, екзотики часто містять велику кількість несприятливих аллелей щодо урожайності та якості зерна [34]. З цих причин селекціонери рослин уникають використання диких видів у своїх селекційних програмах. Проте інтрогресія аллелей з диких видів дає потенціал для поліпшення врожаю, оскільки вони є новими джерелами генетичної різноманітності [27].

При цьому завдання полягають у визначенні джерел сприятливих аллелей серед диких зразків і успішному введенні їх у генетичний фон, адаптований до даних умов [35].

Два види нематод, що уражають корені (*Pratylenchus thornei* та *Pratylenchus neglectus*), знижують продуктивність виробництва австралійської пшениці на 123 млн австралійських доларів на рік. Виявлено п'ять синтетичних гексаплоїдних пшениць (СГП) з резистентністю до *P. thornei* та *P. neglectus*. Для подальшого вивчення спадкування стійкості до означених нематод, популяції подвійних гаплоїдів (DH) між цими СГП та сприйнятливим австралійським сортом пшениці Janz (90–120 особин) були перевірені у 6 повтореннях в окремих вегетаційних експериментах для кожної DH популяції і кожного виду нематоди. Рослини вирощували окремо в горщиках з 330 г пастеризованого вертосола, що містив 3300 нематод при постійній температурі ґрунту (22 °C) та тиску води (-2 см). Аналіз дисперсії (ANOVA) проводили на популяціях нематод за 16 тижнів вирощування рослин у кожному експерименті з даними, вираженими у ln (натуральних логарифмах (*Pratylenchus sp.*/кг ґрунту + с). Були розраховані генетична дисперсія (σ^2_g), успадковуваність (h^2) на лінію та мінімальна кількість ефективних генів стійкості. Успадковуваність для п'яти популяцій DH становить 0,88–0,92 для *P. thornei* та 0,59–0,88 для популяцій *P.*

neglectus. Мінімальна кількість генів стійкості, за якими мало місце розщеплення у популяціях, становила 4, 6, 3, 4 та 4 для *P. thornei* та 3, 4, 6, 4 і 4 для *P. neglectus* для відповідних п'яти батьківських СГП (Yallaroi / AUS24152), (TAMD870167 / AUS18913), CPI13842, CPI133859 та CPI133872. Не було кореляції між щільністю популяції *P. thornei* та *P. neglectus* для чотирьох популяцій ДН, для одного кореляція була слабка (TAMD870167 / AUS18913 x Janz ДНs, $r = 0.28$, $P < 0.01$, $n = 106$). Невелика кількість окремих ДН з помірною стійкістю як до *P. thornei*, так і до *P. neglectus*, може бути виявлена в усіх популяціях, що є важливим для передселекційної роботи на подвійну стійкість. Ці результати вказують на те, що гени стійкості в основному діють аддитивно і незалежно на кожен вид нематоди [36].

Впродовж останнього десятиліття СІММУТ створив синтетики та їх похідні з винятковим проявом таких ознак:

агрономічні ознаки:

врожайність та її компоненти в умовах зрошення [37],

врожайність у посушливих умовах [38],

висока маса 1000 зерен - до 65 грамів [39],

висока надземна біомаса [37],

висока інтенсивність фотосинтезу [40],

інші морфологічні ознаки [41];

витривалість до абіотичних стресів

посуха [42],

заморозки під час цвітіння [43],

засоленість ґрунту [44],

затоплення водою [45];

стійкість до біотичних чинників:

захворювання:

бура листкова іржа [46],

жовта іржа [47],

стеблева іржа [48],

септоріозна плямистість листя *Septoria tritici* [49],
 септоріозна плямистість колоскових лусок *Septoria nodorum* [50],
 фузаріоз колоса [51],
Pyrenophora tritici-repentis, жовта листова плямистість [52],
 гельмінтоспоріозна листова плямистість [51],
 борошниста роса [53],
 індійська сажка [54],
 злакові цистові нематоди [55],
 кореневі нематоди [56],
 зелена попелиця [57],
 гессенська муха [58];

показники якості зерна:

вміст білка [59],
 склад глютенінів [60],
 ефективність засвоєння цинку [61].

При оцінці цих синтетиків також в Австралії була виявлена стійкість до деяких з цих абіотичних і біотичних стресів, які детально обговорюються нижче.

Урожайність та її компоненти. Випробування похідних синтетиків, проведені в другій половині 1990-х рр. селекціонерами м'якої пшениці СІММУТ в умовах зрошення, показали, що їх потенціал урожайності досягав рівня м'якої пшениці, незважаючи на початковий рівень. Оскільки це було досягнуто лише за 5–7 років, є оптимістичний прогноз, що можливо досягти і більшого урожаю, ніж у м'якої пшениці. У 2001–2003 рр. були виявлені синтетичні пшениці, що дорівнювали найбільш урожайним м'яким пшеницям, деякі перевищували їх. Протягом цього періоду перші похідні синтетиків були включені до міжнародних випробувань на урожайність СІММУТ та надані сотням учасників цих випробувань у всьому світі. У цих випробуваннях почали виявляти деякі похідні синтетиків як глобально конкурентоспроможні і такі, що мають як специфічну, так і широку адаптацію.

Посуhostійкість. Хоча потенціал урожайності за повністю зрошуваних умов, імовірно, посилюється генами з синтетичних пшениць, адаптація до посушливих умов лише частково пояснюється "потенціалом врожайності". Протягом другої половини 90-х років похідні синтетиків були піддані експериментальним умовам посухи в CIMMYT, причому велику частину цієї роботи очолював Річард Третьюан (Richard Trethowan). До 2002 р. перші такі похідні, в тому числі ті, що містять у своїх родовах австралійські сорти, були ввезені в Австралію Франсізою Огбонною (Francis Ogonnaya) з DPI Victoria [62].

Селекція на збільшення врожаю пшениці в різноманітних австралійських середовищах з недостатком опадів залишається проблемою для селекціонерів. Похідні синтетиків, випробувані у різних регіонах Австралії у посушливих умовах протягом останніх чотирьох років, були в основному одержані шляхом беккросу первинних синтетиків на австралійському генетичному фоні (тобто з комерційними сортами). Вони показали перевищення врожайності на 8–30 % як над австралійськими батьківськими сортами, так і над місцевими сучасними стандартними сортами [62]. Деякі з ліній більш урожайних за оптимальних умов вологості також були найкращими за низької вологості. Ці результати вказують на те, що похідні синтетиків є перспективним інструментом значного покращення врожаю пшениці в більш різноманітних та стресових середовищах, ніж це вважалося можливим до цього часу.

В цілому похідні синтетиків були вражаючими, перевищуючи за урожайністю місцеві сорти на 40 % у посушливих умовах в Індії, Пакистані, Еквадорі, Австралії та Аргентині [63]. CIMMYT та австралійські вчені вивчають успіх цих синтетичних пшениць і вважають, що це може бути пов'язано з надзвичайно глибоким та / або більш товстим корінням, що забезпечує кращий доступ до ґрунтових вод.

Жаровитривалість. Деякі з похідних синтетиків показали толерантність до умов високої температури (до 35–40 °C у Мексиці) під час наливу зерна. Очікується, що в Австралії витривалість до спеки та посухи стане дедалі

важливішою, оскільки температура зростає і змінюється [64]. Синтетика пропонуються як шлях вивчення і розширення генетичної мінливості адаптивних ознак, які можуть бути використані для пом'якшення впливу коливання температур на критичних етапах росту і розвитку зерна.

Солевитривалість. За оцінками, 20 % зрошуваних земель у світі на даний час піддається засоленню, окрім регіонів, що класифікуються як посушливі та пустельні [65]. В Австралії солонцовий процес і пов'язане з цим підґрундове засолення можуть впливати на 30–60 % площі з річною кількістю опадів у межах 250–450 мм у районах, де рівень ґрунтових вод може підійматись [66]. Урожайність може бути значно нижчою за теоретичну для даного рівня опадів, коли має місце засоленість надр, і одним із симптомів є вода, не використана врожаєм [67]. Вартість нестационарної солоності та пов'язаних з цим обмежень на содистих ґрунтах оцінювалася для сільськогосподарської економіки Австралії приблизно в 1,5 млрд. австралійських доларів на рік [68]. Поряд з застосуванням агроприйомів, таких як гіпсування, необхідно використовувати генетичні методи. Наприклад, додавання гіпсу обмежувало успіх внаслідок того, що до солоності надр додається ще соль – гіпс. Було аргументовано, що вирощування сільськогосподарських культур у районах із засоленням підґрунту є стабільним, оскільки немає контакту з ґрунтовими водами. Тому солестійка зародкова плазма має виявлятися як економічно доцільна альтернатива методам поліпшення ґрунту. Проте існує обмежена генетична мінливість в елітній зародковій плазмі, що використовується в програмах селекції серед існуючих сортів м'якої пшениці. Значне генетичне різноманіття за солестійкістю виявлено в синтетичних гексаплоїдах [69]. В умовах засолення синтетичні гексаплоїди виявляли значно кращу ексклюзію Na^+ і утримували більше K^+ у листках у порівнянні з культивованими сортами пшениці. У синтетиків головний ген *Kna1*, що контролює цей процес, був виявлений на хромосомі 4D, що пов'язано з цим механізмом у м'якій пшениці [70]. Більшість досліджень з скринінгу за солестійкістю на даний час базуються на механізмі ексклюзії натрію. Але лише одним цим механізмом не можна пояснити повний спектр

генетичної різноманітності, що має місце у синтетиків; можливо, у цьому беруть участь інші корисні локуси, що можуть обумовлювати інші механізми солевитривалості і діяти аддитивно. Перспективним є пірамідування цих генів.

Стійкість до передзбирального проростання зерна. Передзбиральне проростання зерна (PHS) знижує якість зерна, особливо у регіонах з частими опадами та високою вологістю під час збору врожаю. У дослідженні більш ніж 60 австралійських сортів пшениці виявлено лише один толерантний генотип PHS [71]. Таким чином, PHS залишається основною причиною зниження урожаю та якості пшениці в Австралії, особливо на півночі та деяких частинах Західної та Південної її частин [71]. Стійкість до PHS успадковується як кількісна ознака, контрольована великою кількістю генів, на які значно впливає генетичний фон, умови навколишнього середовища та їх взаємодія. Синтетичні гексаплоїди представляють значне генетичне різноманіття за проявом спокою насіння, вимірюного як індекс проростання (GI; відсоток насіння, що проростають на певний день після поглинання вологи) – основна ознака, пов'язана з стійкістю до PHS. Наприклад, середній показник схожості на 7 день (GI - 7) синтетичного гексаплоїду становив 0,29 (від 0,01 до 0,71) у порівнянні з нестійким сортом м'якої пшениці *Annuello*, що має GI - 7 0,86. M. Imtiaz et al. [72] повідомили про створення похідних від синтетиків ліній пшениці, високо стійких до передзбирального проростання зерна, які є як білозерними, так і з червоним зерном. F.C. Ogbonaya et al. [73] також повідомили про виявлення нових локусів кількісних ознак, пов'язаних із спокоєм насіння, у лініях пшениці, отриманих шляхом беккросування синтетиків.

Стійкість до хвороб. Синтетичні пшениці також, як видається, стійкі до значної кількості основних захворювань пшениці. Для деяких захворювань (наприклад, злакові цистові нематоди, листові септоріозна плямистість *Septoria tritici*, плямистість колоскових лусок *Septoria nodorum*, піренофора та гельмінтоспоріозна плямистість листя) в обмежених експериментах у Мексиці та Австралії були виявлені рівні стійкості, які відповідають імунітету, що раніше не вважалось можливим. Очікується, що інтрогресія таких генів

стійкості у нові сорти призведе до збільшення виробництва, оскільки негативні наслідки впливу цих хвороб на урожай можуть бути майже усунені [74].

У виробничих посівах пшениці широко трапляються декілька захворювань, стосовно яких в літературі взагалі засвідчено мало селекційних досягнень, оскільки мало відомо, чи існує певна генетична резистентність у звичайному пшеничному генофонді. Серед них гнилі нижніх міжвузель і коренів, таких як *Pythium* і *Rhizoctonia*. Поряд з ідентифікацією та впровадженням молекулярних маркерів, перенос нових генів стійкості від синтетиків у нові сорти дозволить забезпечити вигідне виробництво в деяких районах Австралії, які на даний час вважаються такими, що мають дуже несприятливі ґрунти. Деякі синтетики є стійкими до багатьох захворювань, надаючи селекціонерам та дослідникам можливість використовувати їх для формування зародкової плазми зі стійкістю до низки захворювань [75].

Стеблова іржа була однією з головних хвороб пшениці протягом багатьох століть у всьому світі, включаючи Австралію, до 40–50 років, коли хвороба була підкорена завдяки використанню генного комплексу (тобто кількох генів, які взаємодіють), отриманого з сорту *T. dicossum* під назвою Ярославська полба. З кінця 1990-х років в Уганді виник новий штам стеблової іржі (названий Ug99), який долає генний комплекс Ярославської полби. Виявлена у сортів пшениці стійкість не повністю забезпечується цим комплексом, тому рівні захворювання занадто високі для того щоб бути прийнятними для фермерів. На щастя, деякі синтетичні пшениці довели свою стійкість до цього нового штаму. Хоча штам Ug99 ще не досяг Австралії, ми тепер відомо, що, коли це буде потрібно, стійкість буде забезпечена [74, 75].

1.4 Досягнення у селекційному використанні синтетиків гексаплоїдної пшениці

За останні 20 років вчені CIMMYT створили 1014 синтетичних пшениць ярого типу розвитку та близько 200 озимих синтетиків. Між цими синтетиками

та сучасними лініями проведено тисячі схрещувань, в результаті чого з'явилися численні похідні синтетиків. За оцінками, більш ніж третина всіх нових покращених ліній м'якої пшениці, створених за програмою селекції CIMMYT для умов зрошення та низького рівня опадів у всьому світі, є похідними синтетиків пшениці [74].

Включення СГП до селекційних програм дозволило створити понад 60 високоурожайних і високо адаптованих до різних умов сортів пшениці у різних країнах чотирьох континентів: Китаї, Індії, Пакістані, Афганістані, Таджикистані, Туркменістані, Сирії, Ефіопії, Кенії, Мексиці, Уругваї, Аргентині [75]. Доведено селекційну цінність СГП в умовах Росії – Західному Сибіру [76], Нечерноземній зоні [77].

Китайські вчені проявили великий інтерес до ліній СГП, створених у CIMMYT з початку 1990-х років, і до Китаю було інтродуковано понад 200 таких ліній [78]. В останні роки у Січуаньському сільськогосподарському університеті та Січуанській академії сільськогосподарських наук було створено біля 300 нових ліній СГП, що включають генотипи місцевих форм (ландрас) тетраплоїдних пшениць і різних зразків *Ae. tauschii* [79, 80, 81]; що забезпечило важливий набір генетичних ресурсів для селекції пшениці. Синтетичні гексаплоїдні пшеничні лінії, створені у CIMMYT та розроблені вченими провінції Січуань, були використані для покращення різноманітних сортів пшениці за стійкістю до хвороб і потенціалом урожайності [82].

Один із сортів, одержаних за допомогою СГП – Chuanmai-42, зареєстрований у 2003 році, показав урожайність зерна на 35 % більше порівняно зі стандартами. Chuanmai-42 є провідним сортом пшениці та став основною батьківською формою для покращення пшениці у південно-західному Китаї. Середня врожайність зерна сортів пшениці, зареєстрованих з 2011 по 2013 роки, була на 8,5 % вищою, ніж сортів, зареєстрованих з 2006 по 2010 роки. Цей сорт пшениці, одержаний на базі СГП, відіграє важливу роль у покращенні сучасної пшениці на південному заході Китаю.

Синтетичні гексаплоїдні лінії пшениці показали виняткову стійкість до хвороб і шкідників, толерантність до екологічних стресів, добрий прояв кількісних ознак. Проте лінії СГП також мають негативні властивості, такі як пізньостиглість, порівняна високорослість і важкий вимолот зерна, успадкований від *Ae. tauschii*. Тому створення нових комерційних генотипів з використанням ліній СГП пов'язано з певними складнощами. Для подолання несприятливих ознак СГП-ліній у провінції Січуань, Китай, розроблено спеціальну процедуру, яка включає п'ять аспектів. Це: (1) скринінг та ідентифікація СГП-ліній за цільовими (селекційно цінними) ознаками, такими як висока стійкість до жовтої іржі, високоякісні компоненти високомолекулярних глютенінів (HMW-GS) та стійкість до проростання зерна на корені; (2) відбір Січуаньських сортів з раннім досяганням і карликових або напівкарликових для використання як батьківські форми; (3) використання ліній СГП з цільовими ознаками для прямого та зворотного схрещувань з відібраними батьками; (4) посів популяцій BC_1F_2 на інфекційному фоні іржі для виділення високорезистентних рослин після інокуляції відповідними расами; (5) використання відібраних стійких особин як компонентів базової популяції для створення покращених ліній [83].

В Іспанії перша синтетична похідна від зародкової плазми CIMMYT була попередньо зареєстрована в 2003 році під назвою Carmona і швидко поширилась, забезпечуючи одержання насіння в більш короткий термін, ніж більшість комерційних сортів. Це допомагає виробникам пшениці на півдні Іспанії, які часто запізнюються з посівом. Цей сорт пристосований до нульових систем обробітку ґрунту, що сприяє зменшенню кількості листяних захворювань, забезпечує кращу врожайність та високу якість кінцевого промислового продукту [75].

В Австралії, починаючи з 2000 р., дослідницька група, яка розміщувалася на платформі генетики та геноміки рослин в рамках Департаменту первинної індустрії (ДПІ) у штаті Вікторія, взяла на себе ініціативу, сприяючи впровадженню нового різноманіття синтетичних пшениць у поточні селекційні

програми. З цього року програма перейменувала себе в SynERGE (Synthetic Enriched Resources for Genetic Enhancement) і створила власний веб-сайт / URL (<http://bioinformatics.pbcbase.la.trobe.edu.au/synerge/index.html>). Усі дослідження цієї групи, пов'язані з синтетичною пшеницею, координуються через дослідницький кооперативний центр молекулярної селекції рослин (MPBCRC). Фінансування здійснюється за допомогою DPI, MPBCRC, Кооперації досліджень і селекції зернових (GRDC) та декількох інших. Використання диких родичів в програмі SynERGE відбулося шляхом "відтворення" синтетичної гексаплоїдної пшениці шляхом штучної гібридизації між її предковими видами *T. durum* та *Ae. tauschii*, на додаток до придбання основних синтетиків з CIMMYT. Пріоритетні ключові ознаки, на які націлене використання похідних синтетиків, визначаються шляхом прямих і постійних консультацій з австралійськими селекціонерами пшениці. Існують тісні зв'язки між програмою SynERGE на основі Horsham та усіма основними дослідженнями в галузі селекції пшениці, а також з селекціонерами і виробниками в Австралії та в значній мірі за кордоном. За межами Австралії, група розвинула особливо міцні зв'язки з CIMMYT в Мексиці та Міжнародним центром сільськогосподарських досліджень у сухому районі (ICARDA) в Сирії. На даний час пріоритетні ознаки, визначені SynERGE як цільові, включають поліпшення опору до передзбирального проростання зерна, посухи, засолення, злакової цистої нематоди та жовтої плямистості листя [84].

У низці інших країн світу похідні синтетиків знаходяться на заключних етапах тестування та незабаром будуть офіційно зареєстровані.

1.5 Виявлення інтрогресій генів диких співродичів у геномі пшениці

Сучасні методи аналізу ДНК дозволили китайським вченим встановити масштаб інтрогресії генів у результаті гібридизації СГП ліній з пшеницею м'якою при створенні вище описаного сорту Chuanmai 42. Було використано

1830 маркерів, з яких у сорті Chuanmai 42 виявлено лише 277 алелей, що походять від СГП. Частота інтрогресії становила 15,14 %, що значно менше, ніж 25 %, які очікувались за розрахунками на основі припущення про випадковий обмін генами. Розподіл інтрогресованих генів за геномами *A*, *B* і *D* був не рівним: найчастіше інтрогресія відбулась у хромосоми *1A*, *1B*, *2B*, *3A*, *4D*, *6A* та *6B*, у той час як не виявлено інтрогресії у хромосоми *1D* та *7A* [83].

Повтори простих мікросателітних послідовностей (SSRs), відомі також як мікросателіти, є дуже зручними як молекулярні маркери для загального використання [85]. Використання SSR є загальним способом виявлення поліморфізму у пшениці. Повторення простих послідовностей є дуже інформативними завдяки їх ко-домінантному характеру. Крім того, вони містять більше різноманітності алелей на один маркер, і вони мають вищу частоту мутацій, ніж інші типи маркерів [86]. SSR продовжують бути основним маркерним типом для досліджень QTL у пшениці як окремо, так і в комбінації з іншими типами маркерів.

Локуси кількісних ознак (QTL). QTL - це ділянка геному, який відповідає за мінливість цільової кількісної ознаки [87]. Кількісні ознаки контролюються комбінованою дією багатьох генів, тоді як ознаки якості контролюються одним чи двома основними генами [88]. В останні роки QTL у пшениці досліджували за багатьма різними фенотиповими ознаками, такими як висота рослини, кількість днів до колосіння, натура зерна, врожайність зерна, довжина колоса та хлібопекарські якості [89, 90, 91, 92, 93, 94]. У сільськогосподарських культур, таких як пшениця та ячмінь, розщеплення за генами з великим ефектом (наприклад, висота та строк дозрівання рослин) в експериментальних популяціях ускладнює можливість виявлення QTL другорядного ефекту, пов'язаного з більш прямими механізмами адаптації [95]. Використання картованих популяцій з однорідним періодом цвітіння [96] дозволяє легше виявити QTL, пов'язані з складними агрономічними ознаками [97] та полегшує розірвання цих ознак на компонентні локуси [98].

Кількісний аналіз локус-ознаки дозволяє зрозуміти генетичну основу складних ознак, таких як толерантність до посухи [99]. Основна мета аналізу QTL полягає в тому, щоб виявити кількість, хромосомну локалізацію та силу ефекту локусів, що контролюють ознаку. Цей аналіз ґрунтується на виявленні асоціацій між змінами фенотипу та зміною генотипу маркерів, розташованих у всьому геному. Фенотипові вимірювання часто проводяться у польових або умовах вегетаційних камер, а дані про генотипові маркери одержуються в лабораторії. Маркерна інформація використовується для побудови карти зв'язків, яка в ідеалі охоплює всі хромосоми. Маркери та фенотипові дані потім порівнюються, щоб виявити хромосомну область, яка контролює характерну ознаку на карті зв'язків. Розроблено численні методи визначення та характеристики QTL, одним з яких є однофакторний аналіз. Цей тип аналізу розглядає кожен маркер кожної ознаки, не враховуючи відстані від інших маркерів на карті чи ефекти локусів в інших місцях в геномі.

Розширений аналіз беккроссів (AB)-QTL. Селекціонери рослин часто добирають рослини або лінії шляхом візуального вивчення фенотипових ознак. Проте фенотипова оцінка синтетичних чи диких форм у конкретних середовищах не завжди є найкращим показником цінності зразка для селекційної програми, оскільки ці матеріали часто не адаптовані до данного регіону [100]. Існує генетичний компонент для селекції, не менш важливий, ніж фенотиповий компонент. Стратегія «Розширений аналіз беккроссів» (Advanced Backcross-QTL, AB-QTL [101] – це спосіб об'єднати генетичний аналіз і селекцію. Ця стратегія передбачає виявлення вигідних алелів диких видів, які входять в пристосований генетичний фон. Багато досліджень AB-QTL було проведено на пшениці [88, 102, 103, 104]. Інтрогресія від дикої пшениці та похідних синтетичних гексаплоїдів у звичайні сорти та подальший аналіз AB-QTL відіграватимуть велику роль у розумінні молекулярної основи посухостійкості, на думку E.Nevo та G.X. Chen [105]. Включення сприятливих алелів QTL толерантності до посухи в програму селекції пшениці може

привести до кращого зростання рослин сортів, що буде корисним у багатьох частинах світу, які страждають від посухи.

Порівняння між результатами досліджень АВ-QTL у пшениці. Численні дослідження QTL було проведено у пшениці за низкою ознак. Наприклад, QTL у пшениці було виявлено за розміром та формами насіння [106], терміну дозрівання рослин та урожаю зерна [107, 108, 109, 110, 111]. QTL для урожайності на хромосомах *1A*, *3B* та *4A* раніше були запропоновані як потенційні гени, задіяні в умовах посухи [112]. R.S. Pinto et al. [113] виявили QTL для толерантності до спеки та посухи на цих самих хромосомах.

Також у пшениці було проведено декілька інших досліджень АВ-QTL, і було виявлено численні QTL для широкого спектру ознак. Наприклад, X.Q. Huang et al. [114] використовували розширені беккросні популяції, що включали німецький сорт озимої пшениці 'Prinz' та синтетичну лінію пшениці W-7984 з CIMMYT. Виявлено одинадцять QTL для врожаю зерна, що охоплюють вісім хромосом (*1A*, *1B*, *2A*, *2B*, *2D*, *3B*, *4D* та *5B*) [114]. Синтетична лінія W-7984 привнесла сприятливий аллель для чотирьох з цих QTL. Один з цих QTL був знайдений на *D*-геномі (*2D*), вказуючи, що він походить від *Ae. tauschii*.

X.Q. Huang et al. [115] також повідомили про інше дослідження АВ-QTL у популяції BC₂F₃ за участі німецької озимої пшениці Flair та синтетичної лінії XX86 з Японії. Вони повідомили про дев'ять QTL для урожайності зерна (на хромосомах *1A*, *3D*, *4D*, *5A*, *5B*, *6B* і *6D*), але XX86 не привнесла сприятливих алелей для урожайності.

У розширеному беккросі, проведеному A.Kunert et al. [116], було використано дві популяції BC₂F₂₋₃ озимої пшениці, які були отримані за участі двох німецьких сортів озимої пшениці Batis і Zentos, та двох синтетичних гексаплоїдних зразків пшениці - Syn022 та Syn086. Основний акцент дослідження – вивчити внесок синтетичної гексаплоїдної пшениці до борошномельних і хлібопекарських властивостей; однак розраховують також

натуру зерна. Шість QTL були знайдені на хромосомах 3B, 4A, 6B, 7A і 7B, але екзотичний алель негативно вплинув на вагу гектолітра.

Narasimhamoorthy B. et al. [89] також оцінювали натуру зерна, але знайшли, що адаптований сорт Karl92 став донором сприятливого алелю для єдиного виявленого QTL на хромосомі 2D. X.Q. Huang et al. [114] виявили вісім QTL для впливу на період до колосіння на хромосомах 2A, 2D, 3B, 5A, 5B, 6A та 7B. Синтетична лінія сприяла більш ранньому колосінню за всіма виявленими QTL, і один QTL був знайдений на D-геномі (2D). Ген Vrn-A1, виявлений на хромосомі 5A, брав участь у контролі строків колосіння [117]. Як повідомлялося, гени Vrn впливають на адаптацію до посухи [118]. Крім того, подальше дослідження X.Q. Huang et al. [115] виявило п'ять QTL для строків колосіння на хромосомах 2D, 3A, 4A, 7A та 7D. Чотири алелі синтетика XX86 зменшили кількість діб до колосіння (один QTL був знайдений на хромосомі 2D), а один алель XX86 збільшував кількість діб до колосіння.

B. Narasimhamoorthy et al. [89] створили популяцію BC₂F_{2,4} 190 ліній від схрещування між твердозерною червонозерною пшеницею Karl 92 та синтетичною формою (СГП) TA 4152-4. Це дослідження виявило два QTL для строку колосіння на хромосомах 2D та 3D. Кожен QTL збільшував кількість діб до колосіння, і QTL на 2D виявився пов'язаним з тим самим мікросателітним локусом, Xgwm261, який, як повідомляють Sourdille P. et al. [119], пов'язаний з локусом Ppd-D1, і який, згідно V. Korzun et al. [120], пов'язаний з Rht8.

B. Narasimhamoorthy et al. [89] та X.Q. Huang et al. [102, 103] виявили QTL для кількості пагонів на 1 м². Narasimhamoorthy B. [89] виявили один QTL на хромосомі 3B, і алель, привнесений синтетиком, який сприяв прояву цієї ознаки. X.Q. Huang et al. [102] виявили вісім QTL на хромосомах 1B, 2A, 2D, 3B, 4D, 5D, 6D та 7A, і кожен з цих QTL обумовлював принаймні 9 % загальної фенотипової варіації. Дикий алель з W-7984 привніс сприятливий алель чотирьох QTL. Huang X.Q. et al. [103] виявили два QTL, пов'язаних з кількістю пагонів на хромосомах 1B та 7A, які обумовлюють 7,0 % і 13,9 % загальної фенотипової варіанси, відповідно. Дикий алель, локалізований на хромосомі

1B, зменшив кількість пагонів, а локалізований на хромосомі *7A* збільшив кількість пагонів.

X.Q. Huang et al. [102] виявили вісім QTL з позитивним ефектом на семи різних хромосомах для маси 1000 зерен та маси зерна з колоса. Три з цих QTL були виявлені на гомеологічних позиціях у семи групах хромосом. Ці QTL були виявлені в геномі на хромосомах *2A*, *2D*, *4D*, *5B*, *7A*, *7B* та *7D*. У своєму подальшому дослідженні X.Q. Huang et al. [103] виявили 14 QTL для маси 1000 зерен (на *1B*, *1D*, *2A*, *2D*, *3A*, *3B*, *3D*, *4B*, *6A*, *7A*, *7D*). Дикий алель сприятливо впливав на всі QTL, і *D*-геном був представлений хромосомами *1D*, *2D*, *3D* та *7D*. Крім того, R.S. Pinto et al. виявили QTL для маси 1000 зерен на хромосомах *3A*, *4A* та *4B* [113]. QTL для маси зерна та висоти рослин спільно локалізовано на хромосомі *4B* у дослідженні, проведеному R.S. Pinto та ін. [113], і відповідали попереднім даним [103, 110, 121]. Крім того, цей регіон був асоційований з геном *Rht-B1*, який підтвердили F.Marza et al. [98]. X.Q Huang et al. [102] виявили п'ять QTL для висоти рослин на хромосомах *2B*, *4B*, *4D*, *6A* та *7B*, а алелі, привнесені синтетиком, контролювали чотири QTL, один з яких був розташований на *4D*. Маркери *Xgwm149* та *Xgdm61* були двома найближчими марками, які були виявлені для QTL на хромосомах *4B* та *4D*, відповідно. Ці маркери були поруч з локусами, що контролюють короткостеблість – *Rht-B1* та *Rht-D1*, відповідно. Крім того, X.Q Huang et al. [103] виявили 14 QTL для висоти рослин на хромосомах *1A*, *1D*, *3A*, *3B*, *4A*, *4B*, *5A*, *5B*, *6A*, *6D*, *7A* та *7D*, а синтетичний алель збільшив висоту рослини для всіх QTL.

В цілому, багато QTL були виявлені для різних ознак, причому гени дикої або синтетичної лінії впливали на прояв цих ознак як позитивно, так і негативно. Свідченням інтрогресії деяких алелів від дикого виду *Ae. tauschii* є те, що QTL для низки ознак було пов'язано з *D*-геномом із синтетичної лінії.

1.6 Перспективність використання синтетиків у селекції пшениці в Україні

В Україні вивчення селекційної цінності синтетиків (тетраплоїдна пшениця / *Ae. tauschii*) проведено О.І. Рибалкою з співробітниками у Селекційно-генетичному інституті – Національному центрі насіннєзнавства та сортовивчення [125, 126].

На першому етапі 107 синтетиків з геномною формулою *AABBDD* походженням від СІММУТ досліджено за алельним складом Gli/Glu локусів і використано в схрещуваннях з базовим сортом пшениці Альбатрос одеський. Досліджено близько 100 гібридних популяцій. В результаті масштабної роботи, яка тривала більше 10 років, відібрано серію генетичних ліній пшениці, які несуть екзотичні алелі локусів Gli-D1 та Glu-D1 егілопсу *Ae. tauschii*, інтрогресовані в коротке (Gli-D1) та довге (Glu-D1) плечі хромосоми 1D культурної пшениці [125].

Синтетики з геномною формулою *AABBDD* ($2n=6x=42$), створені у СІММУТ і передані для досліджень СГІ–НЦНС, також використані у схрещуваннях з сортом озимої пшениці Куяльник [126]. Контрольованою інтрогресією в геном культурної пшениці домінантного алеля *Ha* (hardness) із хромосоми 5D синтетика створено генотипи з різною консистенцією ендосперму зерна (в тому числі екстрам'якозерні).

За результатами випробування стабільного перспективного селекційного матеріалу озимої пшениці, отриманого від цих схрещувань, найвищий урожай зерна (83,2 і 84,8 ц/га) у досліді посушливого 2017 р. дали дві інтрогресивні лінії озимої пшениці, що походять від схрещування з лінією S13 (стійкої проти *Septoria*), отриманої від віддаленої гібридизації з амфіплоїдом-синтетиком і несе пшенично-житню хромосомну транслокацію 1RS.1BL. Досить високу зернову продуктивність у 2017 р. на рівні від 84,0 ц/га (hard текстура ендосперму) до 73,3 і 75,3 ц/га (extra-soft консистенція ендосперму) показали також білозерні лінії озимої пшениці, які несуть домінантний *Ha* алель від егілопсу *Ae. tauschii* через синтетик. У дослідях 2018 р. ціла низка ліній білозерної озимої пшениці як твердозерної, так і м'якозерної й

екстрем'язозерної, дали максимальний урожай зерна на рівні 75–83 ц/га. При цьому, за критичних умов вирощування 2017 р., сорт Куяльник у ділянкових посівах 6 м² дав середній урожай зерна 58,1 ц/га, а в 2018 р. — 70,4 ц/га.

Автори наголошують, що ці результати цілком узгоджуються з результатами численних досліджень інших авторів і свідчать про перспективність використання генетичної плазми синтетиків у поліпшенні пшениці за ознакою зернової продуктивності. Причому інтрогресії генетичного матеріалу від амфіплоїдів-синтетиків у культурну пшеницю особливо ефективні саме в посушливих умовах вирощування, а самі синтетики розглядають як чи не єдине джерело селекційного поліпшення пшениці за стійкістю до посухи.

Матеріал білозерної пшениці, отриманий з використанням синтетиків, незалежно від консистенції ендосперму зернівки (hard чи extra-soft) за обидва роки випробувань був переконливо оцінений за переважною більшістю тестів у 5 балів і не нижче як 4,5 бала. У гостропосушливому при екстремально пізньому посіві 2017 р. білозерний матеріал пшениці було оцінено за натурою зерна не нижче як 770–800 г/л, у 2018 р. білозерні селекційні лінії мали найвищу натуру зерна 810–848 г/л. На підставі отриманих даних за два роки досліджень можна зробити цілком обґрунтований висновок, що білозерний селекційний матеріал озимої пшениці характеризується високим потенціалом посухостійкості, навіть в умовах комбінування екстремально пізнього посіву і гострого дефіциту вологи, що припадає на критичні фази формування й наливу зерна.

Серед дослідженого матеріалу, що походить від схрещування з синтетиками, виділено кілька десятків червонозерних і білозерних інтрогресивних ліній пшениці з найліпшою комбінацією таких ознак, як урожай зерна, вміст білка, виповненість і натура зерна. У селекційному матеріалі, що походить від схрещувань з амфіплоїдами-синтетиками, виявлено зразки з високою (до 98 мл) і низькою (35–40 мл) SDS-30К седиментацією. Важливо наголосити, що максимальну в досліді «силу» борошна ($W = 421$ і 303) мали

лінії пшениці, одна з яких містила екзотичний алель *GliD1*, перенесений у культурну пшеницю від егілопсу *Ae. tauschii* через синтетики.

Перспективні селекційні лінії походженням від схрещування сорту Куяльник з синтетиками, в яких індекс еластичності тіста I_e знаходився на рівні 60 % і вище, відрізнялися також великим об'ємом хліба. Найбільший у досліді об'єм мав хліб ($V = 1720 \text{ см}^3$, $I_e = 63 \%$, вміст протеїну 12,5 %, $P/L = 0,99$), випечений зі 100 г борошна перспективної селекційної лінії пшениці СЛ7322, отриманої від схрещувань за участі синтетиків. Тісто з борошна цієї лінії мало також найвищу в досліді розтяжність (87 мм) — характеристика, яка відіграє критично важливу роль у формуванні великого об'єму хліба. Хліб з борошна багатьох інших селекційних ліній пшениці, отриманих від віддалених схрещувань, також мав великий об'єм (1500–1600 см^3). Одна червонозерна екстрем'якозерна лінія (40 одиниць твердості), отримана від схрещування з синтетиком, за седиментації всього 55 мл, мала великий об'єм хліба – 1600 см^3 . Практично всі інтрогресивні селекційні лінії з великим об'ємом хліба також отримали високі оцінки шпаристості м'якуша хліба.

Таким чином, ефективність використання синтетиків у селекції в Україні досліджена і підтверджена для озимої пшениці стосовно південного регіону (Одеса). Проблема залучення синтетиків у селекцію ярої пшениці у регіоні з помірним кліматом, де ця культура вирощується, зокрема, у лісостепу України, не вивчена.

Керуючись цим, у цій дисертаційній роботі нами було взято за мету встановлення цінності синтетиків для селекційного покращення м'якої ярої пшениці у лісостепу України.

Висновки до розділу 1

Пшениця має з одного боку різноманітну генетичну основу, яка походить від схрещування трьох різних родоначальних видів, з другого боку звужену

генетичну основу, оскільки лише деякі представники родоначальних видів включили свої гени в геном пшениці.

Генетичне різноманіття *T. durum* Desf. та *Ae. tauschii* Coss. є джерелом низки цінних ознак для селекційного покращення пшениці. Інтрогресія цих ознак у геном м'якої пшениці ускладнена важкою схрещуваністю в наслідок низької гомології відповідних геномів. Використання синтетиків дає можливість більш легко здійснити перенос цінних генів від співродичів до м'якої пшениці.

На цьому шляху досягнені практичні результати створенням і поширенням понад 60 комерційних сортів пшениці у різних країнах чотирьох континентів.

В Україні питання селекційної цінності синтетиків досліджено недостатньо і стосується селекції озимої м'якої пшениці у південному регіоні. Питання перспективності використання синтетиків для селекційного покращення м'якої ярої пшениці у регіоні її вирощування – лісостепу України не вивчено.

При написанні розділу використано роботи автора [122, 123, 124]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. McFadden E. S., Sears E. R. The artificial synthesis of *Triticum spelta*. *Rec. Genet. Soc. Am.* 1944. 13. P. 26 – 27.
2. Feldman M. Origin of cultivated wheat. Bonjean AP, Angus WJ eds. *The world wheat book: A history of wheat breeding*. Paris: Lavoisier Tech & Doc. 2001. P. 3 – 56.
3. Yoshihiro M. Evolution of polyploid *Triticum* wheats under cultivation: The role of domestication, natural hybridization and allopolyploid speciation in their diversification. *Plant and Cell Physiology*. 2011. 52. P. 750 – 764.
4. Soltis D. E., Soltis P. S., Tate J. A. Advances in the study of polyploidy since plant speciation. *New Phytologist*. 2004. 161. P. 173 – 191.

5. Xu S. J., Dong Y. S. Cytogenetic study on the formation of amphiploids in the F1 hybrids of *Triticum carthlicum* Nevski var. *darginicum* and *Aegilops tauschii* Cosson. *Acta Agronomica Sinica*. 1989. Vol. 15. P. 251–259.
6. Mujeeb-Kazi A., Rosas V., Roldan S. Conservation of the genetic variation of *Triticum tauschii* (Coss.) Schmalh. (*Aegilops squarrosa* auct. non L.) in synthetic hexaploid wheats (*T. turgidum* L.S. lat. *T. tauschii*; 2nj6xj42,). AABBDD) and its potential utilization for wheat improvement. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 1996. 43. P. 129 – 134.
7. Sears E. R. Amphidiploids in the seven-chromosome Triticinae. *Mo. Agr. Exp. Stat. Res. Bull.* 1941. № 336. P. 1-46.
8. Kihara H. Discovery of the DD analyser, one of the ancestors of *Triticum vulgare*. *Agricultural Horticulture*. 1944. 19. P. 889-890.
9. McFadden E. S., Sears E. R. The origin of *Triticum spelta* and its free-threshing hexaploid relatives. *Journal of Heredity*. 1946. 37. P. 81-89.
10. Gill B.S., Sharma, H.C., Raupp W.J., Browder L.E., Hatchett J.H., Harvey T.L., Moseman J.G., Waines J.G., 1985. Evaluation of *Aegilops* species for resistance to wheat powdery mildew, wheat leaf rust, Hessian fly, and greenbug. *Plant Disease* 69. P. 314-316.
11. Germplasm enhancement in winter wheat x *Triticum tauschii* backcross populations / Cox T.S., Sears R.G., Bequette R.K., Martin T.J. *Crop Science*. 1995. 35. P. 913-919.
12. Comparing two approaches for introgression of germplasm from *Aegilops tauschii* into common wheat / Cox T. S. [et al.]. *The Crop Journal*. 2017. Vol. 5. №5. P. 355–362. URL : <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.05.006>.
13. van Ginkel M, Ogonnaya F. Novel genetic diversity from synthetic wheats in breeding cultivars for changing production conditions. *Field Crops Research*. 2007. 104. P. 86–94.
14. Lagudah E. S., MacRitchie F., Halloran G. M., The influence of high-molecular-weight subunits of glutenin from *Triticum tauschii* on flour quality of synthetic hexaploid wheat. *Journal of Cereal Science*. 1987. 5. P. 129–138.

15. *Triticum tauschii*: a novel source of resistance to cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) / Eastwood R. F. [et al.]. Australian Journal of Agricultural Research. 1991. 42. P. 69-77.
16. Able J. A., Langridge P. Wild sex in the grasses. Trends in Plant Science. 2006. 11. P. 261-263.
17. Nevo E., Chen G.X. Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. Plant Cell and Environment. 2010. 33. P. 670-685.
18. Blum A. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation (Reprinted from Wheat: Prospects for global improvement, 1998). Euphytica. 1998. 100. P. 77-83.
19. Mujeeb-Kazi A., Gul A, Farooq M, Rizwan S, and Ahmad I (2008) Rebirth of synthetic hexaploids with global implications for wheat improvement. Aust J Agric Res 59. P. 391–398;
20. Pukhalskiy V. A., Martynov S. P., Dobrotvorskaya T. V. Analysis of geographical and breeding-related distribution of hybrid necrosis genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica. 2000. 114. P. 233–240.
21. Worland A.J., Gale M.D., Law C.N., 1987. Wheat Genetics. In: Lupton, F.G.H. (Ed.), Wheat Breeding; Its Scientific Basis. Chapman and Hall. London / New York. P. 127-171.
22. Advanced backcross QTL analysis in a cross between an elite processing line of tomato and its wild relative *L. pimpinellifolium* / Tanksley S. D. [et al.]. Theoretical and Applied Genetics. 1996. 92. P. 213-224.
23. Lagudah E. S., MacRitchie, F., Halloran G. M. The influence of high-molecular-weight subunits of glutenin from *Triticum tauschii* on flour quality of synthetic hexaploid wheat. Journal of Cereal Science. 1987. 5. P. 129–138.
24. Quantitative trait locus analysis of wheat quality traits / Nelson J. C. [et al.]. Euphytica. 2006. 149(1):145-159 DOI: 10.1007/s10681-005-9062-7

25. CIMMYT-selected derived synthetic bread wheats for rainfed environments: Yield evaluation in Mexico and Australia / Dreccer A. F. [et al.]. *Field Crops Research*. 2007. 100. P. 218-228.
26. Xie W. L., Nevo E. Wild emmer: genetic resources, gene mapping and potential for wheat improvement. *Euphytica*. 2008. 164. P. 603-614.
27. Multiplex single nucleotide polymorphism (SNP)-based genotyping in allohexaploid wheat using padlock probes / Edwards K. J. [et al.]. *Plant Biotechnology Journal*. 2009. 7. P. 375-390.
28. Genetic structure, diversity, and allelic richness in composite collection and reference set in chickpea (*Cicer arietinum* L.) / Upadhyaya H. D. [et al.]. *Bmc Plant Biology*. 2008 8. P. 38-45.
29. Hajjar R., Hodgkin T. The use of wild relatives in crop improvement: A survey of developments over the last 20 years. *Euphytica*. 2007. 156. P. 1-13.
30. Reynolds M., Dreccer F., Trethowan R. Drought-adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces. *Journal of Experimental Botany*. 2007. 58. P. 177-186.
31. Salt tolerance potential of wild resources of the tribe *Triticeae*. 2. Screening of species of the genus *Aegilops* / Farooq S., Niazi M.L.K., Iqbal N., Shah T.M. *Plant and Soil*. 1989. 119. P. 255-260.
32. Feuillet C., Langridge P., Waugh R. Cereal breeding takes a walk on the wild side. *Trends Genet*. 2008. 24. P. 24-32.
33. Adapting wheat cultivars to resource conserving farming practices and human nutritional needs / Trethowan R. M., Reynolds M., Sayre K., Ortiz-Monasterio I. *Annals of Applied Biology*. 2005. 146. P. 405-413.
34. Reynolds M. P., Borlaug N. E. Applying innovations and new technologies for international collaborative wheat improvement. *Journal of Agricultural Science*. 2006. 144. P. 95-110.
35. Raising yield potential in wheat / Reynolds M. P. [et al.]. *Journal of Experimental Botany*. 2009. 60. P.1899-1918.

36. Estimating number of resistance genes to root-legion nematodes from synthetic hexaploids wheat lines / Thompson, John P and Zwart, Rebecca S. and Butler, David Wheat Breeding Assembly (24-26 Aug 2011). Perth, Australia, 2011. P.65-72.

37. Agronomic variability in selected *Triticum turgidum* x *T. tauschii* synthetic hexaploid wheats / Villareal R. L. [et al.]. Journal of Agronomy and Crop Science. 1994.173. P. 307-317.

38. Evaluating a Conceptual Model for Drought Tolerance. In: "Molecular approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water-limited environments, Ribaut, J.M.Poland, D.- Mexico, DF (Mexico): CIMMYT, 2000. A Strategic Planning Workshop, A Strategic Planning Workshop, El Batan, Mexico (Mexico), 21-25 Jun 1999.- ISBN 970-648-052-8. 172p." P. 49-53.

39. Calderini D. F., Reynolds M. P. Changes in grain weight as a consequence of de-graining treatments at pre- and post-anthesis in synthetic hexaploid lines of wheat (*Triticum durum* x *T. tauschii*). Australian Journal of Plant Physiology. 2000. 27. P. 183-191.

40. Physiological performance of synthetic hexaploid wheat-derived populations Blanco I. A., Rajaram S., Kronstad W.E., Reynolds M. P. / Crop Science. 2000. 40. P. 1257-1263.

41. Morphological variability in some synthetic hexaploid wheats derived from *Triticum turgidum* x *T. tauschii* / Villareal R. L., Mujeeb Kazi A., Rajaram S., Del Toro E. Journal of Genetics and Breeding. 1994. 48. P. 7-15.

42. Utilization of synthetics for drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). / Sammer F., Muhammad A., Sunbal K.Ch., Ahmad A., Muhammad S.A., Rehana K. International Journal of Biosciences. 2014. 5(1). P. 104-112. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/5.1.104-112>.

43. The influence of glume pubescence on spikelet temperature of wheat under freezing conditions / Maes B. [et al.]. Australian Journal of Plant Physiology. 2001. 28. P. 141-148.

44. Schachtman D. P., Lagudah E. S., Munns R. The expression of salt tolerance from *Triticum tauschii* in hexaploid wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 1992. 84. P. 714-719.
45. Registration of four synthetic hexaploid wheat (*Triticum turgidum/Aegilops tauschii*) germplasm lines tolerant to waterlogging / Villareal R. L., Sayre K., Banuelos O., Mujeeb-Kazi A. *Crop Science*. 2001. 41. P. 274.
46. Ma H., Singh R. P., Mujeeb Kazi A. Resistance to stripe rust in *Triticum turgidum*, *T. tauschii* and their synthetic hexaploids. *Euphytica*. 1995. 82. P. 117-124.
47. Assefa S., Fehrman H. Resistance to wheat leaf rust in *Aegilops tauschii* Coss. and inheritance of resistance in hexaploid wheat. *Genetic Resources Crop Evolution*. 2000. 47. P. 135-140.
48. Marais G. F., Potgieter G. F., Roux H. S. An assessment of the variation for stem rust resistance in the progeny of a cross involving the *Triticum* species *aestivum*, *turgidum* and *tauschii*. *South African Journal of Plant and Soil*. 1994. 11. P. 15-19.
49. Chromosomal location of a gene for resistance to septoria tritici blotch (*Mycosphaerella graminicola*) in the hexaploid wheat 'Synthetic 6x' / Arraiano L. S., Worland A. J., Ellerbrook C., Brown J.K.M. *Theoretical & Applied Genetics*. 2001. 103. P. 758-764.
50. Septoria nodorum blotch resistance in *Aegilops tauschii* and its expression in synthetic amphiploids / Loughman R. [et al.]. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2001. 52. P. 1393-1402.
51. Scab resistance (Type II: spread) in synthetic hexaploid germplasm / Mujeeb-Kazi A., Delgado R., Juárez L., Cano S. *Annual Wheat Newsletter*. 2001. 47. P. 118-120.
52. Resistance to foliar diseases in a collection of *Triticum tauschii* germplasm / Cox T. S. [et al.]. *Plant Disease*. 1992. 76. P. 1061-1064.
53. Location of a powdery mildew resistance gene in Am6, an amphidiploid between *Triticum durum* and *Aegilops tauschii*, and its utilization / Kong L. [et al.]. *Acta Phytologica Sinica*. 1999. 26. P. 116-120.

54. Resistance to karnal bunt (*Tilletia indica* Mitra) in synthetic hexaploid wheats derived from *Triticum turgidum* x *T. tauschii* / Villareal R. L. [et al.]. Plant Breeding. 1994. 112. P. 63-69.
55. *Triticum tauschii*: a novel source of resistance to cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) / Eastwood R. F. [et al.]. Australian Journal of Agricultural Research. 1991. 42. P. 69-77.
56. Progress in breeding wheat for tolerance and resistance to root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) / Thompson J. P. [et al.]. Australasian Plant Pathology. 1999. 28. P. 45-52.
57. Hollenhorst M. M., Joppa L. R. Chromosomal location of genes for resistance to greenbug in 'Largo' and 'Amigo' wheats. Crop Science. 1983. 23. P. 91-93.
58. Tyler J. M., Hatchett J. H. Temperature influence on expression of resistance to Hessian fly (*Diptera: Cecidomyiidae*) in wheat derived from *Triticum tauschii*. Journal of Economic Entomology. 1983. 76. P. 323-326.
59. William M., Pena R. J., Mujeeb Kazi A. Seed protein and isozyme variations in *Triticum tauschii* (*Aegilops squarrosa*). Theoretical and Applied Genetics. 1993. 87. P. 257-263.
60. Pena R. J., Zarco Hernandez J., Mujeeb Kazi A. Glutenin subunit compositions and bread-making quality characteristics of synthetic hexaploid wheats derived from *Triticum turgidum* x *Triticum tauschii* (coss.) Schmal crosses. Journal of Cereal Science. 1983. 21. P. 15-23.
61. Cakmak I., Cakmak O., Eker S., Ozdemir A., Watanabe N., Braun H-J. 1999. Expression of high zinc efficiency of *Aegilops tauschii* and *Triticum monococcum* in synthetic hexaploid wheats. Recent Progress in Plant Nutrition 215. P. 203-209.
62. Dreccer A.F., Borgognone A.G., Ogbonnaya F.C., Trethowan R.M., Winter B. (2007) CIMMYT-selected derived synthetic bread wheats for rainfed environments: Yield evaluation in Mexico and Australia. Field Crops Research 100. P. 218-228.

63. Coghlan A., 2006. Synthetic wheat offers hope to the world. *New Scientist* Print Edition; February 11th, 2006. <https://www.newscientist.com/article/mg18925383-700-synthetic-wheat-offers-hope-to-the-world/>. Дата доступа 11.02.2020.
64. Hughes L. Climate change and Australia: Trends, projections and impacts. *Austral Ecology*. 2003. 28. P. 423-443.
65. Yamaguchi T., Blumwald E. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends in Plant Science*. 2005. 10. P. 1360-1385.
66. Rengasamy P. Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils: an overview. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2002. 42. P. 351-361.
67. Sadras V., Roget D., O'Leary G. On-farm assessment of environment and management constraints to wheat yield and efficiency in the use of rainfall in the Mallee. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2002. 53. P. 587-598.
68. Rengasamy P. Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils: an overview. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2002. 42. P. 351-361.
69. Gadimaliyeva G., Akparov Z., Aminov N., Aliyeva A., Ojaghi J., Salayeva S., Serpoush M., Mammadov A., Morgounov A. 2020. Assessment of synthetic wheat lines for soil salinity tolerance. *Zemdirbyste-Agriculture*, 107 (1). P. 55–62. DOI 10.13080/z-a.2020.107.008.
70. Mapping of the K⁺/Na⁺ discrimination locus *Kna1* in wheat / Dubcovsky J. [et al.]. *Theoret. Appl. Genetics*. 1996. 92. P. 448–454. <https://doi.org/10.1007/BF00223692>
71. Abawi Y., White G. 2000. Early harvest for yield, quality and profit. In: Wright, E.J., Banks, H.J., Highley, E. (Eds.), *Proceedings of the 2nd Australian Post-harvest Technical Conference*. P. 190-194.
72. Imtiaz M, Ogonnaya F, Oman J, van Ginkel M. Characterization of Quantitative Trait Loci Controlling Genetic Variation for Preharvest Sprouting in

Synthetic Backcross-Derived Wheat Lines. *Genetics* 178(3):1725-36.
DOI: 10.1534/genetics.107.084939

73. Genetic and QTL analyses of seed dormancy and preharvest sprouting resistance in the wheat germplasm CN10955 / Ogbonnaya F. C. [et al.]. *Theor Appl Genet.* 2008. 116. P. 891–902. URL : <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0712-8>.

74. Genetic contribution of synthetic hexaploid wheat to CIMMYT 's spring bread wheat breeding germplasm / Rosyara U. [et al.]. *Scientific Reports.* 2019. 9. P. 12355. URL : https://www.researchgate.net/publication/335401425_Genetic_Contribution_of_Synthetic_Hexaploid_Wheat_to_CIMMYT's_Spring_Bread_Wheat_Breeding_Germplasm <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47936-5>].

75. Synthetic Hexaploid Wheat: Yesterday, Today and Tomorrow / Li A. [et al.]. *Engineering.* 2018. 4. P. 552–558. URL : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/doi:10.1016/j.eng.2018.07.001>.

76. Синтетическая пшеница как источник улучшения качества зерна в селекции пшеницы / Потоцкая И. В. [и др.]. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.* 2019. № 2. С. 56–63.

77. Оценка и характеристика образцов коллекции синтетической пшеницы ($2n=42$) как новых источников устойчивости к бурой ржавчине. Синтетическая пшеница как источник улучшения качества зерна в селекции пшеницы и мучнистой росе в условиях Нечерноземной зоны РФ / Лапочкина И. Ф. [и др.]. *Известия ТСХА.* 2011. № 6. С. 39-48.

78. Synthetic hexaploid wheat and its utilization for wheat genetic improvement in China / Yang W. [et al.]. *Journal of Genetics and Genomics.* 2009. 36 (9). P. 539-546. URL : [https://doi.org/10.1016/S1673-8527\(08\)60145-9](https://doi.org/10.1016/S1673-8527(08)60145-9).

79. Frequent occurrence of unreduced gametes in *Triticum turgidum*–*Aegilops tauschii* hybrids / Zhang L. Q. [et al.]. *Euphytica.* 2010. 172. P. 285–294.

80. Microsatellite mutation rate during allohexaploidization of newly resynthesized wheat / Luo J. T. [et al.]. *International Journal of Molecular Sciences.* 2012. 13. P. 12533–12543.

81. The genetic study utility of a hexaploid wheat DH population with non-recombinant A- and B-genomes / Hao M. [et al.]. SpringerPlus. 2013. 2. P. 131.
82. Synthetic hexaploid wheat and its utilization for wheat genetic improvement in China / Yang W. Y. [et al.]. Journal of Genetics and Genomics 2009. 36. P. 539–546.
83. Li J, Wan H-S, Yang W-Y. Synthetic hexaploid wheat enhances variation and adaptive evolution of bread wheat in breeding processes. Journal of Systematics and Evolution. 2014. 52(6). P. 735-742.,
84. Wheat genetic resources in the post-genomics era: promise and challenges / Rasheed A. [et al.]. Ann Bot. 2018. 121(4). P. 603-616. doi:10.1093/aob/mcx148.
85. A high density genetic map of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) from the cross Chinese Spring 3SQ1 and its use to compare QTLs for grain yield across a range of environments / Quarrie S. A. [et al.]. Theoretical and Applied Genetics. 2005. 110. P. 865–880.
86. Direct Estimation of Mutation Rate for 10 Microsatellite Loci in Durum Wheat, *Triticum turgidum* (L.) Thell. ssp durum Desf. / Thuillet A-C. [et al.]. Molecular Biology and Evolution. 2002. 19(1). P. 122-125.
87. Doerge R.W. Mapping and analysis of quantitative trait loci in experimental populations. Nature Reviews Genetics. 2002. 3. P. 43-52.
88. Kearsey M.J., Pooni H.S. The Genetical Analysis of Quantitative Traits. Chapman & Hall, New York, 1996. 381 p.
89. Advanced backcross QTL analysis of a hard winter wheat x synthetic wheat population / Narasimhamoorthy B. [et al.]. Theoretical and Applied Genetics. 2006. 112. P. 787-796.
90. QTL analysis of kernel shape and weight using recombinant inbred lines in wheat / Sun X. Y. [et al.]. Euphytica. 2009. 165. P. 615-624.
91. Whole genome mapping in a wheat doubled haploid population using SSRs and TRAPs and the identification of QTL for agronomic traits / Chu C. G., Xu S. S., Friesen T. L., Faris J. D. Molecular Breeding. 2008. 22. P. 251-266.

92. Genomic regions for yield and yield parameters in Chinese winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes tested under varying environments correspond to QTL in widely different wheat materials / Hai L. [et al.]. *Plant Science*. 2008. 175. P. 226-232.
93. QTL mapping for grain filling rate and yield-related traits in RILs of the Chinese winter wheat population Heshangmai X Yu8679 / Wang R. X. [et al.]. *Theoretical and Applied Genetics*. 2009. 118. P. 313-325.
94. El-Feki W. Mapping Quantitative trait loci for bread ing quality and agronomic traits in winter wheat under different soil moisture levels. *Agronomy*. 2018. 8. 133. P. 1–20.
95. Phenotyping approaches for physiological breeding and gene discovery in wheat / Reynolds M., Manes Y., Izanloo A., Langridge P. *Annals of Applied Biology*. 2009. 155. P. 309-320.
96. Olivares-Villegas J. J., Reynolds M. P., McDonald G. K. Drought-adaptive attributes in the Seri/Babax hexaploid wheat population. *Functional Plant Biology*. 2007. 34. P. 189-203.
97. Heat and drought adaptive QTL in a wheat population designed to minimize confounding agronomic effects / Pinto R. S. [et al.]. *Theoretical and Applied Genetics*. 2010. 121. P. 1001-1021.
98. Quantitative trait loci for yield and related traits in the wheat population Ning7840 x Clark / Marza F., Bai G. H., Carver B. F., Zhou W. C. *Theoretical and Applied Genetics*. 2006. 112. P. 688-698.
99. Collins N. C., Tardieu F., Tuberosa R. Quantitative trait loci and crop performance under abiotic stress: Where do we stand? *Plant Physiology*. 2008. 147. P. 469-486.
100. Tanksley S. D., McCouch S. R. Seed banks and molecular maps: Unlocking genetic potential from the wild. *Science*. 1997. 277. P. 1063-1066.
101. Tanksley S. D., Nelson J. C. Advanced backcross QTL analysis: A method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted

germplasm into elite breeding lines. *Theoretical and Applied Genetics* 1996. 92. P. 191-203.

102. Advanced backcross QTL analysis for the identification of quantitative trait loci alleles from wild relatives of wheat (*Triticum aestivum* L.) / Huang X. Q., Coster H., Ganai M. W., Roder M. S. *Theoretical and Applied Genetics*. 2003. 106. P. 1379-1389.

103. Advanced backcross QTL analysis in progenies derived from a cross between a German elite winter wheat variety and a synthetic wheat (*Triticum aestivum* L.) / Huang X. O., Kempf H., Ganai M. W., Roder M.S. *Theoretical and Applied Genetics*. 2004. 109. P. 933-943.

104. AB-QTL analysis in winter wheat: I. Synthetic hexaploid wheat (*T-turgidum* ssp *dicoccoides* x *T tauschii*) as a source of favourable alleles for milling and baking quality traits / Kunert A. [et al.]. *Theoretical and Applied Genetics*. 2007. 115. P. 683-695.

105. Nevo E., Chen G. X. Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. *Plant Cell and Environment*. 2010. 33. P. 670-685.

106. Breseghello F., Sorrells M. E. QTL analysis of kernel size and shape in two hexaploid wheat mapping populations. *Field Crops Research*. 2007. 101. P. 172-179.

107. Complete structure of the chloroplast genome of a legume, *Lotus japonicas* / Kato T. [et al.]. *DNA Research*. 2000. 7. P. 323-330.

108. Genetic dissection of grain yield in bread wheat. I. QTL analysis / Kuchel H. [et al.]. *Theoretical and Applied Genetics*. 2007. 115. P. 1029-1041.

109. Quantitative trait loci for yield and related traits in the wheat population Ning7840 x Clark / Marza F., Bai G. H., Carver B. F., Zhou W. C. *Theoretical and Applied Genetics*. 2006. 112. P. 688-698.

110. Mapping quantitative trait loci controlling agronomic traits in the spring wheat cross RL4452 x 'AC Domain' / McCartney C. A. [et al.]. *Genome*. 2005. 48. P. 870-883.

111. Dissecting gene x environmental effects on wheat yields via QTL and physiological analysis / Snape J. W. [et al.]. *Euphytica*. 2007. 154. P. 401-408.
112. Markers associated with a QTL for grain yield in wheat under drought / Kirigwi F. M. [et al.]. *Molecular Breeding*. 2007. 20. P. 401-413.
113. Heat and drought adaptive QTL in a wheat population designed to minimize confounding agronomic effects / Pinto R. S. [et al.]. *Theoretical and Applied Genetics*. 2010. 121. P. 1001-1021.
114. Advanced backcross QTL analysis for the identification of quantitative trait loci alleles from wild relatives of wheat (*Triticum aestivum* L.) / Huang X. Q., Coster H., Ganal M. W., Roder M. S. *Theoretical and Applied Genetics*. 2003. 106. P. 1379-1389.
115. Advanced backcross QTL analysis in progenies derived from a cross between a German elite winter wheat variety and a synthetic wheat (*Triticum aestivum* L.) / Huang X. Q., Kempf H., Ganal M. W., Roder M. S. *Theoretical and Applied Genetics*. 2004. 109. P. 933-943.
116. AB-QTL analysis in winter wheat: I. Synthetic hexaploid wheat (*T. turgidum* ssp *dicoccoides* x *T. tauschii*) as a source of favourable alleles for milling and baking quality traits / Kunert A. [et al.]. *Theoretical and Applied Genetics*. 2007. 115. P. 683-695.
117. Snape J. W., Law C. N., Worland A. J. Chromosome variation for loci controlling ear emergence time on chromosome 5A of wheat. *Heredity*. 1976. 37. P. 335-340.
118. Agronomic performance of hard red spring wheat isolines sensitive and insensitive to photoperiod / Dyck J. A. [et al.]. *Crop Science*. 2004. 44. P. 1976-1981.
119. An update of the Courtot x Chinese Spring intervarietal molecular marker linkage map for the QTL detection of agronomic traits in wheat / Sourdille P. [et al.]. *Theoretical and Applied Genetics*. 2003. 106. P. 530-538.
120. Genetic analysis of the dwarfing gene (Rht8) in wheat. Part I. Molecular mapping of Rht8 on the short arm of chromosome 2D of bread wheat (*Triticum*

aestivum L.) / Korzun V. [et al.]. Theoretical and Applied Genetics. 1998. 96. P. 1104-1109.

121. Agronomic performance of *Rht* alleles in a spring wheat population across a range of moisture levels / Butler J. M. [et al.]. Crop Sci. 2005. 45. P. 939–947.

122. Докукіна К. І. Использование амфидиплоидов геномной структуры ABD для генетического улучшения мягкой пшеницы. Сучасні технології селекційного процесу сільськогосподарських культур: тези доп. міжнар. наук. симп. (7-9 лип.) / НААН, Ін-т рослинництва імені В.Я. Юр'єва. Харків, 2004. С. 38-39.

123. Dokukina K. Use of wheat synthetics to expand genepool of spring bread wheat regional conference “Diversity, characterization and utilization of plant genetic resources for enhanced resilience to climate change” (3-4 october). Azerbaijan, 2011. С. 152–154.

124. Докукіна К. І. Амфідиплоїди *Triticum durum* – *Aegilops tauschii* як вихідні форми для селекції пшениці м'якої ярої. Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин : тези міжнар. науково-практичної конф. присвяченої 100-річчю Національної академії аграрних наук України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. м. Харків , 4-5 липня 2018. С. 176 –177.

125. Рибалка О.І. Чужорідна генетична варіабельність у поліпшенні якості зерна пшениці. Цитология и генетика. 2008. № 4. С. 18-26.

126. Рибалка О.І., Моргун В.В., Моргун Б.В., Поліщук С.С. Генетичні основи нового напрямку селекції оригінальних за якістю зерна класів пшениці (*Triticum aestivum* L.) і тритикале (x *Triticosecale* Wittmack). Физиология растений и генетика. 2019. т. 51. № 3. С. 207-240.
Doi: <https://doi.org/10.15407/frg2019.03.207>

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА СХЕМА ДОСЛІДІВ, УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Загальна схема дослідів

Гібридизацію синтетиків з пшеницею м'якою ярою Харківська 26 та вивчення гібридних потомств проводили у два періоди (табл 2.1):

1) 2002 та 2003 рр. Від триразового беккросування гібридів сортом Харківська 26 та наступного чотириразового самозапилення і доборів одержано набір константних ліній типу пшениці м'якої ярої та спельти ярої, які вивчались у 2015–2020 рр.

2) 2015 та 2016 рр. для більш детального аналізу формотворчого процесу проведено новий цикл схрещувань між пшеницею Харківська 26 та синтетиками, потомство яких вивчалось у 2016–2020 рр.

Таблиця 2.1 – Загальний план досліджень

Роки досліджень	Етап роботи, предмет досліджень	Розділ дисертації
1	2	3
Перший цикл схрещувань		
2002–2005	Гібридизація синтетика <i>Triticum durum</i> Desf. / <i>Aegilops tauschii</i> Coss. IU013954 (♀) з сортом ярої м'якої пшениці Харківська 26 (♂). Одержання F ₁ , F ₂ , та беккросних поколінь BC ₁ –BC ₃ . Дослідження характеру успадкування ознак колоса.	3.1
2002–2005	Гібридизація синтетика <i>Triticum durum</i> Desf. / <i>Aegilops tauschii</i> Coss. IU013948 (♀) та сортом ярої м'якої пшениці Харківська 26 (♂). Одержання F ₁ , F ₂ та беккросних поколінь BC ₁ –BC ₃ . Дослідження характеру успадкування морфологічних та біохімічних ознак.	3.2

1	2	3
2006–2010	Добори та самозапилення у потомстві BC ₃	–
2011–2017	Визначення прояву та мінливості продуктивності та її елементів у константних інтрогресивних ліній із гібридів синтетиків з пшеницею м'якою	4
2015–2017	Визначення водоутримуючої здатності листя та колоса інтрогресивних ліній пшениці	5
2015–2018	Визначення вмісту сирової клейковини та індексу деформації клейковини у зерні 29 інтрогресивних ліній пшениці	6
2015–2018, 2020	Визначення вмісту білка у зерні 29 інтрогресивних ліній пшениці	6
Другий цикл схрещувань		
2015–2016	Гібридизація сорту ярої м'якої пшениці Харківська 26 (♀) з синтетиками <i>Triticum durum</i> Desf. – <i>Aegilops tauschii</i> Coss. IU13931, IU13933, IU13937, IU13948, IU13974 (♂).	3.3
2016–2018	Дослідження характеру успадкування ознак у гібридів F ₁ та F ₂	3.3

2.2 Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови проведення досліджень

Експериментальна частина дисертаційної роботи виконувалась у системі польових та лабораторних дослідів.

Дослідження проводили в 2002–2020 рр. в лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин Національного центру генетичних ресурсів рослин та на дослідних полях наукової сівозміни Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, яке розташоване в північно-східній часті лівобережного лісостепу України в 15 км від м. Харкова (Харківська обл., Харківський р-он).

Ґрунтовий покрив дослідних полів представлений типовим слабовилугованим важкосуглинистим пілуватого потужним чорноземом, глибоким, середньогумусним, важко суглинковим на лесовій породі з товщиною гумусового шару до 75 см за вмісту гумусу 4,9–5,1 % з запасами поживних речовин 0,29 % азоту, 0,17 % фосфору і 1,95 % калію. Гідролітична кислотність 3,29 мм на 100 г ґрунту, РН 5.8. Ґрунтові води залягають на глибині 15–20 м, що робить їх не доступними для сільськогосподарських рослин. Внаслідок цього основну вологу рослини отримують з атмосферних опадів [1].

У північно-східній частині зони лісостепу клімат помірно-континентальний, що характеризується сухими східними вітрами, значними перепадами температур та відносною вологості повітря в літній період.

У роки з тривалою відсутністю опадів в поєднанні з високою температурою повітря, відносно низькою вологістю й вітром створюються умови для засушливих й суховійних явищ, що призводить до суттєвих коливань урожаю зерна. Середньорічна температура повітря складає 6–8 °С, а за вегетаційний період пшениці 14–16 °С. Сума ефективних температур близько 2700 °С. Середня тривалість вегетаційного періоду ярої пшениці становить в середньому 91 добу; кількість опадів за рік 450–650 мм та біля 270 мм за вегетаційний період з температурою повітря більше +10 °С. При цьому ГТК становить 1,0 [2].

Зимовий період малосніжний, з частими та глибокими відлигами. Переважаючі вітри – східного та південно-східного напрямку. Середня тривалість безморозного періоду становить 115 діб. Перехід середньодобової температури через 0 °С відбувається 20–25 березня, інколи на 8–10 добу раніше або пізніше. Весняні приморозки припиняються в 3 декаді квітня, але в деякі роки спостерігаються і в травні.

Літні місяці характеризуються високою температурою повітря.

У літні місяці середньодобова температура у червні 19,3 °С, у липні вона складає 21,3 °С. Максимальна температура повітря досягає 38–39 °С, а на

поверхні ґрунту 50 °С. Вітри переважно західного та північно-західного напрямку.

Розподілення опадів нерівномірне впродовж року. Найбільша їх кількість випадає в липні – 75,9 мм, а в травні та червні відповідно 51,4 мм і 70,2 мм. Березень та квітень характеризуються невеликою кількістю опадів. Найбільша кількість діб з опадами приходилась на літо 35–40 діб. Середня багаторічна відносна вологість повітря становить 63 %.

У 2002 році середньодобова температура квітня – червня була вище середньої багаторічної на 2,2 °С – 1,2 °С відповідно. У липні спостерігалось температура повітря 26,3 °С, що перевищує середню багаторічну температуру на 5 °С і є максимальним значенням за роки досліджень. Кількість опадів за квітень – червень місяці була нижче за середню багаторічну на 19 мм, 29,4мм та 21 мм відповідно. У липні навпаки спостерігалось підвищення кількості опадів – 104,3 мм , що перевищує на 44,3 мм та на 73,8 % багаторічні дані відповідно.

У 2003 р. середньодобова температура в квітні становила 8,5 °С, а кількість опадів відмітили на 26 мм, тобто на 76,5 % нижче за середню багаторічну. В травні температура була вище середньодобової на 3,5 °С, а за кількістю опадів на 26,4 % менше за середню багаторічну. У червні та липні навпаки були умови на рівні середніх багаторічних за температурою, а за кількістю опадів перевищували багаторічні дані на 59 % та 208 % відповідно.

Весняний період 2004 р. був досить вологим. У квітні температура повітря відмічалася на рівні з середньої багаторічної, а у травні нижче за середньою на 1,1 °С. За ці два місяці сума опадів складала 135,5 мм. Кількість опадів у травні спостерігалось на 54 мм (108 %) вищих за середньобагаторічну. У червні спостерігалось зниження середньодобової температури до 18,9 °С (середньобагаторічна 19,3 °С), кількість опадів нижча за багаторічні дані на 19,8 %. У липні сума опадів становила 101 м , що вище за середні багаторічні на 68,3 мм.

Квітень 2005 р. характеризувався температурою, вищою за норми на 4 °С, сума опадів зафіксували менше норми на 52,6 % . У травні температура була підвищена на 4,1 °С, сума опадів становила 37,2 мм. У червні середня добова температура становила 18,7 °С та сума опадів була більше за середню багаторічну на 91,3 мм – 149,7 % . Середньомісячна температура липня перевищувала середню багаторічну на 0,7 °С. Сума опадів за місяць спостерігалася вище за середню багаторічну на 60 мм.

Середньодобова температура в квітні 2006 р. була відмічена нижче за норму на 0,7 °С. Кількість опадів в травні перевищувала норму на 22,5 мм. В травні температура повітря була на рівні багаторічної норми. Кількість опадів в травні перевищувала середню багаторічну на 14 мм. Середньодобова температура липня була на 1,3 °С нижчою від багаторічної, а кількість опадів склала лише 16,5 мм, що на 43,5 мм нижче багаторічної. У 2006 р. вегетативний період був оптимальним для пшениці.

У 2007 р. погодні умови квітня були прохолодними, кількість опадів в квітні становила 17,5 мм. У травні температура повітря спостерігалася вище багаторічної на 2,3 °С. В червні сума опадів за декаду була на 33 мм вищою від норми, температура повітря нижче рівня багаторічної на 1,1 °С . В липні середньодобова температура повітря знаходилась в межах середньої багаторічної, кількість опадів була меншою на 28,3 %.

Середньодобова температура повітря в квітні 2008 р. становила 11,1 °С, а кількість опадів перевищувала середню багаторічну на 41,7 мм. У травні спостерігався знижений температурний режим, що був на 1,8 °С менше за багаторічні дані. В червні та липні були умови на рівні середньо багаторічних за температурою повітря та кількості опадів.

Середньодобові температури в квітні 2009 р. були нижчими від багаторічних значень на 0,5 °С. Значно меншою була і кількість опадів – на 30,8 мм, що характеризує цей місяць як прохолодний і сухий. Такі умови спричинили нерівномірну появу сходів, що негативно позначилось на густоті посівів. У

травні спостерігався знижений температурний режим з кількістю опадів в межах норми. Середньодобова температура повітря в червні була більшою за багаторічну на 2,2 °С, а кількість опадів меншою на 37,4 мм порівняно до середньобагаторічної норми, що негативно вплинуло на формування та досягання зерна. В липні температура повітря наближалась до середньобагаторічних показників середньодобової температури повітря 22,6 °С та кількості опадів 96мм. Загалом весняно-літній період вегетації 2009 року можна охарактеризувати як посушливий та теплий.

Середньомісячна температура в квітні 2010 р. складала 10,3 °С , що перевищувало багаторічні показники на 1,1 °С. Сума опадів за місяць складала 13,4 мм. В травні температура повітря становила 17,7 °С , що було вище за середню багаторічну на 2,1 °С. Кількість опадів за травень становила 63 мм. Червень 2010 р. виявився спекотним, середньомісячна температура повітря становила 22,8 °С і була вищою за норму на 2,1 °С. Сума опадів в червні складала 26 мм. У липні середньомісячна температура повітря становила 24,7 °С, що на 3,5 °С вище за норму. Сума опадів за липень становила 102,2 мм.

У 2011 р. температура вегетаційного періоду перевищувала багаторічну на 1,7 °С. У квітні опадів було на 51,2 % нижче, ніж за середніми багаторічними даними, травень та липень були на рівні середньо багаторічних за кількістю опадів. У червні спостерігалось значне підвищення кількості опадів, що перевищило норму на 134 мм, 219,7 %.

2012 р. характеризувався як дуже посушливий, у квітні - липні кількість опадів була низькою (1,1 мм, 27 мм, 48 мм, 20 мм відповідно) та середньодобова температура була більшою за багаторічні показники на 4 °С.

Середньомісячна температура квітня, травня та червня 2013р. значно перевищувала середню багаторічну – на 3,6 °С в квітні, 5,7 °С в травні, 3,8 °С в червні. Температура липня відмічена на рівні середньої багаторічної 21,3 °С. Сума опадів квітень – червень значно менше показників середньої багаторічної на 93,8 % , 28 % , 14,7 % відповідно. Сума опадів у липні перевищувало середнє

багаторічне значення на 11,6 %. Тобто вегетаційний період був жарким і посушливим.

У 2014 р. температура була на рівні середньої багаторічної, але за кількістю опадів значно перевищувала середні багаторічні показники квітня – червня на 13 мм, 20 мм, 67 мм, або 61,8 %, 28,6 %, 116 % відповідно.

У 2015 р. температура була близькою до середньої багаторічної. Сума опадів у червні становила 104 мм, що на 70 % більше за середню багаторічну. У липні, у період наливу й досягання зерна, випало 42,6 мм опадів, що на 29 % менше середньої багаторічної, отже цей період був посушливим.

У 2016 р. температура на рівні середніх багаторічних показників. Сума опадів у червні становила 43 мм, що на 29,5 % менше за середню багаторічну. У липні, у період наливу й досягання зерна, випало 106 мм опадів, що на 76,6 % перевищило багаторічну величину і сприяло більшій продуктивності рослин пшениці.

2017 р. також характеризувався температурними умовами близькими до середніх багаторічних. Сума опадів у травні, червні та липні була менше середньої багаторічної відповідно на 14 мм, 43 мм і на 28 мм, або на 28 %, 70,59 % та 46,7 %. Отже рік характеризується як посушливий.

У 2018 р. середньодобова температура відмічалася як вища за середню багаторічну. У червні температура становила 21,6 °С, сума опадів була 43 мм, що на 29,5 % менше за середню багаторічну; у липні кількість опадів становила 29 мм, тобто на 51,7 % менше середньої багаторічної, отже рік також був посушливим.

У 2019 р. вегетаційний період спостерігався жарким і посушливим. Середньодобова температура за квітень - червень, перевищила багаторічні дані на 2,3 °С, 2,8 °С, 5,4 °С відповідно. Середньодобова температура липня була на рівні середньої багаторічної 22 °С. Кількість опадів в квітні була вище за середню багаторічну на 10 мм, в травні також нижче середньої багаторічної на 7 мм, а в червні 15,2 мм- нижче на 45,8 % середньої багаторічної, у період

наливу й досягання зерна - липні меншою від середньої багаторічної на 3 мм або 5 % .

У 2020 р. погодні умови. відзначились великою кількістю опадів у травні – 108 мм за норми 50 мм, дефіцитом у червні – відповідно 15,2 мм і норми 60 мм і перевищенням середньої багаторічної у липні – 107мм і 60 мм. При цьому температура повітря в усі місяці була близькою до середньої багаторічної. Отже, умови року характеризуються як у цілому вологі.

Таким чином, у роки досліджень спостерігали значні відмінності за основними метеорологічними показниками, що створило умови для вивчення прояву, мінливості та успадкування ознак в умовах східної частини Лісостепу України.

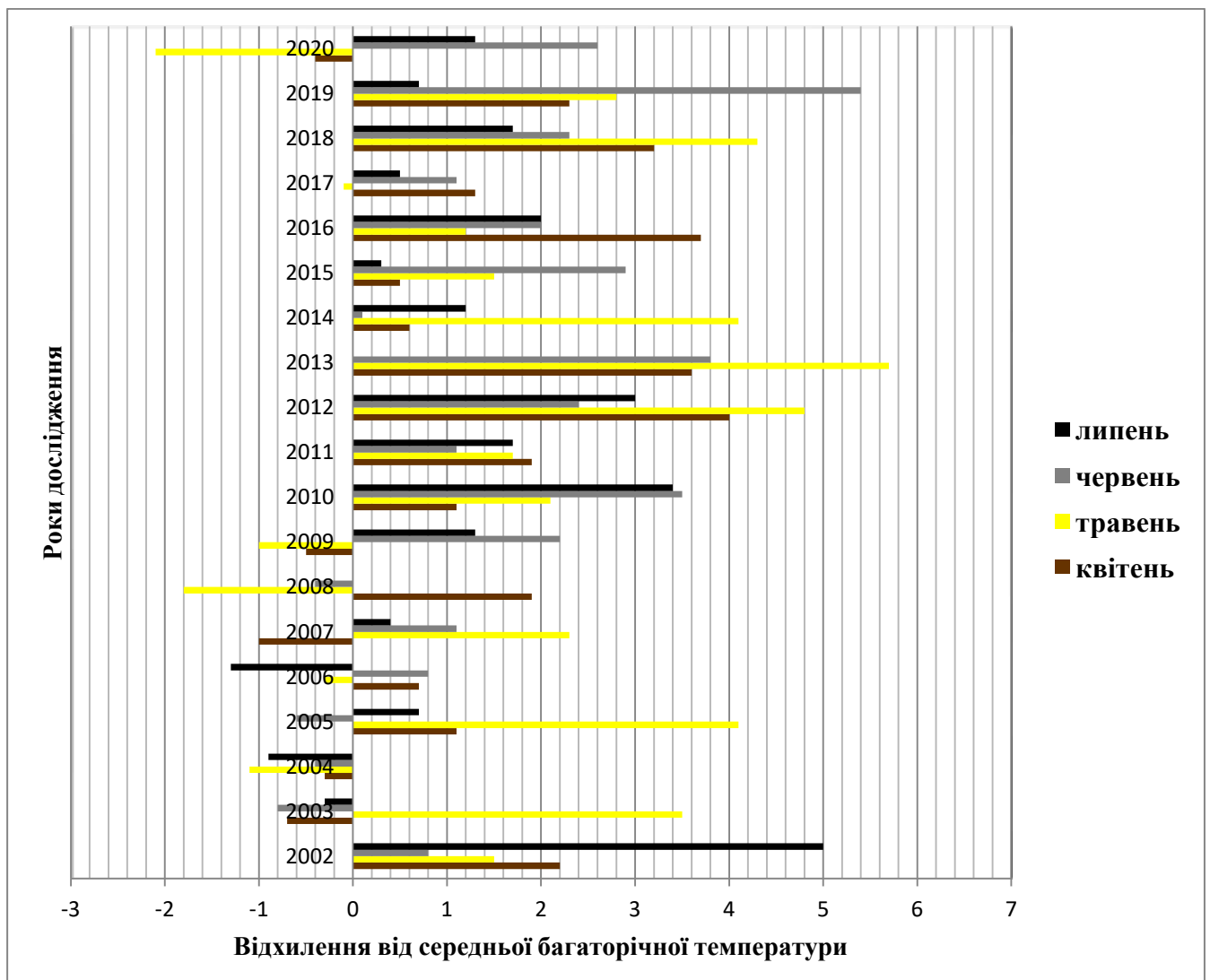


Рисунок 2.1 – Відхилення температури повітря ($^{\circ}\text{C}$) від середньої багаторічної в роки проведення досліджень, 2002–2020 рр.

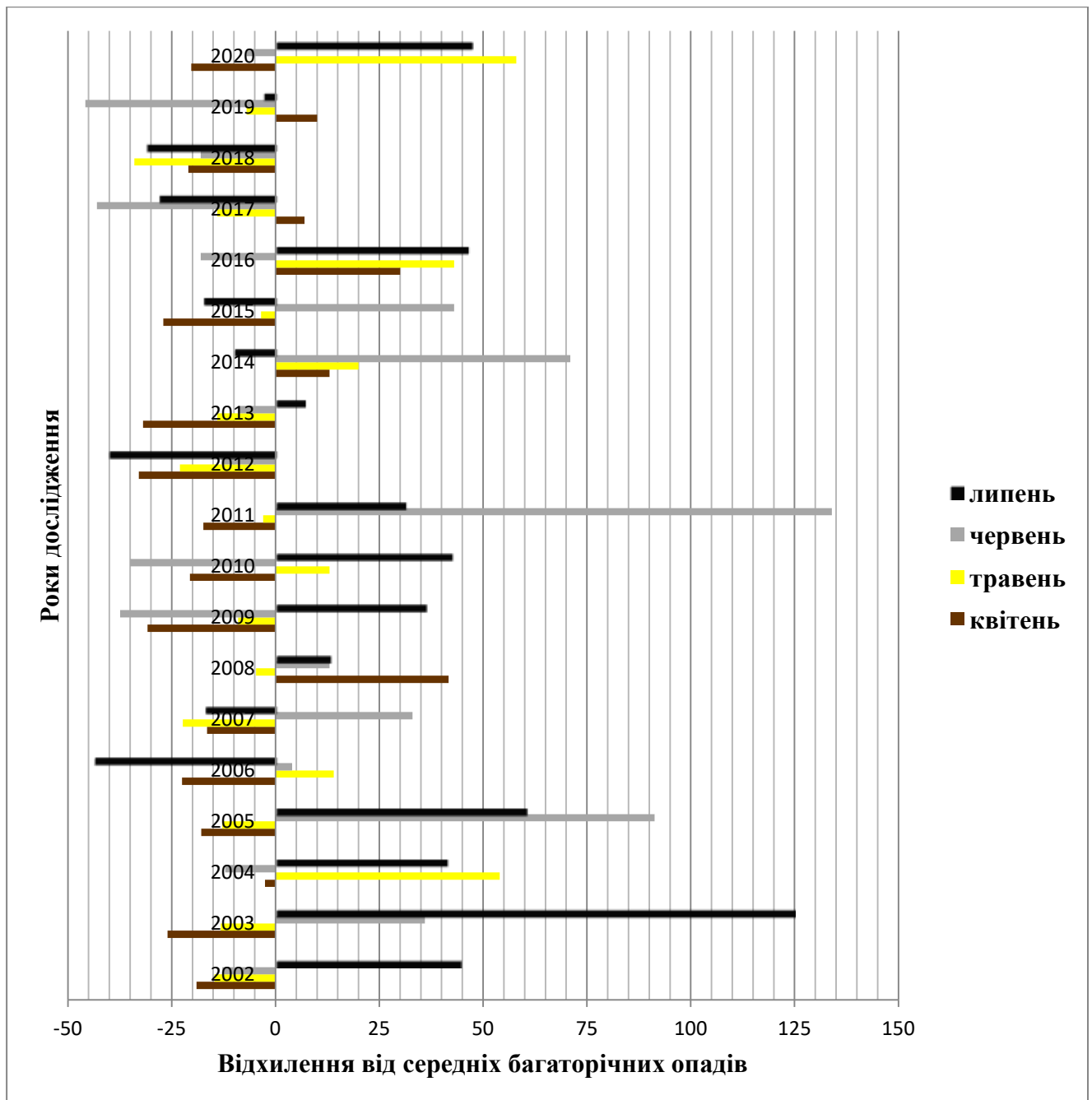


Рисунок 2.2 – Відхилення кількості опадів (мм) від середньої багаторічної за місяцями в роки проведення досліджень, 2002–2020 рр.

2.3 Матеріал досліджень

Матеріалами для досліджень нами використано первинні амфідиплоїди (АД) *T. durum* / *Ae. tauschii* та *T. persicum* / *Ae. tauschii* ($2n = 42$), надані Національному центру генетичних ресурсів рослин України Міжнародним центром покращення кукурудзи і пшениці (СІММУТ, Мексика), створені в умовах тропічного клімату (Мексика) для покращення господарських цінних

ознак існуючих сортів пшениці. Було передано 99 синтетичних форм, що були одні з найкращих з 521 синтезованої форми, з яких життєздатними в умовах східного лісостепу України виявились лише 24 зразка. За комплексом морфологічних ознак вони є типовими спельтоїдами, що наближені до азійської спельти (*T. spelta subsp. kuckuckianum*). Один синтетик - *T. persicum* / *Ae. tauschii* Coss одержано з Університету м. Кіото, Японія.

Материнськими компонентами (отже джерелами цитоплазми) цих амфідиплоїдів служили сорти твердої пшениці мексиканського інтенсивного екотипу.

Ці амфідиплоїди були попередньо досліджені в умовах східного Лісостепу України (Харківська обл.) [3], і за результатами цих досліджень відібрано вісім кращих із них для схрещувань з м'якою пшеницею (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Амфідиплоїди, які використані у дослідженні

№ зразка у колекції НЦГРРУ	Родовід	Установа, походження
IU013931	<i>T. durum</i> D67.2 / P66.270 // <i>Ae. tauschii</i> (217) CIGM88.1209-OB	CIMMYT, Мексика
IU013933	<i>T. durum</i> D67.2 / P66.270 // <i>Ae. tauschii</i> (218)	CIMMYT, Мексика
IU013937	<i>T. durum</i> DVERD_2 / <i>Ae. tauschii</i> (221)	CIMMYT, Мексика
IU013948	<i>T. durum</i> 68112 / WARD // <i>Ae. tauschii</i> (369) CIGM88.1313	CIMMYT, Мексика
IU013954	<i>T. durum</i> DOY1 / <i>Ae. tauschii</i> (515) CIGM90.566	CIMMYT, Мексика
IU013993	<i>T. durum</i> ARLIN / <i>Ae. tauschii</i> (283) CIGM92.1647	CIMMYT, Мексика
IU014009	<i>T. durum</i> CROC_1 / <i>Ae. tauschii</i> (517) CIGM93.266	CIMMYT, Мексика
IU014011	<i>T. durum</i> DVERD_2 / <i>Ae. tauschii</i> (1027) CIGM93.300	CIMMYT, Мексика
IU013974	<i>T. durum</i> D67.2 / P66.270 // <i>Ae. tauschii</i> (257) CIGM90.808	CIMMYT, Мексика
UA0500029	AD221-4 (<i>T. persicum</i> / <i>Ae. tauschii</i>)	Університет м. Кіото, Японія

Рекурентним батьківським компонентом слугував сорт пшениці м'якої ярої Харківська 26 селекції Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, який у роки досліджень був національним стандартом і характеризується червоним зерном, з білим безостим не опушеним колосом, м'якими колосковими лусками, які обумовлюють легкий вимолот зернівок (*var. lutescens* Körn.).

2.4 Методика досліджень

Досліди проводили у 2002–2020 рр. на експериментальній базі Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. Умови років вивчення були в цілому сприятливими для розвитку рослин батьківських компонентів та гібридів і прояву ними морфологічних ознак. Разом з цим, спостерігався достатній природний фон для оцінки рослин на стійкість проти листових хвороб.

Польову оцінку та опис амфідиплоїдів, їх гібридів з пшеницею, а також гібридних сімей проводили згідно з Методичними вказівками Всесоюзного науково-дослідного інституту рослинництва ім. М.І. Вавилова (ВІР) [4]. Рекурентним батьківським компонентом у схрещуваннях з амфідиплоїдами та стандартом служив сорт ярої м'якої пшениці Харківська 26. Посів батьківських компонентів та гібридів здійснювався за загальноприйнятою методикою, у рядки, розташовані впоперек полос шириною 1 м при відстані між полосами 50 см; ширина міжрядь 15 см. Амфідиплоїди кожного року висівались необмолоченими колосками з розрахунку 50 зерен (25 колосків) на рядок. Розмір ділянок батьківських компонентів 1 м², гібридів – у залежності від наявності насіння, від 1 рядка до 1 м². При посіві сімей F₃ та F₄ та беккросних поколінь BC₁–BC₃ стандарт – рекурентний сорт Харківська 26 розміщали через кожні 20 ділянок. Гібридизацію проводили загальноприйнятим способом з запиленням твелл-методом [5] та ручного нанесення пилку на приймочку. Для беккросування в F₁ брали не менше 30 колосів, в подальших поколіннях намагались беккросувати колоси всіх морфологічних типів, по кожному з яких

запилювали по 190–215 квіток. За допомогою індивідуальних ізоляторів, виготовлених з пергаменту, забезпечували запобігання неконтрольованому запиленню. Зав'язуваність гібридних зернівок виражали у відсотках за відношенням кількості зернівок до кількості квіток у колосі. В F_2 вивчали за морфологічними ознаками 350–400 рослин. Добори у гібридних поколіннях проводили у напрямку фенотипу м'якої пшениці. Збирання врожаю проводилась вручну серпом або з коренем.

Впродовж вегетаційного періоду здійснили наступні спостереження: фенологічні (сходи, колосіння, воскова та повна стиглість), стійкість проти вилягання за 9 бальною шкалою, загальний стан ділянок за 9 бальною шкалою, стійкість до хвороб, параметри рослини – довжина міжвузля, продуктивна кущистість, оцінка життєздатності гібридних зернівок за кількістю рослин на ділянку за відношенням до кількості висіяних зерен у відсотках.

Аналіз морфологічних ознак та елементів продуктивності виконали на виборці з 20 рослин кожної з батьківських компонентів, а у гібридних поколінь – усіх рослин. Структурний аналіз проводили у ліній за такими ознаками: продуктивність основного колоса, маса 1000 зерен, висота рослини, довжина, щільність і кількість зерен колоса.

Показники седиментації борошна та електрофоретичних спектрів запасних білків зерна визначали у лабораторії якості зерна Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. Аналізували батьківські форми та покоління беккросів BC_2 і BC_3 . Показник седиментації визначали за методикою О.І. Рибалка [6]. Електрофорез гліадинів зернівки проводили за методикою Ф.А. Поперелі., 1996 [7].

Аналізували показники якості зерна у лабораторії генетики, біотехнології та якості зерна Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. Вміст білка в зерні визначали на приладі ІнфраЛЮМ ФТ-10. Якість клейковини – індексом деформації клейковини (ІДК) за допомогою приладу ВДК-1 М за методикою [6].

Оцінку екологічної пластичності та стабільності виконували за методикою S.A. Eberhart and W.A. Russel [8]. Згідно цій методиці, показником екологічної пластичності є b_i – коефіцієнт регресії параметра на індекс умов року. Як показник стабільності використано S_d – середньоквадратичне відхилення параметра від лінії регресії. Лінії, коефіцієнт регресії b_i яких значно нижче одиниці, віднесено до нейтрального типу (з низькою екологічною пластичністю). Вони слабо реагують на вплив чинників середовища, не можуть досягати високих результатів, але за несприятливих умов у них менше знижуються показники. Лінії, коефіцієнт регресії яких значно вище одиниці, віднесено до інтенсивного типу, вони добре реагують на поліпшення умов вирощування, але за несприятливих умов у них різко знижується продуктивність. У ліній з коефіцієнтом регресії, що дорівнює або близький до одиниці (висока екологічна пластичність), мінливість показників відповідає мінливості умов середовища. На хорошому агрофоні вони високі, а на низькому – незначно знижуються. Нульове або близьке до нуля значення коефіцієнта регресії показує, що зразок не реагує на зміну середовища. Коефіцієнт стабільності S_d показує середньоквадратичне відхилення параметра від лінії регресії: чим воно менше, тим стабільнішим є сорт за відповідною ознакою.

Математичну обробку здійснювали загальноприйнятими методами варіаційної статистики (Б.О. Доспехов, 1985) [9] та гібридологічного аналізу за П.Ф. Рокицьким., 1978 [10].

Стійкість рослин до вилягання визначали на початку вилягання та перед збиранням урожаю окомірно за методикою Держкомісії за п'ятибальною шкалою. [11]

Ступінь домінування ознак в F_1 визначали за методикою G. M. Veil и R. E. Atkins [12]. Домінування зі ступенем за абсолютною величиною більшим за 0,0 і до 0,33 вважали слабким, від 0,34 до 0,66 – середнім, від 0,67 до 1,0 – сильним.

Оцінку успадкованості ознак у широкому та вузькому розумінні проводили у відповідності до методики П. Ф. Рокицького [10]. Коефіцієнти успадкованості ознак в широкому розумінні (H^2) визначали через варіанси

батьків і гібридів [13], у вузькому розумінні (h^2) – як коефіцієнти регресії між значеннями ознак батьків і нащадків [14]. Коефіцієнти успадкованості, подібно до ступеня домінування, класифікували як низькі – від 0,0 до 0,33; середні – від 0,34 до 0,66; високі – від 0,67 до 1,0.

Частоту (Тч) та ступінь (Тс) трансгресії за ознаками визначали за методикою Г. С. Воскресенської та В. І. Шпота [15].

Коефіцієнти парної кореляції Пірсона між рівнями прояву ознак обраховували за допомогою комп'ютерної програми Excel.

Важкість вимолоту оцінювали шляхом пропускання колосів через колосову молотарку моделі МКС-1МА. Виділяли три ступені прояву ознаки: важкий вимолот – вимолочується до 10 % зернівок від загальної кількості, середній – вимолочується від 40 до 60 % зернівок, легкий – вимолочується 80–100 % зернівок.

Водоутримуючу здатність оцінювали за зворотнім показником – коефіцієнтом вологовіддачі, який визначали згідно методики Н. Н. Кожушко [18].

Коефіцієнт вологовіддачі a розраховували за формулою:

$$a = \frac{B-b}{B} \text{ г/г сухої маси,}$$

де: B – вихідна сира маса, г; b – маса після зав'ядання, г; B – суха маса, г.

Висновки до розділу 2

Агрометеорологічні умови за роки досліджень дозволили провести всебічну оцінку дослідного матеріалу, встановити рівні прояву якісних і кількісних ознак та їх мінливість, виявити джерела цінних господарських ознак.

Використані у дослідженнях синтетичні пшениці *T. durum* / *Ae. tauschii* та *T. persicum* / *Ae. tauschii* (2n=42) Міжнародного центру покращення кукурудзи і пшениці (СІММУТ, Мексика) та рекурентний сорт Харківська 26 дозволили вирішити поставлені завдання досліджень.

Методики, застосовані при проведенні досліджень, дали змогу провести різнобічну оцінку вихідного матеріалу та одержаних гібридних потомств за якісними та кількісними ознаками, оцінити господарську цінність одержаних ліній.

Статистичні методи обробки експериментальних даних дозволили оцінити достовірність результатів досліджень і зробити обґрунтовані висновки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Почвенно-климатические условия зон области / Н. И. Полупан [и др.]. Научно обоснованная система земледелия Харьковской области. Харьков : Облполиграфиздат, 1988. С. 7-13.
2. Чернозёмы СССР (Украина) / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. – М.: Колос, 1981. – 256 с., Пастушенко В. О. Сівозміни на Україні / В. О. Пастушенко. – К.: Урожай, 1966. – 320 с.
3. Рожков Р.В. Новосельцева Н.П., Копитіна Л.П., Усова З.В. Успадкування ознак амфідиплоїдів *Triticum durum* Desf. – *Aegilops tauschii* Coss. у схрещуваннях з м'якою пшеницею. Селекція і насінництво. 2001. № 85. С. 98-108.
4. Мережко А. Ф., Удачин Р. А., Зуев В. Е. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале : методические указания / ВИР. Санкт-Петербург, 1999. 82с.
5. Общая селекция растений / Коновалов Ю. Б., Пыльнев В. В., Хуцацария Т. И., Рубец В. С. Санкт-Петербург : Лань, 2013. 480 с.
6. Наукове обґрунтування розробки нових методів оцінки хлібопекарської якості борошна пшениці / О.І. Рибалка, М.В. Червоніс, І.Г. Топораш, [та ін.] // Хранение и переработка зерна. – 2006. – № 1. – С. 43-48.
7. Попереля Ф.О. Три основні генетичні системи якості зерна озимої м'якої пшениці. Реалізація потенційних можливостей сортів та гібридів

Селекційно-генетичного інституту в умовах України : зб. наук. праць СГІ. Одеса, 1996. С. 117–132.

8. Eberhart SA, Russell WA. 1966. Stability parametrs for comaring varieties. *Crop Sci.* 6(1). P. 36–40.

9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — 5-е изд., доп. и перераб.—М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

10. Рокицкий П.Ф. Введение в статистическую генетику. — Минск: Высшая школа, 1978. 448с.

11. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ, 2000. — Вип. 1. — С. 5–100.

12. Beil G.M., Atkins R.E. 1965. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Jowa J Sci.* 39(3). P. 345–348.

13. Mahmud I., Kramer H. 1951. Segregation for yield, height and maturity following a soybean cross. *Agron. S.* 43(12). P. 605-609.

14. Федин М. А., Силис Д.Я., Смиряев А.В. Статистические методы генетического анализа. М.: Колос, 1980. 207 с.

15. Воскресенская Г.С., Шпота В.И. Трансгрессия признаков у гибридов BRASSICA и методика количественного учета этого явления. Доклады ВАСХНИЛ. 1967. №7. С. 18–20.

16. Кожушко Н. Н. Оценка засухоустойчивости культур. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям : методическое руководство / ВИР. Ленинград, 1988. 226 с.

РОЗДІЛ 3

ФОРМОТВОРЧИЙ ПРОЦЕС ПРИ ГІБРИДИЗАЦІЇ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЯРОЇ З СИНТЕТИКАМИ

3.1 Успадкування ознак колоса у гібридів між амфідиплоїдом *Triticum durum* Desf. / *Aegilops tauschii* Coss. IU013954 та сортом ярої м'якої пшениці Харківська 26

Визначення морфологічних ознак рослин, що можуть використовуватись як маркерні, і вивчення їх успадкування є актуальним з кількох точок зору. По-перше, це необхідний етап у генетичному картуванні. По-друге, маркерні ознаки полегшують ідентифікацію сортів рослин при тестуванні їх на охороноздатність, зокрема, стосовно відмітності при DUS-тестуванні. По-третє, вони можуть мати прямий чи непрямий зв'язок з господарськими цінними ознаками та властивостями сортів рослин.

Для пшениці одним з джерел таких ознак, зокрема, остистості та відсутності воскового нальоту, може служити дикорослий співродич – егілопс Тауша (*Aegilops tauschii* Coss., $2n = 14$); джерелом опушення колоскових лусок є деякі різновиди твердої пшениці (*var. melanopus, valenciae, apulicum, italicum* тощо). Оскільки ці види є близькими до родоначальників гексаплоїдних ($2n = 42$) видів пшениці підроду *Triticum*, до яких належить і головна хлібна культура людства – м'яка пшениця [1], їх геноми мають високий ступінь гомології одному з субгеномів пшениці. Отже, ознаки цих видів егілопса та пшениці досить легко можуть бути передані пшениці шляхом рекомбінації. Але проблемою є бар'єр важкої схрещуваності між цими видами, обумовлений різними рівнями плоїдності. Значно легше здійснюється перенос цінних генів, якщо замість егілопсу та пшениці твердої взяти амфідиплоїд геномної структури *ABD*, гомологічної геномові м'якої пшениці, у якому геном *D* поєднаний з геномом тетраплоїдної пшениці *AB*. При цьому можлива інтрогресія маркерних, а також інших цінних генів від обох компонентів

амфідиплоїду, що розширює можливості генетичного покращення сортів пшениці [2].

Джерелом досліджуваних морфологічних ознак – остистості, опушення колоскових лусок та відсутності воскового нальоту – послужив амфідиплоїд (АД) *T.durum* / *Ae.tauschii* ($2n = 42$) IU013954, родовід: DOY 1 / *Ae. tauschii* 515. Цей амфідиплоїд описаний авторами у числі кращих серед 521-ї синтезованої форми [2, 3]. Рекурентною батьківською формою використано один з кращих сортів пшениці м'якої ярої України – Харківська 26.

У схрещуваннях між амфідиплоїдом та м'якою пшеницею зав'язуваність гібридних зернівок дорівнювала 75–88 %, тобто була досить високою. Гібридні рослини F_1 були добре розвинені, озерненість колосів складала 94–99 %, пиляки були фертильними. Таким чином, урахувавши гомологію геномів батьківських компонентів, схрещування можна вважати конгруентними, отже можливо застосувати менделевський аналіз успадкування ознак.

У гібридів F_1 домінує відсутність остюків – з боку м'якої пшениці; опушення колоскових лусок, відсутність воскового нальоту, а також спельтоїдний комплекс: важкий вимолот зернівок, наявність широкого плеча на колоскових лусках, нещільний колос – з боку амфідиплоїда. За рештою фенотипових ознак гібридні рослини є проміжними між обома батьківськими формами.

В F_2 одержано вісім класів розщеплення за фенотипом (табл.3.1) з співвідношенням частот 27:9:9:9:3:3:3:1, що є статистично вірогідним: $\chi^2_{\text{ф}} = 4,48 < \chi^2_{\text{т}} = 6,35$, $P > 0,50$. При одноразовому беккросі (табл. 3.2) одержано чотири класи розщеплення з співвідношенням 1:1:1:1, також вірогідним: $\chi^2_{\text{ф}} = 1,75 < \chi^2_{\text{т}} = 2,37$, $P > 0,90$. Обидві схеми розщеплення як в F_2 , так і в BC_1 відповідають незалежному успадкуванню трьох пар ознак, кожна з котрих контролюється моногенно: остистість – безостистість; опушення колоскових лусок – відсутність опушення; наявність – відсутність воскового нальоту на колосі.

Щодо локалізації і характеру дії генів, які контролюють ці ознаки у межах природних видів пшениці – м'якої та твердої – існують різні дані.

У більшості вивчених зразків м'якої пшениці безостість контролюється одним домінантним геном *B1* у хромосомі *5AL*, який характеризується більш сильним фенотиповим ефектом, ніж інші описані гени. Є також дані про ген *B3*, локалізований у хромосомі *1D* [7], домінантний алель якого є інгібітором остистості. Разом з цим, Н.П. Гончаров [8] зазначає, що у джерела субгеному *D Ae. tauschii* ознака безостості контролюється скоріше за все рецесивним геном. У наших дослідженнях одним з батьківських компонентів гібриду була безоста м'яка пшениця Харківська 26, другим – остистий амфіплоїд, похідний від остистої твердої пшениці. Отже, безостість батьківської форми Харківська 26 і гібридів обумовлена скоріше за все геном *B1*.

Ознака опушення колоскової луски певною мірою пов'язана з адаптивністю до умов посушливого спекотного клімату і обумовлює зменшення перегріву колоса. У тетраплоїдних видів пшениці показаний моногенний контроль цієї ознаки домінантним алелем гену *Hg* і його локалізація у хромосомі *1A* як у м'якої пшениці, так і у синтетика *T.durum / Ae.tauschii* [9]. Оскільки ця ознака легко ідентифікується, її зручно використовувати як маркерну. Слід зазначити, що у внутрішньовидовому різноманітті *Ae.tauschii* відсутні форми з опушеними колосковими лусками. Зважаючи на те, що у синтетиків за участю цього виду і опушених форм твердої пшениці опушення колоса проявляється повною мірою, ген *Hg* є домінантним і епістатичним стосовно відповідного гену *D*-геному. Саме цей ген обумовлює опушеність колоскових лусок батьківського синтетика і гібридних рослин відповідних класів.

Рецесивний ген, що контролює відсутність воскового нальоту на рослинах, - *wl* локалізовано у хромосомі *2B* м'якої пшениці; домінантний ген-інгібітор воску *Iw* – у довгому плечі цієї ж хромосоми на відстані 42 % від центроміри [10]. У м'якої пшениці відсутність воскового нальоту на вегетативних органах зустрічається рідко. Гени, що її обумовлюють, були інтрогресовані у геном м'якої пшениці з споріднених видів: *W2^I* з *Ae. tauschii* [11]; ще один інгібітор *W1^I* описаний у *T. durum* [12].

Таблиця 3.1 – Класи розщеплення за поєднанням ознак у гібридів F₂ (АД *Triticum durum* / *Ae. tauschii* IU013954) /

Харківська 26.

Класи розщеплення за ознаками колоса			Кількість рослин у класі розщеплення		Частота класу за фенотипом	Показники елементів продуктивності колоса, $\bar{x} \pm s_x$		
наявність остюків	опушення	восковий наліт	фактична	очікувана		кількість колосків у колосі, шт.	маса зерна з колоса, г	маса 1000 зерен, г
АД <i>Triticum durum</i> Desf. / <i>Ae. tauschii</i>								
+	+	-	-	-	-	11,6±0,62	0,7±0,08	31,0±0,54
<i>T. aestivum</i> сорт Харківська 26								
-	-	+	-	-	-	17,0±0,46	1,2±0,11	36,1±0,40
Гібридна популяція F₂								
-*	+*	-	155	164	27	16,1±0,32	1,0±0,06	36,0±0,27
-	+	+	50	54	9	16,3±0,18	1,0±0,11	34,6±0,64
-	-	-	57	54	9	16,2±0,40	1,0±0,08	35,4±0,27
+	+	-	58	54	9	13,7±0,71	0,8±0,06	35,3±0,71
-	-	+	21	18	3	15,5±0,29	1,1±0,11	35,7±0,70
+	+	+	17	18	3	14,1±0,94	0,9±0,14	34,1±1,05
+	-	-	24	18	3	13,9±0,36	0,8±0,05	33,1±1,38
+	-	+	4	6	1	13,0±1,02	0,8±0,24	33,6±1,02
			$\Sigma_F = 386$		n=8			
			$\chi^2_{\phi} = 4,48; \chi^2_{\tau} = 6,35$					
			P > 0,50					

* + ознака наявна; - ознака відсутня

Таблиця 3.2 – Класи розщеплення за поєднанням ознак у ВС₁ гібридів (АД *Triticum durum* / *Ae. tauschii* IU013954) / Харківська 26²

Класи розщеплення за ознаками колоса			Кількість рослин у класі розщеплення		Частота класу	Показники елементів продуктивності колоса,		
наявність остюків	опущення	восковий наліт	фактична	Очікувана		кількість колосків у колосі, шт.	маса зерна з колоса, г	маса 1000 зерен
АД <i>Triticum durum</i> Desf. / <i>Ae. tauschii</i>								
+	+	-	-	-	-	11,6±0,62	0,7±0,08	31,0±0,54
<i>T. aestivum</i> сорт Харківська 26								
-	-	+	-	-	-	17,0±0,46	1,2±0,11	36,1±0,40
Гібридна популяція ВС ₁ (× Харківська 26)								
-	+	-	68	72	1	16,7±0,32	1,0±0,05	35,5±0,36
-	+	+	71	72	1	16,7±0,36	1,1±0,11	33,7±0,85
-	-	-	75	72	1	16,7±0,24	1,0±0,09	35,2±0,54
-	-	+	74	72	1	15,5±0,20	1,1±0,09	36,1±0,68
			Σ _F = 288					
			χ ² ф = 1,75					
			χ ² т = 2,37					
			P > 0,50					

Сорт твердої пшениці – родоначальник синтетика, використаного у нашому досліді, має восковий наліт на рослині; синтетик та гібрид F_1 від його схрещування з м'якою пшеницею позбавлені воскового нальоту. Таким чином, у нашому досліді проявляється дія домінантного гену – інгібітору воскового нальоту, успадкованого від *Ae. tauschii*, що дає підстави ідентифікувати його з $W2^I$.

Незалежність успадкування генів, що відповідають за три пари ознак, узгоджується з їх локалізацією у різних хромосомах геному амфідиплоїда. Це сприяє їх використанню як морфологічних маркерів для сортів пшениці.

Кінцевою метою гібридизації пшениці з спорідненими формами є одержання вихідного матеріалу для селекції, зокрема, за елементами продуктивності. В умовах східного лісостепу України вирішальною є продуктивність колоса, оскільки яра пшениця, як правило, дає один продуктивний пагін на рослину. У табл. 3.1 та 3.2 наведені показники кількості колосків у колосі, маси зерна з колосу та маси 1000 зерен у класах розщеплення за поєднанням морфологічних ознак відповідно в F_2 та BC_1 .

Виявилось, що в F_2 розмах прояву всіх трьох показників продуктивності колоса практично не виходить за межі батьківських компонентів. Загальний рівень прояву кількості колосків у колосі вище у класах безостих колосів порівняно з остистими. За масою зерна з колоса та масою 1000 зерен простежується така ж тенденція.

У BC_1 середні показники всіх трьох ознак для усіх класів розщеплення наближались до рекурентного сорту Харківська 26.

Таким чином, у даному схрещуванні в F_2 і BC_1 не виділено рослин з перевищенням кращого батьківського компоненту, який в разі успадкування цього перевищення у наступних поколіннях розглядався б як трансгресивний.

У гібридів F_1 між амфідиплоїдом *T. durum* / *Ae. tauschii* IU013954 та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 за більшістю ознак домінував амфідиплоїд: опушення колоскових лусок, відсутність воскового нальоту, а

також спельтоїдний комплекс: важкий вимолот зернівок, наявність широкого плеча на колоскових лусках, нещільний колос; лише за відсутністю остюків домінувала м'яка пшениця. За рештою фенотипових ознак гібридні рослини були проміжними між обома батьківськими компонентами.

Розщеплення в F_2 та BC_1 відповідало незалежному успадкуванню трьох пар ознак, кожна з котрих контролювалась моногенно: остистість – безостистість; опушення колоскових лусок – відсутність опушення; наявність – відсутність воскового нальоту на колосі. Незалежність успадкування генів, що відповідають за ці три пари ознак, узгоджується з їх локалізацією у різних хромосом геному амфідиплоїда IU013954. Це сприяє їх використанню як морфологічних маркерів для сортів пшениці.

В F_2 розмах прояву показників продуктивності колоса не виходив за межі батьківських компонентів. Загальний рівень прояву кількості колосків у колосі був вищим у класах безостих колосів порівняно з остистими.

У BC_1 середні показники всіх трьох ознак для усіх класів розщеплення наближались до рекурентного сорту Харківська 26.

3.2 Успадкування морфологічних і біохімічних ознак гібридами від схрещування амфідиплоїду *T. durum* Desf. / *Ae. tauschii* Coss. IU013948 та сортом ярої м'якої пшениці Харківська 26

Метою дослідження було встановити характер успадкування маркерних ознак у гібридів між штучними амфідиплоїдами геномної структури *ABD* та сортом м'якої пшениці Харківська 26.

Материнським компонентом був синтетик *T. durum* / *Ae. tauschii* ($2n = 42$) IU013948, родовід: 68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369). Цей синтетик описаний авторами у числі кращих серед 521-ї синтезованої форми [13, 14].

Синтетик IU013948 – це яра за типом розвитку форма. За комплексом морфологічних ознак він є типовим спельтоїдом. Колос нещільний, середньої

довжини, здебільшого 8–10 см, з 8–13 колосками. Колоскові луски сіро-димчасті на червоному фоні, жорсткі, міцні, обумовлюють дуже важкий вимолот зернин. Таким чином, в амфідиплоїді IU013948 домінує комплекс ознак дикої форми – *Ae. tauschii*, хоча базовий набір хромосом цього виду представлений однією дозою ($n=x=7$), а культурної, легко вимолочуваної батьківської форми – твердої пшениці – двома ($n=2x=14$). Колосіння та дозрівання амфідиплоїду наставало на 2–5 днів пізніше, ніж у м'якої пшениці Харківська 26.

Для синтетика IU013948 характерною є стерильність пиляків. Це веде до високого рівня череззерниці 30–60 %. Але маточки зберігали здатність до запліднення, тому спонтанне перезапилення з м'якою пшеницею щорічно призводило до появи значної кількості природних гібридів: від 12 до 57 % від усіх рослин на ділянці. З цієї причини колоси амфідиплоїдів ізолювали індивідуальними (колосовими) ізоляторами.

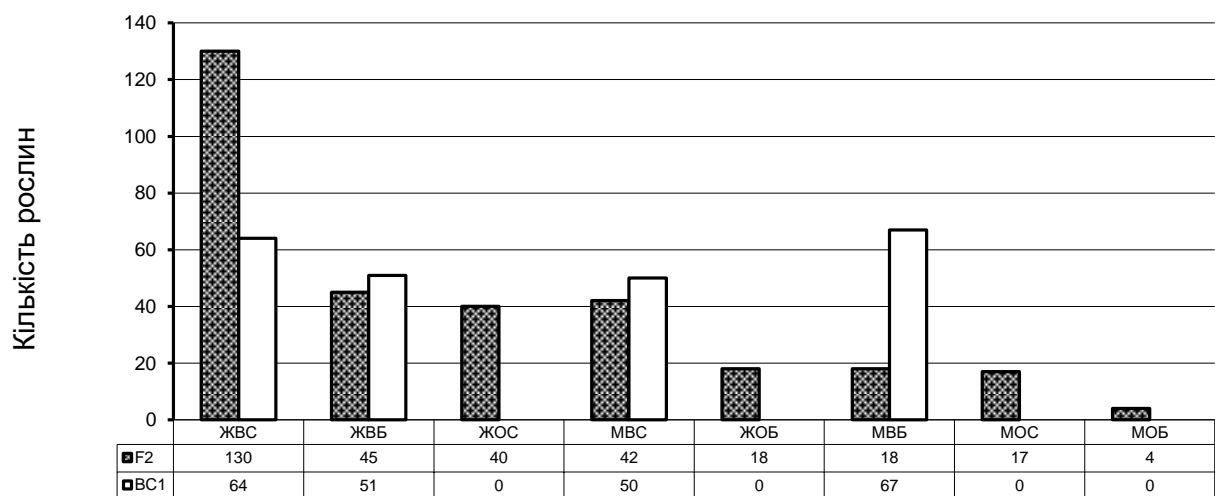
У 2002 та 2003 рр. синтетик схрещували як материнський компонент з сортом м'якої ярої пшениці Харківська 26. Зав'язуваність була порівняно високою 65–78 %.

У гібридах F_1 , які одержували двічі – у 2003 та 2004 рр., домінує спельтоїдний комплекс: важкий вимолот зернівок (обумовлений геном *Tg*, локалізованим у геномі *D Ae. tauschii* [15], наявність широкого плеча на колоскових лусках, нещільний колос, а також темне на червоному фоні забарвлення лусок – ознаки, успадковані від амфідиплоїду; безостість – від м'якої пшениці. За рештою фенотипових ознак гібридні рослини є проміжними між обома батьківськими формами.

У 2004 р. проводили аналіз розщеплення в F_2 та потомстві беккросу BC_1 гібридів, одержаних у 2002 р., за трьома ознаками колоса: важкістю вимолоту зернівок; забарвленням колоскових лусок та остистістю, результати наведено на рис. 3.1.

Дані F₂ та BC₁, одержані у 2005 р. для потомств гібриду 2003 р., подано у додатку Б. В F₂ одержано вісім класів розщеплення, в BC₁ – чотири класи, що свідчить про незалежне успадкування цих трьох ознак.

Найбільш цінним з точки зору селекційної практики є клас розщеплення, що складається з рослин, подібних за фенотипом до сорту Харківська 26. Таких рослин у другому поколінні одержано 18, після першого беккросу – 67. Це може забезпечити добір форм типу культурної пшениці, які найбільш відповідають вимогам селекції. Але при плануванні таких схрещувань слід урахувувати відповідний обсяг необхідної вибірки у поколіннях розщеплення.



Класи розщеплення за поєднанням ознак

Рисунок 3.1 Класи розщеплення за поєднанням ознак у рослин гібридів F₂ та BC₁ від схрещування (АД *Triticum durum* / *Aegilops tauschii* ІУ013948) / Харківська 26. 2004 р.

Класи розщеплення за ознаками: колоскова луска Ж – жорстка (вимолот важкий, домінантна ознака), М – м'яка (вимолот легкий, рецесивна ознака); В – відсутність остей (домінантна ознака), О – остистість (рецесивна ознака); С – сіро-димчасте забарвлення колоскових лусок – (домінантна ознака), Б – білі колоскові луски (рецесивна ознака).

Для F₂ $\chi^2_{\phi} = 2,55$, $\chi^2_{\tau} = 14,07$; для BC₁ $\chi^2_{\phi} = 3,97$, $\chi^2_{\tau} = 7,81$.

Синтетик ІУ013948 поступається батьківській формі – пшениці Харківська 26 за кількістю колосків у колосі, його озерненістю, отже масою зерна з колоса.

Разом з цим, у другому поколінні гібриду фенотипово проявились трансгресії за кількістю колосків (частота 3 %, ступінь 6–8 %) та зерен (відповідно 16 % та 9–29 %) у колосі, масою зерна з колоса (13 % та 7–25 %) та масою 1000 зерен (17 % та 9–36 %). Озерненість колоса у більшості гібридних сімей була вищою, ніж у синтетика, а зернівки, як правило, зав'язувались у 1 та 2 квітках колоска у верхній та нижній частинах колоса. У синтетиків же зернівки зав'язувались у середніх квітках і були більш рівномірно розподілені по усій довжині колоса.

У BC_2 за масою 1000 зерен (за показника рекурентного батька 38,2 г) виділились сім'ї 126-6/04 – 49,0 г та 125-1/04 – 47,4 г; ще 8 сімей незначно перевищують стандарт, інші ж або на рівні стандарту, або незначно поступаються йому за цими показниками.

Дворазове беккросування, як і слід очікувати, посилило прояв комплексу ознак рекурентного сорту – морфологічних, тривалості вегетаційного періоду, стійкості проти хвороб

Однією з головних ознак пшениці, поліпшення якої було метою цієї роботи, є якість зерна. Аналіз вмісту білка у ряду сімей показав, що у синтетика він складає 22,0 % при добрій виповненості зернівок, у більшості гібридних сімей 16,2–20,6 %, у стандарта Харківська 26 – 15,1 %.

Визначення показника седиментації борошна, який корелює з хлібопекарськими властивостями, показало, що у батьківського синтетика він становив 55 мл, у сорта Харківська 26 – 75 мл. Оскільки кількості зерен, одержаних з рослин ранніх поколінь, занадто мало для аналізу цього показника, його оцінку проводили у сімей BC_2 . У 60 проаналізованих сімей потомства другого беккросу цей показник становив від 76 до 92 мл. Це обумовлено зміною структури клейковинних білків внаслідок неалельної, можливо, комплементарної взаємодії відповідних генів. Зокрема, виділились відзначені вище крупнозерні сім'ї 126-6/04 та 125-1/04, а також 126-7/04. Причому нижчий показник 76–79 мл був характерний для безостих форм з білим та сіро-димчастим колосом, високий – від 85 до 92 мл для остистих форм. Лише одна сім'я з безостим забарвленим колосом мала показник седиментації 81 мл. Це

може свідчити про зчеплення генів, що контролюють високу седиментацію, з генами остистості (рецесивними).

Результати вивчення електрофоретичного складу гліадинів [16] показали (рис. 3.2) наявність у ряду сімей у α – зоні спектру білків з високою електрофоретичною рухомістю, які не є характерними для м'якої пшениці і, напевне, успадковані від *Ae. tauschii* (на рис.3. 2 вказані чорними стрілками). Ці компоненти маркують погіршення якості зерна: у сімей, що несуть ці блоки, показник седиментації становив 55–56 мл, тоді як у сорту Харківська 26 – 75 мл.

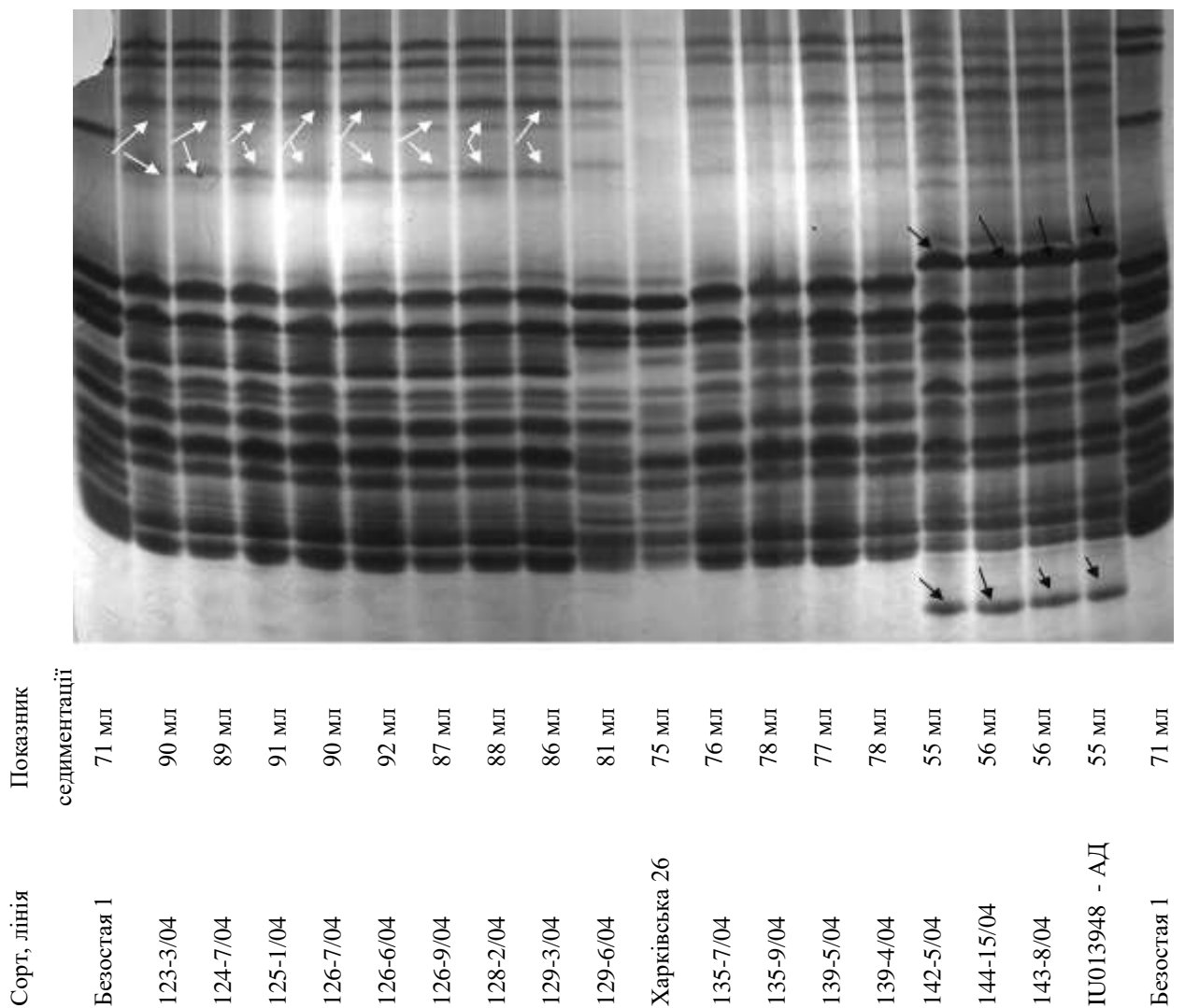


Рисунок 3.2 - Гліадиновий спектр гібридних сімей пшеничного типу BC_2

У сімей з високими показниками седиментації (85 мл і вище) ці компоненти відсутні.

У γ -зоні спектру білими стрілками показані блоки компонентів, присутність котрих маркує високу якість зерна. Цей блок виявлений у сім'ях з високими показниками седиментації.

Колективом дослідників [17] з використанням молекулярних маркерів було проведено визначення генетичного внеску синтетиків у селекційний матеріал (1600 ліній), створений у рамках глобальної програми CIMMYT. Встановлено, що внесок *D*-геному становить у середньому 17,5 % з відмінностями за геномними сегментами, що відображає різний ступінь тиску добору. Проведений паралельно аналіз родоводів показав, що у ліній – похідних синтетиків розрахований внесок *D*-геному становить 15,6 %. Це свідчить про ефективність використання синтетиків в інтрогресивній гібридизації. Зокрема, це підтверджено для показників якості зерна [18, 19].

У нашому випадку з 18 проаналізованих сімей у трьох (16,7 %) виявлено компоненти гліадинів, успадковані від *Ae. tauschii*.

Таким чином, у гібридів F_1 від схрещування пшениці Харківська 26 з синтетиком *T. durum* / *Ae. tauschii* IU013948 домінує спельтоїдний комплекс морфологічних ознак. Ознаки відмінності синтетика *T. durum* / *Ae. tauschii* IU013948 від м'якої пшениці: жорсткість колоскових лусок, наявність остей та сіро-димчасте забарвлення колоскових лусок – успадковуються незалежно кожна від інших. Отримано сім'ї, у яких рівень седиментації борошна значно перевищує цей показник у батьківських компонентів. Виявлено зв'язок високого показника седиментації з остистістю колосів. Здійснено інтрогресію в генотип м'якої пшениці генів амфідиплоїду, які контролюють гліадинові блоки, пов'язані з високими та низькими показниками седиментації.

3.3 Порівняльна характеристика успадкування ознак у гібридів пшениці м'якої ярої з синтетиками IU13931, IU13933, IU13937, IU13948, IU13974

Синтетики характеризуються частковою чоловічою стерильністю (до 6 %). При гібридизації їх як материнського партнера з пшеницею м'якою фертильність F_1 також була зниженою на 4–8 %. Це, можливо, пов'язано з ефектом цитоплазми, успадкованої від пшениці твердої, а також з неповною гомологією геномів синтетиків і пшениці м'якої. Тому проводили односторонні схрещування, де материнським партнером був сорт пшениці м'якої ярої Харківська 26, а чоловічим партнером – синтетики *T. durum* Desf. / *Ae. tauschii* Coss. (геном *ABD*, $2n = 42$, чоловіча форма), з номерами інтродукції Національного генбанку рослин України та родоводами: IU13931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217)); IU13933 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (218)); IU13937 (DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221)); IU13948 (68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369)); IU13974 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (257)). Для запобігання неконтрольованому перехресному запиленню, ізолювали по 20 колосів гібридів F_1 , і посів для одержання покоління F_2 проводили насінням від самозапилення.

Схрещування проводили у 2015 та 2016 рр. У 2017 та 2018 рр. були висіяні гібриди F_1 та F_2 поряд із батьківськими формами. Посів проводили рядками довжиною 1 м з міжряддям 15 см, в один рядок висівали 40 зерен. Умови років досліджень дозволили одержати життєздатні гібридні зернівки, виростити гібридні рослини й оцінити ознаки висоти рослин і продуктивності.

Ступінь домінування ознак в F_1 визначали за методикою G.M. Veil и R.E. Atkins [20]. Домінування зі ступенем за абсолютною величиною більшим за 0,0 і до 0,33 вважали слабким, від 0,34 до 0,66 – середнім, від 0,67 до 1,0 – сильним. Оцінку успадкованості ознак у широкому та вузькому розумінні проводили у відповідності до П. Ф. Рокицького [6]. Коефіцієнти успадкованості ознак в широкому розумінні (H^2) визначали через варіанси батьків і гібридів [21], у вузькому розумінні (h^2) – як коефіцієнти регресії між значеннями ознак батьків і нащадків [19]. Коефіцієнти успадкованості, подібно до ступеня

домінування, класифікували як низькі – від 0,0 до 0,33; середні – від 0,34 до 0,66; високі – від 0,67 до 1,0. Частоту (Тч) та ступінь (Тс) трансгресії за ознаками визначали за методикою Г. С. Воскресенської та В. І. Шпота [23].

Важкість вимолоту оцінювали шляхом пропускання колосів через колосову молотарку моделі МКС-1МА. Виділяли три ступені прояву ознаки: важкий вимолот – вимолочується до 10 % зернівок від загальної кількості, середній – вимолочується від 40 до 60 % зернівок, легкий – вимолочується 80–100 % зернівок. Класи з вимолотом зернівок у межах 11–39 % і 61–79 % були відсутні.

Рівні прояву ознак висоти рослин, характеристик головного колоса та маси 1000 зерен батьківських компонентів синтетиків є нижчими у порівнянні до материнського сорту Харківська 26. (табл. 3.3) Певною мірою наближаються до Харківської 26 зразки ІU13937 та ІU13948 за довжиною колоса, ІU13931 – за масою 1000 зерен.

Таблиця 3.3 – Прояв ознак у батьківських компонентів, 2016–2018 рр.

Батьківський компонент	Висота рослин, см	Параметри головного колосу				Маса 1000 зерен, г
		довжина, см	кількість колосків, шт.	кількість зерен, шт.	маса зерна, г	
Материнський компонент пшениці м'якої						
Харківська 26 ♀	85	8,0	17,4	35	1,3	35,0
Чоловічий компонент - синтетик						
ІU13931	58	5,5	10,2	17	0,6	32,3
ІU13933	52	6,0	12,4	26	0,8	29,4
ІU13937	60	7,5	11,3	18	0,5	28,0
ІU13948	72	7,7	13,1	28	0,8	30,2
ІU13974	60	6,4	10,5	21	0,7	31,1
НІР ₀₅	4,4	1,23	3,41	2,7	0,13	2,34

Рівні прояву ознак і ступені домінування у гібридів F₁ синтетиків з пшеницею м'якою представлено у табл. 3.4 і 3.5 відповідно. Успадкування

висоти рослин та маси зерна з колоса було проміжним, (D слабе, від - 0,2 до 0,2), лише у гібриду з ІУ13948 за висотою рослин у середньому ступені домінувала пшениця ($D = 0,4$). За довжиною колосу спостерігалось домінування ознаки пшениці Харківська 26 ($D = 0,6-1$), а у гібридів за участі синтетиків ІУ13937 і ІУ13948 наддомінування (D відповідно 4,6 і 8,3) за

Таблиця 3.4 – Прояв ознак в F_1 гібридів пшениці м'якої ярої Харківська 26 (♀) з синтетиками, 2016–2018 рр.

Чоловічий компонент - синтетики	Висота рослини, см	Параметри головного колосу				Маса 1000 зерен, г
		довжина, см	кількість колосків, шт.	кількість зерен, шт.	маса зерна, г	
ІУ13931	73,3	7,5	16,5	27	0,92	34
ІУ13933	69,8	7,9	15,6	32	1,09	34
ІУ13937	69,4	8,9	16,0	28	0,92	33
ІУ13948	81,2	9,1	16,0	33	1,09	33
ІУ13974	71,1	8,0	15,2	30	1,05	35

Таблиця 3.5 – Ступінь домінування ознак в F_1 гібридів пшениці м'якої ярої Харківська 26 (♀) з синтетиками, 2016–2018 рр.

Чоловічий компонент - синтетик	Висота рослини	Параметри головного колосу				Маса 1000 зерен
		довжина	кількість колосків	кількість зерен	маса зерна	
ІУ13931	0,13	0,60	0,75	0,11	-0,09	0,26
ІУ13933	0,08	0,90	0,28	0,33	0,15	0,64
ІУ13937	-0,25	4,60	0,54	0,18	0,06	0,43
ІУ13948	0,42	8,33	0,35	0,43	0,16	0,17
ІУ13974	-0,11	1,00	0,36	0,29	0,17	1,00

довжиною колоса. За кількістю колосків у колосі пшениця домінувала у ступені від слабого (IU13933) до сильного (IU13931), за кількістю зерен у колосі – від слабого до середнього. Ступінь домінування пшениці за масою 1000 зерен становив від слабого (IU13948) до повного (IU13974). У цілому слабе домінування рівнів прояву ознак пшениці мало місце у 16 випадках, середнє – у восьми, сильне – у чотирьох випадках; у двох випадках – наддомінування.

Визначені коефіцієнти успадкованості у широкому розумінні H^2 (табл. 3.6) були високими у переважній більшості випадків – 25 з 30, середніми – у чотирьох, слабкими – в одному.

Таблиця 3.6 – Коефіцієнти успадкованості ознак у гібридів пшениці

м'якої ярої Харківська 26 (♀) з синтетиками, 2017, 2018 рр.

Чоловічий компонент - синтетик	Висота рослини	Параметри головного колосу				маса 1000 зерен
		довжина	кількість колосків	кількість зерен	маса зерна	
Коефіцієнти успадкованості в широкому розумінні H^2						
IU13931	0,98	0,54	0,84	0,96	0,78	0,14
IU13933	0,99	0,65	0,78	0,87	0,91	0,88
IU13937	0,98	0,98	0,81	0,96	0,63	0,89
IU13948	0,93	0,99	0,79	0,73	0,89	0,85
IU13974	0,98	0,78	0,91	0,93	0,87	0,59
Коефіцієнти успадкованості у вузькому розумінні h^2						
–	0,58	0,09	0,03	0,52	0,62	0,29

Коефіцієнти успадкованості у вузькому розумінні h^2 визначались стосовно батьківських синтетиків. За всіма ознаками вони є значно меншими, ніж коефіцієнти успадкування у широкому розумінні. Значне перевищення H^2 над h^2 свідчить про переважання не аддитивного, а домінантного або епістатичного ефектів генів, і добір слід починати у більш пізніх поколіннях.

Певне зближення обох коефіцієнтів має місце за масою зерна з колоса у гібридів за участі синтетиків IU13931 та IU13937. Отже у цих гібридів доцільно починати добір у ранніх поколіннях за масою зерна з колоса.

Практичне значення має початок виділення з популяції розщеплення трансгресивних форм. Такі форми з'являлись у всіх п'яти комбінаціях за різними ознаками з частотою від 6 % до 8 % та ступенем трансгресії від 6 до 17 % (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Частота і ступінь трансгресії в F₂ гібридів пшениці м'якої ярої Харківська 26 (♀) з синтетиками (%), 2017, 2018 рр.,

Чоловічий компонент - синтетик	Висота рослини		Параметри головного колосу								маса 1000 зерен		
			довжина		кількість колосків		кількість зерен		маса зерна				
	Тч	Тс	Тч	Тс	Тч	Тс	Тч	Тс	Тч	Тс	Тч	Тс	
IU13931	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	14-17
IU13933	0	0	0	0	0	0	10	11-14	7	7-14	0	0	0
IU13937	0	0	6	6-10	0	0	0	0	6	10-14	0	0	0
IU13948	7	8-12	7	6-11	6	7-9	12	13-15	8	10-15	0	0	0
IU13974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	12-16	0

*Примітка: Тч - частота трансгресії
Тс - ступінь трансгресії*

У комбінації Харківська 26 / IU13948 трансгресивні рослини відмічені нами за п'ятьма ознаками: висотою рослини та параметрами головного колоса – довжиною, кількістю колосків і зерен, масою зерна. У потомстві гібриду за участі синтетика IU13933 спостерігались трансгресії за кількістю зерен у колосі та масою зерна з колоса, у гібриду з IU13937 – за довжиною колоса та масою зерна з колоса. У гібридів за участі синтетиків IU13931 і IU13974 спостерігались трансгресії за масою 1000 зерен. Невеликі частоти та ступені трансгресій узгоджуються з переважанням контролю ознак генами з неадитивним ефектом. Разом з цим, наявність трансгресій свідчить про те, що

такий геній контроль може обумовити підвищення рівня прояву ознак у пшениці м'якої.

Синтетикам властивий важкий вимолот зернівок, обумовлений геном Tg, локалізованим у геномі *D Ae. tauschii* [21]. У використаних у досліді синтетиків IU13931, IU13933, IU13937, IU13974 вимолот важкий, у синтетика IU13948 мав місце середній рівень важкості вимолоту.

У гібридів за участі цих синтетиків домінувала ознака, властива синтетикам – важкий вимолот зернівок. Розщеплення за цією ознакою в F₂ подано у табл. 3.8. Воно відповідає моногенній схемі з повним домінуванням

Таблиця 3.8 – Розщеплення за легкістю вимолоту в F₂ гібридів пшениці м'якої ярої Харківська 26 (♀) з синтетиками, 2017, 2018 рр.

Чоловічий компонент - синтетик	Кількість рослин F ₂				χ^2 за P=0,95	
	всього	у тому числі з вимолотом			1:2:1	3:1*
		важким	середнім	легким		
IU13931	248	55	124	69	1,58	1,05
IU13933	260	72	124	64	1,05	0,02
IU13937	195	53	103	39	2,63	2,74
IU13948	230	0	168	62	82,28	0,37
IU13974	226	47	121	58	2,20	0,05
Критичне значення χ^2					5,99	3,80

* У класі з домінуючою ознакою включено рослини з важким і середнім вимолотом.

важкого вимолоту: 3:1: $\chi^2 < 5,99$ за рівня імовірності 0,95. При цьому у гібридів за участі IU13948 (68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369) розщеплення становило 168 з середнім вимолотом : 62 з легким вимолотом. Це відповідало моногенній схемі 3:1 з домінуванням середнього вимолоту, $\chi^2 = 0,58 < 3,84$. Отже генетичний контроль важкості вимолоту у синтетика IU13948 слабший, ніж у інших синтетиків. Можливо, це обумовлено генами – модифікаторами субгеномів A'' та B.

При селекційному використанні синтетиків має значення взаємозв'язок ознак у потомстві гібридів з м'якою пшеницею, зокрема, вплив генів дикого предка на прояв ознак продуктивності.

У наших дослідах рослини трансресивні за елементами продуктивності мали виключно пшеничний фенотип і характеризувались легким вимолотом зернівок. З іншого боку, рослини з важким і середнім вимолотом мали невелику кількість у колосі колосків (12-15 шт.) і зерен (20-26 шт.), масу 1000 зерен (28-33 г).

Таким чином, наявність генів *Tg* від *Ae. tauschii* обмежує прояв елементів продуктивності у нащадків гібридів між синтетиками та м'якою пшеницею. Слід зазначити, що у численних літературних джерелах синтетики (тетраплоїдна пшениця / *Ae. tauschii*) розглядаються як джерела ознак, що дозволяють подолати стресові чинники обмеження продуктивності рослин пшениці: посухостійкості, стійкості до хвороб. Але вони не розглядаються як джерела власне продуктивності. Позитивні результати, одержані у селекційних програмах за участі синтетиків, є результатом ступінчастих складних схрещувань, у яких, очевидно, ген *Tg* елімінував у процесі розщеплення [25].

Висновки до розділу 3

Синтетики поступаються сорту пшениці м'якої ярої Харківська 26 за висотою рослин, довжиною колоса та елементами продуктивності.

У гібридів F_1 між амфідиплоїдами *T.durum* / *Ae.tauschii* (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) за більшістю ознак домінував амфідиплоїд: опушення колоскових лусок, відсутність воскового нальоту, а також спельтоїдний комплекс: важкий вимолот зернівок, наявність широкого плеча на колоскових лусках, нещільний колос; лише за відсутністю остюків домінувала м'яка пшениця. За рештою фенотипових ознак гібридні рослини були проміжними між обома батьківськими формами.

Розщеплення в F_2 та BC_1 гібридів між амфідиплоїдами *T.durum* / *Ae.tauschii* (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) відповідало незалежному успадкуванню пар ознак, кожна з котрих контролювалось моногенно: остистість – безостистість; опушення колоскових лусок - відсутність опушення; наявність - відсутність воскового нальоту на колосі, сіро-димчасте забарвлення колоскових лусок. Незалежність успадкування генів, що відповідають ці пари ознак, узгоджується з їх локалізацією у різних хромосомах геному амфідиплоїдів. Це сприяє їх використанню як морфологічних маркерів для сортів пшениці.

В F_2 гібридів між амфідиплоїдами *T.durum* / *Ae.tauschii* (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) розмах прояву показників продуктивності колоса не виходив за межі батьківських компонентів. Загальний рівень прояву кількості колосків у колосі був вищим у класах безостих колосів порівняно з остистими.

У BC_1 гібридів між амфідиплоїдами *T.durum* / *Ae.tauschii* (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26² (♂) середні показники всіх трьох ознак для усіх класів розщеплення наближались до рекурентного сорту Харківська 26.

У потомстві гібридів між амфідиплоїдами *T.durum* / *Ae.tauschii* (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) отримані сім'ї, у яких рівень седиментації борошна значно перевищує цей показник у батьківських компонентів. Виявлено зв'язок високого показника седиментації з остистістю колосів.

Здійснено інтрогресію в генотип м'якої пшениці генів амфідиплоїду, які контролюють гліадинові блоки, пов'язані з високими та низькими показниками седиментації.

У гібридів F_1 пшениці м'якої (♀) з синтетиками (♂) за висотою рослин, довжиною колоса та елементами продуктивності домінує пшениця переважно у слабкому та середньому ступені. Слабке домінування за висотою рослин має місце у гібридів з синтетиками DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221) та D67.2 / P66.270

// *Ae. tauschii* (257), позитивне наддомінування – за довжиною колоса у гібридів з DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221) та 68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369).

У гібридів F₁ пшениці м'якої (♀) з синтетиками (♂) D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217), D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (218), DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221), D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (257) домінував важкий вимолот зернівок. Розщеплення за цією ознакою у гібридів за участі синтетиків відповідає моногенній схемі з неповним домінуванням важкого вимолоту. У гібридів за участі 68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369) домінував середній вимолот, розщеплення відповідало схемі повного домінування. У F₂ гібридів пшениці м'якої (♀) з синтетиками (♂) коефіцієнти успадкованості у широкому розумінні були високими у переважній більшості випадків – 25 з 30, середніми – у чотирьох, слабкими – в одному. Коефіцієнти успадкування у вузькому розумінні за всіма ознаками є значно меншими, ніж коефіцієнти успадкування у широкому розумінні, що дає підстави починати добір за цими ознаками у більш пізніх поколіннях. Зближення обох коефіцієнтів має місце за масою зерна з колоса у гібридів за участі синтетиків D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) та DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221), у яких доцільно починати добір у ранніх поколіннях.

У потомстві гібридів пшениці м'якої (♀) з синтетиками (♂) трансгресивні форми спостерігались у всіх п'яти комбінаціях за різними ознаками з частотою від 6 % до 8 % та ступенем трансгресії від 6 до 17 %. У комбінації Харківська 26 / 68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369) такі рослини відмічені за п'ятьма ознаками: висотою рослини та параметрами головного колоса – довжиною, кількістю колосків і зерен, масою зерна. Наявність трансгресій свідчить про можливість підвищення рівня прояву цих ознак у пшениці м'якої.

При написанні розділу використано роботи автора [26, 27, 28, 29, 30, 31].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Kihara H. Interspecific relationship in Triticum and Aegilops. Seiken Ziho. 1963. № 15. P. 1-12.
2. Mujeeb-Kazi A. Interspecific Crosses: Hybrid Production and Utilization. Chapter 3. Utilizing Wild Grass Biodiversity in Wheat Improvement: 15 Years of Wide Cross Research at CIMMYT / CIMMYT Research. Report No 2.- Mexico, CIMMYT, 1994. P.14-125.
3. Current status of D-genome based, synthetic, hexaploid wheats and the characterization of an elite subset / A. Mujeeb-Kazi [et al.]. Annual Wheat Newsletter. 2000. Vol. 46. P.76-79.
4. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы / под ред. В.Ф.Дорофеева / ВИР. Ленинград, 1977. 28 с.
5. Доспехов Б. А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. Москва : Колос, 1972. 206 с.
6. Рокицкий П. Ф. Введение в статистическую генетику. Минск : Вышэйшая школа, 1978. 448 с.
7. Tsunewaki K., Jenkins B. C. Monosomic and conventional gene analysis in common wheat. II. Growth habit and awnedless // Japan. J. Genet. 1961. Vol. 46. № 11-12. P. 428-443.
8. Гончаров Н. П. Сравнительная генетика пшениц и их сородичей. Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2002. 252 с.
9. Tsunewaki K. Comparative gene analysis of common wheat and its ancestral species. III. Glume hairness. Genetics. 1966. Vol. 53. № 2. P. 303-311.
10. Driscoll C. J. Gene-centromere distances in wheat by aneuploid F2 observations. Genetics. 1966. Vol. 54. P.131-135.
11. Rowland G. G., Kerber E. R. Telocentric mapping in hexaploid wheat of genes for rust resistance and other characters derived from Aegilops squarrosa. Canad. J. Genet. Cytol. 1974. Vol. 16. P.137-144.

12. Jensen N. F., Driscoll C. J. Inheritance of the waxless character in wheat. *Crop. Sci.* 1962 Vol. 2. P. 504-505.
13. Mujeeb-Kazi A. Interspecific Crosses: Hybrid Production and Utilization. Chapter 3. Utilizing Wild Grass Biodiversity in Wheat Improvement: 15 Years of Wide Cross Research at CIMMYT / CIMMYT Research. Report No2. Mexico : CIMMYT, 1994. P. 14-125.
14. Current status of D-genome based, synthetic, hexaploid wheats and the characterization of an elite subset / Mujeeb-Kazi A. [et al.]. *Annual Wheat Newsletter.* 2000. Vol. 46. P. 76-79.
15. Catalogue of gene symbols for wheat / McIntosh R. A. [et al.]. Proc. of the 9th Internat. Wheat Genet. Symp. / University Extension Press, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 1998. Vol. 5. P. 120-127.
16. Терновская Т. К., Антонюк М. З. Гены биохимических признаков как маркеры чужеродного генетического материала в геноме пшеницы. *Цитология и генетика.* 1996. Т. 30. № 3. С. 71-85.
17. Genetic contribution of synthetic hexaploid wheat to CIMMYT's spring bread wheat breeding germplasm / Rosyara U. [et al.]. *Scientific Reports.* 2019. 9. P. 12355. URL : https://www.researchgate.net/publication/335401425_Genetic_Contribution_of_Synthetic_Hexaploid_Wheat_to_CIMMYT's_Spring_Bread_Wheat_Breeding_Germplasm <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47936-5>].
18. Effect of HMW-GS 6 + 8 and 1.5 + 10 from synthetic hexaploid wheat on wheat quality traits. / Y.I. Tang, W.Y. Yang, J.C. Tian, J. Li, F. Chen. *Agric. Sci. China,* 7 (2008). P. 1161-1171
19. Потоцкая И.В., Шаманин В.П., Шепелев С.С., Пожерукова В.Е., Моргунов А.И. Синтетическая пшеница как источник улучшения качества зерна в селекции пшеницы. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.* № 2. 2019 С. 56-63.
20. Beil G. M, Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Jowa J. Sci.* 1965. 39(3). P. 345-348.

21. Mahmud I., Kramer H. Segregation for yield, height and maturity following a soybean cross. *Agron. S.* 1951. 43(12). P. 605-609.
22. Федин М. А., Силис Д. Я., Смиряев А. В. Статистические методы генетического анализа. Москва : Колос, 1980. 207 с.
23. Воскресенская Г. С., Шпота В. И. Трансгрессия признаков у гибридов BRASSICA и методика количественного учета этого явления. Доклады ВАСХНИЛ. 1967. № 7. С. 18-20.
24. Faris J. D. Wheat Domestication: Key to Agricultural Revolutions Past and Future. *Genomics of Plant Genetic Resources. Volume 1. Managing, sequencing and mining genetic resources. Chapter 18.* Tuberosa R., Graner A., Frison E. (Eds.) 2014. P. 439-464.
25. Jafarzadeh J, Bonnett D, Jannink J-L, Akdemir D, Dreisigacker S, Sorrells ME (2016) Breeding Value of Primary Synthetic Wheat Genotypes for Grain Yield. *PLoS ONE* 11(9): e0162860. doi:10.1371/journal.pone.0162860
26. Докукіна К. І., Діденко С. Ю., Усова З. В. Інтрогресивна гібридизація амфідиплоїдів *T. durum* – *Ae. tauschii* з м'якою пшеницею Харківська 26. Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія Біологія. Харків, 2006. Вип. 3. С. 67-71.
27. Докукіна К. І. Успадкування ознак колоса у гібридів між амфідиплоїдом *Triticum durum* Desf. – *Aegilops tauschii* Coss. та сортом ярої м'якої пшениці Харківська 26. Вісник Харківського національного аграрного університету. Харків, 2012. Вип. 3. С. 98-103.
28. Dokukina K. I., Bohuslavskiy R. L. Trait inheritance in bread spring wheat hybrids with synthetics with ABD genomic structure. *Генетичні ресурси рослин : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва імені В.Я. Юр'єва.* Харків, 2020. № 26. С. 11 – 19. DOI: 10.36814/pgr.2020.26.01
29. Докукіна К. І., Діденко С. Ю., Усова З. В. Дикі співродичі як джерело нових генів у геномі м'якої пшениці. Генетичні ресурси для адаптивного рослинництва: мобілізація, інвентаризація, збереження, використання : тези доп. міжнар. науково-прак. конф. (29 черв.–1 лип.). Оброшино, 2005. С. 212.

30. Докукіна К. І., Діденко С. Ю., Усова З. В. Характеристика показників якості зерна амфідиплоїдів геномної структури abd з м'якою пшеницею. Інноваційні напрямки діяльності молодих вчених в галузі рослинництва : зб. тез III-ої Міжнар.конф. молодих вчених (20-22черв.) / НААН, Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва. Харків, 2006. С. 93-94.

31. Докукіна К.І. Формоутворення у гібридів синтетичної форми $T.durum-Ae.tauschii$ ($2n=42$) з м'якою ярою пшеницею Харківська 26. Молодь та поступ біології : тези IV міжнар. наук. конф. студентів і аспірантів (7-10 квіт.). Львів, 2008. С. 130-131.

РОЗДІЛ 4

ПРОЯВ І МІНЛИВІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ У КОНСТАНТНИХ ЛІНІЙ ІЗ ГІБРИДІВ СИНТЕТИКІВ З ПШЕНИЦЕЮ М'ЯКОЮ ЯРОЮ

Перспективним для селекційного покращення м'якої пшениці є використання генів, що контролюють цінні ознаки, від дикого предкового виду – егілопса Тауша. Цей вид є найбільш поширеним серед диплоїдних видів егілопса [1]. Він є джерелом генів адаптивності до широкого спектру агрокліматичних чинників, поряд з генами, що визначають стійкість до низки хвороб, високий вміст білка та клейковини у зерні, та ін. [2].

Перенос цінного генетичного матеріалу у геноми сортів м'якої пшениці вирішується створенням та використанням амфідиплоїдів геномної структури ABD, що поєднують геноми тетраплоїдної пшениці *T. durum* Desf. (AB) та егілопса Тауша (D) і є гомологічними геному м'якої пшениці [3].

Залучення синтетиків дозволило створити понад 60 високоурожайних з високою адаптивністю сортів пшениці у різних країнах чотирьох континентів: Китаї, Індії, Пакистані, Афганістані, Таджикистані, Туркменістані, Сирії, Кенії, Ефіопії, Мексиці, Уругваї, Аргентині, Іспанії тощо [4].

З метою встановлення селекційної цінності синтетиків та створення за їх участі вихідного матеріалу для селекції м'якої ярої пшениці нами проведено гібридизацію пшениці м'якої сорту Харківська 26 з синтетиками *T. durum* Desf. / *Ae. tauschii* Coss. (геном ABD, $2n = 42$), триразові беккроси пшеницею і чотириразове самозапилення з доборами за комплексом ознак. У результаті одержано 53 інтрогресивні лінії пшеничного типу.

Лінії одержано за участі у схрещуваннях п'яти синтетиків (вказано номери інтродукції Національного генбанку рослин України та родоводи): IU13931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217)); IU13933 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (218)); IU13937 (DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221)); IU13948 (68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369)); IU13974 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (257)).

27 ліній було досліджено за рівнями прояву продуктивності та її складових і екологічною пластичністю у порівнянні з рекурентною батьківською формою Харківська 26.

Оцінку екологічної пластичності та стабільності проводили за методикою Eberhart S.A. and Russel W.A. [5]. Аналізували ознаки: маса зерна з колосу (г), маса 1000 зерен (г), урожайність (г/м²).

Лінії досліджували у 2015, 2016 та 2017 рр., що суттєво відрізнялись за режимами температури й опадів впродовж вегетаційного періоду.

Нами виявлено, що найбільш сприятливим для формування урожайності, маси 1000 зерен, висоти рослин був 2016 р. (індекси умов року I_j становили відповідно 27,6; 3,8; 15,0), для маси зерна з колоса – 2015 і 2016 рр. ($I_j = 0,1$). Найбільш несприятливими були: для урожайності та висоти рослин – 2015 р. (-26,0; -25,0), для маси зерна з колоса та маси 1000 зерен – 2017 р. (-0,2 і -3,4) (табл. 4.1, 4.2, 4.3).

За масою зерна з колоса (табл. 4.1) найбільшим генотиповим ефектом відзначено лінії ДК 3, ДК 4, ДК 6, ДК 30, ДК 34, ДК 39, ДК 48 (2,4–2,7 г).

Важливим показником є стабільність ознаки S_d , яка характеризує здатність зразка підтримувати ознаку на певному рівні за мінливих умов вирощування. Як і очікувалось, розподіл зразків за цією ознакою є у значній мірі протилежним розподілу за коефіцієнтом регресії.

З вказаних вище ліній коефіцієнтом пластичності понад 1,5 характеризувались ДК 4, ДК 34, ДК 39. Високий генетичний ефект за даною ознакою зі стабільністю поєднують ДК 3, ДК 30, ДК 34, ДК 39, ДК 48. Слід відзначити зразки ДК 34 та ДК 39 з високими рівнями генотипового ефекту та пластичності і низькими показниками S_d . Сорт Харківська 26 входив до групи зразків з середньою екологічною пластичністю ($b_i = 0,77$) і високою стабільністю ($s_d = 0,0$).

Таблиця 4.1 – Екологічна пластичність і стабільність ліній пшениці за масою зерна з колоса

Назва лінії	Материнський компонент лінії, № у колекції	Маса зерна з колоса, г				Пластичність ознаки b_i	Стабільність ознаки s_d
		2015 р.	2016 р.	2017 р.	\bar{X}_i		
ДК 1	IU13931	2,2	1,6	1,8	1,9	0,74	0,2
ДК 2	IU13933	2,8	2,1	2,1	2,3	1,59	0,2
ДК 3	IU13937	2,8	2,2	2,3	2,4	1,05	0,1
ДК 4	IU13931	3,2	2,2	2,4	2,6	1,65	0,4
ДК 6	IU13931	2,4	2,9	2,2	2,5	1,06	0,2
ДК 7	IU13974	2,1	2,5	2,0	2,2	0,66	0,1
ДК 22	IU13933	1,6	1,9	1,4	1,6	0,89	0,1
ДК 23	IU13937	2,5	2,2	1,7	2,1	2,25	0,0
ДК 24	IU13931	1,7	1,7	1,7	1,7	0,00	0,0
ДК 25	IU13933	1,5	2,5	1,6	1,9	0,55	0,6
ДК 27	IU13937	2,3	2,2	1,7	2,1	1,80	0,0
ДК 28	IU13948	2,5	2,0	2,0	2,2	1,14	0,1
ДК 29	IU13948	1,1	2,3	1,5	1,6	-0,22	0,7
ДК 30	IU13974	2,5	2,5	2,1	2,4	1,26	0,0
ДК 31	IU13931	2,3	1,9	2	2,1	0,60	0,1
ДК 32	IU13948	2,3	2,2	2,5	2,3	-0,71	0,0
ДК 33	IU13933	3,2	1,9	1,9	2,3	2,96	0,6
ДК 34	IU13931	3,0	2,4	1,9	2,4	2,94	0,1
ДК 35	IU13948	1,5	1,6	1,8	1,6	-0,86	0,0
ДК 36	IU13948	1,5	1,9	1,4	1,6	0,66	0,1
ДК 37	IU13933	3,0	2,0	2,0	2,3	2,28	0,3
ДК 39	IU13974	3,2	2,5	2,4	2,7	1,91	0,1
ДК 44	IU13931	1,0	2,3	1,4	1,6	-0,13	0,9
ДК 47	IU13937	2,1	1,9	1,6	1,9	1,40	0,0
ДК 48	IU13937	2,6	2,6	2,4	2,5	0,63	0,0
ДК 49	IU13974	1,8	1,9	1,6	1,8	0,71	0,0
ДК 50	IU13948	1,6	2,1	1,6	1,8	0,43	0,2
Середнє за рік		2,0	1,8	1,7	1,8	0,77	0,0
Індекс умов року		2,2	2,1	1,9	2,1	–	–
НІР ₀₅ для чинника 1 - генотипи		0,1	0,1	-0,2	–	–	–
НІР ₀₅ для чинника 2 – рік		0,33				–	–
НІР ₀₅ для взаємодії чинників		0,41				–	–

Таблиця 4.2 – Екологічна пластичність і стабільність ліній пшениці
за масою 1000 зерен

Назва лінії	Материнський компонент лінії, № у колекції	Маса 1000 зерен, г				Пластичність ознаки b_i	Стабільність ознаки s_d
		2015 р.	2016 р.	2017 р.	\bar{X}_i		
ДК 1	IU13931	30,2	35,5	29,4	31,7	0,87	2,0
ДК 2	IU13933	31,2	36,7	29,0	32,3	1,09	0,7
ДК 3	IU13937	33,0	35,0	31,6	33,2	0,47	0,0
ДК 4	IU13931	33,2	32,7	28,6	31,5	0,53	5,5
ДК 6	IU13931	34,6	45,1	32,6	37,4	1,79	6,9
ДК 7	IU13974	34,6	38,0	31,8	34,8	0,86	0,0
ДК 22	IU13933	33,6	37,7	29,2	33,5	1,17	0,5
ДК 23	IU13937	33,2	38,3	25,4	32,3	1,76	3,8
ДК 24	IU13931	31,8	37,9	29,0	32,9	1,25	0,6
ДК 25	IU13933	36,2	37,4	31,8	35,1	0,75	2,8
ДК 27	IU13937	30,4	33,2	24,6	29,4	1,16	3,2
ДК 28	IU13948	31,6	36,9	28,0	32,2	1,24	0,0
ДК 29	IU13948	36,8	32,3	34,2	34,4	-0,31	7,6
ДК 30	IU13974	34,6	38,9	30,4	34,6	1,17	0,3
ДК 31	IU13931	32,4	38,8	29,6	33,6	1,30	0,7
ДК 32	IU13948	43,4	53,6	44,0	47,0	1,40	14,1
ДК 33	IU13933	34,4	40,4	28,8	34,5	1,60	0,4
ДК 34	IU13931	33,6	37,9	30,5	34,0	1,03	0,0
ДК 35	IU13948	33,0	33,8	34,0	33,6	-0,01	0,6
ДК 36	IU13948	32,2	39,7	30,0	34,0	1,38	2,3
ДК 37	IU13933	36,4	44,1	33,4	38,0	1,51	1,4
ДК 39	IU13974	36,4	41,4	32,2	36,7	1,27	0,1
ДК 44	IU13931	33,0	37,9	30,6	33,8	1,03	0,3
ДК 47	IU13937	37,0	42,1	34,0	37,7	1,13	0,1
ДК 48	IU13937	34,2	35,6	32,4	34,1	0,44	0,1
ДК 49	IU13974	34,6	37,4	32,2	34,7	0,72	0,0
ДК 50	IU13948	33,2	37,1	32,8	34,4	0,62	1,3
Ст. Харківська 26		33,6	34,0	28,0	31,9	0,79	6,3
Середнє за рік		34,0	38,2	31,0	34,4	–	–
Індекс умов року		-0,4	3,8	-3,4	–	–	–
НІР ₀₅ для чинника 1 - генотипи		1,32				–	–
НІР ₀₅ для чинника 2 – рік		1,82				–	–
НІР ₀₅ для взаємодії чинників		1,14				–	–

Таблиця 4.3 – Екологічна пластичність і стабільність ліній пшениці за врожайністю

Назва лінії	Материнський компонент лінії, № у колекції	Урожайність, г/м ²				Пластичність ознаки b_i	Стабільність ознаки s_d
		2015 р.	2016 р.	2017 р.	\bar{X}_i		
ДК 1	IU13931	215	244	222	227	0,55	25
ДК 2	IU13933	280	303	290	291	0,43	0
ДК 3	IU13937	268	313	296	292	0,83	38
ДК 4	IU13931	264	395	337	332	2,43	120
ДК 6	IU13931	214	333	272	273	2,22	10
ДК 7	IU13974	226	286	252	255	1,12	1
ДК 22	IU13933	169	226	186	194	1,07	53
ДК 23	IU13937	262	266	262	263	0,08	2
ДК 24	IU13931	181	210	241	211	0,49	457
ДК 25	IU13933	157	275	207	213	2,21	9
ДК 27	IU13937	280	286	283	283	0,11	0
ДК 28	IU13948	271	288	250	270	0,35	549
ДК 29	IU13948	136	251	181	189	2,15	35
ДК 30	IU13974	260	289	274	274	0,54	0
ДК 31	IU13931	241	277	250	256	0,68	36
ДК 32	IU13948	173	201	230	201	0,47	303
ДК 33	IU13933	235	314	263	271	1,48	42
ДК 34	IU13931	255	320	275	283	1,22	61
ДК 35	IU13948	174	194	207	192	0,35	350
ДК 36	IU13948	156	240	187	194	1,58	34
ДК 37	IU13933	221	272	242	245	0,95	3
ДК 39	IU13974	270	306	293	290	0,66	29
ДК 44	IU13931	105	282	181	189	3,31	13
ДК 47	IU13937	198	201	188	196	0,07	86
ДК 48	IU13937	289	303	299	297	0,26	9
ДК 49	IU13974	188	224	195	202	0,68	58
ДК 50	IU13948	171	248	201	207	1,44	17
Ст. Харківська 26		233	245	210	229	0,26	438
Середнє за рік		218	271	242	244	–	–
Індекси умов року		-26,0	27,6	-1,6	–	–	–
НІР ₀₅ для чинника 1 - генотипи		38,4				–	–
НІР ₀₅ для чинника 2 – рік		56,2				–	–
НІР ₀₅ для взаємодії чинників		27,3				–	–

Найбільшим генотиповим ефектом за масою 1000 зерен відзначено лінії ДК 6, ДК 25, ДК 37, ДК 39, ДК 47 (35,1–38,0 г), і особливо ДК 32 – 47,0 г. Майже усі ці лінії, окрім ДК 25, характеризуються коефіцієнтом пластичності 1,13 і більше (табл. 4.2). Високий генотиповий ефект зі стабільністю поєднують ДК 39 і ДК 47. Зразок ДК 32 з високими рівнями генотипового ефекту та пластичності мав найбільший рівень мінливості: $S_d = 14,1$. Рекурентний сорт Харківська 26 характеризувався середньою екологічною пластичністю ($b_i = 0,79$) і низькою стабільністю ($s_d = 6,3$) маси 1000 зерен. За останньою ознакою цей сорт поступався майже усім вивченим лініям, окрім ДК 29, маючи мало не найвищий показник s_d .

Найбільшим рівнем врожайності (від 270 до 332 г/м²) з суттєвим перевищенням рекурентної батьківської форми Харківська 26 відзначились 11 ліній (табл. 4.3). Усі лінії показали позитивну реакцію на умови року вирощування за урожайністю. Найбільший відгук ($b_i > 2$) відмічено у ліній ДК 4, ДК 6, ДК 29, ДК 44. Дві лінії – ДК 4 та ДК 6 поєднували високу урожайність і порівняно високу пластичність. Високою стабільністю, що відповідає мінімальному $s_d < 1,0$, за підвищеної та середньої урожайності характеризуються ДК 2, ДК 7, ДК 27, ДК 30. Сорт Харківська 26 характеризувалась низькою пластичністю ($b_i = 0,26$) і дуже низькою стабільністю урожайності ($s_d = 438,0$), тобто за обома ознаками поступалась більшості вивчених інтрогресивних ліній.

Характеризуючи середні значення та межі варіювання показників пластичності та стабільності (табл. 4.4), можна зазначити, що для всіх трьох ознак, які розглядаються, середній коефіцієнт пластичності однаковий і дорівнює 1,0. Амплітуда варіювання елементарної ознаки – маси 1000 зерен значно менша, ніж більш складних ознак – урожайності та маси зерна з колоса.

Таблиця 4.4 – Варіювання показників пластичності та стабільності у ліній пшениці м'якої, 2015–2017 рр.

Ознака	Пластичність, b_i			Стабільність, sd		
	середнє	min-max	амплітуда	середнє	min-max	амплітуда
Урожайність	1,0	0,07 – 3,31	3,24	99,2	0,0 – 549	549
Маса зерна з колоса	1,0	-0,86 – 2,96	3,82	0,2	0,0 – 0,9	0,9
Маса 1000 зерен	1,0	-0,31 – 1,79	2,10	2,2	0,0 – 14,1	14,1

Показник стабільності, навпаки має як середнє значення, так і амплітуда елементарної ознаки – маси 1000 зерен набагато більші, ніж двох складних ознак – урожайності та маси зерна з колоса.

Визначення коефіцієнтів кореляції показало тісний зв'язок між урожайністю та масою зерна з колоса у посушливі 2015 р. ($r = 0,84$) та 2017 р. ($r = 0,80$) і середній зв'язок у більш сприятливому 2016 р. ($r = 0,58$). Останнє може пояснюватися наявністю продуктивного кушення у рік з підвищеною вологістю – 2016, тоді як у посушливі роки урожайність визначалась в основному головним колосом. Звертає на себе увагу кореляція між показниками урожайності у різні роки вивчення: досить висока між 2015 і 2017 ($r = 0,86$), 2016 і 2017 ($r = 0,78$); середня між 2015 і 2016 ($r = 0,57$). Це підкріплює результати аналізу стабільності урожайності і свідчить, що в цілому ранжування зразків за урожайністю зберігається в усі роки.

Слід зазначити, що за генотиповим ефектом, рівнями пластичності та стабільності усіх трьох вивчених ознак були виділені лінії, створені за участі усіх використаних синтетиків. Більшість цих ліній переважають рекурентний сорт Харківська 26.

Наші результати збігаються з даними інших дослідників. Синтетики розглядаються як джерела окремих генів, що обумовлюють підвищення

урожайності перш за все в умовах температурного стресу та посухи [6, 7]. Це проявляється у підвищеній урожайності у посушливі 2015, 2017 рр. та в екологічній пластичності окремих ліній. Встановлено генетичний контроль цих властивостей. Дослідженнями доведена перспективність використання синтетиків для селекції на підвищення урожайності та її елементів у помірних широтах [8] з орієнтацією на мінливе середовище з високою імовірністю дефіциту вологи під час наливу зерна [9]. Однак, дуже важливо ураховувати комплекс ознак, ефективне включення котрих у селекційні програми буде складним [9].

Висновки до розділу 4

Найбільшими генотиповим ефектом і екологічною пластичністю за урожайністю характеризувались лінії ДК 4 та ДК 6. Їх можна рекомендувати для селекції інтенсивних сортів пшениці м'якої ярої з позитивною реакцією на агротехнічні заходи. Високою стабільністю за підвищеної урожайності характеризуються лінії ДК 2, ДК 27, ДК 30, які рекомендуються як вихідний матеріал для більш жорстких нестабільних умов вирощування.

За масою зерна з колоса та масою 1000 зерен високим генотиповим ефектом, високою екологічною пластичністю та стабільністю рівня прояву ознаки відзначились лінії ДК 34 та ДК 39. За масою 1000 зерен зразок ДК 32 з високими рівнями генотипового ефекту та пластичності мав найбільший рівень мінливості: $Sd = 14,1$.

Для урожайності, маси зерна з колоса та маси 1000 зерен середній коефіцієнт пластичності однаковий і дорівнює 1,0. Амплітуда варіювання елементарної ознаки – маси 1000 зерен значно менша, ніж більш складних ознак – урожайності та маси зерна з колоса.

Показано тісну кореляцію між урожайністю та масою зерна з колоса у посушливі 2015 р. та 2017 р. і середню – у більш сприятливому 2016 р.

Використання синтетиків геномної структури ABD у схрещуваннях з пшеницею м'якою ярою дозволяє покращити пшеницю за генотиповим

ефектом, пластичністю та стабільністю урожайності та її основних складових – маси зерна з колоса та маси 1000 зерен.

Показана ефективність використання синтетиків *T. durum* Desf. / *Ae. tauschii* Coss. для покращення пшениці м'якої ярої за генотиповим ефектом, пластичністю й стабільністю ознак урожайності та її основних складових – маси зерна з колоса та маси 1000 зерен.

При написанні розділу використано роботу автора [10].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 4 РОЗДІЛУ

1. Van Slageren M. W. Wild wheats: a monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopyrum* (Jaub. & Spach) Eig (Poaceae). Wageningen Agricultural University, Wageningen and ICARDA, Aleppo, Syria. 1994. 514 p.
2. Богуславский Р. Л., Голик О. В. Род *Aegilops* L. как генетический ресурс селекции. Харьков, 2004. 236 с.
3. Comparing two approaches for introgression of germplasm from *Aegilops tauschii* into common wheat / Cox T. S. [et al.]. *The Crop Journal*. 2017. 5(5). P. 355-362. URL : <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.05.006>
4. Genetic contribution of synthetic hexaploid wheat to CIMMYT's spring bread wheat breeding germplasm / Rosyara U. [et al.]. *Scientific Reports*. 2019. 9. P. 12355.
5. Eberhart S. A, Russell W. A. Stability parametrs for comaring varieties. *Crop Sci*. 1966. 6(1). P. 36-40.
6. Utilization of synthetics for drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). / Sammer F., Muhammad A., Sunbal K.Ch., Ahmad A., Muhammad S.A., Rehana K. *International Journal of Biosciences*. 2014. 5(1). P. 104-112. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/5.1.104-112>.
7. Synthetic Hexaploid Wheat: Yesterday, Today and Tomorrow / Li A. [et al.]. *Engineering*. 2018. 4. P. 552-558. URL : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/doi:10.1016/j.eng.2018.07.001>.

8. Оценка коллекции сортов сети КАСИБ в условиях южной лесостепи Западной Сибири / В.Е. Пожерукова [и др.]. Вестник Омского ГАУ. 2019. № 1(33). С. 30-37.

9. Evaluation of CIMMYT conventional and synthetic spring wheat germplasm in rainfed sub-tropical environments. II. Grain yield components and physiological traits. / A.R.Rathey [et al.]. Field Crops Research. 124(2). 2011. P. 195-204. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.02.006>.

10. Докукіна К. І. Екологічна пластичність ліній пшениці похідних від синтетиків геномної структури ABD. Селекція і насінництво : між від. темат. наук. зб. / НААН, Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва. Харків 2020. Вип. 117. С. 59-68. DOI: 10.30835/2413-7510.2020.206975.

РОЗДІЛ 5

ВОДОУТРИМУЮЧА ЗДАТНІСТЬ ЛИСТКІВ І КОЛОСУ КОНСТАНТНИХ ЛІНІЙ З ГІБРИДІВ СИНТЕТИКІВ ІЗ ПШЕНИЦЕЮ М'ЯКОЮ

Посухостійкість ярої пшениці надає можливість вирощування її у більшості регіонів України, тому пошук джерел цієї властивості для селекції є актуальним.

Синтетична гексаплоїдна пшениця геномної структури AABBDD, одержана шляхом гібридизації тетраплоїдної пшениці (геномна формула AABB, $2n=28$) з диплоїдним видом егілопса *Ae. tauschii* Coss. (DD, $2n=14$), розглядається як «місток» для передачі м'якій пшениці генів селекційно цінних ознак від обох батьківських компонентів. Серед ознак, які намагаються передати пшениці від егілопса через синтетики – стійкість до посухи [1, 2, 3, 4]. Зокрема, у заміщених ліній пшениці м'якої хромосоми 1D, 3D, 5D та 6D *Ae. tauschii* підвищують посухостійкість, а хромосома 7D – навпаки, підвищує чутливість до посухи [5]. Для сільськогосподарського виробництва найбільший інтерес представляють сорти, посухостійкість яких обумовлена стійкістю їх тканин до зневоднення, більш ефективному використанню вологи для утворення надземної біомаси і господарської її частини [6].

Ефективним методом оцінки здатності до протидії зневодненню є водоутримуюча здатність (ВУЗ) листів як основних фотосинтезуючих органів рослини. При цьому важливо, що за допомогою цього показника можна певною мірою характеризувати посухостійкість рослини незалежно від наявності умов посухи [7]. Щодо тлумачення інформації, одержаної цим методом, існують різні думки. За даними Г. І. Пахомової з співавторами [8] в умовах зрошення збільшується ВУЗ клітин, що обумовлено підвищенням мікров'язкості водного середовища протоплазми, зміною динамічних властивостей білків і їх функціональної активності, що не збігається з даними W. Dedio [9], який стверджує, що за дефіциту вологи ВУЗ збільшується. У

дослідах Х. Н. Рустамова і М. А. Аббасова [10] зразки, які в найменшій мірі реагують на посуху, протягом трьох років мали високі значення ВУЗ без поливу, питомої втрати води при зав'язанні на поливі і низькі значення чистої продуктивності фотосинтезу на поливі. Це можна розглядати як свідчення генотипової обумовленості ВУЗ. Деякі автори особливу роль у стійкості надають ВУЗ колоса [7].

Разом з цим, ВУЗ може модифікуватись під впливом різних чинників, зокрема фосфорних добрив [11], обробки саліциловою кислотою [12].

Мета досліджу – оцінка водоутримуючої здатності листових пластинок і колосів ліній, створених від гібридизації пшениці м'якої з синтетиками, як характеристику їх посухостійкості.

З цією метою досліджено 27 інтрогресивних ліній пшеничного типу, одержаних гібридизацією за участі п'яти синтетиків (вказано номери інтродукції Національного центру генетичних ресурсів рослин України та родоводи): IU13931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217)); IU13933 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (218)); IU13937 (DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221)); IU13948 (68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369)); IU13974 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (257)). Лінії порівнювали з рекурентним батьківським компонентом Харківська 26.

Лінії досліджено у 2015, 2016 та 2017 рр., у всі ці роки досліджень температура була близькою до середньої багаторічної, але вони відрізнялись за опадами протягом вегетаційного періоду. У 2015 р. сума опадів у червні становила 104 мм, що на 70 % більше за середню багаторічну. У липні, у період наливу й досягання зерна, випало 42,6 мм, що на 29 % менше середньої багаторічної, отже цей період був посушливим.

У 2016 р. сума опадів у червні становила 43,3 мм, що на 30 % менше за багаторічну. У липні упродовж періоду наливу й досягання зерна випало 106,4 мм опадів, що на 76,7 % перевищило багаторічну величину і сприяло більшій продуктивності рослин пшениці.

Сума опадів у червні 2017 р. та липні була менше середньої багаторічної відповідно на 43 мм і на 28 мм, або на 70,5 % та 46,7 %. Отже рік характеризувався як посушливий.

Індекс умов року I_i розраховували за формулою: $I_i = Xi - \frac{\sum Xi}{n}$

де: Xi - середня за всіма зразками урожайність за кожен рік;

n – кількість років вивчення

Водоутримуючу здатність оцінювали за зворотнім показником – коефіцієнтом вологовіддачі, який визначали згідно методики Н.Н. Кожушко [7]. Після цвітіння, у період формування зернівки, у ранкові години, на п'яти розвинених стеблах зрізали листові пластинки прапорцевого та підпрапорцевого листків і колос; поміщали у поліетиленові пакети і переносили в лабораторію, де їх зважували на лабораторних вагах, після чого розміщали на 4 години у термостаті за температури 25 °С. У термостаті витримували постійну вологість повітря шляхом розміщення внизу кювети з водою. Після зав'ядання матеріал знову зважували, після чого висушували за 105 °С протягом 3 годин для визначення сухої маси.

Коефіцієнт вологовіддачі a розраховували за формулою:

$$a = \frac{B-b}{B} \text{ г/г сухої маси,}$$

де: B – вихідна сира маса, г; b – маса після зав'ядання, г; B – суха маса, г

Коефіцієнти вологовіддачі листових пластинок прапорцевого, підпрапорцевого листків та колоса відображено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Коефіцієнт вологовіддачі листовими пластинками та колосом рослин ліній пшениці м'якої ярої – похідних синтетиків, г/1 г сухої речовини

Назва лінії	Батьківський компонент синтетика, № інтродукції	підпрапорцевий листок			прапорцевий листок			колос		
		Роки								
		2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ДК 1	IU13931	2,71	2,50	2,66	1,82	1,45	1,76	0,29	0,48	0,38
ДК 2	IU13933	2,15	1,61	1,88	1,53	1,08	1,26	0,30	0,45	0,40
ДК 3	IU13937	2,33	1,88	1,97	1,65	1,22	1,30	0,28	0,49	0,40

Закінчення таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ДК 4	IУ13931	2,26	1,64	1,77	1,58	1,10	1,24	0,22	0,63	0,36
ДК 6	IУ13931	2,74	1,76	2,00	1,92	1,14	1,34	0,21	0,65	0,34
ДК 7	IУ13974	2,88	2,19	2,38	1,90	1,27	1,57	0,26	0,53	0,37
ДК 22	IУ13933	3,44	2,94	3,31	2,44	1,97	2,22	0,25	0,56	0,35
ДК 23	IУ13937	2,36	2,28	2,21	1,58	1,48	1,55	0,33	0,43	0,41
ДК 24	IУ13931	3,21	2,90	2,61	2,28	1,91	1,75	0,28	0,49	0,48
ДК 25	IУ13933	3,75	1,88	3,24	2,48	1,26	2,27	0,19	0,74	0,32
ДК 27	IУ13937	1,91	1,31	1,35	1,28	0,85	0,90	0,32	0,43	0,42
ДК 28	IУ13948	2,32	1,00	1,54	1,62	0,71	1,08	0,31	0,45	0,36
ДК 29	IУ13948	2,67	1,84	2,22	1,55	1,23	1,29	0,18	0,78	0,30
ДК 30	IУ13974	1,39	1,15	1,74	0,97	0,77	1,22	0,30	0,47	0,40
ДК 31	IУ13931	1,45	1,61	1,64	0,97	1,05	1,10	0,29	0,48	0,38
ДК 32	IУ13948	2,24	1,33	2,11	1,57	0,89	1,22	0,28	0,49	0,48
ДК 33	IУ13933	1,86	1,18	1,87	1,23	0,77	1,25	0,25	0,56	0,35
ДК 34	IУ13931	1,64	0,88	1,00	1,15	0,58	0,71	0,26	0,53	0,36
ДК 35	IУ13948	2,70	1,41	1,54	1,81	0,94	1,08	0,30	0,47	0,45
ДК 36	IУ13948	1,67	1,29	2,34	1,19	0,75	1,57	0,21	0,65	0,33
ДК 37	IУ13933	1,19	1,10	1,48	0,83	0,73	1,04	0,27	0,52	0,37
ДК 39	IУ13974	0,97	1,31	1,20	0,65	0,85	0,80	0,29	0,48	0,40
ДК 44	IУ13931	3,54	1,42	2,33	2,48	0,95	1,35	0,12	1,13	0,27
ДК 47	IУ13937	1,62	1,46	1,66	1,07	0,98	1,18	0,33	0,43	0,39
ДК 48	IУ13937	0,98	1,17	1,09	0,66	0,77	0,73	0,31	0,44	0,41
ДК 49	IУ13974	2,11	1,70	1,97	1,48	1,14	1,38	0,28	0,50	0,37
ДК 50	IУ13948	2,30	1,64	2,36	1,54	0,95	1,58	0,23	0,61	0,34
Харківська 26		1,89	1,77	2,08	1,43	1,26	1,37	0,31	0,44	0,36
НІР ₀₅		0,27	0,15	0,24	0,18	0,13	0,16	0,02	0,05	0,05

Всі роки досліджень у всіх зразків величина вологовіддачі на одиницю сухої маси була найбільшою у листкової пластинки підпрапорцевого листка, меншою (в середньому у 1,5 рази) – у прапорцевого листка і найменшою – у колоса (в середньому у 2,0–5,7 рази порівняно з прапорцевим листком). Це відповідає закону В.Р. Заленського про наростання ксероморфності від нижніх до верхніх ярусів рослини [6].

Коефіцієнт вологовіддачі прапорцевого листка тісно позитивно корелює з цим показником підпрапорцевого листка: $r = 0,98-0,99$ (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 - Коефіцієнти кореляції вологовіддачі з урожайністю та масою зерна з колоса

Рік	Коефіцієнт вологовіддачі			Урожайність	Маса зерна з колоса
	–	прапорцевий листок	колос		
2015	підпрапорцевий листок	0,99*	-0,49*	-0,60*	-0,62*
2016		0,98*	0,00	-0,30	-0,26
2017		0,98*	-0,24	-0,54*	-0,52*
2015	прапорцевий листок	–	-0,52*	-0,57*	-0,58*
2016		–	0,00	-0,30	-0,26
2017		–	-0,27	-0,49*	-0,52*
2015	колос	–	–	0,68*	0,46*
2016		–	–	0,14	0,26
2017		–	–	0,35	0,46*

* коефіцієнт кореляції суттєвий за рівня значущості $p=0,05$

У 2015 р. – найбільш посушливому – спостерігалась середня негативна кореляція між коефіцієнтами вологовіддачі колоса з одного боку та прапорцевого і підпрапорцевого листків з другого. У 2017 р., також посушливому, відповідні коефіцієнти кореляції була також негативними, але слабкими. Пояснити цю тенденцію можна тим, що зі зменшенням посухостійкості ліній колос втрачає вологу повільніше, ніж листкові пластинки. У відносно сприятливому 2016 р. зв'язок був відсутнім.

Для визначення зв'язку між ступенем вологовіддачі листків і колосу і урожайністю (див. табл. 4.3) та масою зерна з колоса (див. табл. 4.1) ліній за роки вивчення проведено співставлення відповідних показників і розраховано парні кореляції. У розділі 4 показано, що найбільш сприятливим для формування урожайності був 2016 р. ($I_i = 27,6$), менш сприятливим – 2017 р. ($I_i = -1,6$), найгіршим – 2015 ($I_i = -26,0$).

Коефіцієнт вологовіддачі листків корелював суттєво, у середньому ступені, негативно з урожайністю ліній та масою зерна з колоса у несприятливій, посушливій 2015 і 2017 рр. та проявляє тенденцію до негативного зв'язку (коефіцієнт кореляції не суттєвий) з цими показниками у більш сприятливому 2016 р. (табл. 5.2). Отже лінії з більшою здатністю до утримання вологи листовими пластинками у період формування зернівки мають тенденцію до більш високої урожайності і формування колосів з більшою масою зерна.

Коефіцієнт вологовіддачі колоса, на протилежність листовим пластинкам, у всі три роки позитивно корелював з урожайністю та масою зерна з колоса. Ця кореляція була суттєвою і вище середньої з урожайністю у посушливому 2015 р., середньою суттєвою – з масою зерна з колоса у посушливі 2015 та 2017 рр..

Нами підтверджено, що позитивну кореляцію між вологовіддачею колоса та урожайністю і продуктивністю колоса можна пояснити зростанням атрагувальної здатності колоса у більш продуктивних форм [11].

Це узгоджується з даними китайських дослідників, які констатують, що високопродуктивний сорт мав нижчу ефективність використання води, ніж менш урожайний сорт [7].

Коефіцієнти кореляції між коефіцієнтами вологовіддачі листових пластинок і колоса з одного боку та масою 1000 зерен з другого – не суттєві і становлять від 0,01 до 0,22.

За найменшою вологовіддачею прапцевого (0,58–1,22) та підпрапцевого (0,8–1,74) листків, що відповідає більшій водоутримуючій здатності, в усі роки досліджень виділились лінії ДК 30, ДК 31, ДК 34, ДК 37, ДК 39, ДК 48, у яких цей показник був меншим, ніж у рекурентного сорту Харківська 26 (відповідно у прапцевого листка 1,26–1,43, у підпрапцевого 1,77–2,08). Вологовіддача колоса цих ліній у 2015 р. була меншою, ніж Харківської 26, у 2016 (за виключенням ДК 48) і 2017 рр. – більшою, ніж у цього сорту. З виділених ліній ДК 30, ДК 39 є похідними синтетика ІU13974 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (257); ДК 31, ДК 34 – ІU13931 (D67.2 / P66.270 //

Ae. tauschii (217)); ДК 37 – IU13933 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (218)); ДК 48 – IU13937 (DVERD 2 / *Ae. tauschii* (221)).

Таким чином, шляхом гібридизації пшениці м'якої з синтетиками нами одержано лінії з меншою вологовіддачею, отже більшою водоутримуючою здатністю листів, ніж у рекурентного сорту Харківська 26.

Середня урожайність у роки досліджень вище названих ліній становила від 245 до 297 г/м², що вище, ніж у Харківської 26 (табл. 5.3). Варіювання врожайності за всіма зразками становили від 189 до 332 г/м². Разом з цим, у ліній ДК 2, ДК 3, ДК 4, ДК 6, ДК 7, ДК 23, ДК 27, які також характеризувались високою урожайністю (від 255 до 332 г/м²), коефіцієнти вологовіддачі листків і колоса були середніми або вище за середні.

Один з головних елементів структури врожаю пшениці ярої – маса зерна з колоса. Середня за роки досліджень маса зерна з колоса ліній з низькою вологовіддачею становила від 2,1 до 2,7 г, отже була вищою за сорт Харківська 26. Разом з цим, у ліній ДК 2, ДК 3, ДК 4, ДК 6, ДК 7, ДК 23, ДК 27, ДК 32, ДК 33, які також характеризувались середньою масою зерна з колоса - від 2,1 до 2,6 г, коефіцієнти вологовіддачі листків і колоса були середніми або вищими за середні. Отже, зв'язок між вологовіддачею з одного боку та масою зерна з колоса і урожайністю не однозначний.

Глобальні зміни клімату, що спостерігаються на планеті і зокрема в Україні [12], супроводжуються наростанням частоти посух і їх напруженості. Це робить все більш актуальним формування у сортів пшениці посухостійкості. Особливо це важливо для ярої пшениці з її відносно коротким вегетаційним періодом, більша частина якого припадає на посушливу частину сезону за неможливості використати у повній мірі осінні-зимові запаси вологи.

Синтетики пшениці визнані ефективними генетичними джерелами ознак, що визначають посухостійкість. Зокрема, 50 % посухостійких сортів і ліній, створених у CIMMYT, створено за участі синтетиків [13]. У Мексиці створено лінії м'якої пшениці, похідні від синтетиків, які у посушливих умовах перевищували рекурентний батьківський компонент до 23 %, а стандартні

сорти – до 33 % [4]. Причому це перевищення за продуктивністю на 15–33 % було обумовлено більш глибоким проникненням біомаси кореневої системи у товщу ґрунтового профілю [14]. Включення у селекційну програму з ярої м'якої пшениці синтетиків, створених у СІММУТ та Університеті Кіото (Японія), виявилось результативним в умовах помірного клімату – Росії (Омська область) та Казахстану [15]. На даний час створено велике різноманіття синтетиків (тетраплоїдна пшениця / *Ae. tauschii*). Дослідники підкреслюють, що ефективність залучення синтетиків до селекції у великій мірі залежить від їх вивченості та на основі цього правильного добору носіїв цінних ознак [3].

Висновки до 5 розділу

Лінії, одержані шляхом схрещувань сорту пшениці м'якої ярої Харківська 26 з синтетиками геномної структури ABD та беккросів, характеризуються різноманіттям за водоутримуючою здатністю листкових пластинок прапорцевого та підпрапорцевих листків і колоса. Лінії ДК 30, ДК 31, ДК 34, ДК 37, ДК 39, ДК 48, похідні різних синтетиків, в усі роки досліджень показали найменшу вологовіддачу прапорцевого (0,58–1,22) та підпрапорцевого (0,88–1,74) листків порівняно з рекурентним сортом Харківська 26 – відповідно 1,77–2,08 та 1,26–1,43, що відповідає більшій водоутримуючій здатності.

Вологовіддача верхнього листка тісно позитивно корелює з вологовіддачею другого листка: $r = 0,98–0,99$. У найбільш посушливому 2015 р. спостерігалась негативна кореляція між коефіцієнтами вологовіддачі колоса з одного боку та першого і другого листків з другого.

Величина вологовіддачі на одиницю сухої маси була найбільшою у листкової пластинки підпрапорцевого листка, меншою – у прапорцевого листка і найменшою – у колоса, що відповідає закону В.Р. Заленського про збільшення ксероморфності від нижніх до верхніх ярусів рослини.

Лінії, виділені за низькою вологовіддачею листкових пластинок, перевищували рекурентний сорт Харківська 26 за урожайністю та масою зерна

з колоса. Разом з цим, зв'язок між вологовіддачею з одного боку та масою зерна з колоса і урожайністю не однозначний.

Показана ефективність використання синтетиків *T. durum* Desf. / *Ae. Tauschii* Coss. для покращення посухостійкості пшениці м'якої ярої за ознаками водоутримуючої здатності листкових пластинок і колоса згідно результатів досліджень, проведених у 2015–2018 рр. Водоутримуючу здатність оцінювали за коефіцієнтом вологовіддачі. Похідні різних синтетиків у роки досліджень показали найменшу вологовіддачу прапорцевого (0,58–1,22) та підпрапорцевого (0,88–1,74) листків порівняно з рекурентним сортом Харківська 26. Виділено лінії з високою водоутримуючою здатністю – ДК 30, ДК 31, ДК 34, ДК 37, ДК 39, ДК 48. Лінії, виділені за низькою вологовіддачею листкових пластинок, характеризувались також високою урожайністю та масою зерна з колоса, але зв'язок між вологовіддачею та масою зерна з колоса і урожайністю не однозначний.

При написанні розділу використано роботу автора [16]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 5 РОЗДІЛУ

1. Aegilops tauschii Introgressions Improve Physio-Biochemical Traits and Metabolite Plasticity in Bread Wheat under Drought Stress / Itam M. [et al.]. *Agronomy*. 2020. 10. 1588. 17 p. doi:10.3390/agronomy10101588.
2. Yield of synthetic backcross-derived lines in rainfed environments of Australia / Ogonnaya F. S. [et al.]. *Euphytica*. 2007. 157. P. 321-336.
3. Ortiz R., Braun H.-J., Crossa J. A. Wheat genetic resources enhancement by the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) Review. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2008. 55. P. 1095-1140.
4. Trethowan R. M., Mujeeb - Kazi A. Novel germplasm resources for improving environmental stress tolerance of hexaploid wheat. *Crop Sci*. 2008. 48. P. 1255-1265.

5. Tolerance of prolonged drought among a set of bread wheat chromosome substitution lines / Osipova S. V. [et al.]. *Cereal Res. Commun.* 2011. 39. P. 343-351.
6. Заленский В. Р. Материалы к количественной анатомии различных листьев одних и тех же растений. *Известия Киевского политехнического ин-та*". 1904. Т. 4. № 1. С. 112.
7. Кожушко Н. Н. Оценка засухоустойчивости культур. *Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям : методическое руководство / ВИР.* Ленинград, 1988. 226 с.
8. Пахомова Г. И., Хисамутдинова В. И., Сиянова Н. С. Водообмен листьев пшеницы в условиях орошения. Регуляция водного обмена растений: матер. VII Всесоюзного Симпозиума. Киев : Наукова думка, 1984. С. 152-154.
9. Dedio W. Water relation in wheat leaves as screening test for drought resistance. *Canadian Journal of Plant Science.* 1975. Vol. 55. № 2. P. 12-17
10. Рустамов Х. Н., Аббасов М. А. Связь морфофизиологических показателей пшеницы твёрдой (*Triticum durum* Desf .) с засухоустойчивостью. URL:https://www.researchgate.net/publication/292153025_s vaz_morfofiziologiceski_h_pokazatelej_psenicy_tverdoj_t_durum_desf_s_zasuhoustojcivostu/
11. Султангазина Г. Ж. Влияние фосфорных удобрений на некоторые физиологические особенности яровой пшеницы. *Вестн. науки Костанайского гос. ун-та*, 1998. С. 91-94. (Сер. с.-х. наук).
12. Адаменко Т.І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату. Київ, 2014. 16 с.
13. Utilization of synthetics for drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). / Sammer F., Muhammad A., Sunbal K.Ch., Ahmad A., Muhammad S.A., Rehana K. *International Journal of Biosciences.* 2014. 5(1). P. 104-112. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/5.1.104-112>.
14. Reynolds M., Dreccer F., Trethowan R. Drought-adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces. *Journal of Experimental Botany.* 2007. 58. P. 177-186.

15. Потоцкая И. В., Шаманин В. П., Моргунов А. И. Оценка урожайности сортов яровой мягкой пшеницы сети КАСИБ в различных экологических пунктах России и Казахстана. Успехи современного естествознания. 2018. № 4. С. 86-91.

16. Докукіна К. І., Богуславський Р. Л. Посухостійкість ліній пшениці похідних від синтетиків геномної структури ABD. Генетичні ресурси рослин : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва імені В.Я. Юр'єва. Харків, 2020. № 27. С. 26-36. DOI:10.36814/pgr.2020.27.02.

РОЗДІЛ 6

ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТАНТНИХ ЛІНІЙ ІЗ ГІБРИДІВ СИНТЕТИКІВ З ПШЕНИЦЕЮ М'ЯКОЮ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ТА КОМПЛЕКСОМ ОЗНАК

6.1 Якість зерна ліній пшениці

Проблемою сучасної селекції є створення сортів пшениці, що поєднують високу врожайність і високі показники якості зерна. Ці показники, як відомо, знаходяться в зворотній залежності, хоча вважається, що в певних межах немає обов'язкового антагонізму між кількістю і якістю зерна [1]. Одним з генетичних джерел покращення якості зерна є амфідиплоїди, одержані шляхом гібридизації тетраплоїдних видів пшениці з диким спорідненим видом *Ae. tauschii* Coss., які мають геном A^uA^uBBDD – синтетики. Якщо цінність синтетиків як генетичних джерел стійкості до біо- та абіотичних чинників досить широко висвітлена в літературі, то якості зерна синтетиків та їх похідних присвячено значно менше досліджень.

Зразки *Ae. tauschii*, як правило, м'якозерні, як і первинні синтетики, отримані з них. Ознака твердого ендосперму виникла в результаті мутації в *u* локусі на хромосомі 5D [2]. Цей локус забезпечує продукцію пууроіндоліну *a* (ген *Pina*) і пууроіндоліну *b* (ген *Pinb*). Два зчеплених гени обумовлюють м'який ендосперм в алельному стані дикого типу (*Pina-D1a* / *Pinb-D1a*). У синтетиках встановлено сім нових алелей *Pina* і шість алелей *Pinb* від *Ae. tauschii* – всі обумовлюють м'яке зерно [2]. Отже, для селекції на твердозерність необхідно схрещувати первинні синтетики з джерелами цієї ознаки. Локус *Glu-D1* *Ae. tauschii* вносить алелі, які не виявляються в культивованій м'якої пшениці [3, 4, 5, 6]. Виявили, що синтетики, отримані зі звичайної твердої пшениці, мали кращу загальну якість і об'єм хліба, коли вони мали алельні варіанти 5 + 12 або 1 • 5 + 10, ніж коли вони мали будь-яку іншу субодиницю глютеніна, кодовану *Glu-D1*. Аналогічним чином Nelson et al. [7] при аналізі якісних характеристик

дійшли висновку, що тетраплоїдні і диплоїдні батьківські елементи синтетиків внесли сприятливі алелі для якості. Первинні синтетики мали більш високий вміст білка в зерні, довші зерна, більшу масу зернівок і поліпшені показники SDS-седиментації в порівнянні з адаптованим сортом Seri 82 [8]. Синтетики також характеризувались підвищеним вмістом у зерні заліза і цинку, що є результатом більш високої ефективності поглинання поживних речовин [9]. Синтетики, одержані за участі культурної двозернянки – еммера, як правило, мали більш довгі зерна і значно вищий вміст білка у зерні порівняно з м'якою пшеницею, причому батьківська форма еммера у значній мірі визначала рівень цих ознак; виділено синтетики зі значним перевищенням м'якої пшениці за показниками SDS седиментації та масою зернівок [10, 11]. Це створює можливість підвищення вмісту білка без зниження маси зернівки. Виявлені синтетики з надм'яким зерном (індекс твердозерності 20,0), що рідко спостерігається у м'якої пшениці, деякі синтетики мали дуже низький показник седиментації – 5,0 мл 1 г борошна. Це корисні ознаки для покращення якості печива з пшениці. Так само, виявлено синтетики з сильною клейковиною та твердою текстурою, що доцільно використати для покращення хліба та специфічного індійського хлібопродукта – чапаті. Оскільки ці ознаки мають значні рівні успадкування, їх можна використовувати для добору у ранніх поколіннях гібридів [11]. З іншого боку, є повідомлення, що первинні синтетики мають низьку якість зерна [12].

Для синтетиків, одержаних з використанням твердої пшениці, переважна більшість характеристик якості зерна була пов'язана з наявністю алельних варіацій у локусах *Glu-B1* та *Glu-B3*, причому субодиноці 6 + 8 та 7 + 8 показали значно більший вплив на якість, ніж субодиноця 20. Синтетики, що у локусі *Glu-D1* мали субодиноці 5 + 12 або 1·5 + 10, показали значно кращі загальні характеристики якості та об'єму хліба, ніж з іншими субодиноцями [6].

Вказується на те, що синтетики, перш ніж бути використаними у схрещуваннях з м'якою пшеницею з метою її покращення, мають бути тестовані за вмістом високомолекулярних глютенів, які визначають хлібопекарські

властивості. Зокрема, сприятливими є алельні варіанти, кодовані геном *Glut1: 1Dx5 + 1Dy10* и *1Dx1.5 + 1Dy10*, які легко можуть бути перенесені в геном м'якої пшениці шляхом рекомбінацій [13].

Нами оцінено показники якості зерна у 29 інтрогресивних ліній, одержаних за участі п'яти синтетиків: IU13931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217)); IU13933 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (218)); IU13937 (DVERD_2 / *Ae. tauschii* (221)); IU13948 (68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369)); IU13974 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (257)), а також AD 221-4 (*T. persicum* / *Ae. tauschii*) походженням з Японії, Університету Кіото, з номером Національного каталогу UA0500029. Лінії порівнювали з вихідними синтетиками та рекурентною батьківською формою Харківська 26.

Аналіз якості зерна проводили у лабораторії генетики, біотехнології та якості зерна Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН.

Вміст білка в зерні визначали на приладі Інфра ЛЮМ ФТ-10 (виробник – «Люмекс» (РФ)). Якість клейковини визначали індексом деформації клейковини (ІДК) за допомогою приладу ВДК-1 М. Показники оцінювали за шкалою: 0-15 – група III, незадовільна міцна; 20-40 – група II, задовільна міцна; 45-75 – група I, добра; 80-100 – група II, задовільна слабка; 105-120 – група III, незадовільна слабка. Показник SDS-седиментації визначали за [14].

Оцінку екологічної пластичності та стабільності проводили за методикою Eberhart S.A. and Russel W.A. [15].

Вміст білка у зерні вивчених зразків змінювався у залежності від умов року (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Екологічна пластичність (b_i) і стабільність (s_d) ліній пшениці за вмістом білка у зерні

Назва лінії	Батьківський компонент синтетика, № у колекції	Вміст білка в зерні, %					\bar{X}_i	b_i	s_d
		2015 р.	2016 р.	2017 р.	2020 р.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ДК 3	IU13937	15,3	14,46	15,8	13,9	14,9	0,57	0,23	
ДК 4	IU13931	16,7	14,40	15,6	13,8	15,1	0,88	1,00	
ДК 7	IU13974	15,9	14,45	14,9	13,7	14,7	0,56	0,69	

Закінчення таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ДК 21	IR00024	15,5	15,51	15,1	14,5	15,2	0,10	0,52
ДК 22	IU13933	16,2	15,65	16,7	14,9	15,9	0,49	0,22
ДК 23	IU13937	15,8	14,25	16,5	15,8	15,6	0,15	2,43
ДК 25	IU13933	16,2	13,19	16,4	11,7	14,4	1,91	0,34
ДК 26	IR00024	15,9	16,80	17,2	15,6	16,4	0,16	1,36
ДК 27	IU13937	16,2	14,25	15,8	11,6	14,5	1,69	0,58
ДК 29	IU13948	15,6	13,38	15,4	13,9	14,6	0,65	1,25
ДК 30	IU13974	16,4	14,38	16,8	14,3	15,5	0,93	0,82
ДК 33	IU13933	14,6	14,39	15,7	11,8	14,1	1,21	1,39
ДК 37	IU13933	16,0	15,43	16,6	14,4	15,6	0,64	0,28
ДК 39	IU13974	17,1	15,50	16,8	12,4	15,5	1,70	1,01
ДК 44	IU13931	16,6	16,01	16,9	10,8	15,1	2,18	4,64
ДК 47	IU13937	14,9	13,18	13,8	13,5	13,8	0,27	1,11
ДК 48	IU13937	16,5	14,89	15,4	14,6	15,3	0,43	0,88
ДК 49	IU13974	16,0	13,95	16,0	12,8	14,7	1,26	0,17
ДК 50	IU13948	15,9	13,66	16,8	14,3	15,2	0,89	2,18
ДКС 12	IU13993	14,0	13,7	15,2	12,6	13,9	0,71	0,74
ДКС 13	IR00024	13,8	13,5	14,4	12,5	13,6	0,52	0,30
ДКС 14	IU13993	14,5	12,2	13,5	11,1	12,8	1,13	0,75
ДКС 15	IU13948	13,8	11,9	14,0	12,2	13,0	0,70	0,90
ДКС 16	IU13931	15,4	15,6	15,8	14,0	15,2	0,44	0,72
ДКС 17	IU13931	15,1	14,8	16,3	13,0	14,8	0,97	0,94
ДКС 18	IU13993	15,9	15,4	14,9	13,6	15,0	0,50	1,38
ДКС 19	IU13948	16,2	14,9	16,1	13,7	15,2	0,88	0,14
ДКС 20	IU13931	14,7	14,5	15,2	13,4	14,5	0,48	0,32
ДКС 21	IR00024	14,4	13,8	15,0	13,4	14,2	0,43	0,28
Ст. Харківська 26		16,0	13,77	15,6	13,0	14,6	1,10	0,42
Середнє за рік		15,6	14,4	15,7	13,3	14,8	–	–
Індекс умов року		0,82	-0,38	0,92	-1,41	–	–	–
НІР ₀₅ для чинника 1 - генотипи		0,42						
НІР ₀₅ для чинника 2 – рік		1,30						
НІР ₀₅ для взаємодії чинників		0,64						

У відповідності до індексу умов року I_j , сприятливими для прояву ознаки були 2017 і 2015, які характеризувались меншою кількістю опадів у період досягання зерна; несприятливим був 2020 р. – найбільш зволожений; проміжним був 2016 р.

Середній показник рекурентного сорту Харківська 26 становив 14,6 %. Найвищим вмістом білка характеризувались лінії ДК 26 і ДК 22 відповідно 16,4 % і 15,9 %. Перевищили рекурентний сорт також лінії: ДК 4, ДК 21, ДК 23, ДК 30, ДК 37, ДК 39, ДК 44, ДК 48, ДК 50, ДКС 16, ДКС 18, ДКС 19.

Найнижчою білковістю відзначились лінії ДКС 14 і ДКС 15 – відповідно 12,8 % і 13,0 %.

Порівняно високими показниками реакції на умови року – пластичності (b_i від 1,69 до 2,18) характеризувались ДК 25, ДК-27, ДК 39, ДК 44. З них більш стабільними за проявом ознаки є ДК 25 і ДК-27: s_d становить відповідно 0,34 та 0,58.

Більш сприятливими для накопичення клейковини, як і для вмісту білка, були 2015 і 2017 рр., несприятливим – 2016 р. (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Екологічна пластичність (b_i) і стабільність (s_d) ліній пшениці за вмістом клейковини

Назва лінії	Батьківський компонент синтетика, № у колекції	Вміст клейковини в зерні, %				b_i	s_d
		2015 р.	2016 р.	2017 р.	\bar{X}_i		
1	2	3	4	5	6	7	8
ДК 3	IU13937	30,4	25,0	26,4	27,3	1,5	2,27
ДК 4	IU13931	26,8	24,1	30,4	27,1	1,1	13,19
ДК 7	IU13974	33,2	25,5	27,6	28,8	2,1	5,70
ДК 21	IR00024	33,2	34,0	35,8	34,3	-0,1	3,50
ДК 22	IU13933	35,2	31,6	34,0	33,6	1,1	0,00
ДК 23	IU13937	29,6	26,4	26,4	27,5	0,8	2,87
ДК 25	IU13933	27,2	25,4	30,0	27,5	0,7	7,52
ДК 26	IR00024	32,8	27,6	34,2	31,5	1,8	6,51
ДК 27	IU13937	28,8	25,0	30,8	28,2	1,3	7,01
ДК 29	IU13948	26,8	23,1	25,6	25,2	1,1	0,01
ДК 30	IU13974	30,4	26,8	27,6	28,3	1,0	1,60
ДК 33	IU13933	31,6	26,1	28,8	28,8	1,6	0,55
ДК 37	IU13933	31,2	25,4	26,8	27,8	1,6	3,78
ДК 39	IU13974	32,4	29,5	29,6	30,5	0,8	2,11
ДК 44	IU13931	32,4	30,1	27,2	29,9	0,4	12,57
ДК 47	IU13937	26,8	24,6	23,6	25,0	0,5	3,87

Закінчення таблиці 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	
ДК 48	IU13937	31,2	28,0	27,6	28,9	0,8	4,06	
ДК 49	IU13974	30,8	25,5	28,6	28,3	1,6	0,10	
ДК 50	IU13948	30,8	25,9	26,0	27,6	1,3	6,31	
ДКС 12	IU13993	27,7	26,8	31,4	28,6	0,5	10,36	
ДКС 13	IR00024	28,1	26,0	30,8	28,3	0,8	7,53	
ДКС 14	IU13993	29,6	25,4	28,0	27,7	1,2	0,02	
ДКС 15	IU13948	28,0	23,9	27,2	26,4	1,3	0,24	
ДКС 16	IU13931	31,1	29,5	32,5	31,0	0,6	2,45	
ДКС 17	IU13931	32,3	27,5	33,1	31,0	1,6	3,84	
ДКС 18	IU13993	30,5	28,8	29,9	29,7	0,5	0,00	
ДКС 19	IU13948	33,5	28,9	31,8	31,4	1,4	0,01	
ДКС 20	IU13931	29,7	27,7	30,9	29,4	0,7	2,29	
ДКС 21	IR00024	27,4	26,8	28,8	27,7	0,3	1,66	
Ст. Харківська 26		28,0	28,0	26,4	27,5	1,5	2,27	
Середнє за рік		30,3	26,9	29,1	28,8	–	–	
Індекс умов року		1,49	-1,84	0,35	–	–	–	
НІР ₀₅ для чинника 1 генотипи		1,93						
НІР ₀₅ для чинника 2 – рік		2,74						
НІР ₀₅ для взаємодії чинників		0,91						

Найвищий вміст сирої клейковини – від 30,5 % до 34,3 % – був у ліній ДК 21, ДК 22, ДК 26, ДК 39, ДКС 16, ДКС 17, ДКС 19 при середньому показнику сорту Харківська 26 – 27,5 %. З них ДК 21, ДК 22, ДК 26, ДКС 16, ДКС 19 були також високобілковими.

Реакція на умови року більшості зразків характеризувалась коефіцієнтом регресії b_i від 0,8 до 1,6 за показника стандарту Харківська 26 – 1,5. Найбільше варіювання було у лінії ДК 7. Поєднання реакції на умови року з стабільним проявом ознаки показали ДК 22 та ДКС 19: відповідно b_i становив 1,1 та 1,4, s_d – 0,00 та 0,01. Вміст білка мав позитивний середній зв'язок з вмістом клейковини: $r = 0,54$.

За якістю клейковини до першої – найкращої групи віднесено 12 ліній (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Екологічна пластичність (b_i) і стабільність (s_d) ліній пшениці за якістю клейковини

Назва лінії	Батьківський компонент синтетика, № у колекції	Оцінка якості клейковини, одиниць ВДК				b_i	s_d	Група за якістю
		2015 р.	2016 р.	2017 р.	\bar{X}_i			
ДК 3	IU13937	60	100	80	80,0	1,9	218,7	II
ДК 4	IU13931	70	90	85	81,7	0,7	95,3	II
ДК 7	IU13974	80	95	78	84,3	1,2	1,1	II
ДК 21	IR00024	75	70	60	68,3	0,4	60,4	I
ДК 22	IU13933	75	90	85	83,3	0,6	44,5	II
ДК 23	IU13937	60	95	75	76,7	1,8	139,2	I
ДК 25	IU13933	90	95	85	90,0	0,6	2,9	II
ДК 26	IR00024	79	95	80	84,7	1,1	7,0	II
ДК 27	IU13937	105	95	75	91,7	0,8	238,3	II
ДК 29	IU13948	80	90	75	81,7	1,0	1,0	II
ДК 30	IU13974	65	100	70	78,3	2,3	49,5	I
ДК 33	IU13933	80	100	75	85,0	1,7	0,1	II
ДК 37	IU13933	95	95	85	91,7	0,5	22,0	II
ДК 39	IU13974	75	80	80	78,3	0,1	8,8	II
ДК 44	IU13931	80	100	85	88,3	1,2	25,0	II
ДК 47	IU13937	70	85	65	73,3	1,4	0,1	I
ДК 48	IU13937	85	95	75	85,0	1,3	11,3	II
ДК 49	IU13974	95	100	85	93,3	0,9	16,6	II
ДК 50	IU13948	80	100	75	85,0	1,7	0,1	II
ДКС 12	IU13993	70	75	65	70,0	0,6	2,9	I
ДКС 13	IR00024	75	80	70	75,0	0,6	2,9	I
ДКС 14	IU13993	80	75	60	71,7	0,7	101,1	I
ДКС 15	IU13948	75	75	65	71,7	0,5	21,9	I
ДКС 16	IU13931	80	75	70	75,0	0,1	29,1	I
ДКС 17	IU13931	75	85	60	73,3	1,5	33,0	I
ДКС 18	IU13993	75	80	70	75,0	0,6	2,9	I
ДКС 19	IU13948	80	85	70	78,3	0,9	16,6	II
ДКС 20	IU13931	70	75	60	68,3	0,9	16,6	I
ДКС 21	IR00024	85	90	80	85,0	0,6	2,9	II
Ст. Харківська 26		60	90	85	78,3	1,0	248,0	II
Середнє за рік		77,2	88,5	74,0	79,9	—	—	—
Індекс умов року		-2,7	8,6	-5,9	—	—	—	—
НІР ₀₅ для чинника 1 -генотипи		3,81						
НІР ₀₅ для чинника 2 – рік		4,22						
НІР ₀₅ для взаємодії		2,34						

Більшість ліній, як і сорт Харківська 26, належало до II групи – задовільно слабкої. Із зразків I групи лінії ДК 47, ДКС 12, ДКС 13, ДКС 18 були більш стабільні за даною ознакою порівняно з іншими. Лінії ДК 21, ДКС 16, ДКС 18, окрім якості клейковини, виділились також за вмістом білка та клейковини; лінії ДК 23 та ДК 30 – за вмістом білка; ДКС 17, ДКС 20 – за вмістом клейковини.

Аналіз родоводів продемонстрував, що серед ліній, виділених за кожною з трьох ознак, є потомки всіх синтетиків. Отже, для покращення показників якості зерна перспективним є залучення синтетиків як таких.

В умовах виробництва проблема отримання високоякісного зерна пшениці ускладнюється впливом несприятливих ґрунтово-кліматичних умов. Мінливість показника вмісту сирої клейковини в зерні пшениці, пов'язана з умовами вирощування, що часто перебиває міжсортові відмінності. Посушливі умови або достатнє зволоження (але не надлишкове) в період формування і наливу зерна сприяють підвищеному накопиченню клейковинних білків. Якість клейковини більшості вирощуваних сортів пшениці також зазнає мінливості під впливом умов вирощування: може переходити з I групи в II, III, і навпаки.

Формуванню клейковини хорошої якості сприяють дефіцит вологи і помірно високі температури в період наливу зерна пшениці [16].

Більшість дослідників вважає, що посушливі умови і підвищені температури в період після зав'язування зерна є сприятливими для формування високого вмісту клейковини і білка [17, 18]. Підвищення вологості повітря спричиняло зниження якості клейковини, але не у всіх сортів [19]. Встановлено достовірний вплив на вміст білка та клейковини суми температур усього вегетаційного періоду і його генеративної фази. На величину показника ВДК впливають 16 погодних факторів, включаючи вологість повітря у період наливу й досягання зерна, опади за вегетацію та її другу половину, сума температур за вегетацію та її першу половину та ін. [20].

У наших дослідах вміст білка та клейковини у більшості ліній вищий у більш посушливі роки – 2015 та 2017. У ці ж роки показник ВДК нижчий, отже ближче до більш якісного.

Хоча на вміст білка і клейковини, як і на показники якості клейковини, впливає багато чинників, проте вміст білка і клейковини в зерні в більшій мірі залежать від умов вирощування, а якість клейковини – від генотипу [17, 18]. Взаємодія цих чинників також істотно впливає на варіювання зазначених ознак, але його внесок, як правило, менше, ніж у складових [21, 22].

Дослідниками встановлено значну мінливість якісних характеристик зерна та складу глютеніну синтетичних гексаплоїдних похідних пшениці *D*-геному порівняно зі звичайною зародковою плазмою хлібної пшениці. Це дозволяє покращувати якісні ознаки хлібної пшениці .

Досліджені нами генотипи відрізнялись за показниками якості зерна, і вдалось виділити лінії зі стабільним проявом цих ознак, які перевищували рекурентний сорт Харківська 26.

Слід зазначити, що параметри, за якими виділено лінії – підвищений вміст білка та клейковини, група клейковини за ІДК – відповідав хлібопекарським властивостям зерна. Зразки з низьким вмістом білка та слабкою клейковиною можуть бути цінними для виготовлення інших продуктів – печива, лавашів тощо.

Таким чином, результати наших досліджень довели перспективність використання синтетиків як джерел покращення якості зерна у селекції ярої м'якої пшениці.

6.2 Характеристика ліній пшеничного типу, створених шляхом гібридизації синтетиків (тетраплоїдна пшениця / *Aegilops tauschii*) з м'якою пшеницею Харківська 26

У ході виконання роботи шляхом схрещування та беккросування нами створені перспективні селекційні лінії, які за результатами досліджень виділилися за комплексом господарських цінних ознак. Лінії включені до колекції Національного генбанку рослин України та на дві лінії – носія цінних ознак, отримано свідоцтва Національного центру генетичних ресурсів рослин України про реєстрацію цінних зразків генофонду рослин в Україні. Для практичного використання створено константні лінії, характеристика яких наведена нижче.

ДК 2. *T. aestivum* var. *aestivum*. Материнський компонент IU013993 (ARLIN / *Ae. tauschii* (283) CIGM92.1647). Середньостигла (± 1 день до рекурентного компонента), середньоросла (110 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі вище середньої (бал 6). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,3 г проти 1,8 г) і характеризується середньою пластичністю ($b_i = 1,59$). Маса 1000 зерен близька до рекурентного компоненту (32,3 г проти 31,9 г). За урожайністю перевищує рекурентний компонент: 291 г/м^2 проти 229 г/м^2 з середньою пластичністю та високою стабільністю ознаки. Посухостійкість середня. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України під номером UA0110957.

ДК 3. *T. aestivum* var. *aestivum*. Материнський компонент IU013993 (ARLIN / *Ae. tauschii* (283) CIGM92.1647). Середньостигла (± 1 день до рекурентного компонента), середньоросла (95105 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі вище середньої (бал 6). Стійка до вилягання (бал 7). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,4 г проти 1,8 г) і характеризується середньою пластичністю ($b_i = 1,05$). Маса 1000 зерен близька до рекурентного компоненту (33,2 г проти 31,9 г). За урожайністю перевищує рекурентний компонент: 292 г/м^2 проти 229 г/м^2 з середньою пластичністю та низькою стабільністю ознаки. Посухостійкість середня: за

коефіцієнтом вологовіддачі листків і колосу близька до сорту Харківська 26. Білковість зерна на рівні рекурентного сорту – 14,6 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до першої – найкращої групи. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України під номером UA0107703.

ДК 4 *T.aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент IU013993 (ARLIN / *Ae. tauschii* (283) CIGM92.1647). Середньостигла (± 2 доби до рекурентного компонента), середньоросла (110 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі середня (бал 5). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,6 г проти 1,8 г) і характеризується середньою пластичністю ($b_i = 1,65$). Маса 1000 зерен на рівні рекурентного компонента (31,5 г проти 31,9 г). За урожайністю набагато перевищує рекурентний компонент: 332 г/м^2 проти 229 г/м^2 з дуже високою пластичністю та дуже низькою стабільністю ознаки. Посухостійкість середня: за коефіцієнтом вологовіддачі листків і колосу близька до сорту Харківська 26. Білковість зерна на рівні рекурентного сорту: 14,9 % та 15,1 % відповідно. За якістю клейковини належить до другої – задовільно слабкої групи. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України як носія цінних ознак за номером UA0107704.

ДК 6 *T. aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент IU013993 (ARLIN / *Ae. tauschii* (283) CIGM92.1647). Середньостигла (± 1 доба до рекурентного компонента), середньоросла (120 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі середня (бал 5). Стійка до вилягання (бал 7). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,5 г проти 1,8 г) і характеризується середньою пластичністю ($b_i=1,06$). Маса 1000 зерен значно перевищує рекурентний компонент (37,4 г проти 31,9 г). За урожайністю на рівні рекурентного компонента: 273 г/м^2 проти 229 г/м^2 з високою пластичністю та низькою стабільністю ознаки. Посухостійкість за коефіцієнтом вологовіддачі листків і колосу близька до сорту Харківська 26. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України як носія цінних ознак за номером UA0110958.

ДК 7 *T.aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент IU013993 (ARLIN / *Ae. tauschii* (283) CIGM92.1647). Середньостигла (± 3 доби до рекурентного компонента), середньоросла (115 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі середня (бал 7). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,2 г проти 1,8 г) і характеризується середньою пластичністю ($b_i = 1,65$) та високою стабільністю. Маса 1000 зерен на рівні рекурентного компоненту (35,1 г проти 31,9 г). За урожайністю перевищує рекурентний компонент: 255 г/м² проти 229 г/м² з дуже високою пластичністю. Посухостійкість середня: за коефіцієнтом вологовіддачі листків і колосу близька до сорту Харківська 26. Білковість зерна на рівні рекурентного сорту: 14,7 % та 15,1 % відповідно. За якістю клейковини належить до другої – задовільно слабкої групи. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України як носія цінних ознак за номером UA0110959.

ДК21 *T. spelta* var. *subbactiaricum* Материнський компонент IU013948 (68112 / WARD // *Ae. tauschii* (369) CIGM88.1313) Середньостигла (± 1 доба до рекурентного компонента), середньоросла (100 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі вища середньої (бал 8). Стійка до вилягання (бал 8). Маса 1000 зерен значно перевищує рекурентний компонент (43,0 г проти 31,9 г). Білковість зерна на рівні рекурентного сорту – 15,51 % та 15,1 % відповідно. За якістю клейковини належить до першої – найкращої групи. Білозерна форма. Посухостійкість за коефіцієнтом вологовіддачі листків і колосу близька до сорту Харківська 26. Лінію включено до колекції малопоширених видів пшениці Національного генбанку рослин України як носія цінних ознак за номером UA0300643.

ДК 22 *T. aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент IU 14009 (CROC_1 / *Ae. tauschii* (517) CIGM93.266) Середньостигла (± 2 доби до рекурентного компонента), середньоросла (107 см). Стійка до вилягання (бал 7). За масою зерна з колосу нижче рекурентного компоненту (1,6 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен близька до рекурентного компоненту (33,5 г проти 31,9 г). За урожайністю значно нижче рекурентного компоненту: 194 г/м² проти

229 г/м² з середньою пластичністю. Посухостійкість близька до сорту Харківська 26. Білковість зерна вище рекурентного сорту – 15,9 % та 15,6 % відповідно. За якістю клейковини належить до другої – задовільно слабкої групи. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України під номером UA0110960.

ДК 23 *T. aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент IU013931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) SIGM88.1209-OB) Середньостигла (± 3 доби до рекурентного компонента), середньоросла (95 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі висока (бал 9). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,1 г проти 1,8 г) і характеризується високою пластичністю ($b_i = 2,25$) та стабільністю. Маса 1000 зерен близька до рекурентного компоненту (32,3 г проти 31,9 г). За урожайністю незначно перевищує рекурентний компонент: 263 г/м² проти 229 г/м² з середньою пластичністю. Посухостійкість близька до сорту Харківська 26. Білковість зерна нижче рекурентного сорту – 14,6 % та 15,6 % відповідно. За якістю клейковини належить до першої – найкращої групи. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України під номером UA0107705. Також лінія має свідоцтво (номер 1121) про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні як носія цінних ознак.

ДК 25 *T. aestivum* var. *milturum* Материнський компонент IU013931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) SIGM88.1209-OB) Середньостигла (± 1 доба до рекурентного компонента), середньоросла (105 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі середня (бал 7). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу на рівні рекурентного компоненту (1,9 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен близька до рекурентного компоненту (35,1 г проти 31,9 г). За урожайністю нижче рекурентного компоненту: 213 г/м² проти 229 г/м² з високою пластичністю. Посухостійкість близька до сорту Харківська 26. Білковість зерна нижче рекурентного сорту – 14,4 % та 15,6 % відповідно. За якістю клейковини належить до другої – задовільно слабкої групи..

ДК 27 *T. aestivum* var. *milturum* Материнський компонент IU013931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) CIGM88.1209-OB). Середньостигла (± 2 доби до рекурентного компонента), середньоросла (115 см). Стійкість до бурої іржі та борошнистої роси вище середньої (бал 9). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,1 г проти 1,8 г) і характеризується середньою пластичністю ($b_i = 1,80$). Маса 1000 зерен на рівні рекурентного компонента (32,2 г проти 31,9 г). За урожайністю перевищує рекурентний компонент: 283 г/м² проти 229 г/м² з високою стабільністю ознаки. Посухостійкість висока: за коефіцієнтом вологовіддачі листків і колосу перевищує сорт Харківська 26. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України під номером UA0110962.

ДК 30 *T. aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент IU013931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) CIGM88.1209-OB) Середньостигла (± 1 доба до рекурентного компонента), середньоросла (115 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі висока (бал 9). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,4 г проти 1,8 г) і характеризується середньою пластичністю ($b_i = 1,26$) та високою стабільністю. Маса 1000 зерен значно перевищує показник рекурентного компонента (34,6 г проти 31,9 г). За урожайністю перевищує рекурентний компонент: 274 г/м² проти 229 г/м² з середньою пластичністю та низькою стабільністю ознаки. Посухостійкість висока. Білковість зерна перевищує показник рекурентного сорту – 15,5 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до першої – найкращої групи. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України під номером каталогу UA0110964.

ДК 31 *T. aestivum* var. *milturum* Материнський компонент IU013931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) CIGM88.1209-OB) Середньостигла (± 2 доби до рекурентного компонента), середньоросла (95 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі середня (бал 7). Стійка до вилягання (бал 7). За масою зерна з колосу на рівні рекурентного компонента (2,1 г проти 1,8 г) і характеризується середньою пластичністю ($b_i = 0,60$). Маса 1000 зерен незначно перевищує

показник рекурентного компоненту (33,6 г проти 31,9 г). За урожайністю на рівні рекурентного компоненту: 256 г/м² проти 229 г/м² з низькою пластичністю та стабільністю ознаки. Посухостійкість висока, перевищує показники сорту Харківська 26. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України як носія цінних ознак за номером UA0110965.

ДК 33 *T. aestivum* var. *milturum* Материнський компонент IU013993 (ARLIN / *Ae. tauschii* (283) CIGM92.1647). Середньостигла (± 2 доби до рекурентного компонента), середньоросла (125 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі середня (бал 8). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,3 г проти 1,8 г) і характеризується високою пластичністю ($b_i = 2,96$). Маса 1000 зерен перевищує рекурентний компонент (34,5 г проти 31,9 г). За урожайністю на рівні рекурентного компоненту: 271 г/м² проти 229 г/м² з високою пластичністю ознаки. Посухостійкість за коефіцієнтом вологовіддачі листків вище сорту Харківська 26. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України як носія цінних ознак за номером UA0110966.

ДК 34 *T. aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент UA0500029 AD 221-1 (*T. persicum* / *Ae. tauschii*). Середньостигла (± 1 доба до рекурентного компонента), середньоросла (105 см). Стійкість до бурої іржі вище середньої (бал 8). Стійка до вилягання (бал 6). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,4 г проти 1,8 г) і характеризується високою пластичністю ($b_i = 2,94$). Маса 1000 зерен вище рекурентного компоненту (34,0 г проти 31,9 г). За урожайністю перевищує рекурентний компонент: 283 г/м² проти 229 г/м² з високою пластичністю та низькою стабільністю ознаки. Посухостійкість висока: за коефіцієнтом вологовіддачі листків і колосу перевищує сорт Харківська 26. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України під номером UA0110967.

ДК 36 *T. aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент IU013993 (ARLIN / *Ae. squarrosa* (283) CIGM92.1647). Середньостигла (± 1 доба до рекурентного компонента), середньоросла (115 см). Стійкість до борошнистої

роси та бурі іржі середня (бал 7). Середня стійкість до вилягання (бал 6). За масою зерна з колосу менша рекурентного компоненту (1,6 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен перевищує рекурентний компонент (34,0 г проти 31,9 г). За урожайністю менша за рівень рекурентного компоненту: 194 г/м² проти 229 г/м² з середньою пластичністю ознаки. Посухостійкість за коефіцієнтом вологовіддачі листків на рівні сорту Харківська 26.

ДК 37 *T. aestivum* var. *caesium* Материнський компонент IU013993 (ARLIN / *Ae. tauschii* (283) CIGM92.1647). Середньостигла (± 2 доби до рекурентного компонента), середньоросла (115 см). Стійкість до бурі іржі середня (бал 8). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колоса перевищує рекурентний компонент (2,3 г проти 1,8 г) і характеризується високою пластичністю ($b_i = 2,28$). Маса 1000 зерен значно перевищує рекурентний компонент (38,0 г проти 31,9 г). За урожайністю на рівні рекурентного компоненту: 247 г/м² проти 229 г/м² з середньою пластичністю та низькою стабільністю ознаки. Посухостійкість за коефіцієнтом вологовіддачі листків і колосу перевищує сорт Харківська 26. Білковість зерна перевищує показник рекурентного сорту – 15,6 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до другої – задовільно слабкої групи.

ДК 39 *T. aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент IU013931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) CIGM88.1209-OB) Середньостигла (± 1 день до рекурентного компонента), середньоросла (95 см). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,7 г проти 1,8 г) і характеризується високою пластичністю ($b_i = 1,91$). Маса 1000 зерен вище за показника рекурентного компоненту (36,7 г проти 31,9 г) з високою екологічною пластичністю та стабільністю рівня прояву ознаки. За урожайністю перевищує рекурентний компонент: 290 г/м² проти 229 г/м² з середньою пластичністю та стабільністю ознаки. Посухостійкість висока. Білковість зерна перевищує показники рекурентного сорту – 15,5 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до другої – задовільно слабкої групи. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України під номером

UA0107706. Також лінія має свідоцтво (номер 753) про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні як носія цінних ознак.

ДК 44 *T. aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент IU013954 (DOY1 / *Ae. tauschii* (515) SIGM90.566). Середньостигла (± 3 доби до рекурентного компонента), середньоросла (100 см). Стійкість до борошнистої роси середня (бал 7). Стійка до вилягання (бал 9). За масою зерна з колосу нижче показника рекурентного компоненту (1,6 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен на рівні рекурентного компоненту (33,8 г проти 31,9 г). За урожайністю нижче показника рекурентного компоненту: 189 г/м^2 проти 229 г/м^2 з високою пластичністю ознаки. Посухостійкість висока: за коефіцієнтом вологовіддачі листків і колосу перевищує сорт Харківська 26. Білковість зерна на рівні рекурентного сорту – 15,1 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до другої – задовільно слабкої групи.

ДК 47 *T. aestivum* var. *suberythrospermum* Материнський компонент IU013993 (ARLIN / *Ae. tauschii* (283) SIGM92.1647). Середньостигла (± 2 доби до рекурентного компонента), середньоросла (115 см). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі середня (бал 7). Стійка до вилягання (бал 7). За масою зерна з колосу на рівні рекурентного компоненту (1,9 г проти 1,8 г) і характеризується середньою пластичністю ($b_1 = 1,40$). Маса 1000 зерен значно перевищує показник рекурентного компоненту (37,7 г проти 31,9 г). За урожайністю нижче рівня рекурентного компоненту: 196 г/м^2 проти 229 г/м^2 з низькою пластичністю та стабільністю ознаки. Посухостійкість на рівні показника сорту Харківська 26. Білковість зерна нижче рекурентного сорту – 13,5 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до першої – найкращої групи.

ДК 48 *T. aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент UA0500029 AD 221-1 (*T. persicum* / *Ae. tauschii*). Середньостигла (± 2 доби до рекурентного компонента), середньоросла (115 см). Стійкість до борошнистої роси середня (бал 7). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,5 г проти 1,8 г) і характеризується

середньою пластичністю ($b_1 = 0,63$). Маса 1000 зерен вище рекурентного компонента (34,1 г проти 31,9 г). За урожайністю перевищує рекурентний компонент: 297 г/м² проти 229 г/м² з низькою пластичністю та стабільністю ознаки. Посухостійкість висока: за коефіцієнтом вологовіддачі листків і колосу перевищує сорт Харківська 26. Білковість зерна на рівні рекурентного сорту – 14,6 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до другої – задовільно слабкої групи. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України під номером UA0110968

ДК 49 *T. aestivum* var. *lutescens* Материнський компонент IU013931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) SIGM88.1209-OB). Середньостигла (± 3 доби до рекурентного компонента), середньоросла (100 см). Стійка до вилягання (бал 7). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі середня (бал 7). За масою зерна з колосу на рівні рекурентного компонента (1,8 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен вище за показника рекурентного компонента (34,7 г проти 31,9 г) з середньою екологічною пластичністю та високою стабільністю рівня прояву ознаки. За урожайністю значно нижче рекурентного компонента: 202 г/м² проти 229 г/м² з середньою пластичністю та стабільністю ознаки. Білковість зерна нижче показника рекурентного сорту – 14,7 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до другої – задовільно слабкої групи. Лінію включено до колекції Національного генбанку рослин України під номером UA0110969.

ДКС 12 (ДКС 2) *T. aestivum* var. *caesium* Материнський компонент IU013993 (ARLIN / *Ae. tauschii* (283) SIGM92.1647). Середньостигла (± 1 день до рекурентного компонента), середньоросла (110 см). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,1 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен вище за показника рекурентного компонента (43,4 г проти 31,9 г). Білковість зерна нижче показника рекурентного сорту – 13,9 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до першої – найкращої групи.

ДКС 13 (ДКС 3) *T. aestivum var. aestivum* Материнський компонент UA0500029 AD 221-1 (*T. persicum / Ae. tauschii*). Середньостигла (± 2 доби до рекурентного компонента), середньоросла (110 см). Стійка до вилягання (бал 7). Стійкість до борошнистої роси та бурої іржі середня (бал 8). За масою зерна з колосу на рівні рекурентного компоненту (2,4 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен вище за показника рекурентного компоненту (42,4 г проти 31,9 г). Білковість зерна нижче показника рекурентного сорту – 13,6 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до першої – найкращої групи.

ДКС 16 (ДКС 6) *T. aestivum var. militurum* Материнський компонент IU013931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) SIGM88.1209-OB). Середньостигла (± 3 доби до рекурентного компонента), середньоросла (105 см). Стійка до вилягання (бал 7). За масою зерна з колосу перевищує рекурентний компонент (2,2 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен нижче за показника рекурентного компоненту (31,0 г проти 31,9 г). Білковість зерна на рівні показника рекурентного сорту – 15,2 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до першої – найкращої групи.

ДКС 17 (ДКС 7) *T. aestivum var. caesioides* Материнський компонент IU013931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) SIGM88.1209-OB). Середньостигла (± 1 доба до рекурентного компонента), середньоросла (120 см). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу на рівні рекурентного компоненту (1,8 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен нижче за показника рекурентного компоненту (45,4 г проти 31,9 г). Білковість зерна також на рівні показника рекурентного сорту – 14,8 % та 14,9 % відповідно, але за якістю клейковини належить до першої – найкращої групи.

ДКС 18 (ДКС 8) *T. aestivum var. subcaesium* Материнський компонент IU013993 (ARLIN / *Ae. tauschii* (283) SIGM92.1647). Середньостигла (± 1 доба до рекурентного компонента), середньоросла (100 см). Стійка до вилягання (бал 7). За масою зерна з колосу вище рівня рекурентного компоненту (2,4 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен нижче за показника рекурентного компоненту (46,0 г проти 31,9 г). Білковість зерна на рівні показника рекурентного сорту –

15,0 % та 14,9 % відповідно, але за якістю клейковини належить до першої – найкращої групи.

ДКС 19 (ДКС 9)*T. aestivum var. lutescens* Материнський компонент ІУ013948 (68112 / WARD // *Ae. tauschii* (369) СІGM88.1313). Середньостигла (± 2 доби до рекурентного компонента), середньоросла (110 см). Стійка до вилягання (бал 8). Маса 1000 зерен нижче за показника рекурентного компоненту (46,2 г проти 31,9 г). Білковість зерна на рівні показника рекурентного сорту – 15,2 % та 14,9 % відповідно, за якістю клейковини належить до другої – задовільно слабкої групи. Має зерно білого кольору.

ДКС 20 (ДКС 10) *T. aestivum var. milturum* Материнський компонент ІУ013931 (D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) СІGM88.1209-OB). Середньостигла (± 2 доби до рекурентного компонента), середньоросла (115 см). Стійка до вилягання (бал 8). За масою зерна з колосу на рівні рекурентного компоненту (1,9 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен перевищує показник рекурентного компоненту (43,0 г проти 31,9 г). Білковість зерна нижче ніж показник рекурентного сорту – 14,5 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до першої – найкращої групи.

ДКС 21 *T. aestivum var. milturum* Материнський компонент UA0500029 AD 221-1 (*T. persicum* / *Ae. tauschii*). Середньостигла (± 3 доби до рекурентного компонента), середньоросла (110 см). Стійка до вилягання (бал 7). За масою зерна з колосу на рівні рекурентного компоненту (1,9 г проти 1,8 г). Маса 1000 зерен перевищує показник рекурентного компоненту (40,2 г проти 31,9 г). Білковість зерна на рівні показника рекурентного сорту – 14,2 % та 14,9 % відповідно. За якістю клейковини належить до другої – задовільно слабкої групи

Висновки до розділу 6

Шляхом гібридизації синтетиків – амфідиплоїдів тетраплоїдних пшениць з *Ae. tauschii* Coss. (геном ABD, $2n=42$) з сортом пшениці м'якої Харківська 26 з наступними беккросами пшеницею та самозапиленням одержано інтрогресивні лінії з покращеними показниками якості зерна – вмісту білка,

вмісту клейковини та її якості, їх реакцією на умови вирощування та стабільністю прояву ознак.

Лінії ДК 21, ДКС 16, ДКС 18 виділились за вмістом білка і клейковини та ІДК; лінії ДК 23 та ДК 30 – за вмістом білка та ІДК; ДКС 17, ДКС 20 – за вмістом клейковини та ІДК.

Доведено перспективність використання синтетиків як джерел покращення якості зерна у селекції ярої м'якої пшениці.

При написанні 6 розділу використано роботи автора [24].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО 6 РОЗДІЛУ

1. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). Москва : ООО «Издательство Агрорус», 2004. 1109 с.
2. Puroindoline grain hardness alleles in CIMMYT bread wheat germplasm / Lillemo M. J. [et al.]. *Cereal Sci.* 2006. 44. P. 86–92.
3. William M. , Peña R. J., Mujeeb-Kazi A. Seed protein and isozyme variations in *Triticum tauschii* (*Aegilops squarrosa*). *Theor. Appl. Genet.* 1993. 87. P. 257–263.
4. Peña R. J., Zarco-Hernandez J., Mujeeb-Kazi A. Glutenin subunit compositions and bread-making quality characteristics of synthetic hexaploid wheats derived from *Triticum turgidum* × *Triticum tauschii* (Coss.) Schmal crosses. *J. Cereal Sci.* 1995. 21. P. 15–23.
5. Characterisation of high- and low-molecular weight glutenin subunits associated to the D genome of *Aegilops tauschii* in a collection of synthetic hexaploid wheats / Pfluger L. A. [et al.]. *Theor. Appl. Genet.* 2001. 103. P. 1293–1301.
6. Peña R. J., Zarco-Hernandez J. Mujeeb-Kazi A. Glutenin subunit compositions and bread-making quality characteristics of synthetic hexaploid wheats derived from *Triticum turgidum* × *Triticum tauschii* (Coss.) Schmal crosses. *J. Cereal Sci.* 1995. 21. P. 15–23. URL : [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(95\)80004-2](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(95)80004-2) Get rights and content.

7. Quantitative trait locus analysis of wheat quality traits / Nelson J. [et al.]. *Euphytica*. 2006. 149. P. 145–159. DOI: [10.1007/s10681-005-9062-7](https://doi.org/10.1007/s10681-005-9062-7).
8. Grain Quality of Emmer Wheat Derived Synthetic Hexaploid Wheats / Lage J. [et al.]. *Genet Resour Crop Evol.* 2006. 53. P. 955–962. URL : <https://doi.org/10.1007/s10722-004-7066-0>.
9. Calderini D. F., Ortiz-Monasterio I. Are synthetic hexaploids a means of increasing grain element concentrations in wheat?. *Euphytica*. 2003. 134. P. 169–178 URL : <https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000003849.10595.ac>.
10. Grain Quality of Emmer Wheat Derived Synthetic Hexaploid Wheats / Lage J. [et al.]. *Genet Resour Crop Evol.* 2006. 53. P. 955–962 (<https://doi.org/10.1007/s10722-004-7066-0>).
11. Ram S., Tyagi B., Mishra B. Evaluation and utility of synthetic hexaploids in the improvement of wheat grain quality. *Indian J. Genet.* 2007. 67(3). P. 243–247.
12. Trethowan R., Van Ginkel M. Synthetic wheat: an emerging genetic resource. In: B. Carver (ed.) *Wheat science and trade*. Wiley-Blackwell, Ames, IA. 2009. P. 369–385. DOI: [10.1002/9780813818832.ch16](https://doi.org/10.1002/9780813818832.ch16).
13. High-molecular-weight (HMW) glutenin subunit composition of the Elite-II synthetic hexaploid wheat subset (*Triticum turgidum* × *Aegilops tauschii*; 2n=6x= 42; AABBDD) / Bibi A. [et al.]. *Plant Genetic Resources*. 2012. [Vol. 10](#) (1). P. 1 – 4. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1479262111000888>
14. Наукове обґрунтування розробки нових методів оцінки хлібопекарської якості борошна пшениці / О.І. Рибалка, М.В. Червоніс, І.Г. Топораш, [та ін.] // *Хранение и переработка зерна*. – 2006. – № 1. – С. 43–48.
15. Das M. K., Bai G., Mujeeb-Kazi A. & Rajaram S. Genetic diversity among synthetic hexaploid wheat accessions (*Triticum aestivum*) with resistance to several fungal diseases. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2016. 63. P. 1285–1296.
16. Захарова Н. Н., Захаров Н. Г, Гаранин М. Н. Формирование качества зерна озимой и яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья. *Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии*.

2016. № 1 (33).С. 14–20. 10.18286/1816-4501-2016-1-14-20. URL : <http://www.agriscience.ru/pdf/1816-4501/2016/1/14-20.pdf> Доступ 29.05.2021.

17. Колмаков Ю. В., Зелова Л. А. Зависимость качества зерна от температуры и осадков периода вегетации. Научное обеспечение производства конкурентоспособной продукции сельского хозяйства : сб. науч. тр., посвященный 80-летию со дня основания Карабалыкской СХОС. Научный, 2009. С. 123–125.

18. Шиятый Е. И., Пуалаккайнан Л. А. Качество зерна яровых культур и адаптация агротехнологий к почвенно-климатическим условиям. Сельскохозяйственная биология. 2008. №1. С. 3–15.

19. Бебякин В. М., Кулеватова Т. Б., Кибкало И. А. Оценка качества зерна яровой мягкой пшеницы в процессе селекции. Аграрная наука. 2012. № 14. С. 22–24.

20. Розова М. А., Мухин В. Н. Влияние погодных условий на содержание в зерне яровой твердой пшеницы белка, клейковины и ее качество в условиях Приобской лесостепи Алтай края. Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 8. С. 58–61.

21. Gaboun F. Nsarellah N., Rhribl R., El-Haila1 M., Kamar M., Abbad Andaloussi F. and Udupa S. M.. Genotype x Environment interaction for quality traits in durum wheat cultivars adapted to different environments / Taghouti1 M. [et al.]. African Journal of Biotechnology. 2010. V. 9 (21). P. 3054–3062.

22. Ecological and genetic variability of wheat quality components / Zečević V. [et al.]. Kragujevac J. Sci. 2010. № 32. P.89–94.

23. Comparative assessment of glutenin composition and its relationship with grain quality traits in bread wheat and synthetic derivatives / Ahmad Ali. [et al.]. Pak. J. Bot. 2013. 45(SI). P. 289–296.

24. Докукіна К.І., Білінська О.В., Шелякіна Т.А., Буряк Л.І., Ільченко Н.К. Якість зерна гібридних ліній пшениці м'якої ярої – потомків гібридів синтетиків з сортом Харківська 26.Наукові доповіді НУБіП України; № 3(91) (2021) DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.03.006>

ВИСНОВКИ

У дисертації теоретично узагальнено й подано нове вирішення важливого наукового завдання з визначення селекційної цінності синтетиків (тетраплоїдна пшениця / *Ae. tauschii* Coss.) шляхом установлення характеру успадкування ознак і розкриття формотворчого процесу при гібридизації синтетиків з пшеницею м'якою ярою; характеристики одержаних у потомстві константних лінії типу пшениці м'якої за ознаками продуктивності та її елементів, водоутримуючої здатності листків та колоса, показників якості зерна – вмісту білка та клейковини та індексу деформації клейковини, та мінливості цих ознак у залежності від умов року.

1. У F1 між синтетиками (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) за більшістю ознак домінували ознаки синтетика: опушення колоскових лусок, відсутність воскового нальоту, а також спельтоїдний комплекс: важкий вимолот зернівок, наявність широкого плеча на колоскових лусках, нещільний колос. Лише за відсутністю остюків домінувала м'яка пшениця. За рештою фенотипових ознак гібридні рослини були проміжними між обома батьківськими компонентами.

2. Розщеплення в F2 та BC1 гібридів між синтетиками (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) відповідало незалежному успадкуванню пар ознак, кожна з яких контролювалось моногенно: остистість – безостистість; опушення колоскових лусок – відсутність опушення; наявність – відсутність воскового нальоту на колосі, сіро-димчасте забарвлення колоскових лусок. Це сприяє їх використанню як сортовирізняльних ознак для сортів пшениці. У F2 між синтетиками (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) розмах прояву показників продуктивності колоса не виходив за межі батьківських компонентів. Загальний рівень прояву кількості колосків у колосі відмічали вищим у класах безостих колосів порівняно з остистими.

3. Здійснено інтрогресію в генотип м'якої пшениці генів синтетика, які контролювали гліадинові блоки, пов'язані з високими та низькими показниками

SDS седиментації борошна. У потомстві гібридів між синтетиками T durum / Ae. tauschii (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) отримано сім'ї, у яких рівень седиментації перевищує цей показник у батьківських компонентів. Виявлено перевагу остистих форм над безостими за показником седиментації борошна.

4. У F1 пшениці м'якої (♀) з синтетиками (♂) за висотою рослин, довжиною колоса та елементами продуктивності домінували ознаки пшениці переважно у слабкому та середньому ступені. Слабке домінування за висотою рослин мало місце у гібридів з синтетиками DVERD_2 / Ae. tauschii (221) та D67.2 / P66.270 // Ae. tauschii (257) (D слабке, від -0,25 до -0,11), позитивне наддомінування – за довжиною колоса у гібридів з DVERD_2 / Ae. tauschii (221) та 68.112 / WARD // Ae. tauschii (369) D відповідно 4,6 і 8,3). За важким вимолотом зернівок домінував синтетик. Розщеплення за цією ознакою у гібридів за участі синтетиків відповідало моногенній схемі з повним домінуванням важкого вимолоту.

5. У F2 пшениці м'якої (♀) з синтетиками (♂) коефіцієнти успадкованості у широкому розумінні були високими в більшості випадків – 25 з 30, середніми – у чотирьох, низькими – в одному. Коефіцієнти успадкуваності у вузькому розумінні за всіма ознаками відмічені значно меншими, ніж коефіцієнти успадкованості у широкому розумінні, що дає підстави починати добір за цими ознаками у більш пізніх поколіннях. Зближення обох коефіцієнтів мало місце за масою зерна з колоса ($h_2 = 0,62$ та $H_2 = 0,63$ та $0,78$ відповідно) у гібридів за участі синтетиків D67.2 / P66.270 // Ae. tauschii (217) та DVERD_2 / Ae. tauschii (221), у яких доцільно починати добір у ранніх поколіннях.

6. У F2 пшениці м'якої (♀) з синтетиками (♂) трансгресивні рослини встановлено у всіх п'яти комбінаціях за різними ознаками з частотою від 6 % до 8 % та ступенем трансгресії від 6 % до 17 %. У комбінації Харківська 26 / 68.112 / WARD // Ae. tauschii (369) такі рослини відмічено за п'ятьма ознаками: висотою рослини та параметрами головного колоса – довжиною, кількістю

колосків і зерен, масою зерна. Наявність трансгресій свідчить про можливість підвищення рівня прояву цих ознак у пшениці м'якої.

7. Одержанням у потомстві гібридів між синтетиками (♀) та пшеницею м'якою ярою Харківська 26 (♂) після триразових беккросів і чотириразового самоzapлення з доборами 50 константних інтрогресивних ліній визначена ефективність використання синтетиків *T. durum* Desf. – *Ae. tauschii* Coss. для покращення пшениці м'якої ярої за генотиповим ефектом, пластичністю й стабільністю ознак урожайності та її основних складових – маси зерна з колоса та маси 1000 зерен. Найбільші генотипові ефекти і екологічна пластичність за врожайністю виявлено у ліній ДК 4 та ДК 6 (332 та 273 г/м² відповідно). Високу стабільність за підвищеної врожайності проявили лінії ДК 2, ДК 27, ДК 30. За масою зерна з колоса (2,4–2,7 г) та масою 1000 зерен (36,7–37,7 г) високим генотиповим ефектом, високою екологічною пластичністю та стабільністю рівня прояву ознаки відзначили лінії ДК 34 та ДК 39.

8. Варіювання ознаки маси 1000 зерен значно менше, ніж ознак – урожайності та маси зерна з колосу. Встановлено тісну кореляцію між урожайністю та масою зерна з колоса у посушливі 2015 р. та 2017 р. і середню – у більш сприятливому 2016 р.

9. Одержані константні лінії характеризуються різноманіттям за водоутримуючою здатністю листкових пластинок прапорцевого та підпрапорцевого листків і колоса. У ліній ДК 30, ДК 31, ДК 34, ДК 37, ДК 39, ДК 48 – похідних різних синтетиків, в усі роки досліджень визначено найменшу вологовіддачу прапорцевого (0,58–1,22) та підпрапорцевого (0,88–1,74) листків порівняно з рекурентним сортом Харківська 26: 1,77–2,08 та 1,26–1,43 відповідно, що відповідає більшій водоутримуючій здатності.

10. Величина вологовіддачі на одиницю сухої зафіксована найбільшою у листкової пластинки підпрапорцевого листка, меншою – у прапорцевого листка і найменшою – у колоса, отже спостерігається наростання ксероморфності від нижніх до верхніх ярусів рослини. Вологовіддача прапорцевого листка тісно позитивно корелювала з вологовіддачею підпрапорцевого листка: $r = 0,98–0,99$.

У найбільш посушливому 2015 р. встановлено середню негативну кореляцію між коефіцієнтами вологовіддачі колоса та прапорцевого і підпрапорцевого листків. Лінії, виділені за низькою вологовіддачею листкових пластинок, перевищували рекурентний сорт Харківська 26 за урожайністю та масою зерна з колосу. Разом з цим, не у всіх ліній, що мали підвищені показники маси зерна з колоса і врожайності, спостерігали знижену вологовіддачу листків і колосу.

11. Шляхом гібридизації синтетиків з сортом пшениці м'якої Харківська 26 та наступних беккросів пшеницею й самозапилення одержано інтрогресивні лінії з покращеними показниками якості зерна – вмісту білка, вмісту клейковини та її якості, реакцією цих показників на умови вирощування та стабільністю прояву ознак. Лінії ДК 21, ДКС 16, ДКС 18 виділено за вмістом білка і клейковини та ІДК; лінії ДК 23 та ДК 30 – за вмістом білка та ІДК; ДКС 17, ДКС 20 – за вмістом клейковини та ІДК.

\

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ

Використовувати синтетики *T. durum* Desf. / *Ae. tauschii* Coss. для селекційного покращення пшениці м'якої ярої за генотиповим ефектом, пластичністю й стабільністю ознак урожайності та її основних складових – маси зерна з колоса та маси 1000 зерен.

У гібридів пшениці м'якої (♀) з синтетиками D67.2 / P66.270 // AE.SQUAR *Ae. tauschii* ROSA (218), D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (257), 68.112 / WARD // *Ae. tauschii* (369) (♂) починати добір за ознаками продуктивності у більш пізніх поколіннях – F₄ і пізніше; у гібридів з синтетиками D67.2 / P66.270 // *Ae. tauschii* (217) та DVERD_2 / AE. SQUARROSA (221) – у ранніх поколіннях, починаючи з F₂.

Використовувати у селекційних програмах з пшениці м'якої ярої:

- лінії, створені у ході виконання досліджень і зареєстровані у Національному центрі генетичних ресурсів рослин України: ДК23 (свідоцтво № 1121), ДК39 (свідоцтво № 753);
- виділені за результатами вивчення і включені до колекції Національного генбанку рослин України
- лінії ДК 4 та ДК 6 – для селекції інтенсивних сортів пшениці м'якої ярої з позитивною реакцією на агротехнічні заходи;
- лінії ДК 34 та ДК 39 – у селекції за ознаками маси зерна з колоса та маси 1000 зерен;
- лінії ДК 30, ДК 31, ДК 34, ДК 37, ДК 39, ДК 48 – як джерела зниженої воловіддачі листя у селекції на посухостійкість;
- лінії ДК 21, ДК 23, ДК 30, ДКС 16, ДКС 17, ДКС 18, ДКС 20 – у селекції на підвищення якості зерна.

Використовувати як морфологічні маркери інтрогресії генів синтетиків у геном пшениці м'якої ознаки: опушення колоскових лусок; відсутність воскового нальоту на колосі, сіро-димчасте забарвлення колоскових лусок.

ДОДАТКИ

\

Додаток А

Список публікацій здобувача

Статті у фахових наукових виданнях України

1. Докукіна К. І. Успадкування ознак колоса у гібридів між амфідиплоїдом *Triticum durum* Desf. – *Aegilops tauschii* Coss. та сортом ярої м'якої пшениці Харківська 26. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Харків, 2012. Вип. 3. С. 98–103.
2. Докукіна К. І., Діденко С. Ю., Усова З. В. Інтрогресивна гібридизація амфідиплоїдів *T. durum* – *Ae. tauschii* з м'якою пшеницею Харківська 26. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Харків, 2006. Вип. 3. С. 67–71. Серія Біологія (частка авторства 60 %: проведення експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів, узагальнення даних).
3. Докукіна К. І. Екологічна пластичність ліній пшениці похідних від синтетиків геномної структури ABD. Селекція і насінництво: міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва імені В. Я. Юр'єва. Харків, 2020. Вип. 117. С. 59–68.
4. Dokukina K. I., Bohuslavskiy R. L. Trait inheritance in bread spring wheat hybrids with synthetics with ABD genomic structure. Генетичні ресурси рослин : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва імені В. Я. Юр'єва. Харків, 2020. № 26. С. 11–19 (частка авторства 80 %: проведення експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів, узагальнення даних).
5. Докукіна К. І., Богуславський Р. Л. Посухостійкість ліній пшениці похідних від синтетиків геномної структури ABD. Генетичні ресурси рослин : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва імені В. Я. Юр'єва. Харків, 2020. № 27. С. 26–36 (частка авторства 80 %: проведення експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів, узагальнення даних).
6. Докукіна К. І., Білинська О. В., Шелякіна Т. А., Буряк Л. І., Ільченко Н. К. Якість зерна гібридних ліній пшениці м'якої ярої – потомків

гібридів синтетиків з сортом Харківська 26. Наукові доповіді НУБіП України; № 3(91) (2021) DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.03.006> (частка авторства 60 %: проведення експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів, узагальнення даних)

Матеріали наукових конференцій

7. Докукіна К. І. Использование амфидиплоидов геномной структуры ABD для генетического улучшения мягкой пшеницы. Сучасні технології селекційного процесу сільськогосподарських культур : тези доп. міжнар. наук. симп., 7–9 липня. Харків, 2004. С. 38, 39.

8. Докукіна К. І., Діденко С. Ю., Усова З. В. Дикі співродичі як джерело нових генів у геномі м'якої пшениці. Генетичні ресурси для адаптивного рослинництва: мобілізація, інвентаризація, збереження, використання : тези доп. міжн. наук.-прак. конф., 29 червня – 1 липня. Оброшино, 2005. С. 212,213

9. Докукіна К. І., Діденко С. Ю., Усова З. В. Характеристика показників якості зерна амфідиплоїдів геномної структури ABD з м'якою пшеницею. Інноваційні напрямки діяльності молодих вчених в галузі рослинництва : зб. тез III-ої Міжнар. конф. молодих вчених, 20–22 червня. Харків, 2006. С. 93, 94.

10. Докукіна К. І. Формоутворення у гібридів синтетичної форми *T.durum*-*Ae.tauschii* ($2n=42$) з м'якою ярою пшеницею Харківська 26. Молодь та поступ біології : тези IV міжн. наук. конф. студентів і аспірантів, 7–10 квітня. Львів, 2008. С. 130, 131.

11. Dokukina K. Use of wheat synthetics to expand genepool of spring bread wheat REGIONAL CONFERENCE. Diversity, characterization and utilization of plant genetic resources for enhanced resilience to climate change, 3–4 october. Azerbaijan, 2011. С. 152–154

12. Докукіна К. І. Амфідиплоїди *Triticum durum* – *Aegilops tauschii* як вихідні форми для селекції пшениці м'якої ярої : тези міжнар. науково-практичної конф. присвяченої 100-річчю Національної академії аграрних наук

України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН, 4–5 липня. Харків, 2018. С. 176, 177.

Наукові посібники

13. Рябчун В. К., Богуславский Р. Л., Твердохлеб Е. В., Голик О. В., Ниниева А. К., Докукина К. И. [и др.]. Коллекция малораспространенных видов, дикорастущих сородичей и амфидиплоидов пшеницы национального генбанка растений Украины : каталог / НААН, Институт растениеводства имени В.Я. Юрьева. Харьков, 2011. 10 с.

14. Богуславський Р. Л., Рябчун В. К., Голік О. В., Діденко С. Ю., Кір'ян В. М., Вискуб Р. С., Задорожна О. А., Докукіна К. І., Бондаренко В. М., Кузьмишина Н. В., Сергєєва І. Л., Скороходов М. Ю., Шиянова Т. П., Криштопа Н. І., Вечерська Л. А. Генетичне різноманіття малопоширених видів, диких родичів та амфідиплоїдів пшениці у Національному генбанку рослин України. Харків, 2018. 45 с.

Додаток Б

Класи розщеплення за поєднанням ознак у рослин гібридів F₂ та BC₁ від схрещування (АД *Triticum durum* / *Aegilops tauschii* IU013948) / Харківська 26. 2005 р.

Класи розщеплення за ознаками колоса			F ₂			BC ₁		
			Кількість рослин у класі розщеплення		Частота класу	Кількість рослин у класі розщеплення		Частота класу
жорсткість колоскової луски	наявність остюків	забарвлення колоскових лусок	фактична	очікувана		фактична	очікувана	
Ж	В	С	116	122	27	53	49	1
Ж	В	Б	44	41	9	42	49	1
Ж	О	С	38	41	9	0	0	0
М	В	С	42	41	9	44	49	1
Ж	О	Б	11	14	3	0	0	0
М	В	Б	15	14	3	57	49	1
М	О	С	16	14	3	0	0	0
М	О	Б	6	5	1	0	0	0
Σ			288		64	196		4
			$\chi^2_{\phi} = 2,35$ $\chi^2_{\tau} = 14,07$ $p=0,05$			$\chi^2_{\phi} = 3,14$ $\chi^2_{\tau} = 7,81$ $p=0,05$		

Додаток С

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні

№ 753

На підставі повноважень, наданих Українською академією аграрних наук, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видав це авторське свідоцтво на зразок генофонду

якої м'якої пшениці м'яка ДР 39
zareєстрований під номером Національного каталогу UA0107706
Виділений(а) за ознакою: поєднання підвищеної
маси 1000 зерен (47,4г), вмісту білку
у борошні (15,5%), вмісту клейковини
(32,4%), стійкості до вилягання (85.)
при урожайності 350 г/м²

Автор(и): Докукіна К.І.
Богуславський Т.А.
Сотніков В.В.

Заявник(и): Інститут рослинництва
ім. В.Я. Юр'єва, Національний
центр генетичних ресурсів рослин
України

Запит № 001720 від "23" 03.2009р.

Дата видачі свідоцтва 16 травня 2011р.



Керівник Національного центру
генетичних ресурсів рослин України

Рябчук В.К. Рябчук

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні

№ 1121

На підставі повноважень, наданих Національною академією аграрних наук України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видав це свідоцтво на зразок генофонду

пшениці м'якої ярої лінії ДК23

zareєстрований під номером Національного каталогу UA0107705

Посидання вмісту білку 15,8%, клейковини 26,4% з кількістю зерен в колосі 41 шт., довжиною колосу 10,1 см при урожайності 205 г/см², стійкості до борошнистої роси 86, бурої іржі 96., стеблової іржі 96.

Автори: Докукіна К.І., Богуславський Ф.Л.,
Розуліна Л.В.

Заявник: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН

Запит № 001719 від 23. 03. 2009

Дата видачі свідоцтва 13.11.2013

Керівник Національного центру
генетичних ресурсів рослин
України



В.К. Рябчун

Додаток D

ІНСТИТУТ РОСЛИННИЦТВА
імені В. Я. Юр'єва
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК
УКРАЇНИ

61060, Харків, Московський пр., 142
тел.: (057) 392-11-87
(+38) 098-94-94-524
E-mail: yuriev1908@gmail.com
Код ЄДРПОУ 00497176



PLANT PRODUCTION INSTITUTE
named after V. Ya. Yuryev
NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN
SCIENCES OF UKRAINE

61060, Kharkiv, Moskovskiy pr., 142
phone: (057) 392-11-87
(+38) 098-94-94-524
E-mail: yuriev1908@gmail.com
USREOU code 00497176

№ 1/2а-08/63-1

від 05.02 2021 р.

Довідка

Видана науковому співробітнику лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН **Докукуній Ксенії Іванівні** про те, що створені нею під час виконання дисертаційної роботи «Цінність синтетиків пшениці геномної структури *ABD* для селекції пшениці м'якої ярої» лінії пшениці м'якої ярої: **ДК 2, ДК 23, ДК 27, ДК 30, ДК 33, ДК 34, ДК 39, ДК 49**, які характеризуються підвищеними показниками продуктивності і якості зерна, включено до колекції Національного ген банку рослин України та використано у наукових дослідженнях лабораторії генетичних ресурсів зернових культур Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва.

Директор Інституту рослинництва
імені В.Я. Юр'єва НААН




 Л.Н. Кобизєва

Керівник Національного центру
генетичних ресурсів рослин України

 В.К. Рябчун

В.о. завідувача лабораторії генетичних
ресурсів зернових культур

 А.В. Ярош

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
МИРОНІВСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ПШЕНИЦІ ІМЕНІ В.М. РЕМЕСЛА
08853, с. Центральне
Миронівського району Київської області
Тел.: (04574) – 74135; Факс: (04574) – 74-446



NATIONAL ACADEMY OF
AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
THE V.M. REMESLO MYRONIVKA
INSTITUTE OF WHEAT
Tsentral'ne village, Myronivka district,
Kyiv region, 08853 UKRAINE
Tel.: +38-(04574)-74135; Fax: +38-(04574)-74-446

E-mail: mwheats@ukr.net

Довідка

від 16.03. 2021 р.

Видана науковому співробітнику лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН **Докукуній Ксенії Іванівні** про те, що створені нею під час виконання дисертаційної роботи «Селекційна цінність синтетиків пшениці геномної структури *ABD*» лінії пшениці м'якої ярої: ДК 33, ДК 36, ДК 39, ДК 47-а, ДК 47-б, ДК 49, ДКС 2, ДКС 3, ДКС 6, ДКС 7, ДКС 9, ДКС 10 характеризуються підвищеними показниками продуктивності і вмісту білка у зерні. Лінії використано у селекційній програмі лабораторії селекції ярої пшениці Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН.

Директор інституту
член-кореспондент НААН



О.А. Демидов

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE
**SUMY NATIONAL
AGRARIAN UNIVERSITY**

вул. Г.Кондратьєва 160, м. Суми, Україна, 40021
Тел. + 38(0542)701010, факс: +380(542)701055
e-mail: admin@snau.edu.ua, www.snau.edu.ua
ЄДРПОУ код 04718013


160, H.Kondratieva str., Sumy, Ukraine, 40021
Tel. + 38(0542)701010, fax: +380(542)701055
e-mail: admin@snau.edu.ua, www.snau.edu.ua
USREOU code 04718013

№ _____ від _____

на № _____ від _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту рослинництва
ім. В. Я. Юр'єва НААН України


Л.Н.Кобизєва
«30» _____ 2021 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Сумського національного
аграрного університету МОН
України


В.І. Ладика
«30» _____ 2021 р.



Акт № 3/2021

упровадження наукових розробок

Науковим співробітником лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин Інституту рослинництва імені В.Я.Юр'єва НААН Докукіною Ксенією Іванівною передано на кафедру захисту рослин факультету агротехнологій та природокористування Сумського національного аграрного університету передано створені під час виконання дисертаційної роботи «Селекційна цінність синтетиків пшениці геномної структури *ABD*» насіння ліній пшениці м'якої ярої: ДК 33, ДК 36, ДК 39, ДК 47-а, ДК 47-б, ДК 49, ДКС 2, ДКС 3, ДКС 6, ДКС 7, ДКС 9, ДКС 10. Лінії характеризуються підвищеними показниками продуктивності і вмісту білка у зерні. Ці зразки використовуються у навчальній та науковій роботі факультету агротехнологій та природокористування Сумського національного аграрного університету.

Передала матеріали:

науковий співробітник лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України
Докукіна К.І.

Отримала:

Доцент кафедри захисту рослин СНАУ
кандидат с.-г. наук



Бакуменко О.М.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ім. В.В. ДОКУЧАЄВА

п/п Докучаєвське – 2, Харківський район, Харківська область, 62483, тел. (057) 709-03-00,
 факс (057) 709-03-10, E-mail: office@knau.kharkov.ua, код ЄДРПОУ 00493764

24.03.2024 № 06.24/124

Про наукові розробки
Докукіної Ксенії Іванівни

ДОВІДКА

Надана Докукіній Ксенії Іванівні, науковому співробітнику Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва про те, що створена в результаті віддаленої гібридизації колекція ліній пшениці м'якої ярої: ДК 33, ДК 36, ДК 39, ДК47-а, ДК 49, ДКС 2, ДКС 6, ДКС 7, ДКС, 9 та ДКС 10 використовуються в науковій роботі, в навчальному процесі та включена в селекційну програму кафедри генетики, селекції та насінництва Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва.

Ректор університету



О. УЛЬЯНЧЕНКО

Додаток Е

Гібриди F1



Лінії, створені за участю синтетиків геномної структури ABD



ДК 39



ДКС 13



ДК 47



ДК 27



ДК 3



ДКС 12



ДК 33



ДКС 17



ДК 29



ДК 32



ДК 22



ДК 47 6