

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

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

ВЕЧЕРСЬКА ЛЮДМИЛА АНАТОЛІЇВНА

УДК 633.11:631.527:575

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗШИРЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ
ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ПШЕНИЦІ ПОЛБИ ЗВИЧАЙНОЇ МЕТОДОМ
ГІБРИДИЗАЦІЇ**

201 Агрономія
(20 Аграрні науки та продовольство)

Подається на здобуття наукового ступеня
доктора філософії

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

Науковий керівник: Голік Олег Вікторович, доктор сільськогосподарських
наук, старший науковий співробітник

Харків – 2021

АНОТАЦІЯ

***Вечерська Л.А.* Особливості розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу пшениці полби звичайної методом гібридизації. – кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія (20 Аграрні науки та продовольство). ІР ім. В.Я. Юр'єва НААН, Україна, Харків, 2021.

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та практичне вирішення важливого наукового завдання з розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу пшениці полби звичайної методом гібридизації для забезпечення різних напрямів селекції, наукових та навчальних потреб шляхом встановлення закономірностей прояву цінних господарських ознак у зразків генофонду та їх гібридів, визначення зв'язку між рівнем прояву кількісних та якісних ознак, виявлення та створення джерел цінних ознак для підвищення ефективності селекційної роботи. Визначено мінливість і взаємозв'язки ознак продуктивності та її елементів, стійкості проти вилягання, вмісту мікроелементів, білка та каротиноїдів, загальної антиоксидантної активності, макаронних та круп'яних властивостей пшениці полби, що має важливе значення для проведення ефективних доборів. На основі встановлених закономірностей і комплексної оцінки зразків ідентифіковано джерела і донори цінних господарських ознак.

Кваліфікаційну наукову працю присвячено вирішенню актуальних завдань щодо розширення та покращення сортименту пшениці полби звичайної для круп'яної, хлібопекарської, макаронної та інших галузей харчової промисловості шляхом використання біорізноманіття малопоширених видів пшениці як джерела бажаних ознак якості зерна, що підтверджено завданнями державних наукових програм.

Вирішено важливе наукове завдання зі встановлення закономірностей прояву ознак якості зерна при гібридизації між сортами та лініями пшениці полби селекції ІР ім. В.Я. Юр'єва та зразками малопоширених тетраплоїдних

видів пшениці. Установлено селекційну цінність зразків видів пшениці *Triticum dicoccum* Shrank., *T. durum* Desf., *T. persicum* Vav., *T. timopheevii* (Zhuk.) Zhuk., *T. polonicum* L., *T. turanicum* Jakubz. за ознаками якості зерна та отримано цінний селекційний матеріал. Установлено закономірності прояву ознак якості зерна та продуктивності при гібридизації за участі сортів і ліній пшениці полби селекції ІР ім. В.Я. Юр'єва та зразків малопоширених тетраплоїдних видів пшениці. Створено селекційно цінні інтрогресивні сім'ї пшениці полби озимої інтенсивного типу, інтрогресивні лінії пшениці полби ярої та озимої з розширеним генетичним різноманіттям за ознаками якості зерна за рахунок включення генетичного матеріалу малопоширених тетраплоїдних видів пшениці, створено сорт пшениці полби ярої макаронного та сорт хлібопекарського напрямку використання. Вдосконалено метод створення інтрогресивних ліній пшениці полби, наявність інтрогресій в яких підтверджено за допомогою білкових маркерів. Удосконалено метод оцінки кольору борошна й макаронів, вироблених із пшениці різних видів.

У результаті проведених досліджень було встановлено відмінності зразків тетраплоїдних видів пшениці за вмістом мікроелементів, білка, ЗАОА, твердозерністю, макаронними та круп'яними властивостями. Виділено зразки споріднених видів пшениці, які поєднують ряд цінних господарських ознак:

- масу зерна, кількість зерен з головного колоса, довжину колоса, кількість колосків та їх озерненість – *T. durum* var. *falcatomelanopus* Jakubz. & Filat., *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*, *T. dicoccum* var. *atratum* (Host) Schrad.;

- високий вміст білка, цинку, заліза й міді з крупністю зерна, стійкістю до вилягання та твердозерністю – *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. aethiopicum* var. *densarraseita* Jakubz., *T. timopheevii*, *T. dicoccum* var. *atratum*;

- високий вміст білка з високою натурою та склоподібністю – *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*;

– високі макаронні властивості з продуктивністю та стійкістю проти вилягання – *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. dicoccum* var. *atratum*;

– за комплексом круп'яних властивостей (вихід крупи, розварюваність, колір каші) виділено *T. durum* var. *falcatomelanopus* та *T. timopheevii*.

Установлено рівень мінливості ознак структури колоса, що дає змогу прогнозувати надійність доборів на підвищення продуктивності рослин пшениці полби та споріднених видів. Середній і низький рівень мінливості встановлено за довжиною головного колоса, кількістю колосків у колосі, кількістю зерен та масою зерен з колосу. Ефективність доборів за цими ознаками буде високою.

Установлено, що розмах варіювання ознак якості і продуктивності під дією метеорологічних умов вирощування залежить від їх генетично зумовленого рівня. Це дозволило виділити зразки із стабільно високим рівнем цінних господарських ознак, в тому числі:

– за вмістом білка, клейковини, крохмалю високі генотипові ефекти і високу стабільність їх прояву визначено у ряду зразків, серед яких особливо високими рівнями прояву цих ознак відзначались *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. dicoccum* var. *atratum*;

– за комплексом фізичних ознак зерна (M1000, твердозерність, натура, склоподібність) – *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. dicoccum* var. *atratum*, *T. turanicum* var. *notabile*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*.

Установлено діапазон мінливості сучасних сортів і ліній пшениці полби ярої за цінними господарськими ознаками, а саме:

– за вмістом каротиноїдних пігментів в борошні на рівні 2,43–2,98 мг/кг виділено як кращі лінії 10-55, 10-56, 10-65, 10-79 та 10-80, аналіз родоводів селекційних ліній полби КСВ із найвищим вмістом каротиноїдних

пігментів в зерні показав, що батьківським компонентом у всіх випадках були лінії пшениці твердої ярої із вмістом каротиноїдів не нижче 3,7 мг/кг;

– за макаронними властивостями виділено лінії 10-79 і 10-80, що перевищують стандарт за цими властивостями на 1,8 і 1,7 балів, відповідно, у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками, які включено до Національного генбанку рослин України під номерами Національного каталогу відповідно UA0300555 та UA0300557. За комплексом ознак було виділено лінію 12-126, яку під назвою Юніка у 2020 р. внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, для зони Лісостепу;

– за високими хлібопекарськими властивостями, урожайністю (середня врожайність 3,5 т/га та потенційна 4,3 т/га), стійкістю до збудників хвороб виділено лінію 11-29 лісостепоного екотипу, яка має переваги перед стандартом (сорт Голіковська) за загальною хлібопекарською оцінкою 6,7 балів (+ 1,3 бали), силою борошна 480 о.а. (+61 о.а.). Цю лінію з під назвою Антарес у 2019 р. було передано на кваліфікаційну експертизу. Сорт створено шляхом вільного запилення селекційної лінії пшениці твердої 09-936т;

– за рівнем твердозерності виділено сорти полби ярої Голіковська, Юніка, а також лінії 10-56, 10-65, та 10-79 з діапазоном від 198 Н до 286 Н, які за цією ознакою достовірно ($p < 0,01$) перевищували сорт пшениці твердої Спадщина (152 Н). Варіабельність твердозерності за роками була низькою у всіх зразків (2,4–8,9 %). Дисперсійний аналіз показав суттєвий внесок (95,9 %) генотипу у формування цієї ознаки, тоді як внесок умов вирощування був недостовірним ($p > 0,05$);

– за комплексом круп'яних властивостей перспективними є лінії 10-139 та 10-79 (урожайність на рівні сорту стандарту Голіковська, вихід крупи (96 % і 91 %, відповідно) і коефіцієнт разварюваності (3,2 та 3,7, відповідно) в поєднанні з хорошими смаком, ароматом, консистенцією. Лінія 10-56 характеризується високим показником розварюваності (3,8) і має привабливий колір каші. Зразки *T. timopheevii* та *T. durum* var. *falcatomelanopus* доцільно використовувати для виробництва крупи;

- встановлено, що найменш мінливим є показник твердозерності (V 2,4–8,9 %);
- встановлено діапазон мінливості сучасних сортів і ліній пшениці полби ярої за антиоксидантною активністю (АОА) – найвищі значення загальної АОА за трирічними даними були у сорту Голіковська (569,4 CGAE мкг/г), а також в ліній 10-139, 11-29, 12-3, 12-22, 12-27, 12-48, 12-122, 12-128, 12-154, 12-158, 13-23 та 13-29 які мали значення від 536,4 до 568,3 CGAE мкг/г відповідно, що достовірно не відрізнялись від сорту стандарту Голіковська. Дані зразки перевищували за ЗАОА сорт пшениці твердої Спадщина (525,6 CGAE мкг/г);
- ЗАОА сортів і ліній пшениці полби ярої (КСВ) залежала від особливостей генотипу та умов вирощування, внесок генотипу склав 32,8 % ($p < 0,005$), а внесок умов року дослідження – 24,3 % ($p < 0,001$).

Установлено ефективність використання способу експрес-оцінки кольору зразків борошна і макаронів у програмі Adobe PhotoShop® з системою оцінки кольору $L^*a^*b^*$, що дозволяє отримувати дані у вигляді числового значення та може використовуватись для оцінки кольору будь якої сільськогосподарської продукції (зерно, крупа, борошно, макарони, хліб, тощо). Використання способу експрес-оцінки кольору дозволяє спростити оцінку та порівняння кольору досліджуваних зразків, стандартизувати параметри сільськогосподарської продукції та уникнути суб'єктивного компоненту.

Створено новий вихідний матеріал пшениці полби озимої та пшениці полби ярої за участі споріднених видів пшениці зі склоподібним червоним, білим, фіолетовим та янтарним зерном полб'яного морфотипу у поєднанні з високою продуктивністю, легким обмолотом, стійкістю проти вилягання, твердозерністю та високим вмістом білка і каротиноїдних пігментів, зокрема лінії полби озимої 17-1-20, 18-1-20, 21-1-20, 22-20, 25-9-20, 27-9-20, які поєднують високу продуктивність, низьку плівчастість, високу склоподібність, високий вміст білка та каротиноїдних пігментів, високу твердозерність.

Установлено, що *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*, *T. persicum* var. *rubiginosum*, *T. durum* var. *falcatomelanopus* є джерелами високого вмісту білка, високої склоподібності, твердозерності та крупності зерна. *T. dicoccum* var. *atratum* – крупності зерна, високої склоподібності, твердозерності, вмісту білка, стійкості до вилягання та зимостійкості.

Установлено значний поліморфізм вивчених гібридів пшениці полби озимої за гліадин-локусами, широке різноманіття яких зумовлює різну селекційну цінність зразків. Виділено перспективні генотипи, які несуть генетичний матеріал обох батьківських форм та виділяються кольором зерна і продуктивністю колоса, для використання їх на подальших етапах селекційного процесу.

Створено і запропоновано аграрним підприємствам різних форм власності конкурентоздатні сорти полби ярої Юніка (високі макаронні властивості), Антарес (високі хлібопекарські властивості).

Ключові слова: пшениця, полба, якість зерна, макаронні властивості, вміст мікроелементів, вміст білка, круп'яні властивості, плівчастість, клейковина, твердозерність.

ANNOTATION

Vecherska L.A. Peculiarities of Expanding the Genetic Diversity of Starting Material of Emmer by Hybridization. - Qualifying scientific paper, manuscript copyright.

Thesis for the Academic Degree of Doctor of Philosophy in specialty 201: - Agronomy (20 Agricultural Sciences and Food Production). Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS, Kharkiv, 2021.

The thesis presents theoretical generalization and practical solution of an important scientific problem to expand the genetic diversity of starting material of emmer by hybridization to provide different areas of breeding as well as to satisfy needs of science and education through establishing expression patterns of valuable

economic traits in gene pool accessions and their hybrids, evaluating relationships between expression levels of quantitative and qualitative traits, identifying and creating sources of valuable traits in order to increase the efficiency of breeding. The variability of and relationships between performance traits and constituents, lodging resistance, trace mineral contents, protein and carotenoid contents, total antioxidant activity, pasta and groats qualities of emmer have been determined, which is important for effective selection. On the basis of the established patterns and comprehensive assessments of accessions, sources and donors of valuable economic signs have been identified.

The qualifying scientific paper is devoted to solving urgent problems of expanding and improving the assortment of emmer for groats, bread, pasta and other food industries by using the biodiversity of underutilized wheat species as sources of desirable signs of grain quality, as evidenced by state research programs.

An important scientific problem on establishing the expression patterns of grain quality traits upon hybridization of emmer varieties and lines bred at the Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev (PPI nd.a. V. Ya. Yuriev) and related wheats species have been solved. The breeding value in terms of grain quality of the following wheat species has been evaluated: *Triticum dicoccum* Shrank., *Triticum durum* Desf., *Triticum persicum* Vav., *Triticum timopheevii* (Zhuk.) Zhuk., *Triticum polonicum* L., *Triticum turanicum* Jakubz. Valuable breeding material has been obtained. The expression patterns of grain quality and performance traits upon hybridization of emmer varieties and lines bred at the PPI nd.a. VYa Yuriev and related tetraploid wheats species have been established. Valuable for breeding, introgressive families of winter emmer as well as introgressive lines of spring and winter emmer with expanded genetic diversity for grain quality have been created due to involvement of the genetic material of underutilized tetraploid wheat species. A spring pasta emmer variety and a spring bread emmer variety have been bred. The method of creating introgressive emmer lines has been improved; the presence of introgressions in the lines was confirmed using protein markers. The

method of assessing colors of flour and pasta made from different wheat species has been improved.

In the studies, differences in the contents of trace minerals and protein, total antioxidant activity (TAOA), grain hardness, pasta and groats qualities between tetraploid wheat species have been evaluated. Related wheat species accessions combining several valuable economic characteristics have been identified:

- *T. durum* var. *falcatomelanopus* Jakubz. & Filat., *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*, and *T. dicoccum* var. *atratum* (Host) Schrad. combine grain weight and number from the main spike, spike length, spikelet number and grain number per spike;

- *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. aethiopicum* var. *densarraseita* Jakubz., *T. timopheevii*, and *T. dicoccum* var. *atratum* combine high content of protein, zinc, iron and copper with grain size, lodging resistance and grain hardness;

- *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, and *T. turanicum* var. *notabile* combine high protein content with high test weight and grain vitreousness;

- *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, and *T. dicoccum* var. *atratum* combine high qualities of pasta with performance and lodging resistance;

- *T. durum* var. *falcatomelanopus* and *T. timopheevii* were distinguished due to their groats qualities (groats output, cooking index, cooked cereal color).

The spike trait variability has been determined, which allows predicting the reliability of selections to boost the performance of emmer and related wheat species plants. The length of the main spike, the spikelet number per spike, the grain number and weight per spike were mid- or low-variable. The efficiency of selections driven by these traits will be high.

It has been found that the variation ranges of the quality and performance traits under the influence of meteorological conditions of cultivation depend on their

genetically determined levels. This allowed us to identify accessions with consistently high levels of valuable economic characteristics, including:

- Strong genotypic effects for the contents of protein, gluten and starch stable expression of these traits were observed in several accessions, including *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. dicoccum* var. *atratum*;
- *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. dicoccum* var. *atratum*, *T. turanicum* var. *notabile*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, and *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* were noticeable for a set of physical characteristics of grain (1000-grain weight, grain hardness, test weight, grain vitreousness).

The variability ranges of valuable economic characteristics in modern spring emmer varieties and lines have been determined:

- Lines 10-55, 10-56, 10-65, 10-79 and 10-80 were the best in terms of the content of carotenoid pigments in flour (2.43 – 2.98 mg/kg); analysis of pedigrees of breeding emmer lines with the highest content of carotenoid pigments in grain conducted during competitive variety trials (CVT) showed that the parents in all cases had been durum wheat lines with a carotenoid content of ≥ 3.7 mg/kg;
- Lines 10-79 and 10-80 were distinguished due to their pasta qualities, as they exceeded the check variety by 1.8 and 1.7 points, respectively; they combined the high pasta scores with other valuable economic features and were included in the National Plant Gene Bank of Ukraine under the National Catalog numbers UA0300555 and UA0300557, respectively. Line 12-126 was distinguished due to several features and, in 2020, it received the name ‘Yunika’ and was included in the State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine in the Steppe and Forest-Steppe;
- Due to high bread-making qualities, yield capacity (the average yield was 3.5 t/ha and the potential yield was 4.3 t/ha) and resistance to pathogens, line 11-29 of the forest-steppe ecotype was selected, as it had advantages over the check variety (Holikovska) in terms of the total bread-making score of 6.7 points (+ 1.3 points) and flour strength of 480 (+61). In 2019, this line was called Antares and

submitted for qualification examination. The variety was created by free pollination of durum wheat breeding line 09-936t;

- Spring emmer varieties Holikovska and Yunika as well as lines 10-56, 10-65, and 10-79 were singled out due to grain hardness ranging 198 N to 286 N, which was significantly ($p < 0.01$) higher than in durum wheat variety Spadshchyna (152 N). The grain hardness variability across the years was low in all accessions (2.4–8.9 %). Analysis of variance showed a significant contribution (95.9 %) of the genotype to this trait, while the contribution of growing conditions was insignificant ($p > 0.05$);

- Lines 10-139 and 10-79 are promising because of their groats qualities (yield not worse than from check variety Holikovska, groats output of 96 % and 91 %, respectively and cooking coefficient of 3.2 and 3.7, respectively, in combination with good palatability, aroma, and consistency). Line 10-56 had a high cooking coefficient (3.8) and the color of its cooked cereal was attractive. *T. timopheevii* and *T. durum* var. *falcatomelanopus* are recommended to use in groats production;

- The grain hardness index was found to be the least variable (V 2.4–8.9%);

- The variability range of the antioxidant activity (AOA) in modern spring emmer varieties and lines has been determined: three-year data show that the highest total AOA was intrinsic to check variety Holikovska (569.4 CGAE $\mu\text{g/g}$) and to lines 10-139, 11-29, 12-3, 12-22, 12-27, 12-48, 12-122, 12-128, 12-154, 12-158, 13-23, and 13-29 which had values of 536.4 – 568.3 CGAE $\mu\text{g/g}$, not differing significantly from that in Holikovska. The TAOA in these accessions was higher than that in durum wheat variety Spadshchyna (525.6 CGAE $\mu\text{g/g}$);

- The TAOA in spring emmer varieties and lines (in CVT) depended on the genotype and growing conditions; the genotype contribution was 32.8 % ($p < 0.005$) and the condition contribution - 24.3 % ($p < 0.001$).

The efficiency of an express method for color evaluation of flour and pasta samples in the $L^*a^*b^*$ color space in Adobe PhotoShop® allowing one to record

numerical data has been proven, the express method can be used for color evaluation of any agricultural product (grain, groats, flour, pasta, bread, etc.). The express method helps to simplify the evaluation and comparison of the colors of tested samples, to standardize the parameters of agricultural products and to avoid the subjective bias.

New starting material of winter and spring emmer has been derived from related wheat species with vitreous red, white, violet and amber emmer-like grain in combination with high performance, light threshing, lodging resistance, grain hardness, high contents of protein and carotenoid pigments, in particular winter emmer lines 17-1-20, 18-1-20, 21-1-20, 22-20, 25-9-20, and 27-9-20, which combine high performance, low hull content, high vitreousness, high content of protein and carotenoid pigments, and high grain hardness.

T. aethiopicum var. *densarraseita*, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*, *T. persicum* var. *rubiginosum*, and *T. durum* var. *falcatomelanopus* were revealed to be sources of high protein content, high grain vitreousness, grain hardness and size. *T. dicoccum* var. *atratum* was demonstrated to be a source of grain size, high vitreousness, grain hardness, protein content, lodging resistance, and winter hardness.

A significant polymorphism of gliadin loci was seen in the studied hybrids of winter emmer, determining their various value for breeding. Promising genotypes carrying the genetic material of both parents have been identified by grain color and spike performance for use at subsequent steps of breeding.

Competitive spring emmer varieties Yunika (high pasta qualities) and Antares (high bread-making qualities) have been bred and offered to agrarian enterprises of different forms of ownership.

Keywords: wheat, emmer, grain quality, pasta qualities, trace mineral contents, protein content, groats qualities, hull content, gluten, grain hardness.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Голік О.В., Діденко С.Ю., Реліна Л.І., **Вечерська Л.А.** Селекція пшениці полби звичайної ярої (*Triticum dicossum* Shrank.) макаронного напрямку використання в Інституті рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2017. Вип. 23. С. 90–99. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

2. Relina L.I., Boguslavskiy R.L., **Vecherska L.A.**, Didenko S.Yu., Golik O.V., Sheliakina T.A., Pozdniakov V.V. Grain quality of tetraploid wheat *Triticum timopheevii* (Zhuk.) Zhuk. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 114. С. 106–119. DOI: [10.30835/2413-7510.2018.152144](https://doi.org/10.30835/2413-7510.2018.152144) (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

3. Тимчук В.М., **Вечерська Л.А.**, Діденко С.Ю. Методологічні підходи оцінки полби як об'єкта трансфера в системі стандартизованих сировинних ресурсів. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2018. Вип. 25. 188–198. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

4. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Голік О.В. Пшениця полба: переваги, недоліки і перспективи. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. Вип. 2. 10–17. DOI: 10.31395/2310-0478-2018-21-10-16. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

5. Тимчук В.М., Діденко С.Ю., Бондаренко Є.С., Єгорова Н.Ю., Реліна Л.І., **Вечерська Л.А.** Методологічні підходи переходу до рівня стандартизованих сировинних ресурсів по блоку якості. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2019. Вип. 26. С. 132–138. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

6. **Vecherska L.A.**, Boguslavskyi R.L., Relina L.I., Golik O.V. Morphogenesis in early generations of winter emmer / durum winter wheat hybrids. *Генетичні ресурси рослин*. 2019. Вип. 25. С. 71–81. doi: 10.36814/pgr.2019.25.05. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

7. Relina L.I., Suprun O.H., Boguslavskyi R.L., Didenko S.Yu., **Vecherska L.A.**, Golik O.V. Fatty acid composition of oil from grain of some tetraploid wheat species. *Biotechnologia Acta*. 2020. V. 13. No 2. P. 56–64. <https://doi.org/10.15407/biotech13.02.056>. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті)

8. **Вечерська Л.А.**, Голік О.В., Реліна Л.І., Буряк Л.І., Шелякіна Т.А. Розроблення способу експрес-оцінки кольору борошна й макаронів, вироблених із пшениці різних видів. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Вип. 16(4). С. 343–348. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224049>. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

Статті у наукових іноземних виданнях

9. Relina L.I., **Vecherska L.A.**, Boguslavskyi R.L. Grain quality of the tetraploid wheat *Triticum persicum* var. *rubiginosum*. *Annual Wheat Newsletter*. 2019. № 65: С. 46–52. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

10. Relina L., **Vecherska L.**, Bohuslavskyi R., Golik O. Grain quality of tetraploid wheat *Triticum durum* desf. var. *falcatomelanopus* Jakubz. & Filat. *Știința agricolă*. 2019. № 1. P. 3–9. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

11. Релина Л.И., **Вечерская Л.А.**, Голик О.В. Содержание белка и минералов в зерне некоторых видов редких тетраплоидных пшениц. *Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» серия «Биологические науки (общая биология). Сельскохозяйственные науки (агрономия)»*. 2019. № 7. С. 130–138.

(проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

Публікації, у яких засвідчено апробацію матеріалів дисертації:

12. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Діденко С.Ю. Нові напрями селекції пшениці полби звичайної ярої (*Triticum dicoccum* Shrank.) в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Мат. всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф. «Інноваційні шляхи розвитку аграрного виробництва». 8 грудня 2017 р. Херсон, Інститут зрошуваного землеробства. 2017. С. 18.

13. Голік О.В., Реліна Л.І., Діденко С.Ю., **Вечерська Л.А.** Нові лінії пшениці полби ярої *Triticum dicoccum* ((Schuebl.) Schrank) з комплексом цінних ознак. Мат. конференції, присвяченої 100-річчю Національної академії аграрних наук України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН «Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин». 2018. С. 55.

14. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Голік О.В., Діденко С.Ю., Анциферова О.В. Загальна антиоксидантна активність в зерні сортів і ліній пшениці полби звичайної, створених в інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Мат. VI міжнародної наук.-практ. конф. присвяченої 150-річчю заснування факультету агрономії «Актуальні питання аграрної науки». Умань. 15 листопада 2018 р. УНУС, 2018. С 51–52.

15. **Вечерська Л.А.** Ступінь і частота трансресій за елементами продуктивності у F₂ полба звичайна озима / пшениця тверда озима. Мат. V міжнародної наук.-практ. конф. «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку». Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. С. 21–22.

16. **Вечерська Л.А.**, Голік О.В., Реліна Л.І. Використання *Triticum durum* var. *falcatomelanopus* для створення вихідного матеріалу пшениці полби звичайної ярої. Міжнарод. наук. конф., присвячена пам'яті і науковій спадщині видатного вченого В.Я. Юр'єва «Підвищення ефективності рослинництва в сучасних умовах». Харків, 2019. С. 49–50.

17. **Вечерська Л.А.** Характеристика F₂ гібридів *T. dicoccum* var. *atratum* USA/ Шулиндінка за ступенем та частотою трансгресій. Мат. Між народ. наук.-практ. конф., присвяченої 90-річчю з дня народження д. с/г н., проф. Гончарова М.Д «Гончарівські читання». Суми, 2019. С. 25–26.

18. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Діденко С.Ю. Використання білкових маркерів в селекції пшениці полби звичайної. Мат. всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф., присвяченої 145-річчю від заснування кафедри ботаніки та захисту рослин «Перспективні напрями та інноваційні досягнення аграрної науки». Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2019. С. 139–141.

19. Relina L.I., Suprun O.H., **Vecherska L.A.**, Boguslavskyi R.L. Fatty acids in grain of some tetraploid wheat species. Мат. V між народ. наук. конф. присвяченої 130-річчю кафедри фізіології і біохімії рослин та мікроорганізмів Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна «Сучасна біологія рослин: теоретичні та прикладні аспекти». Харків, 2020. С. 40–41.

20. Любич В.В., **Вечерська Л.А.**, Голік О.В., Богуславський Р.Л. Круп'яні властивості зразків полби, пшениці твердої та пшенично-полб'яних гібридів. Мат. IX між народ. наук. конф. (Парієві читання) «Селекційно-генетична наука і освіта». Умань, 2020. С. 109–112.

21. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Голік О.В. Макаронні властивості деяких тетраплоїдних видів - співродичів пшениці полби *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl. Міжнарод. наук. інтернет-конф., присвячена ювілейним датам від дня народження видатних вчених-рослиників: академіка АН УССР Кулешова М.М., члена-кореспондента АН УССР Страхова Т.Д., професора Кучумова П.В. «Новітні технології в рослинництві: традиції та сучасність». 17–18 червня 2020 р. Харків, 2020. С. 67–68.

22. **Vecherska L.A.**, Relina L.I., Bohuslavskyi R.L., Golik O.V. Micronutrients in tetraploid wheat species. Міжнарод. наук. конф. «Сучасні проблеми генетики, біотехнології і біохімії сільськогосподарських рослин». Одеса: СГІ–НЦНС, 2020. С. 82.

23. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Богуславський Р.Л., Голік О.В. Формоутворення в ранніх поколіннях гібридів F₂ між полбою ярою та спорідненими тетраплоїдними видами пшениці. Мат всеукраїнської наук.-практ. конф. «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі». Умань, 2020. С. 38–40.

24. **Вечерська Л.А.** Джерела продуктивності колосу для селекційного покращення полби. V між народ. наук.-практ. конф. «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур». Дніпро, 2020 С. 116–117.

25. Козуб Н.О., Созінов І.О., Бідник Г.Я., Созінова О.І., Дем'янова Н.О., Блюм Я.Б., **Вечерська Л.А.**, Богуславський Р.Л. Різноманітність алелів локусів запасних білків у *Triticum dicossum*. Мат. всеукраїнської наук.-практ. конф. «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі». Умань, 2020. С. 216

Наукові посібники, каталоги, винаходи

26. Богуславський Р.Л., Рябчун В.К., Голік О.В., **Вечерська Л.А.** Генетичне різноманіття малопоширених видів, диких родичів та амфідиплоїдів пшениці у Національному генбанку рослин України. Наукове видання за ред. В.К. Рябчуна. Харків, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2018. С. 45.

Авторські свідоцтва

27. Свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні №1988. Лінія Л 1079-17. Пшениця полба звичайна яра *T. dicossum* (Schrank) Schuebl. Автори: Вечерська Л.А., Діденко С.Ю., Голік О.В., Реліна Л.І.

28. Свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні №1989. Лінія Л 1080-17. Пшениця полба звичайна яра *T. dicossum* (Schrank) Schuebl. Автори: Вечерська Л.А., Діденко С.Ю., Голік О.В., Реліна Л.І.

29. Свідоцтво №200614 про державну реєстрацію сорту рослин Юніка пшениця полба звичайна. Державна реєстрація 19.05.2019

ЗМІСТ	Стор.
Перелік умовних позначень та скорочень.....	20
ВСТУП	21
РОЗДІЛ 1 ЦІННІСТЬ ПОЛБИ ЗВИЧАЙНОЇ (<i>T. DICOCUM</i> (SCHRANK) SCHUEBL.) ТА СПОРІДНЕНИХ ВИДІВ ПШЕНИЦІ ЯК ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)...	29
1.1 Ботаніко-агрономічна цінність полби <i>Triticum dicocum</i> var. <i>dicocum</i> (Schrank) Schuebl.	29
1.2 Пшениця Тимофєєва <i>Triticum timopheevi</i> (Zhuk.) Zhuk.....	40
1.3 Пшениця карталінська <i>Triticum dicocum</i> var. <i>persicum</i> Vav.....	43
1.4 Пшениця туранська <i>Triticum turanicum</i> Jakubz.....	44
1.5 Пшениця польська <i>Triticum polonicum</i> L.....	46
1.6 Пшениця ефіопська <i>Triticum aethiopicum</i> Jakubz.....	47
1.7 Пшениця тверда, фалькатна група різновидів <i>Triticum durum</i> desf. var. <i>falcatomelanopus</i> Jakubz. & Filat.....	47
Висновки до розділу 1.....	48
РОЗДІЛ 2 УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	50
2.1 Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови зони проведення досліджень.....	50
2.2 Матеріал для досліджень.....	58
2.3 Методика проведення досліджень.....	65
Висновки до розділу 2.....	72
РОЗДІЛ 3 ГОСПОДАРСЬКО-БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ ЗРАЗКІВ ПОЛБИ ТА СПОРІДНЕНИХ ВИДІВ	74
3.1 Рівень і мінливість елементів продуктивності та ознак морфології колоса сортів та колекційних зразків полби ярої.....	74
3.2 Рівень і мінливість елементів продуктивності та ознак колоса колекційних зразків полби озимої.....	80
3.3 Вміст мікроелементів у зерні тетраплоїдних видів пшениці.....	82
3.4 Біохімічна та технологічна цінність полби ярої та колекційних зразків тетраплоїдних видів пшениці ярої.....	88
3.5 Біохімічна та технологічна цінність колекційних зразків полби озимої та пшениці твердої озимої	92
3.6 Макаронні властивості полби ярої та споріднених видів пшениці	94
3.7 Макаронні властивості колекційних зразків полби озимої та пшениці твердої озимої.....	96
Висновки до розділу 3.....	97
РОЗДІЛ 4 ФОРМОУТВОРЕННЯ В РАННІХ ПОКОЛІННЯХ ГІБРИДІВ	101

ПОЛБИ ЗІ ЗРАЗКАМИ СПОРІДНЕНИХ ВИДІВ

4.1 Ступінь домінування у F_1 полби озимої з пшеницею твердою озимою.....	101
4.2 Успадковуваність ознак у ранніх поколіннях гібридів полби озимої.....	105
4.3 Ступінь домінування у F_1 полби ярої, визначення перспективних гібридних популяцій.....	114
4.4 Успадковуваність ознак у ранніх поколіннях гібридів полби ярої	118
4.5 Характеристика гібридів F_2 полби за компонентним складом запасних білків.....	130
Висновки до розділу 4.....	136
РОЗДІЛ 5 СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛІНІЙ І СІМЕЙ ПОЛБИ ЯРОЇ ТА ОЗИМОЇ ЗА КОМПЛЕКСОМ ГОСПОДАРСЬКИХ ОЗНАК.....	141
5.1 Цінність ліній полби озимої та сімей полби ярої за врожайним потенціалом та ознаками якості зерна.....	141
5.2 Вміст каротиноїдів в зерні ліній полби ярої КСВ.....	152
5.3 Макаронні властивості ліній полби ярої КСВ.....	155
5.4 Розробка способу експрес-оцінки кольору борошна і макаронів..	158
5.5 Антиоксидантна активність зерна сортів і ліній полби КСВ.....	164
5.6 Круп'яні властивості зерна сортів і ліній полби КСВ.....	168
Висновки до розділу 5.....	179
ВИСНОВКИ.....	183
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	188
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	189
ДОДАТКИ.....	228

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

Абревіатура	Повна назва
ІР	Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва
НААНУ	Національна академія аграрних наук України
НЦГРРУ	Національний центр генетичних ресурсів рослин України
ВІР	Всеросійський інститут рослинництва, нині Федеральний дослідницький центр Всеросійський інститут генетичних ресурсів рослин імені М.І. Вавилова
Т.	Triticum
ЗАОА	Загальна антиоксидантна активність
АОА	Антиоксидантна активність
М1000	Маса тисячі зерен
ГТК	гідротермічний коефіцієнт Селянінова
г	коефіцієнт кореляції
НІР ₀₅	найменша істотна різниця
FAO	Food and Agriculture Organization
Тс	ступінь трансгресій
Тч	частота трансгресій
ІДК	індекс деформації клейковини
О.а	одиниць альвеографа
St.	стандарт
Держреєстр СРППУ	Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні
ДСТУ	Державний стандарт. Технічні умови
КСВ	конкурсне сортовипробування
кг	кілограм
р.	рік
рис.	рисунок
т	тонн
т.	том
та ін.	та інше
ч.	частина
шт.	штук

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Пшениця (*Triticum*) є одним з основних продуктів харчування в багатьох частинах світу в країнах із помірним кліматом та забезпечує до 60 % щоденного споживання калорій у ряді країн, що розвиваються [181]. Тому поживна якість зерна пшениці має значний вплив на здоров'я та благополуччя людей у всьому світі. Успіхи в селекції пшениці з часів Зеленої революції призвели до зростання урожайності, але з погіршенням якості зерна внаслідок зниження вмісту білків, вітамінів та мінералів у зерні, накопичення алергенів у запасних білках зерна. [25, 237]. Пшениця полба звичайна (*T. dicocum* (Schrank) Schuebl. ($2n = 4x = 28$)) вважається потенційним джерелом генів цінних господарських ознак, включаючи якість зерна. Біофортificaція зерна пшениці за допомогою генетичних стратегій є потужним підходом для зміни балансу поживних речовин у раціоні людини у великих масштабах [20].

Дослідженнями вітчизняних та закордонних вчених показано, що пшениця полба (*T. dicocum*) відрізняється від сучасних пшениць не лише за своїми смаковими властивостями, але й складом зерна та придатністю до вирощування в умовах органічного землеробства [48, 56, 61, 226, 313], що обумовлює зростаючий попит на неї. Ризики генетичної ерозії культурних рослин та пов'язані з ними ймовірні наслідки для сільського господарства зараз вимагають використання нереалізованого потенціалу пшениці полби.

Створення нових сортів полби, придатних для вирощування у системі органічного землеробства, може стимулювати розвиток українського ринку цієї продукції та вивести Україну на міжнародний ринок органічної сировини. Ця, відносно, малопоширена зернова культура здатна задовольнити зростаючі потреби населення України в високоякісній натуральній продукції. Це знизить залежність українського ринку від дорогих імпортованих продуктів, посилить харчову безпеку України і сприятиме покращенню здоров'я населення [307]. Генетичне різноманіття цієї культури включає форми з достатньо високим рівнем продуктивності, що обумовлює рентабельність її вирощування за

сучасних технологій. Особливої уваги заслуговує якість зерна пшениці полби. Вона багата на клітковину, білки, мінерали, каротиноїди, антиоксиданти та вітаміни, має унікальний склад крохмалю, його засвоюваність є більш повільною, ніж у сучасних сортів пшениці, які широко використовуються у всьому світі. Результати досліджень [73] свідчать, що продукти, виготовлені з пшениці полби, можна вважати гіпоглікемічними.

Кількість і якість клейковини пшениці полби дозволяють виготовляти з її зерна круп'яні та макаронні вироби та хліб високої якості. Однак, на теперішній час в Україні зареєстровано лише три сорти пшениці полби звичайної ярої, та не зареєстровано жодного сорту пшениці полби озимої, що обумовлює актуальність розширення генетичної основи для створення нових сортів цієї культури. Крім того, в Україні вкрай мало досліджень, присвячених вивченню якості, продуктивності, закономірностей прояву цінних господарських ознак малопоширених видів пшениці узагалі і полби зокрема.

Актуальність і пріоритетність досліджень за темою дисертаційної роботи обумовлені вирішенням проблеми щодо розширення асортименту сортів пшениці полби звичайної для круп'яної, хлібопекарської, макаронної та інших галузей харчової промисловості шляхом використання біорізноманіття малопоширених видів пшениці, як джерела бажаних ознак якості зерна, та підтверджено завданнями державних наукових програм.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконано в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН впродовж 2015 – 2020 рр. згідно з завданнями програм наукових досліджень НААН: 11.01.01.15.Ф (2011 – 2015 рр.) «Розробити науково-методичні підходи та створити на їх основі нові високоадаптивні сорти пшениці ярої і полби звичайної із використанням генетичного потенціалу видів-співродичів» (№ держреєстрації 0111U003407) ПНД “Зернові культури”; 24.01.03.01 Ф. (2016 – 2020 рр.) Виявити у генетичному різноманітті зернових, зернобобових, круп'яних культур джерела та донори ознак якості зерна, провести ідентифікацію зразків за біохімічними

маркерами та сформувати ознакові колекції” (№ держреєстрації 0116U001070) ПНД “Генетичні ресурси рослин” Підпрограма 09.01. Формування та ефективне використання генетичних ресурсів сільськогосподарських культур; 13.00.01.36.П (2016 – 2018 рр.) «Розробити селекційні шляхи підвищення вмісту мікро- і макронутрієнтів в зерні пшениць ярих твердої (*Triticum durum*) і полби (*Triticum dicoccum*) та створити сорти, придатні для експорту», (№ держреєстрації 0116U001045) ПНД (підпрограма) 13 Селекція зернових і зернобобових культур”; 13.00.01.65.П (2019 – 2020 рр.) «Створення ярих сортів пшениці полби звичайної (*Triticum dicoccum*) із покращеними хлібопекарськими властивостями і пшениці твердої (*Triticum durum*) із покращеними макаронними властивостями». (№ держреєстрації 0119U100434) ПНД (підпрограма) 13 Селекція зернових і зернобобових культур”.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу пшениці полби звичайної методом гібридизації шляхом використання представників тетраплоїдних видів пшениці.

Для досягнення мети вирішували такі завдання:

- установити рівень прояву вмісту білка, каротиноїдів, ЗАОА, мікроелементів, кількість та якість клейковини тетраплоїдних видів пшениці (*T. dicoccum*, *T. durum*, *T. persicum*, *T. polonicum*, *T. turanicum*, *T. timopheevii*) та відібрати перспективні форми для гібридизації;
- установити особливості сучасних сортів та ліній пшениці полби ярої (50 ліній) за основними цінними господарськими ознаками (урожайність, основні показники якості) з метою відбору вихідного матеріалу для селекції;
- установити особливості формоутворення при гібридизації полби з тетраплоїдними видами пшениці;
- визначити господарські властивості створеного шляхом гібридизації нового вихідного матеріалу для селекції полби звичайної ярої круп’яного хлібопекарського та макаронного напрямку;
- установити закономірності поєднання цінних господарських ознак у озимих *T. dicoccum* та *T. durum*, виділити потомства з низьким рівнем

плівчастості, високою продуктивністю, стійкістю до вилягання, підвищеним вмістом білка та каротиноїдів;

- визначити наявність інтрогресій у геномі константних ліній озимої шляхом електрофоретичного аналізу гліадинів зернівки та відібрати інтрогресивні лінії для подальшої селекційної роботи;
- розширити генетичне різноманіття пшениці полби звичайної методом гібридизації та створити вихідний матеріал для селекційної роботи;
- розробити експрес-метод оцінки кольору борошна та тіста.

Об'єкт досліджень: селекція пшениці полби звичайної шляхом гібридизації для підвищення повноти реалізації її генетичного потенціалу та ефективності створення вихідного матеріалу різного напрямку використання.

Предмет досліджень: розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу для селекції пшениці полби звичайної методом гібридизації.

Методи дослідження: загальнонаукові (аналіз і синтез, індукція і дедукція, системний аналіз) для формулювання робочої гіпотези та інтерпретації результатів дослідження і встановлення закономірностей, дослід, спостереження;

спеціальні – польовий для фенологічних спостережень, селекційний для гібридизації, оцінки стійкості до вилягання та збудників хвороб, доборів у гібридних популяціях, лабораторні – для удосконалення методу оцінки кольору борошна і тіста, біохімічні, технологічні, розрахункові та статистичні (варіаційний, кореляційний, дисперсійний аналізи) для визначення достовірності результатів.

Наукова новизна роботи полягає у вирішенні важливого наукового завдання зі встановлення особливостей розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу пшениці полби звичайної методом гібридизації;

- встановлено селекційну цінність представників видів пшениці *T. dicocum*, *T. durum*, *T. persicum*, *T. timopheevii*, *T. polonicum*, *T. turanicum* як джерел цінних господарських і біологічних ознак: високого вмісту білка, мікроелементів (Zn, Fe, Cu), ЗАОА, макаронних та круп'яних властивостей,

елементів продуктивності, стійкості до хвороб, для озимої полби – стійкості до вилягання за високорослості, зимостійкості та отримано цінний селекційний матеріал;

– встановлено особливості формування за ознаками якості зерна та продуктивності при гібридизації за участі сортів і ліній пшениці полби та зразків малопоширених тетраплоїдних видів пшениці. Встановлено, що для отримання ліній полби з високим вмістом каротиноїдних пігментів як батьківську форму слід використовувати зразки пшениці твердої з вмістом каротиноїдних пігментів не нижче 3,7 мг/кг; для створення вихідного матеріалу полби озимої з високим рівнем прояву ознак продуктивності та органолептичних якостей зерна слід залучати сорти пшениці твердої з масою 1000 зерен не нижче 46 г;

– встановлено позитивний зв'язок крупності зерна з рівнем накопичення Zn, Fe у зразків *T. turanicum* var. *notabile* UA0300454, UZB; *T. polonicum* var. *pseudocompactum* UA0300337, PRT; *T. aetiopicum* var. *densimenelikii* UA0300480; ETH, *T. persicum* var. *rubiginosum* UA0300066 ARM та *T. timopheevii* UA0300107, GEO. Ці види можуть бути використані як потенційні донори для поліпшення зародкової плазми в селекції пшениці на підвищений вміст мікроелементів без втрат рівня урожайності;

– встановлено закономірності успадкування та успадкованості кількісних ознак у схрещуваннях полби з тетраплоїдними видами пшениці. Встановлено, що успадкування елементів продуктивності відбувається за типом позитивного наддомінування. Найвищу частоту та ступінь трансгресій в F₂ полби зі спорідненими видами відмічено за ознаками маса зерна з колосу та маса 1000 зерен (M1000);

– визначено цінність інтрогресивних ліній пшениці полби озимої 17-1-20, 18-1-20, 21-1-20, 22-20, 25-9-20, 27-9-20 та сімей полби ярої 5-2-19, 9-2-19, 10-2-19, 3-3-19, 4-3-19, 6-5-19, 8-6-19, 2-7-19, 5-7-19 за високим рівнем продуктивності та її елементів у поєднанні з показниками якості зерна (низька плівчастість, високі склоподібність, вміст білка та каротиноїдних пігментів);

– розширено генетичне різноманіття пшениці полби ярої шляхом створення двох ліній полби з поєднанням високої маси 1000 зерен, підвищеним вмістом каротиноїдних пігментів та стійкістю до септоріозу, борошнистої роси та бурої іржі;

– визначено значний поліморфізм гібридів пшениці полби озимої за гліадин-локусами та виділено цінні генотипи з рекомбінацією ознак які виділяються за кольором зерна та продуктивністю.

Набули подальшого розвитку наукові положення щодо ефективності залучення в селекційний процес пшениці полби споріднених видів пшениці (*T. dicocum*, *T. durum*, *T. persicum*, *T. timopheevii*, *T. polonicum*, *T. turanicum*).

Удосконалено:

– метод оцінки макаронних властивостей пшениці.

Практичне значення отриманих результатів: за безпосередньої участі здобувача створено сорт полби Юніка (лінія 12-126), який занесено до Держреєстру СРППУ з 2020 р. (додаток А, Б). Сорт лісостепового екотипу з середньою врожайністю 3,7 т/га та потенційною 4,6 т/га. Має переваги перед стандартом за вмістом каротиноїдних пігментів 1,87 мг/кг (+1,01 мг/кг), загальною макаронною оцінкою 5,6 балів (+ 1,5 бали). За стійкістю проти хвороб знаходиться на рівні стандарту.

За комплексом господарських цінних ознак виділено селекційну лінію пшениці полби звичайної ярої 11-29, яку під назвою Антарес передано на кваліфікаційну експертизу (додаток В). Сорт Антарес лісостепового екотипу з середньою врожайністю 3,5 т/га та потенційною 4,3 т/га. Має переваги перед стандартом за загальною хлібопекарською оцінкою 6,7 балів (+ 1,3 бали), силою борошна 480 о.а. (+ 61 о.а.).

Виділено перспективні лінії пшениці ярої для використання в селекційному процесі: (Л 99-15, Л 89-15, Л 137-15) та подано на реєстрацію в НЦГРРУ: (№№ заявок про реєстрацію в Україні зразків 003870, 003872, 003869 відповідно).

На основі проведених досліджень виділено лінії Л 1079-17 і Л 1080-17, що перевищують стандарт за макаронними властивостями на 1,8 і 1,7 балів відповідно у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками та зареєстровано в Національному центрі генетичних ресурсів рослин України (свідоцтва №1988, №1989) (додаток Г, Д).

Особистий внесок здобувача. Дисертантом разом із науковим керівником розроблено напрям і основну концепцію досліджень. Самостійно проведено польові і лабораторні дослідження, узагальнено світову літературу за темою дисертації, статистично оброблено одержані експериментальні результати, підготовлено до друку наукові публікації та рукопис дисертації. Публікації виконано самостійно і в співавторстві. У публікаціях, виконаних у співавторстві, авторство здобувача складає 20 – 80 % і полягає в одержанні експериментальних даних і узагальненні результатів досліджень.

Частка авторства здобувача у створенні ліній пшениці полби – 20 %, сортах пшениці полби 10 – 15 %. Участь у створенні сортів пшениці полби Юніка та Антарес полягала у визначенні біохімічних і технологічних показників зерна, аналізі результатів на всіх етапах, формулюванні висновків та практичних рекомендацій.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертації обговорено на засіданнях селекційної секції вченої ради Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (Харків, 2016 – 2020 рр.) та міжнародних науково-практичних конференціях: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Інноваційні шляхи розвитку аграрного виробництва». (Херсон, 2017 р.), «Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин», присвячена 100-річчю Національної академії аграрних наук України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН (Харків, 2018 р.), VI Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні питання аграрної науки» присвячена 150-річчю заснування факультету агрономії. (Умань, 2018 р.), V Міжнародна науково-практична конференція «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку» (Київ, 2019 р.), Міжнародна

наукова конференція, присвячена пам'яті і науковій спадщині видатного вченого В.Я. Юр'єва «Підвищення ефективності рослинництва в сучасних умовах» (Харків, 2019 р.), Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 90-річчю з дня народження д. с/г н., проф. Гончарова М.Д. (Суми, 2019 р.), Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, присвячена 145-річчю від заснування кафедри ботаніки та захисту рослин (Херсон, 2019 р.), V Міжнародна наукова конференція присвячена 130-річчю кафедри фізіології і біохімії рослин та мікроорганізмів Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна «Сучасна біологія рослин : теоретичні та прикладні аспекти» (Харків, 2020 р.), IX Міжнародна наукова конференція «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (Умань, 2020 р.), Міжнародна наукова інтернет-конференція «Новітні технології в рослинництві: традиції та сучасність», присвячена ювілейним датам від дня народження видатних вчених-рослинників: академіка АН УРСР Кулешова М.М., члена-кореспондента АН УРСР Страхова Т.Д., професора Кучумова П.В. (Харків, 2020 р.), Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми генетики, біотехнології і біохімії сільськогосподарських рослин» (Одеса, 2020 р.), Всеукраїнська науково-практична конференція «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі», (Умань, 2020 р.).

Публікації. Матеріали дисертаційної роботи висвітлено у 25 наукових працях, з яких 10 статей, у тому числі сім у фахових наукових виданнях України, три у фахових іноземних виданнях, 14 тез доповідей науково-практичних міжнародних конференцій, одне наукове видання, одне свідоцтво на сорт полби Юніка.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота містить анотацію (українською та англійською мовами), вступ, п'ять розділів, висновки, практичні рекомендації, список використаних джерел (349 найменувань, з них 253 латиницею), 11 додатків. Дисертацію викладено на 249 сторінках загального тексту комп'ютерного набору, у т. ч. основного тексту 156 сторінок. Робота ілюстрована 50 таблицями та 17 рисунками.

РОЗДІЛ 1

ЦІННІСТЬ ПОЛБИ ЗВИЧАЙНОЇ (*T. DICOCUM* (SCHRANK) SCHUEBL.) ТА СПОРІДНЕНИХ ВИДІВ ПШЕНИЦІ ЯК ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Ботаніко-агрономічна цінність полби *Triticum dicocum* var. *dicocum* (Schrank) Schuebl.

Полба, культурна двозернянка (*Triticum dicocum* (Schuebl.) Schrank), — однорічний вид рослин родини тонконогових, який включає в себе низку підвидів і форм. Також відома під поширеними назвами еммер, фарро. Ця тетраплоїдна пшениця утворена гібридизацією двох диплоїдних диких трав, пшениці Урарту (*Triticum urartu* (Thum.) Gandil. та егілопса *Aegilops speltoides* Tauschi [53].

Суттєва подібність у морфології та генетиці вказує на походження культурної двозернянки від дикої двозернянки *Triticum dicoccoides* (Koern. Ex Aschers. Et Graebn.) Schweinf. Деякі систематики також відносять двозернянки, дикі й одомашнені, до одного виду *Triticum turgidum*, разом з іншими тетраплоїдними пшеницями [126]. За такою схемою дві форми двозернянок мають статус різновидів: *T. turgidum* var. *dicoccoides* і *T. turgidum* var. *dicocum*.

Полба, ймовірно, походить з південно-східної частини Туреччини [76], причому полба, що походить від спонтанної гібридизації предка однозернянки зі спорідненими видами егілопса, була одомашнена в регіоні «Родючого півмісяця» (*Fertile Crescent*) з її дикого попередника *T. dicoccoides* приблизно 12000–10000 років тому [122, 217]. Генетичні взаємозв'язки між дикими та одомашненими полбами дозволяють припустити, що регіон на захід від Діярбакіру на південному сході Туреччини є найбільш імовірним місцем їх одомашнення [76]. Деякі дослідники припускають, що початкове одомашнення полби сталося незалежно в різних частинах «Родючого півмісяця» [102, 217]. Таким чином, полба виникла внаслідок доместикації природних популяцій диких пшениць. Подальша експансія окультуреної полби на північ та схід

призвела до виникнення гексаплоїдної пшениці шляхом гібридизації з *Aegilops tauschii* Coss. (геном DD) [230].

Україна входить до регіону впливу двох центрів походження та формоутворення культурних рослин. Зі сходу це Передньоазіатський (Кавказ), на заході — Середземноморський (Балканський осередок) [295]. Саме з цих осередків поширення пшениці, приблизно 6000 років до н.е., в Україну потрапила культурна пшениця двозернянка — полба, яка стала тут однією з основних зернових культур. Археологи знаходили зерна полби на місцях стоянок людей періоду неоліту (7 – 6 тисячоліття до н.е.) на Чорноморському узбережжі (сучасні території України, включаючи Крим, та Молдови) та на Закавказзі [255]. В Україні полбу і спельту вирощували до 60-х рр. 20 ст. в Карпатах [249].

Колоски довгі, вузькі та щільні, з довгими остюками та ламким стрижнем. У кожному колоску, здебільшого п'яти-квітковому, розвиваються дві зернини. Полба характеризується невибагливістю до ґрунтів, посухостійкістю, вона більш стійка до понижених температур, ніж пшениця м'яка, добре переносить весняні приморозки, стійка проти вилягання, а також стійка до іржі. До негативних господарських властивостей полби слід віднести досить грубі остисті плівки, які щільно прилягають до зерна і покривають його, що ускладнює процеси вимолоту зерна з колосків, а також ламкість колосу при досяганні, що веде до втрати частини урожаю.

Огляд ряду наукових праць дозволяє стверджувати, що зерно пшениці полби містить більше білка, ніж зерно сортів сучасної хлібної пшениці [253, 293, 257, 311]. Цілозмелене борошно полби є цінним джерелом харчових волокон у нерозчинних формах (целюлози і геміцелюлози) і містить значні кількості P, Zn, Cu, K, Mg і Mn [228, 65, 208] та антиоксидантів [206].

Однак, доступні у літературі дані про вміст білка у зерні полби показують велику мінливість цього параметра від 10,0 до 37,0% [64] (додаток Е). Perino L.J. et al. [168] виявили високі середні значення (17,1 %) у 50 зразків полби, культивованих в одному експерименті, тоді як в інших дослідженнях,

навпаки, було показано дуже низькі значення (<10 %) у трьох італійських популяціях полби, культивованих у трьох різних місцях [62]. Така висока мінливість вмісту білка була підтверджена й іншими дослідниками. Наприклад, Blanco A. et al. [17] вивчали вміст білка у 50 зразках полби. Отримані дані були в діапазоні від 8,7 до 18 %. У дослідженнях, проведених Cubadda R. та Marconi E. протягом двох років на місцевих сортах полби, культивованих у південній Італії, було виявлено, що середній вміст білка становив 20,6–21,9 % [45]. Giacintucci V. та співавт. [70] порівнювали зразки полби ярої, полби озимої і гексаплоїдну пшеницю, вивчаючи якість та склад зерна та борошна. Зразок ярої полби містив більше сирого протеїну в зерні (14,4 %), ніж зразки озимої полби (11,2 %) та гексаплоїдної пшениці (11,8 %). В наших дослідженнях вивчались сорти пшениці полби звичайної ярої, створені в лабораторії селекції пшениці ярої Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Отримані дані були в діапазоні 11,3 % – 13,1 %, що узгоджується з літературними даними (додаток Е) [176, 266].

Деякі дослідники скептично ставляться до цих видів пшениць. Shewry P.R. зі співавт. порівнювали дані про споріднені види пшениці з сучасними сортами твердої та м'якої пшениці [198]. Вони розглядали лише дослідження, в яких сучасні сорти пшениці м'якої та деякі тетраплоїдні види пшениці (однозернянка, полба, пшениця хорасанська) були вирощені разом у польових експериментах, і дійшли висновку, що такі пшениці мало відрізняються від сучасних сортів пшениці і можуть мати нижчий вміст деяких компонентів, таких як харчові волокна [103]. Перетравлюваність білка *in vitro* у полби коливалася від 72 % до 81 %, що свідчить про кращу його засвоюваність [211] у порівнянні з сортами твердої та м'якої (хлібної) пшениці.

На противагу ситуації з білком, в літературі є явна узгодженість щодо більш високого вмісту каротиноїду лютеїну в тетраплоїдних видах пшениці у порівнянні з хлібною пшеницею, яка відбирається для білого кольору борошна. Вміст лютеїну в пшениці полбі було визначено в діапазоні від 0,451 до 5,21 мг/г (середнє значення 2,72 мг/г) у порівнянні з 1,55 мг/г у зерні хлібної пшениці

[31, 207]. Загальний вміст каротиноїдів був нижчим у полбі (2,34 мг/кг), ніж у твердої пшениці (3,05 мг/кг), проте, вищим ніж у спельти (1,58 мг/кг) та м'якої пшениці (1,49 мг/кг) [132]. За нашими даними, загальний вміст каротиноїдів у сортах пшениці полби ярої був у діапазоні 0,41 — 2,6 мг/кг. Тому їх не можна вважати висококаротиноїдними сортами (табл.1). Однак, Somma S. зі співавт. [204] не знайшли істотних відмінностей між вмістом каротиноїдів у зерні полби та твердої пшениці (6,17 мг/кг проти 6,34 мг/кг, відповідно).

Hidalgo A. зі співавт., Fares C. зі співав. та Supekar D.T. зі співавт. порівнювали тетраплоїдні види та сучасні гексаплоїдні пшениці та показали, що зерно тетраплоїдних споріднених видів пшениці характеризується високим вмістом розчинних харчових волокон, білків і ліпідів (переважно ненасичених жирних кислот), мікроелементів (у тому числі цинку та заліза) [55, 84, 211] (Додаток Е). Висока концентрація деяких антиоксидантних сполук (каротиноїдів, токолів, кон'югованих поліфенолів, алкілрезорцинів та фітостеролів) (215,4 – 257,6 мг Тролокс-еквівалентів /кг сухої речовини) та низька активність β -амілази та ліпоксигенази (які обмежують розпад антиоксидантів під час переробки харчових продуктів) сприяють відмінним харчовим властивостям борошна полби в порівнянні з іншими пшеницями [108, 109]. Протягом 2015 – 2017 рр. нами було вивчено ЗАОА в зерні 75 селекційних ліній пшениці полби звичайної ярої *T. dicoccum*, сортів полби Голіковська, Романівська, Юніка а також сорту пшениці твердої ярої Спадщина, які були створені в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. ЗАОА досліджували в етанолових екстрактах цілозмеленого зерна за допомогою DPPH•-аналізу. За результатами аналізу встановлено, що діапазон мінливості ЗАОА склав від 460,6 до 630,1 CGAE мкг/г сирої маси насіння [266]. Найвищі значення ЗАОА за трирічними даними встановлено у зерні полби сорту Голіковська (569,2±19,3 мкг CGAE/г сирої маси насіння) та лініях пшениці полби ярої 12-48 (567,3±3,7), 12-122 (561,8±35,5), 12-128 (552,9±10,0), 12-154 (549,8±21,3), 11-29 (550,7±8,1), які перевищували за цією ознакою сорт пшениці твердої ярої Спадщина [267].

У дослідженнях Buvaneshwari G. та Yenagi N.B. з співавт. показано, що

древні пшениці забезпечують набагато меншу частку швидкозасвоюваного крохмалю (RDS — *rapidly digestible starch* — тривалість деградації у середовищі зі стандартною ферментною сумішшю 20 хв) та більшу частку повільнозасвоюваного крохмалю (SDS — *slowly digestible starch* — тривалість ферментативної деградації 120 хв) у порівнянні з хлібною пшеницею [24], що також було підтверджено роботою Mohan B.H. і Malleshi N.G. [145]. За різними даними вміст загальної амілози в пшениці полбі варіює від 19,4% до 26,3% [65, 15, 145, 22]. Також повідомлялося, що низька засвоюваність крохмалю полби пов'язана з високим ступенем кристалічності та більш жорсткою архітектонікою гранул крохмалю [145]. Така властивість обумовлює придатність до споживання людьми, хворими на цукровий діабет другого типу та тими, хто страждає від надмірної ваги.

Харчові волокна (*dietary fiber*) є одними з найважливіших класів сполук у зернових та мають позитивний вплив на здоров'я. У цілому зерно пшениці містить 11,5 – 15,5 % загальної харчової клітковини, головними компонентами якої є компоненти клітинної стінки: полісахариди арабіноксилан (5,5 – 7,4 %), целюлоза (1,67 – 3,05 %) і β -глюкани (0,51 – 0,96 %). Вміст арабіноксилану в полбі коливається від 1,4 % до 2,2 %, а у її висівках – (6,1 – 14,4 %) [66, 234]. Всі ці компоненти мають позитивні фізіологічні ефекти. Наприклад, споживання клітковини багатой арабіноксиланом (15 г/добу) показало позитивний ефект у людей з діабетом 2-го типу [121]. У дослідженні Arzani A. [7] було визначено, що вміст загальної клітковини в зерні пшениці полби становив 2,7 г/100 г. Вміст клітковини у зерні полби був достовірно вищим, ніж у пшениці твердої (2,4 г/100 г) та у пшениці хлібній (2,5 г/100 г).

Споживання рослинних олій, включаючи виробництво продуктів харчування, численні промислові потреби, парфумерно-косметична та фармацевтична промисловість, виробництво палива тощо, різко зросло за останнє століття. Хоча пшениця ніколи не вважалася олійною культурою (вміст олії в зародках пшениці становить усього близько 2,5 % від маси зернівки [117], олія з зародків пшениці та висівок цінна, оскільки містить важливі біоактивні

сполуки, такі як октакозанол [142], токофероли [69], каротиноїди [52, 106] та ненасичені жирні кислоти [69]. Існує думка, що цінність пшеничної олії знизилася в процесі одомашнення, зокрема одомашнення полби [14]. У літературі дуже мало інформації про якість пшеничної олії у малопоширених видів пшениці. Встановлено, що вміст ліпідів у зерні однозернянки (*Triticum monosocum* L.) був на 50 % вищим, ніж у зерні пшениці м'якої (4,2 та 2,8 г/100 г сухої маси відповідно) [152]. Слід зазначити, що це порівняння не можна вважати цілком коректним, оскільки плоїдність цих видів пшениці різна (однозернянка диплоїдна, а пшениця м'яка – гексаплоїдна), проте таке порівняння може бути цінним для еволюціоністів та виробників. Було показано, що зерно *Triticum monosocum* L. ssp. *monosocum* було багатим поліненасиченими жирними кислотами [84]. Лінолева кислота (поліненасичена омега-6 жирна кислота) була однією з переважаючих кислот серед 14 ідентифікованих жирних кислот у зерні *T. monosocum* [251]. В наших досліджах у зерні тетраплоїдних видів пшениці було виявлено шість основних жирних кислот (лінолева (C18: 2)> олеїнова (C18: 1)> пальмітинова (C16: 0)> ліноленова (C18: 3)> стеаринова (C18: 0)> пальмітолеїнова (C16: 1)) та сліди 3 незначних жирних кислот: ейкозанової кислоти (C20: 0), ейкозенової кислоти (C20: 1) та бегенової кислоти (C22: 1). Їх вміст становив 0,1% у більшості досліджуваних видів, причому лінолева кислота є найбільш поширеною. Найкраще співвідношення ненасичених / насичених жирних кислот мали зразки *T. timofeevii*, сорти полби ярої Голіковська та Романівська та сорт пшениці твердої Спадщина [177].

Ґрунтуючись на припущенні про антиоксидантні та антигіперглікемічні властивості полби, Christopher A. та ін. порівнювали її з комерційними сортами м'якої пшениці [38]. В дослідженнях було охарактеризовано загальний вміст розчинних фенолів, профіль фенольної кислоти, вміст білка, загальну антиоксидантну активність, а також активність інгібіторів ферментів α-глюкозидази діабету другого типу з використанням моделей аналізу *in vitro*. Пшениця полба мала найвищий вміст розчинних фенольних сполук та

пов'язаних з ними антиоксидантних та антигіперглікемічних властивостей (до і після шліфування) у порівнянні з іншими сортами пшениці [38]. Інгібітори α -глюкозидази діють на рівні шлунково-кишкового тракту, пригнічуючи активність ферментів тонкого кишечника (альфа-глюкозидаз), які беруть участь у розщепленні ди-, оліго- і полісахаридів. Внаслідок більш збалансованого всмоктування глюкози із кишечника, середня концентрація та її добові коливання в крові зменшуються [335]. В дослідженнях Mundra A. було показано, що піковий підйом вмісту глюкози в крові добровольців, які споживали хліб з полби, через 1 годину був значно нижчим (112 +/- 15 мг/дл) у порівнянні з групою, яка споживала білий хліб (172 +/- 38 мг/дл). Рівень глюкози різко падав в експерименті з білим хлібом, тоді як повільний спад спостерігався в експерименті з полб'яним хлібом, що може бути пов'язано з повільним, але стійким вивільненням глюкози [150].

Gorelick J. з співавт. проводили досліди з мишами NOD (NOD — Non-obese diabetic — лінія мишей для вивчення діабету, не пов'язаного з ожирінням) для вивчення впливу пшениці на початок і розвиток діабету першого типу (*T1D — type 1 diabetes*) [73]. Дієту, яка включала сучасну гексаплоїдну пшеницю, порівнювали з дієтами, що включали тверду пшеницю, полбу та з безпшеничною дієтою. У тварин, які отримували дієту з полбою, знижувалась захворюваність на T1D та пов'язані з ним ускладнення (надмірна вага, рання смерть) порівняно з тваринами, яким згодовували сучасні сорти пшениці. Що стосується рівня інсуліну (виміряного в крові після голодування протягом ночі), у мишей NOD на безпшеничній дієті і на дієті з гексаплоїдною пшеницею були найнижчі рівні інсуліну, а відмінності між вказаними дієтами і дієтами з полбою, твердою пшеницею та дієтою, що включала ландраси м'якої пшениці, були значними ($p < 0,001$). У цілому ці результати підтверджують гіпотезу про те, що пшениця полба може не мати епітопів, пов'язаних з розвитком T1D, тим самим зменшуючи частоту його виникнення.

Отже, пшениця полба може використовуватись у створенні сортів пшениці, які могли б значною мірою покращити здоров'я населення,

потенційно зменшуючи захворюваність на діабет та пов'язані з цим ускладнення.

У роботах Spaenij-Dekking L. зі співавт. [205] було показано, що існує значна мінливість токсичності окремих білків глютену. Було виявлено, що більшість високомолекулярних (HMW) глютенінів та всі γ -гліадини містять послідовності, що стимулюють Т-лімфоцити. Близько третини α -гліадинових генів кодують білки, які не мали імуногенних послідовностей і значна частка низькомолекулярних (LMW) глютенінів також не здатні до стимуляції Т-лімфоцитів. Разом ці результати вказують на те, що різні білки глютену, а також гордеїни й секаліни, ймовірно, відрізняються за профілем токсичності. Пошук у літературі свідчить про те, що γ -гліадини, найчастіше містять імуногенні послідовності. Таким чином, може виявитися можливим відібрати лінії пшениці, в яких відсутні шкідливі α -гліадини та γ -гліадини [146, 150, 196]. Велику різноманітність як складу клейковини, так і імуногенної активності було виявлено серед зразків пшениці полби (*T. turgidum ssp. dicoccum*) у дослідженнях Vincentini O. зі співавт.[227]. Деякі з досліджених зразків мали низький вміст імуногенних білків. Встановлено, що цитотоксична здатність спельти була подібна до *T. aestivum* [220], тоді як полба виявилась менш імуногенною. Така різноманітність підкреслює ймовірність, що деякі сорти пшениці полби можуть бути безпечними для осіб з деякими видами непереносимості глютену.

Полба відрізнялась від сучасних сортів пшениці більш високим вмістом Li, Mg, P, Se та Zn [209, 169]. Zhao F.J. зі співавт. [250] вивчали вміст мікроелементів у зерні ліній пшениці різного походження. Вміст заліза серед 150 ліній коливався від 28,9 до 50,8 мг/кг, цинку від 13,5 до 34,5 мг/кг і селену від 33 до 238 мкг/кг. Пшениця полба характеризувалася підвищеним вмістом в зерні заліза (в середньому 34,1 мг/кг), цинку (в середньому 22,8 мг/кг) і селену (коливається від 150,6 до 325,8 мкг/кг). Вміст заліза в зерні сорту полби Голіковська був у межах 38,4–44,2 мг/кг, а вміст цинку 30,3–33,6 мг/кг, також відмічено, що вміст заліза та цинку змінюється паралельно з вмістом білка

[223]. Це було очікувано, оскільки показано, що ген високого вмісту білка (*GPC-B1*), має плейотропний вплив на вміст поживних речовин зерна і спричиняє підвищені концентрації Fe і Zn у зерні [49, 81, 219].

Закономірно, що різні форми пшениці мають генетично детерміновані відмінності у складі зерна, що може призвести до різного впливу на здоров'я. Також відомо, що на хімічний склад зерна впливають як фактори навколишнього середовища та їх взаємодія з генотипом, так і агрономічні заходи, зокрема тип і кількість азотних добрив. Збільшення доз азоту в добривах призводить до більш високого вмісту білка [197, 284, 292, 336, 346]. При цьому це супроводжується впливом на білковий склад, що змінює частку гліадинів відносно інших білків [72]. Високобілкові зерна також мають вищий вміст вільних амінокислот [41], тоді як обмежена доступність мікроелементу сірки призводить до зниження вмісту білка в зерні і накопичення вільних амінокислот, зокрема аспарагіну [74].

На склад зерна також впливають погодні умови, особливо температура та зволоженість під час наливу зерна. Наприклад, вивчення колекції з 26 генотипів, вирощених у різних середовищах, показало позитивну кореляцію між біохімічним складом зерна та середньою температурою під час його розвитку, при цьому деякі компоненти також демонстрували негативні співвідношення з загальною кількістю опадів протягом того ж періоду [199, 331]. Натомість, вміст водорозчинного арабіноксиланового волокна у висівках та борошні негативно корелював з температурою і позитивно співвідносився з кількістю опадів [199].

Завдяки кращій адаптації в спекотних та засушливих регіонах тетраплоїдні пшениці, як правило, вважаються більш толерантними до стресових станів, ніж гексаплоїдні пшениці [164, 230].

Дослідники з Індійського аграрного інституту вивчали стійкість до посухи у фазу цвітіння та антиоксидантну активність зерна двох сортів гексаплоїдної пшениці, стійких до посухи, та двох сортів полби. Було показано, що обидва сорти полби зберігали більш високий відносний вміст води (RWC) та мали вищий індекс стабільності клітинної мембрани (MSI), що є показником

толерантності до стресу. Активність антиоксидантного ферменту супероксиддисмутази SOD також була вищою в обох сортах полби у порівнянні з сортами гексаплоїдної пшениці [60, 187]. Таким чином полба має потенціал для покращення посухостійкості сортів пшениці м'якої, оскільки непередбачуваний дефіцит вологи під час вегетації рослин є одним з основних факторів, що стримують продуктивність та стабільність врожаю [97, 194, 210].

Жовта іржа пшениці, що викликається *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (*Pst*) – це загроза виробництву пшениці в районах з помірним кліматом у всьому світі. Починаючи з 2000 року, жовта іржа була досить поширеною у районах вирощування пшениці, які раніше вважалися занадто теплими для її активного розвитку внаслідок міграції адаптованих до температури популяцій [35, 88]. Популяції *Pst* з підвищеною вірулентністю та агресивністю продовжують поширюватися, і багато основних генів стійкості та навіть комбінації цих генів у сортах пшениці виявились неефективними [141, 232]. У культурній пшениці та її диких родичах виявлено більше 70 генів стійкості до жовтої іржі (*Yr*) та 100 тимчасових (*Yr*) генів або кількісних локусів ознак (QTL) [182]. У ряді досліджень було показано, що пшениця полба характеризується різноманітністю генів стійкості до *Pst* [118, 163, 243, 249] і пряма гібридизація між пшеницею полбою та сучасною пшеницею є досить результативною [163, 218], що робить її перспективним генетичним ресурсом для посилення стійкості до *Pst* у культивованих видів пшениці. Кілька генів стійкості *Yr* були перенесені з пшениці полби у сучасну пшеницю, включаючи *Yr15*, *Yr30 / Sr2*, *YrH52* [164], *Yr35 / Lr52* та *Yr36* [62, 218].

Liu W. зі співавт. вивчали 176 культивованих зразків пшениці полби. Зрілі рослини було випробувано в шести різних середовищах, а в проростках оцінювали стійкість до п'яти рас збудника жовтої іржі *Pst* зі Сполучених Штатів та однієї з Італії в тепличних умовах [118]. П'ять зразків були стійкими в усіх експериментах. Було виявлено 14 локусів, пов'язаних з польовою стійкістю у різних середовищах. Тридцять сім локусів були суттєво пов'язані з резистентністю (проростки), а шість з них були ефективними проти численних

рас. Вчені дійшли висновку, що пшениця полба є багатим джерелом локусів стійкості до жовтої іржі, які можуть бути використані для селекційного поліпшення сучасної пшениці.

Стеблова іржа, що викликається *Puccinia graminis* Pers.: Pers. f. sp. *tritici* Eriks. and E. Henn., є одним з найбільш руйнівних захворювань твердої та м'якої пшениці (*T. aestivum* L.) в усьому світі. Зокрема, група споріднених рас *TTKSK* (або *Ug99*) має широку вірулентність у пшениці по всьому світу, і лише деякі гени в адаптованих сортах є ефективними проти цих рас [173]. Olivera P.D. зі співавт. з метою ідентифікації та характеристики генів стійкості до раси *TTKSK* (*Ug99*) стеблової іржі *P. graminis* вивчали 359 зразків пшениці полби [157]. Було показано високу частоту (31,8 %) стійкості до патогену на стадії проростків з низьким рівнем ураження в діапазоні від 2 до 2+ балів. Результати цього дослідження показали, що пшениця полба є джерелом генів стійкості до стовбурової іржі раси *TTKSK* (*Ug99*). У дослідженні Nevo E. зі співавт. вивчали 233 зразки полби дикої, що включали 10 популяцій. Вчені прийшли до висновку, що популяції полби в Ізраїлі, містять значну кількість стійких до хвороб (борошниста роса та листкова іржа) генотипів [153]. Liang Y. та ін. вивчали вірулентність жовтої іржі (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) та типів ураження на 331 генотипі пшениці полби у фазі проростків та зрілих рослин [115]. У сімнадцяти генотипів із семи популяцій виявлено стійкість до жовтої іржі. П'ятдесят шість генотипів з 19 популяцій були сприйнятливими на стадії проростків, але виявились резистентними у стадії зрілої рослини.

Узагальнюючи представлені вище дані можна підкреслити позитивну роль практичного використання пшениці полби в селекції сільськогосподарських культур на стійкість до хвороб.

Гессенська муха (*Mayetiola destructor* Say., (*Diptera: cecidomyiidae*)) є найбільш поширеним шкідником, як для м'якої, так і для твердої пшениці. Поширена по всій території України, більшої шкоди завдає у Степу. Втрати врожаю в роки масового поширення гессенської мухи сягають 30–50% [332]. Генетична стійкість рослин або толерантність до комах вважається найкращим

засобом контролю. Виявлено 35 різних генів стійкості до гессенської мухи (H1-N34 та Hdic) [119, 134, 190, 200].

Bouhssini M.EI. вивчав стійкість до ураження гексаплоїдної та тетраплоїдної пшениці гессенською мухою, пшеничною попелицею та клопом черепашкою [19]. Було вивчено 914 ліній пшениці. У лінії пшениці, отриманої в результаті схрещування (*T. turgidum* / *T. dicoccoides* Flaksb.), виявлено високий рівень стійкості до гессенської мухи. Однак рівень стійкості до попелиці та клоп черепашки в цієї лінії був значно нижчим.

Як було повідомлено Radchenko E.E. [174], десять видів *T. dicoccoides* мали проміжну стійкість до злакової попелиці. Тим не менше, в межах *T. dicoccoides* та *T. dicoccum* існувало значне коливання рівнів стійкості від 1 до 5 балів (високий рівень) ураження попелицею, а європейська (subsp. *dicoccum*) і марокканська (subsp. *maroccanum*) полби виявились чутливими до попелиці. У межах східних (subsp. *asiaticum*) та ефіопських (subsp. *abyssinicum*) колекцій полби були досить стійкі зразки: k-13635, k-13483, k-43872 (Вірменія), k-6391 (Азербайджан), k-14380 (Туреччина), k-19622 (Ефіопія) та інші.

Також є дані про вивчення стійкості до ураження злаковою попелицею (*Schizaphis graminum* Rondani) у гібридів *T. dicoccum* / *Aegilops tauschii* (Coss.) Schmal. та їх батьківських форм [112]. Усі батьківські компоненти *T. dicoccum* були відносно сприйнятливими з оцінкою від 4,9 до 6,0 балів. На відміну від цього, середні оцінки 58 гібридів варіювали від досить стійких (2 бали) до чутливих (6,0 балів). Стійкість до злакової попелиці була додатково вивчена шляхом регресії оцінки пошкоджених гібридів на оцінку пошкодження кожного батька (*Ae. tauschii*). Ця регресія пояснила дуже значну частину (14,4 %) серед варіацій гібридів за ознакою стійкості, проте, значна частина варіацій залишилася нез'ясованою. Це може вказувати на наявність позитивної епістатичної взаємодії між батьківськими формами *T. dicoccum* та *Ae. tauschii*, використаних в експерименті. Отже, наявність генів-супресорів стійкості до злакової попелиці у геномі А і / або В *T. dicoccum* свідчить, що ретельний підбір

батьківських компонентів може призвести до поліпшення результатів при створенні гібридів.

Різновид озимої полби *T. dicocum* var. *atratum* відрізняється від полби ярої значно більшим і жорсткішим колосом. Листя і колоскові луски – опушені. Ця пшениця характеризується уповільненим розвитком та пізнім досяганням, висота рослин до 150 см, поганий обмолот [30]. Щільність колосу 3,17 – 3,42, маса 1000 зерен 50 – 60 г [330]. Крім того, ця полба має високий вміст білка (17,7 %), склоподібність (93 %), натуру (838 г/л), твердозерність (296 Н). *T. dicocum* var. *atratum* стійка до проростання на корені та посухи. Відмічається стійкість до таких хвороб як іржа, тверда та летюча сажки, борошниста роса та до більшості злакових шкідників. Ми вивчали зразки цього різновиду UA0300214, USA, та UA0300081, POL, отримані з НЦГРРУ.

1.2 Пшениця Тимофєєва *Triticum timopheevii* (Zhuk.) Zhuk.

Серед тетраплоїдних видів пшениці пшениця Тимофєєва (*T. timopheevii* (Zhuk.) Zhuk., геномна формула GGAA) генетично відокремлена. Вона тісно пов'язана з дикою араратською полбою *T. araraticum* Jakubz. *T. araraticum* поширена насамперед у Вірменії, Азербайджані, Ірані, Іраку та Туреччині [11, 274] і походить від природної гібридизації між *T. urartu* (AA, 2n = 14) та *Ae. speltoides* (SS, 2n = 14), що вважаються донорами А- і G-геномів відповідно [54, 90, 99]. *T. araraticum* є предком одомашненої *T. timopheevii*.

Вид *T. timopheevii* зараз не вирощується і підтримується лише у колекціях наукових установ та генбанках. Він мав обмежений ареал у Лечхумському та Рачинському районах у Західній Грузії [143]. Як наслідок, *T. timopheevii* характеризується морфологічною однорідністю та низькою цитогенетичною мінливістю [10].

Однією з найбільш помітних відмінностей між *T. araraticum* та *T. timopheevii* є те, що перша включає як озимі, так і ярі форми з переважанням озимих форм, тоді як *T. timopheevii* вважається ярою [128]. Ця ознака контролюється аллелями у двох гомологічних локусах, *VRN-A1* та *VRN-G1*.

Виникнення ярих форм у тетраплоїдної *T. timopheevii* пояснюється варіацією 1-го інтрону гена *VRN-A1*, а саме, вставкою елемента *MITE* в "критичні" частинки цієї ділянки [195].

Тетраплоїдна пшениця *T. timopheevii* відома як джерело ефективних генів резистентності [13, 149] до грибкових захворювань, таких як борошниста роса (*Blumeria graminis* (DC Speer) [242], бура листовка іржа (*Puccinia triticina* Erikss.), стовбурова іржа (*Puccinia graminis* Pers.) [185], тверда та летюча сажки (*Ustilago tritici* (Pers.) Rostrup) [93, 135]. Цей вид також має виражену толерантність до абіотичних стресів, таких як посуха та підвищена кислотність ґрунту. Культивовані форми цього виду мають хорошу якість хліба з високим вмістом білка [288].

T. timopheevii є джерелом цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) та генів відновлення фертильності для пшениці та тритикале, що дає змогу використовувати гетерозис для підвищення урожайності у виробництві цих самоzapильних видів, а також різко підвищити продуктивність гібридизації у селекції [98, 186, 215, 236, 240]. Крім того, *T. timopheevii* містить високомолекулярні (HMW) субодиниці глютеніну особливо важливі для еластичності тіста [160]. Wan Y. та ін. виділяють три нових гени (*IGx*, *IAx* та *IAy*), що кодують HMW-субодиниці від *T. timopheevii* [233].

В роботі Radchenko E.E. було показано, що вид *T. timopheevii* складається з форм, які в основному слабо або помірно уражуються попелицею, але при дуже високій щільності шкідника цей вид не був стійким [174]. Одним із пояснень такої втрати стійкості може бути те, що природні популяції попелиць генетично високо поліморфні і містять вірулентні біотиби, що подолали стійкість і накопичуються протягом вегетаційного періоду.

Метою міжвидової гібридизації, як правило, є передача генів резистентності до хвороб, шкідників та стресових умов, які наявні в співродичах культурних видів сільськогосподарських рослин. Відповідно до ступеня генетичної спорідненості співродичів культурних рослин з культурними видами, що підлягають поліпшенню, види класифікуються на

первинному, вторинному або третинному генетичних пулах. Види з геномами частково гомологічними пшениці, як наприклад *T. timopheevii*, становлять вторинну генетичну групу і мають певні ускладнення при гібридизації з пшеницею для її поліпшення. У такому випадку введення нових генів є більш складним без наявності геномного аналога. Замість простого кросинговеру між гомологічними хромосомами і передачі невеликих частин геному, після гібридизації передається вся негомологічна хромосома. Дикий вид *T. timopheevii* є вторинною генетичною групою і має віддалену генетичну спорідненість з твердою пшеницею. В результаті їх схрещування легко отримуються міжвидові гібриди, однак вони стерильні. У таких випадках необхідно проводити зворотні схрещування, або застосовувати метод ізольованих зародків [78]. Така гібридизація вже дозволила передати твердій пшениці стійкість до бурої іржі, стеблової іржі та борошністої роси [135].

Лінії отримані від схрещування *T. aestivum*/*T. timopheevii* показали високу стійкість до борошністої роси тільки після фази четвертого листа. Лінія IGV1-465 з інтрогресією від *T. timopheevii* успадкувала два гени *TaRLK1* і *TaRLK2*, які наявні у вигляді генного кластеру на довгому плечі хромосоми 2В. Ці гени забезпечують стійкість до борошністої роси [35].

В експерименті з вивчення імунної лінії, що була створена шляхом гібридизації сорту ярої гексаплоїдної пшениці Саратовська 29 з синтетичним гексаплоїдом (*T. timopheevii*/*Ae. tauschii*. Coss) показано заміщення хромосом 2В та 6В гомологічними хромосомами геному *G T. timopheevii* і заміщення хромосоми 1D ортологічною хромосомою *Ae. tauschii*. Також виявлено, що ця лінія характеризується стійкістю до листової та стеблової іржі, борошністої роси і летючої сажки, а також високою якістю та хлібопекарськими властивостями [114].

Відомостей про якість зерна *T. timopheevii* в літературі вкрай мало. Є повідомлення про високий вміст білка до 19,4 % [337] та високі хлібопекарські властивості [287].

1.3 Пшениця карталінська *Triticum persicum* Vav.

Згідно з правилами «Міжнародного кодексу ботанічної номенклатури» (1974), дійсною назвою виду є *Triticum carthlicum* Nevski. Однак, зберігаючи пам'ять про великого вченого біолога Вавилова М.І. збережено назву, яку він дав цьому виду – *T. persicum* [325, 326]. Карталінська пшениця Дика – *Triticum carthlicum* Nevski (*T. persicum* – *T. Ibericum* Men. – *T. dika* Sikharulidze ($2n=28$) – це один з найдавніших видів, за деякими даними [130] його виникнення датується 6500 – 6000 рр. до н.е. Ця пшениця тільки в Грузії має спеціальну назву — "Дика". Тому осередком її походження вважають Грузію [288, 316]. Поняття "Дика" часто позначає яру пшеницю. Іноді замість терміну – "Дика" використовують терміни "ахалтесі" або "цмінда пурі" і ін. [315]. Жуковським П.М. шляхом схрещування цієї пшениці з *T. timopheevii* був отриманий амфідиплоїд — грибобійна пшениця *T. fungicidum* [276].

Цей вид має колос довжиною 7,5 – 16 см, щільність колоса $D = 11 - 25$. Колір колоса жовтий, світло-червоний або чорний. Стержень колоса вузький та тонкий, завдяки чому гнучкий. Колоски ромбовидні, багатоквіткові, частіше тризерні. Є форми, що осипаються і не осипаються. Найвністю довгих ніжних, зазубрених остюків на колоскових лусках вид *T. persicum* відрізняється від усіх інших видів пшениці. Зернівка зазвичай овальна, в поперечному розрізі кругла. Довжина зернівки 6 – 8 мм, частіше склоподібна. Фляксбергер К.А. охарактеризував цей вид як єдиний еколого-морфологічний тип з обмеженим поліморфізмом [344]. Форми з озимим типом розвитку не відомі. Характеризується недостатньою посухостійкістю та високою регенераційною здатністю, стійкий до проростання на корені та в снопах. За сухих спекотних умов даний вид здатен до відкритого типу цвітіння, що є причиною значної кількості спонтанних гібридів.

Вид характеризується високим вмістом білка в зерні (до 23 %), легким обмолотом та стійкістю до грибкових хвороб [293]. Характерною особливістю *T. persicum* є стійкість до борошнистої роси. Саме за цією ознакою Вавилов М.І. виділив цей вид з низки схожих зразків пшениці м'якої. Стійкий до жовтої та

стеблової іржі, летючої сажки. *T. persicum* у хромосомі 5A має фактор Q, який відповідає за легкий обмолот колоса та нещільність («рихлість») колосу. Дорофеев В.Ф. причиною виникнення *T. persicum* вважає мутацію, що виникла у пшениці твердої, або полби [281]. Конарев В.Г. зі співавт. [298] та Johnson B.L. [94] відмітили подібність електрофоретичних спектрів білків у цих видів.

T. persicum var. *rubiginosum* є однією з найбільш розповсюджених різновидностей цього виду. Відомостей про якісні показники зерна в доступній літературі дуже мало. Є повідомлення про те що зерно *T. persicum* багате фенольними кислотами (838,3 мг/кг) та алкілрезорцинами (793,8 мг/кг) і водночас мають низький вміст токолів (39,5 мг/кг) і стеролів (868,1 мг/кг). Крім того, ця пшениця характеризується низьким вмістом каротиноїдів (1,64 мг/кг) у порівнянні з пшеницею твердою (3,58 мг/кг) [201].

1.4 Пшениця туранська *Triticum turanicum* Jakubz.

Triticum turanicum Jakubz. (*T. turgidum* subsp. *turanicum* (Jakubz.) Á. Löve & D. Löve, $2n = 4x = 28$, AABB) – вид генетично близький до пшениці твердої, відомий як «хорасанська», «туранська» пшениця [348]. В останні десятиріччя набув популярності у світі під назвою «Камут».

Рослини висотою 106 – 110 см, при поливі сягають 115 – 125 см. Нестійкі проти вилягання через слабкий розвиток механічних тканин у трьох нижніх міжвузлях. Соломина 3,5 – 4 мм товщини, без антоціану; вузли потовщені, опушені короткими волосками. Під колосом соломина, як правило, виповнена, рідше пуста, але товстостінна. Колос поникаючий, видовжений, 11 – 14 см. В колосі 16 – 20 колосків і 34 – 37 зерен. Остюки 14 – 17 см довжиною, дуже зазубрені, грубі, легко опадають, тому перед збиранням видається, що колос безостий. Зернівки дуже довгі (11 – 12 мм), склоподібні, дуже схожі на *T. polonicum* і *T. dicoccoides*. *T. turanicum* вирізняється високою солестійкістю, стійкістю до спеки та атмосферної засухи, однак нестійкий до ґрунтової засухи. Також є відомості про високі макаронні та круп'яні властивості. Чисті посіви *T. turanicum* зустрічаються рідко. Невеликі ділянки зустрічаються в Ірані,

Турції, Сирії, Афганістані, Узбекистані, Туркменістані. Оскільки ця пшениця є різко вираженим екотипом оазисного зрошуваного землеробства регіонів зі спекотним та засушливим кліматом, вид *T. turanicum* характеризується високою стійкістю до спеки та атмосферної засухи, однак абсолютно нестійкий до ґрунтової засухи. У дослідженнях Дорофеева В.Ф. урожайність цієї пшениці в умовах спеки та атмосферної посухи була лише на 30 % нижче, ніж за оптимальних умов вирощування [282]. При поєднанні високих температур з атмосферно-ґрунтовою засухою депресія урожайності була майже у 8 разів сильнішою, головним чином, за рахунок різкого зниження продуктивного кущення і озерненості колоса.

Було вивчено 77 зразків *T. turanicum* з колекції USDA ARS за допомогою молекулярних та протеомічних методів [180]. Ці аналізи дозволили однозначно ідентифікувати комбінацію субодиноць НМW – GS 7 + 16, не виявлену досі в пшениці. Виявлено алелі проламіну, пов'язані з високими макаронними властивостями. З літературних даних відомо, що цей вид пшениці також має високий вміст білка та важливі харчові властивості [111].

З точки зору простоти перенесення генів у тверду пшеницю, *T. turanicum* є хорошим донором для потенційного її покращення. Генетичне різноманіття, оцінене за допомогою ПЛР-аналізу на 20 зразках пшениці *T. turanicum*, свідчить про генетичний потенціал для виявлення невивчених алелів з можливістю використання деяких генотипів як батьківських форм для створення високопродуктивних ліній твердої пшениці в селекційних програмах [113].

1.5 Пшениця польська *Triticum polonicum* L.

Triticum polonicum L. – була досліджена мало і не викликала значного інтересу селекціонерів, генетиків чи експертів з харчових технологій. Ми вивчали зразок UA 0300337 var. *pseudocompactum*, отриманий з НЦГРРУ. *T. polonicum* вирощують у невеликих масштабах на півдні Іспанії, півдні Італії, в Алжирі, Ефіопії та Азії [241]. Рослини висотою 100 – 160 см, кущ прямостоячий. Здатність до кущіння слабка (1 – 3). Колос прямостоячий,

крупний (10 – 20 см довжини, іноді 4 – 8 см), Колос нещільний, середньощільний або щільний ($D = 14 - 40$). В колоску 3 – 4 зернівки. За даними ВІРу відомі лише ярі форми. Період вегетації складає 125 – 130 діб. Характеризується високим вмістом білка (до 20,2 %), відносною стійкістю до комплексу грибкових хвороб. Цей вид розповсюджений по усьому ареалу пшениці твердої. Є повідомлення про високий вміст мікроелементів в зерні *T. polonicum*, зокрема цинку, заліза та міді [16], та хлібопекарські властивості [208]. Незважаючи на свою назву, польська пшениця походить не з Польщі, а з Середземномор'я. Зокрема, Лінней К. описав цей вид за зразком, одержаним з Іспанії [116].

T. polonicum може бути перспективним вихідним матеріалом для створення нових сортів пшениці. *T. polonicum* використовувалась як селекційний матеріал у Міжнародному центрі поліпшення кукурудзи та пшениці (СІММУТ, Мексика). Завдяки хорошій придатності до переробки та цінним функціональним властивостям зерна були спроби схрещувати *T. polonicum* з окремими видами роду *Aegilops*. Дослідження дали пшеницю з рекордним урожаєм до 18 т/га [86]. Польська пшениця толерантна до посухи. Потенціал урожайності створених ліній за участі *T. polonicum* складно оцінити, оскільки для такої оцінки потрібні великі площі, експерименти з різними погодними та ґрунтовими умовами. Однак, Suchowilska E. зі співавторами припускають, що врожайність польської пшениці може досягати 4 т/га за сприятливих агрономічних умов [208]. Ця культура має значний потенціал для селекції та харчових технологій. Зерно польської пшениці може стати придатною альтернативою для споживачів, які цікавляться новими зерновими продуктами з високою харчовою цінністю.

1.6 Пшениця ефіопська *Triticum aethiopicum* Jakubz

Triticum aethiopicum Jakubz. (Vavilov) A.Filat. Вавілов М.І. вперше виділив ефіопські голозерні тетраплоїдні пшениці як окремі підвиди у межах видів *T. durum* і *T. turgidum* [259]. Пізніше Вавілов М.І. підкреслив особливість

ефіопських тетраплоїдних голозерних пшениць (наявність фіолетовозерних форм і на основі кількості судинних пучків в колеоптиле) [258]. У 1947 р. Якубцинер М.М. виокремив цю пшеницю в окремий вид — *T. aethiopicum* [282]. Колос *T. aethiopicum* схожий на м'яку пшеницю. Як правило, довжиною 6 – 12 см, нещільний, в основному веретеноподібний, овальний у поперечному розрізі, бувають остисті та безості форми, має легкий обмолот. Луски гладкі (блискучі або з невеликим восковим нальотом) або опушені, з остюком (до 7 см завдовжки) або з гострим кілевим зубом. Остюки тонкі, довгі, злегка розходяться, майже паралельні колосу, білого або чорного кольору. Зернівка вузька, витягнута, більш-менш пласка на вентральному боці, зазвичай фіолетова, рідше червона або біла [60]. Висота рослин 80 см, маса 1000 зерен 45,8 г. Ми вивчали зразок UA0300480, ЕТН отриманий з НЦГРРУ.

1.7 Пшениця тверда, фалькатна група різновидів *Triticum durum* Desf. var. *falcatomelanopus* Jakubz. & A. Filat.

Triticum durum Desf. var. *falcatomelanopus* Jakubz. & A. Filat. — це різновид твердої пшениці, характеризується пізньостиглістю, холодостійкістю, стійка до вилягання та досить стійка до бурої та жовтої іржі, зустрічається на невеликих територіях країн Близького Сходу (Сирія, Ізраїль, Йорданія) і Центральної Азії [340]. Розмір зернівки становить до 10 мм. Склоподібність висока: до 75%. Ще одна перевага цієї пшениці — легкий обмолот [325].

Висновки до розділу 1

Огляд літератури свідчить, що культурна двозернянка — полба є цінною зерновою культурою для здорового харчування, яка потребує генетичного покращення за низкою ознак. Завдяки використанню новітніх технологій розширено та накопичено певну інформацію про якість зерна та вплив генів пшениці полби на стійкість до несприятливих чинників середовища і якість зерна. Джерелами для покращення полби є як зразки різноманіття того ж виду — *T. dicocum*, так і зразки споріднених тетраплоїдних видів — *T. durum* var.

falcatomelanopus, *T. persicum*, *T. timopheevii*, *T. polonicum*, *T. turanicum*. Ці форми мало використані у селекції як в Україні, так і у світі, головна причина чого – їх недостатня вивченість.

1. Аналіз світової літератури свідчить про визнання вченими різних країн світу актуальності проблеми селекційного покращення полби за рахунок залучення до гібридизації з нею генетичного різноманіття споріднених видів пшениці.

2. Дослідження, присвячені вивченню якості, продуктивності та інших цінних господарських ознак полби та споріднених малопоширених видів пшениці проводились переважно за кордоном, в Україні таких досліджень вкрай мало.

3. Рівень прояву якісних ознак зерна полби та споріднених видів пшениці значно різняться між сортами і формами, що доводить необхідність вивчення селекційної цінності конкретних зразків

4. Для ефективного використання у селекції полби споріднених видів пшениці необхідно визначити закономірності прояву у гібридів цінних господарських ознак та встановити на цій основі пріоритетні напрями селекції.

6. В Україні сортові ресурси полби дуже малі – всього три зареєстровані сорти полби ярої. Для селекційного покращення полби необхідно розширити різноманіття вихідних сортів і форм полби ярої та споріднених видів, які характеризуються поєднанням стійкості до несприятливих умов вирощування, високих ознак якості зерна та урожайності.

7. В Україні зовсім не використовуються резерви продуктивності, якості зерна, стійкості до несприятливих біо- та абіотичних чинників, які забезпечує полба озима, не ведеться її селекція та впровадження у виробництво.

На вирішення цих проблем і було спрямовано дослідження, представлені в даній дисертаційній роботі.

Результати наукових досліджень, наведених у даному розділі, опубліковано в наукових працях:

1. Тимчук В.М., Вечерська Л.А., Діденко С.Ю. Методологічні підходи оцінки полби як об'єкта трансфера в системі стандартизованих сировинних ресурсів. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2018. Вип. 25. С. 188–198.

2. Вечерська Л.А., Реліна Л.І. Голік О.В. Пшениця полба: переваги, недоліки і перспективи. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. Вип. 2. С. 10–17.

3. 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., Реліна Л.І., Криштопа Н.І., Вечерська Л.А. Генетичне різноманіття малопоширених видів, диких родичів та амфідиплоїдів пшениці у Національному генбанку рослин України. Наукове видання за ред. В.К. Рябчуна. Харків, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2018. 45 с.

4. Тимчук В.М., Діденко С.Ю., Бондаренко Є.С., Єгорова Н.Ю., Реліна Л.І., Вечерська Л.А. Методологічні підходи переходу до рівня стандартизованих сировинних ресурсів по блоку якості. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2019. Вип. 26. С. 132–138.

5. Relina L.I., Suprun O.H., Boguslavskyi R.L., Didenko S.Yu., Vecherska L.A., Golik O.V. Fatty acid composition of oil from grain of some tetraploid wheat species. *Biotechnologia Acta*. 2020. V. 13. No 2. P. 56–64. <https://doi.org/10.15407/biotech13.02.056>.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови проведення досліджень

Полеві досліді проводили на полях наукової сівозміни Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, які розташовані у Харківському районі Харківської області в східній частині лівобережного Лісостепу України в 2015 — 2019 рр. Технологічні показники визначали в лабораторії генетики, біотехнології та якості зерна, стійкість до хвороб та шкідників – у лабораторії імунітету рослин до хвороб і шкідників.

Ґрунти зони досліджень представлено потужним слабо вилуженим чорноземом із зернистою структурою на пилувато-суглинковому лесі з глибиною залягання карбонатів 30 – 50 см. Міцність ґрунтового профілю близько 110 – 140 см, рівень гумусованості – добрий. Ґрунтам характерна висока природна родючість та низькі запаси азоту (до 134 мг/кг), запаси фосфору на середньому рівні (97 мг/кг), та високий рівень запасів калію (понад 133 мг/кг). Товщина гумусного шару 75 см і більше. Реакція ґрунтового розчину — слабо-кисла або нормальна (рН 6,15 – 7,25) [296]. Вміст гумусу в орному горизонті становить 5,8 %. Максимальна гігроскопічність ґрунту коливається від 8 до 10 %.

Кліматичні умови зони — помірно-континентальні з помірно холодною зимою і тривалим, часом посушливим, жарким літом та нестійким зволоженням. За багаторічними спостереженнями середньорічна температура повітря складає + 6 – 8 °С гідротермічний коефіцієнт за багаторічними спостереженнями близький до 1. Найвища температура спостерігається в липні (+21 °С), а найнижча — в січні (-7 °С). Середньорічна температура повітря становить 8,1 °С. За класифікацією Кеппена, клімат зони дослідження відноситься до класу Dfbo [162]. Середньодобова температура повітря вище 0 °С установлюється в третій декаді березня. Перехід середньодобових

температур через позначку $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ та повне відтавання ґрунтів відзначається на початку квітня. Прогрівання ґрунту до температури вище $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глибині 20–25 см спостерігається в третій декаді квітня. В цей час також, як правило, припиняються весняні заморозки, хоча в окремі роки вони можуть спостерігатись навіть у травні. Сума середніх добових температур вище $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ за період з травня по вересень складає $2500 - 2750\text{ }^{\circ}\text{C}$, а тривалість періоду з температурою вище $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ – від 100 до 120 днів. Літні місяці відрізняються високою середньодобовою температурою повітря, яка у червні сягає $+20,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, у липні до $+21,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, та в серпні дещо знижується до позначки $+19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. При цьому максимум сягає $+38 +41\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на поверхні ґрунту до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище [305].

Річна кількість опадів коливається від 476 до 536 мм, середня сума опадів за вегетаційний період — близько 290 мм. Розподіл опадів протягом року нерівномірний за місяцями. В окремі роки спостерігається істотне відхилення кількості опадів від норми. Випаровуваність помітно перевищує опади, особливо влітку. За багаторічними спостереженнями середня відносна вологість складає 63 %. Найбільша частка опадів (240 – 440 мм) припадає на теплий період (травень – вересень).

Весняний період, на який припадає початок польових робіт та посів пшениці ярої, відрізняється невеликою кількістю опадів. Крім того, пануючі південно-східні вітри істотно висушують ґрунт. Атмосферна посуха — порівняно часте явище і може виникати протягом року. Найвищою кількістю опадів характеризується травень та липень, менше опадів спостерігається в червні та серпні. Хоча в окремі роки в цей період буває посуха.

Для комплексної оцінки метеорологічних умов вегетації використовували гідротермічний коефіцієнт (ГТК) Селянінова, який відображає загальний вплив на розвиток культур температури та опадів і є інтегральним показником. Розрахунок ГТК проводили згідно даних метеорологічних постів Харківського Національного аграрного університету та Елітне за кількістю опадів та температурою повітря за роки досліджень і середні багаторічні дані цих метеорологічних показників за 1945 – 2008 рр.

Вегетаційний період пшениці полби ярої триває від 110 до 150 діб, озимої – від 290 до 310 діб. Ґрунтово-кліматичні умови Харківської області, за аналізом багаторічних даних, у цілому сприятливі для вирощування пшениці полби звичайної ярої та озимої.

На сьогодні на більшості території України відмічається значне підвищення температур та різкі коливання кількості опадів [300]. Очевидним є вплив таких кліматичних змін на стан рослин, якісні показники зерна, розвиток шкідливих організмів та стан агробіоценозу в цілому [29].

Рівень урожайності пшениці полби значно залежить від погодних умов. За основними метеорологічними показниками роки досліджень були контрастними (рис. 2.1, 2.2).

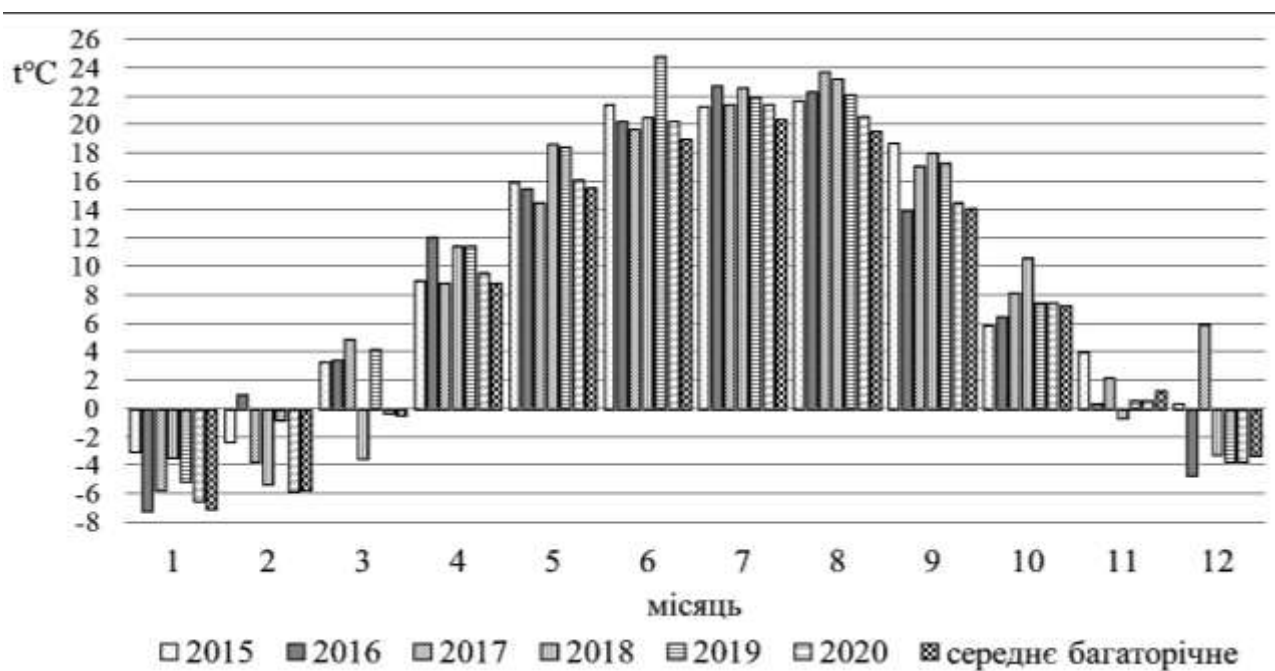


Рисунок 2.1. Середньомісячна температура повітря (°C), 2015 – 2020 рр.

Умови 2015 р. були досить сприятливими для формування урожаю і якості зерна полби. Для отримання своєчасних повних сходів умови передпосівного та посівного періодів характеризувались недостатністю опадів, яких практично не було після сівби. Тривала осіння посуха призвела до затримки появи сходів озимої пшениці. У листопаді та грудні температура була вищою за середні багаторічні значення, що сприяло подальшій вегетації

рослин. Припинення осінньої вегетації відбулося в III декаді грудня. Такі погодні умови зумовили нерівномірний розвиток рослин озимої пшениці під час входження їх у зимовий період. Починаючи з II декади січня, температурний режим пом'якшився, що зумовило в кінцевому результаті задовільну перезимівлю озимих. У II декаді лютого склалися умови для повільного відростання озимої пшениці, що говорить про надранній початок відновлення весняної вегетації.

Весняно-літній (квітень-липень) період вегетації зернових колосових культур характеризувався, як досить теплий та зволожений. Кількість опадів за квітень та липень була вищою від норми на 50,8 мм (що становить 24 %), а середньодобова температура повітря вищою на 0,9 °С. Показник ГТК (рис. 2.3) за квітень підвищувався до значення 2,3 (дуже зволожені умови). В період колосіння та цвітіння ГТК був близьким до норми.

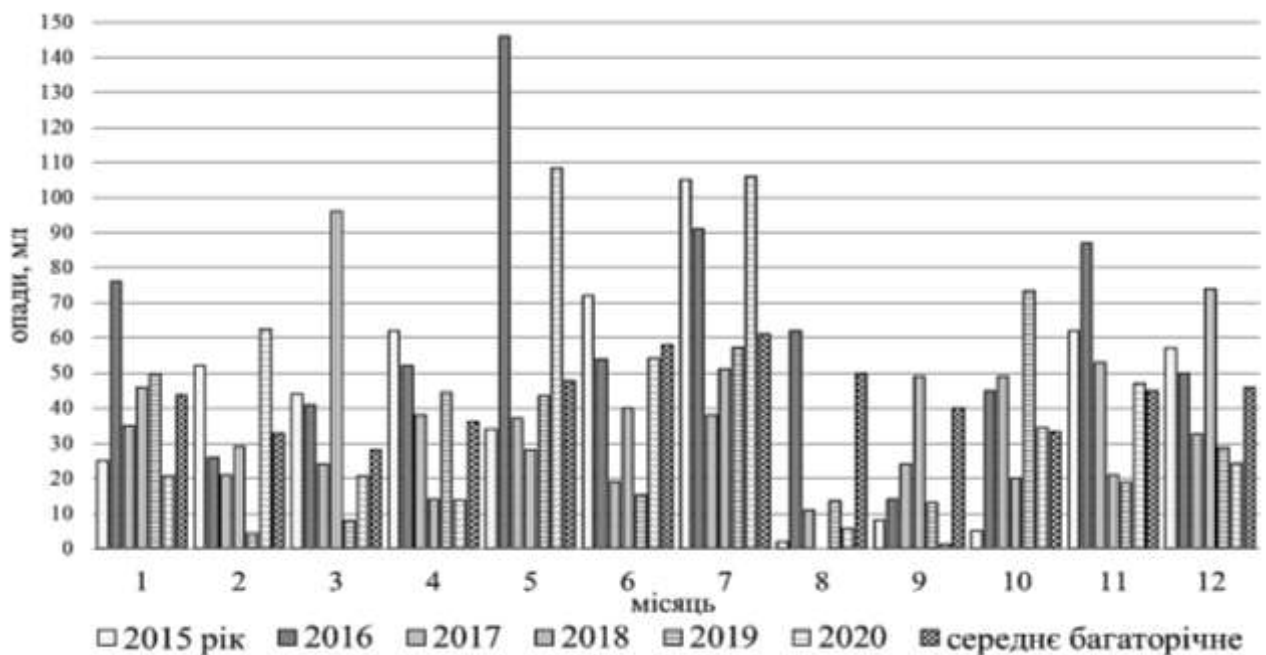


Рисунок 2.2. Середньомісячна кількість опадів (мм), 2015 – 2020 рр.

Осінній температурний режим 2015 – 2016 років був в межах норми, а дефіцит вологи у серпні – жовтні (кількість опадів склала в середньому всього 13 % від багаторічного показника) компенсувався подвійною нормою опадів у листопаді. Період перезимівлі був теплішим звичайного зі значною кількістю

опадів наприкінці зими. Початок весни був теплим, середня температура на 3°C вище звичайного, спостерігалася значна кількість опадів (в середньому 145 % від багаторічного показника).

Погодні умови за період вегетації пшениці полби звичайної ярої характеризувались такими особливостями: вищими від багаторічного показника середньодобовими температурами впродовж всього періоду вегетації, окрім квітня, а також значною кількістю опадів у всі фази розвитку (у 1,8 – 3,6 разів більше за середні багаторічні показники).

Тільки умови, що склалися у фазу колосіння (3 мм опадів, 17 % від середньої багаторічної) були посушливими ГТК мав значення 0,89 (рис. 2.3). В період наливу зерна та збирання урожаю показник ГТК був близьким до норми. У цілому період вегетації полби можна охарактеризувати як дуже теплий, з температурою повітря на $1,6^{\circ}\text{C}$ вище за багаторічний показник, та перезволожений, із кількістю опадів на 234 % вище за багаторічний показник, що мало негативний вплив на якість зерна.

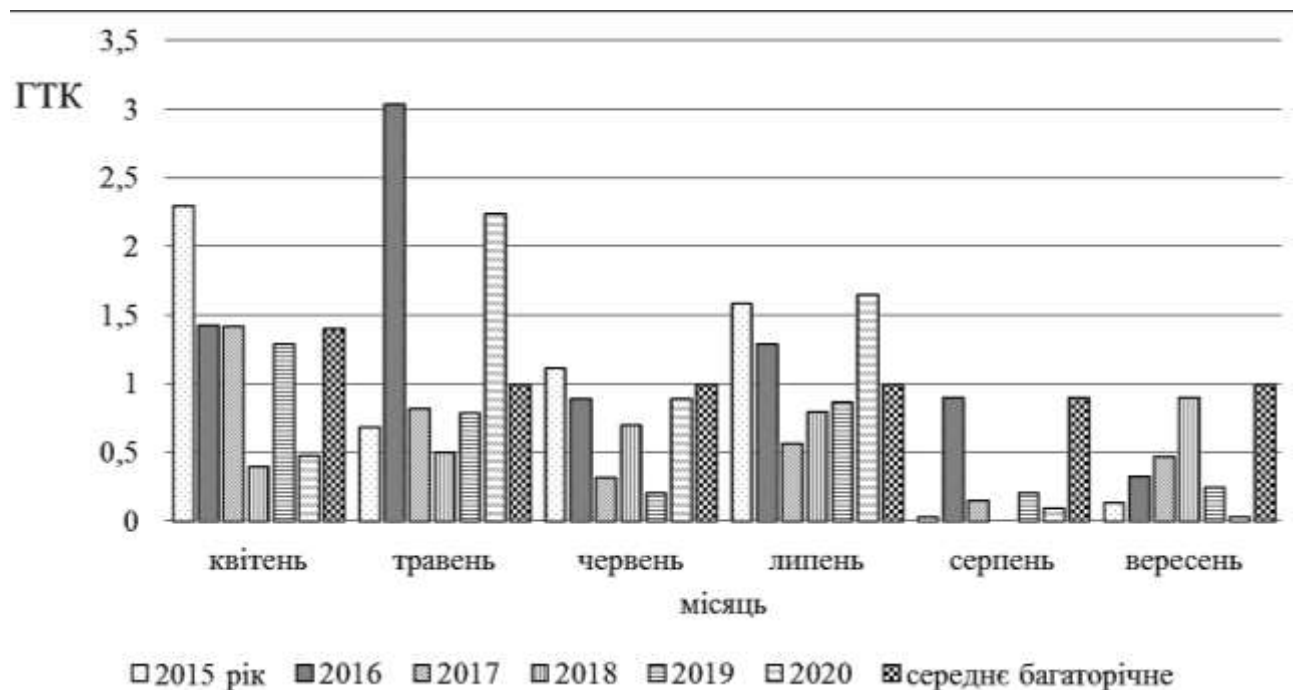


Рисунок 2.3 Показник гідротермічного коефіцієнта за період вегетації пшениці полби звичайної, 2015 – 2020 рр

Урожай 2017 р. формувався в досить екстремальних умовах, що не найкращим чином позначилось на показниках врожайності та якості майже всіх сільськогосподарських культур.

Погодні умови, що склалися під час посіву озимої полби, були досить сприятливими. Середньодобові температури та кількість опадів у вересні – жовтні були близькими до норми. Початок весни був досить теплим (середньомісячна температура 4,9 °С при нормі – 0,3 °С) та зволуженим. Однак, показник зволоженості в найбільш критичні фази розвитку пшениці полби був від 0,15 до 0,47 (дуже посушливі умови). Гострий дефіцит ґрунтової вологи, тривала відсутність опадів, критично низькі температури на початкових етапах росту та незвично високі температури в другій половині вегетації не дали можливості розкрити повний потенціал полби.

Погодні умови передпосівного та посівного періоду озимої пшениці (вересень) 2017 р. характеризувалися температурою повітря 17,7°С, що вище на 3,2 °С за середню багаторічну (14,5 °С) (рис. 2.1). Кількість опадів за місяць становила 24 мм (що складає всього 59 % від норми), що сприяло нерівномірній появі сходів озимих зернових культур. У жовтні та листопаді середньодобова температура відмічалась в межах норми. При цьому спостерігали значне коливання денних та нічних температур від мінус 4,0 °С до 19,5 °С у жовтні та від мінус 9,5 °С до 15,6 °С у листопаді, що негативно вплинуло на куціння озимих культур, а в зиму рослини увійшли недостатньо розкущеними (1 – 2 пагони) та ослабленими.

У зимовий період 2017 – 2018 рр. сума опадів була вищою від норми, особливо в грудні (понад 200 % від норми). При цьому середньодобова температура повітря становила 6°С (середня багаторічна мінус 3,3°С). Найнижчу мінімальну температуру повітря спостерігали у січні мінус 18,5°С, а найвищу у грудні 9,8°С. Коливання температур не мали негативного впливу на озимі культури завдяки достатньому сніговому покриву.

Початок весни у 2018 році виявився затяжним, прохолодним (мінус 3,5°С у березні) з коливанням від мінус 15,8°С до 4,5°С (середня багаторічна мінус

0,3°C) та з кількістю опадів понад норму (343 % від середньо багаторічних спостережень). Відновлення вегетації відмічено у першій декаді березня, але активного росту рослин не відмічалось. Наростання температур було поступовим.

Для ярої полби негативним фактором була незначна кількість опадів у квітні та травні, що не дало змоги сформувати вирівняний, густий стеблостій. У квітні середньодобова температура складала 11,5°C, сума опадів становила 14 мм (середня багаторічна 8,9°C, кількість опадів 39 мм). У травні середньодобова температура становила 18,6°C, сума опадів 28 мм (середня багаторічна 15,6°C, сума опадів 58 мм). Кінець травня – перша декада червня, на яку припав період трубкування у ярих культур та колосіння озимих, супроводжувався посухою. За цей період випало 2,2 мм опадів, що склало лише 5,9 % від норми. В окремих генотипів це призвело до нерівномірного початку колосіння, що в подальшому дозволило диференціювати зразки за вирівняністю під час колосіння.

У літні місяці вологозабезпеченість ґрунту на всіх посівах дещо підвищилась, що дало можливість рослинам сформувати урожайність на середньому рівні. Середня температура повітря в липні становила 23°C, яка вдень піднімалась до 30 – 33°C. Це негативно вплинуло на налив зерна ярих культур.

Протягом серпня на території досліджень утримувалася аномально жарка, в окремі дні спекотна, погода без опадів. За останні 50 років це був найбільш сухий серпень. Максимальна температура повітря в окремі дні підвищувалася до 32 – 35°C тепла, а поверхня ґрунту при цьому нагрівалася до 52 – 58°C тепла. Днів з максимальною температурою 30°C і більше було 6 – 8. У серпні склалися та утримувалися вкрай несприятливі умови для посіву озимих під урожай 2019 р. Орний шар ґрунту на полях під посів озимої пшениці був сухий.

Перша половина зимового періоду 2019 р. була багатосніжною, а середні температури повітря на 3 – 5°C перевищували норму. За відсутності сильних морозів промерзання ґрунту було незначним, а температура на глибині

залягання вузла кущення не знижувалася нижче 1 – 4°C. Протягом більшої частини зимового періоду утримувався підвищений температурний режим (+2,7°C до норми) на фоні підвищеної кількості опадів. Сума опадів за грудень – січень на 39,0 мм перевищувала середній багаторічний показник. Глибина промерзання ґрунту була незначною від 1 – 2 до 5 – 10 см. У кінці лютого та протягом березня середньодобова температура повітря перевищувала середню багаторічну на 2,2 – 5,6°C, що сприяло ранньому відновленню весняної вегетації на посівах полби озимої. Початок весни у 2019 р. був теплим (середньомісячна температура 4,5°C) однак, вологозабезпеченість у березні була найнижчою за всі роки досліджень (менше 10 мл).

Стрімке зменшення вологозабезпеченості ґрунту протягом першої декади квітня було компенсовано опадами у другій та третій декадах загальною кількістю 44 мм, що сприяло поповненню запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 20 см практично до рівня середніх багаторічних значень і позитивно вплинуло на розвиток полби озимої. Друга половина весни була досить теплою і зволоженою. В травні середньодобова температура повітря перевищила норму на 10 %.

Аномально спекотна погода (середньодобова температура була вище середніх багаторічних на 18 %, а кількість опадів нижчою на 60 %) червня призвела до прискореного та передчасного дозрівання зерна пшениці озимої, через що сформувалось недостатньо виповнене зерно із зниженою масою 1000 зерен. Середньодобова температура липня, серпня та вересня була незначно вище середньої багаторічної. Але кількість опадів була значно нижче середніх багаторічних. На посівах полби озимої через повітряну посуху та вплив високих температур (максимальні температури повітря 34 – 37°C, а на поверхні ґрунту – 60 – 65°C) відмічено передчасне, прискорене зниження вологості зерна, припинення наливу та порушення надходження пластичних речовин в період його наливу (фаза молочної – початок воскової стиглості), що викликало запал зерна. Саме дія зазначених факторів призвела до формування різною мірою щуплого зерна з низькою масою 1000 зерен.

Отже, погодні умови вегетаційного періоду 2019 р. були контрастними за гідротермічним режимом з нерівномірним розподілом опадів за місяцями. Такі контрастні умови року дозволили в повній мірі оцінити продуктивність пшениці озимої.

Температурні показники початку 2020 р. були близькими до середніх багаторічних. Березень та квітень виявились досить посушливими, показник ГТК у квітні був більше ніж удвічі нижчим від середнього багаторічного (рис 2.3). Температурні показники протягом усього періоду вегетації полби були близькими до середнього багаторічного показника (рис. 2.1). За кількістю опадів травень та липень були перезволоженими (рис. 2.2), тоді як серпень аномально посушливим (кількість опадів склала 5,8 мм) при досить високих температурах (у середньому за місяць 20,6°C).

Таким чином, підвищена температура та недостатня кількість опадів під час вегетаційного періоду зернових культур протягом років досліджень не дозволили рослинам проявити генетичний потенціал урожайності та якості зерна, однак дало можливість оцінити та диференціювати зразки за урожайністю, стійкістю до вилягання, крупністю та виповненістю зерна зі стабільним проявом підвищених ознак якості зерна, виділити кращі генотипи.

2.2 Матеріал для досліджень

В дослідженнях було використано селекційний матеріал різного географічного походження, що характеризувався різноманіттям за біологічними та цінними господарськими ознаками і властивостями. Як компоненти для схрещувань використано зразки малопоширених видів пшениці: *T. persicum* var. *rubiginosum* UA0300066, ARM; *T. durum* var. *falcatomelanopus* IR 00137, SYR; *T. aethiopicum* var. *densarraseita* IR 00173, ETH; *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* UA 0300480, ETH; *T. turgidum* var. *plinianum* UA0300377; *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300214, USA та UA0300081, POL; *T. timopheevii* UA0300107, GEO; *T. polonicum* var. *pseudocompactum* UA0300337, PRT; сучасні сорти полби Романівська та Голіковська; сорти пшениці твердої озимої Агат Донской IR

15629W, RUS; Шулиндінка IR 15085W, UKR; Континент IR 14107W, UKR; лінії пшениці ярої та озимої та пшениці полби, які було одержано з лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин Національного центру генетичних ресурсів рослин України Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, лабораторій селекції озимої та ярої пшениці, а також створено за безпосередньої участі здобувача.

Пшениця яра:

Голіковська – (селекційна лінія 06-193) створено в IP ім. В.Я. Юр'єва в результаті складних міжвидових схрещувань зразків полби ярої K19285, K21961 та сорту пшениці твердої ярої Харківська 41. Передано до державного сортовипробування у 2012 р. Внесений до Держреєстру СРППУ з 2014 р. Тривалість вегетаційного періоду 98 діб, що на 3 доби більше за стандарт пшеницю тверду яру сорт Спадщина та на 5 діб менше за зразок типової плівчастої полби Полба 3. Висота рослин становить 80 – 86 см, середньостійкий до вилягання. Різновидність *dicocum*, колос червоний, остистий, середньої довжини, пірамідальної форми, середній за щільністю, не ламкий. Остюки зазубрені, довші від колоса. Зернівка червона, видовжена. Маса 1000 зерен 30 – 34 г, має високу стійкість до проростання на корені та обсіпання. Соломина помірно виповнена. Колоскова луска не опушена, видовжена, плече скошене, середнє, зубець дуже короткий, ледь зігнутий. Сорт відрізняється від класичної полби незначною плівчастістю на рівні 17 % (у Полби 3 – 76 %), що робить його придатним до механізованого висіву та збирання звичайними сільськогосподарськими знаряддями [272, 277, 278].

Романівська. Створено в IP ім. В.Я. Юр'єва, родовід UA0300209/UA0300134 (S 6)// Кандіканс (S 4). Сорт створено для умов Степу та Лісостепу України. Середня врожайність за роки випробування в КСВ становила 3,44 т/га, що на рівні стандарту пшениці твердої ярої Спадщина та на 1,34 т/га вище за зразок класичної плівчастої полби Полба 3. Сорт відрізняється незначною плівчастістю на рівні 5 % (у Полби 3 – 76 %), що забезпечує йому придатність до механізованого висіву та збирання звичайними сільськогосподарськими

знаряддями, формує більш крупне зерно – маса тисячі зерен становить 35,8 г проти 32,6 г у сорту Полба 3, має на три доби менш тривалий вегетаційний період. У порівнянні із сортом стандартом пшениці твердої ярої Спадщина сорт Романівська має підвищену стійкість до борошнистої роси (8 балів, що на 2,1 бали вище за стандарт), бурої іржі (8 балів, що на 0,4 бали вище за стандарт) та до твердої сажки (ураженість 27,2 %, що на 13,6 % нижче за стандарт). Сорт перевищує стандарт за силою борошна (353 о.а., що на 157 о.а. вище стандарту) та об'ємним виходом хліба (600 мл. з 100 г борошна, що на 80 мл. вище стандарту), характеризується можливістю подвійного використання – як сировина для хлібопекарської промисловості та виробництва крупи. Сорт внесено до Держреєстру СРППУ у 2016 році [278].

Юніка. Сорт створено в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва шляхом вільного запилення селекційної лінії пшениці твердої 09-936т, лісостепового екотипу, з середньою врожайністю 3,7 т/га та потенційною 4,6 т/га. Має переваги перед стандартом за вмістом каротиноїдних пігментів 1,87 мг/100 г (+1,01 мг/100 г), загальною макаронною оцінкою 5,6 балів (+ 1,5 бали). Тривалість вегетаційного періоду 107 діб. Висота рослин 88 см. Маса 1000 зерен 44 г. Передано на кваліфікаційну експертизу у 2017 р., внесено до Держреєстру СРППУ з 2020 р. [291].

Спадщина. Сорт створено в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва методом гібридизації та подальшим доббором з гібридної популяції Г-2 (Харківська 5/ Харківська 9). Внесено до Держреєстру СРППУ з 2006 р. Різновидність *leucurum*. Тип розвитку – ярий. Кущ напівпрямостоячий, рослини середньої висоти. Прапорцевий листок має помірний восковий наліт на нижньому боці листової пластинки і дуже слабке або відсутнє антоціанове забарвлення. Соломина слабо виповнена з сильним восковим нальотом на верхньому міжвузлі та дуже слабким або відсутнім опушенням верхнього вузла. Колос червоного кольору, сильно забарвлений, пірамідальної форми, середній за щільністю з остюками, які розміщені по всій довжині колоса. Остюки на верхівці колоса довші відносно колоса, світло-коричневого кольору.

Нижня колоскова луска видовжена, плече пряме та середнє за шириною, зубець прямий і короткий, опушення зовнішньої поверхні відсутнє. Зернівка видовжена, має чубчик середньої довжини. Язичок – довгий, кільцевої форми, охоплення соломини вушками неповне. Висота рослин 103 – 105 см. Сорт середньостиглий, досягає за 107 – 109 діб. Стійкий до вилягання. Поєднує добрі макаронні властивості з відмінними хлібопекарськими. Рекомендована зона вирощування — Степ, Лісостеп. Висока стійкість до вилягання, летючої та твердої сажки, посухостійкий. Добра стійкість до бурої іржі, септоріозу, фузаріозу, корневих гнилей, борошнистої роси. Норма висіву – 5 млн. зерен/га. Вегетаційний період 100 – 101 доби. Маса тисячі зерен 44 – 45 г. Характеризується високою екологічною пластичністю. Має добру реакцію на інтенсивну технологію вирощування. Потенційна врожайність – 5,3 т/га [289].

T. persicum var. *rubiginosum* вивчали зразок UA 0300066, ARM, отриманий з НЦГРРУ.

T. timopheevii — ми вивчали зразок UA 0300107, GEO, отриманий з НЦГРРУ.

T. durum var. *falcatomelanopus* — ми вивчали зразок IR 00137, SYR, отриманий з НЦГРРУ.

T. turanicum. Вивчали зразок var. *notabile* UA0300454 UZB отриманий з НЦГРРУ.

T. polonicum. Вивчали зразок var. *pseudocompactum* UA0300337, отриманий з НЦГРРУ.

T. aethiopicum var. *densimenelikii*. вивчали зразок UA 0300480, ETH отриманий з НЦГРРУ.

T. aethiopicum var. *densarraseita* – належить до підвиду subsp. *vavilovianum* A. Filat., який є перехідним від *T. aethiopicum* до *T. durum*, у межах підвиду — група щільноколосих різновидів: convar. *vavilovianum*. Характерні ознаки цієї групи різновидів: колос циліндричний, 5 – 9 см довжини, щільний (D=30 – 40). Морфологічні ознаки var. *densarraseita*: луски білі, колос остистий, неопушений, остюки білі, зернівки фіолетові (хоча фактично світло-фіолетове,

перехідне до білого або червоного). Даний зразок IR 00173, одержаний з ВІРу під номером інтродукції 479281. ВІР у свою чергу отримав цей зразок з генбанку Італії. Італійськими ученими у 70-х роках 20 ст., було проведено експедицію по Ефіопії і зібрано велику колекцію. Більшість зразків, у тому числі *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, являли собою популяції, тобто суміші різновидів. Нами було розділено цей зразок на компоненти (ділянки №№ 295-303), з яких виявлено як цінний № 296/17. Фактично цей зразок, скоріше за все, є спонтанним гібридом з твердою пшеницею.

Пшениця озима:

Агат Донской IR 15629W, RUS Сорт створено методом внутрішньовидової ступінчастої гібридизації з використанням в схрещуванні на останньому етапі в якості материнського компонента селекційної лінії ВНПЗК – 70/96, батьківської – сорти Алий парус (Україна). Різновид – леукурум. Колос призматичний, білий, неопушений, короткий (6 см), щільний (32,5 колоска на 10 см довжини стрижня). Зерно бурштинове, велике (маса 1000 зерен 41,3–45,0 г., у стандарті – 37–40 м), з неглибокою борозенкою. Короткостеблій (до 89 см) з більш високою стійкістю до вилягання (4,3 бали, стандарт – 3,3), середньостиглий. Високопродуктивний, середня врожайність за роки конкурсних випробувань по парі – 6,93 т/га. Потенційна врожайність – 8–9 т/га. Технологічні та біохімічні властивості зерна і макаронів хороші. Вміст білка в зерні в середньому – 15,4%, клейковини – 29,6 другої групи якості, SDS-седиментація – 36 мл, натура – 797 г/л, колір макаронів жовтий – 5 балів. У польових умовах і на інфекційному фоні при штучному зараженні стійкий до бурі і жовтої іржі (ураження 5 – 15%), летючої сажки, слабо уражується борошнистою росю (1 бал), різними плямистостями листя. Високопродуктивний сорт, високі реологічні властивості тіста і макаронних виробів [322].

Шулиндінка. IR 15085W, UKR. Сорт отримано шляхом схрещування твердих пшениць – ярої Харківська 23 з озимою лінією міжродового походження Леукурум 1963 в ІР ім. В.Я. Юр'єва. З 2013 року Шулиндінка

внесена до Держреєстру СРППУ. Різновид *hordeiforme*. Колос призматичний, середньої довжини (8 – 9 см), щільний. Колоскова луска подовжена. Зубець короткий, середньовигнутий. Плече піднесене, вузьке. Остюки довгі, зазубрені, жорсткі, світло-червоні. У посушливі роки іноді спостерігається почорніння остюків і одиничних колосів. Зернівка бурштинова, подовжена, велика. Маса 1000 зерен 48 – 55 г. Лист середньої ширини – широкий, неопушений, з сильним восковим нальотом. Висота рослин 90 – 100 см. Соломина середньої товщини, помірно виповнена, високостійкий до вилягання. Сорт відноситься до степової екологічної групи. Середньостиглий, вегетаційний період 266 – 271 день. Зимостійкість вища за середню – середня. Високостійкий до ранньовесняної і річної посухи, формує велике, високоякісне зерно. Сорт Шулиндінка має високу стійкість до хвороб, не уражується різними видами сажки, високостійкий до іржі, септоріозу, борошнистої роси (7 – 8 балів), середньосприйнятливий до снігової плісняви. Шулиндінка має перевагу і за якістю зерна. Колір макаронів оцінений на 7 балів, варильні властивості – 7 – 8 балів, загальна оцінка склала 7,8 балів, що на 1,0 – 2,3 бала краще стандартів Бурштин і Харківська 32 [294, 347].

Континент. IR 14107W, UKR. Кущ – прямостоячий, рослини середньої висоти. Прапорцевий листок має сильний восковий наліт на піхві та листовій пластинці з нижнього боку. Остюки білого кольору з слабким антоціаном. Остюки на верхівці колосу довші самого колосу. Соломина має помірний восковий наліт на верхньому міжвузлі та слабке опушення верхнього вузла. Колос середньої довжини, пірамідальної форми, середньої щільності, слабо забарвлений при досяганні і має сильний восковий наліт. Зернівка видовжена з коротким чубчиком. Нижня колоскова луска видовжена, плече скошене, вузьке, зубець ледве зігнутий, короткий. Стійкий до вилягання – 8,7 – 8,8 балів, осипання – 8,4 – 9,0 балів, до кореневих гнилей – 7 – 8 балів, септоріозу – 7 – 8 балів, фузаріозу – 7 – 8 балів, до бурої іржі – 7 балів, до борошнистої роси – 7 – 8 балів. Ранньостиглий, досягає за 270 – 280 діб. З 2008 р. сорт внесено до Держреєстру СРППУ. Середня врожайність за роки випробування у зоні Степу

59,8 ц/га, Лісостепу 51,4 ц/га. Прибавка до національного стандарту в зоні Степу 0,7 ц/га, Лісостепу – 2,3 ц/га. Маса 1000 зерен 42,8 – 43,2 г. Зерно містить 14,3% білка. Загальна оцінка макаронів 8,0–8,5 бала [290].

Полба озима *T. dicoccum* var. *atratum*. Ми вивчали зразки цього різновиду UA0300214, USA та UA0300081, POL, отримані з НЦГРРУ.

Родоводи сортів і форм, що вивчались, та інформація про якісні показники було отримано з каталогів [294], електронних баз даних вільного доступу [289, 290, 291], та безпосередньо від авторів та донорів зразків.

Крім того, як вихідний матеріал для оцінок та доборів було використано популяції $F_2 - F_9$ пшениці полби звичайної ярої (25), створені в лабораторії селекції пшениці ярої із залученням джерел високого вмісту каротиноїдних пігментів: Tritordeum та сорту пшениці твердої Саратовская золотистая; популяції $F_2 - F_3$ пшениці полби ярої (6), створені в лабораторії генетики, біотехнології та якості за безпосередньої участі здобувача із залученням джерел високого вмісту білка (*T. dicoccum* var. *atratum*, *T. persicum* var. *rubiginosum*), мікроелементів (*T. persicum* var. *rubiginosum*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*), низької плівчастості (*T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. turanicum* var. *notabile*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*); популяції $F_2 - F_4$ пшениці полби озимої (3), створені в лабораторії генетики, біотехнології та якості за безпосередньої участі здобувача із залученням джерел низької плівчастості, високої продуктивності та високих макаронних властивостей (Агат Донской, Шулиндінка, Континент). Відібрані потомства вивчались у селекційних розсадниках. Характеристику матеріалу наведено в розділах 3, 4, 5.

Таким чином, нами було опрацьовано значний обсяг матеріалу, що відрізнявся за еколого-географічним походженням, біологічними властивостями та господарськими ознаками.

За період досліджень проведено оцінку за окремими цінними ознаками та їх комплексом 110 сортів і ліній та 27 гібридних популяцій пшениці полби ярої, трьох сортів і трьох гібридних популяцій полби озимої; проведено схрещування в 74 комбінаціях, проаналізовано 17100 шт. рослин за елементами

продуктивності і морфологічними ознаками. Визначено вміст каротиноїдів, білка та загальної антиоксидантної активності у 360 зразків та гібридних популяцій пшениці полби. Визначено вміст мікроелементів у 30 зразків, сортів, ліній, гібридних популяцій та споріднених тетраплоїдних видів пшениці. Визначено жирнокислотний склад зерна (30) ліній та споріднених тетраплоїдних видів пшениці. Вивчено макаронні, круп'яні та хлібопекарські властивості 50 сортів і ліній пшениці полби та споріднених тетраплоїдних видів пшениці.

2.3 Методика проведення досліджень

Програмою наукових досліджень передбачалось проведення комплексної оцінки вихідного матеріалу за вмістом каротиноїдів, білка, загальної антиоксидантної активності, жирних кислот, мікроелементів, макаронних, круп'яних та хлібопекарських властивостей, продуктивністю, стійкістю до вилягання, стійкістю до основних хвороб, а також створення нового вихідного матеріалу, для вивчення закономірностей успадкування і взаємозв'язків цінних господарських ознак в рослині, добору комплексно цінних зразків. Для вирішення цих завдань було закладено п'ять дослідів:

Дослід 1. Установлення особливостей прояву рівня вмісту каротиноїдів, білка, мікроелементів, антиоксидантної активності, а також продуктивності, стійкості до вилягання, стійкості до основних хвороб, визначення результативності вихідного матеріалу. Для досліджень було використано лінії пшениці полби ярої (35) та сорт пшениці твердої ярої, отримані з лабораторії селекції пшениці ярої у 2015 році, пшениці твердої озимої (3) та споріднені тетраплоїдні види пшениці (8) отримані з НЦГРРУ у 2015 році.

Дослід 2. Установлення джерел високих макаронних, круп'яних та хлібопекарських властивостей. Було вивчено зразки пшениці полби ярої (3), пшениці твердої ярої (1), пшениці твердої озимої (3), лінії полби ярої (35), споріднені тетраплоїдні види пшениці (8).

Дослід 3. Установлення закономірностей формотворчого процесу кількісних ознак продуктивності у F_2 рослин за коефіцієнтами успадкованості

у широкому та вузькому розумінні.

Дослід 4. Установлення наявності інтрогресій у геномі константних ліній полби шляхом електрофоретичного аналізу гліадинів зернівки та відбір інтрогресивних ліній для подальшої селекційної роботи.

Дослід 5. Установлення селекційно – генетичних особливостей сортів та ліній полби ярої за врожайним потенціалом та харчовими якостями (круп'яні, макаронні та хлібопекарські властивості).

Агротехніка вирощування полби ярої – загальноприйнята для зони Лісостепу України. Попередник – соя. Обробіток ґрунту складався з вересневої зяблевої оранки на глибину 25 – 28 см, весняного закриття вологи тросом і одної передпосівної культивації на 8 – 10 см. Сівбу здійснювали сівалкою ССФК-7 з нормою висіву 4,5 млн схожих зерен на гектар в розсаднику конкурсного сортовипробування на ділянках площею 10 м² у чотириразовому повторенні.

Батьківські форми для схрещувань висівали в розсаднику схрещувань на ділянках площею 5 м², норма висіву 5 млн схожих зерен на 1 га, з міжряддями 20 см, на глибину 4 – 6 см. По кожній комбінації проводили кастрацію 25 – 30 колосів. Основний метод створення сортів ярої та озимої полби – внутрішньовидова гібридизація. Основний метод запилення – краснодарський.

Потомства, які були відібрані з гібридних популяцій, висівали в рядки довжиною 1 м сівалкою СКС-6А. В подальшому селекційний матеріал вивчали в селекційному розсаднику другого року, контрольному розсаднику, попередньому і конкурсному сортовипробуванні, закладання яких проводили відповідно методики державного сортовипробування с.-г. культур [338, 339].

У гібридному розсаднику вирощували популяції F₁ – F₈, проводили їх оцінку та добір селекційної еліти. Основний метод вивчення – метод пересіву у сполученні з масово - поліпшуючим добором. Насіння F₀ – F₁ висівали вручну, F₂ – F₈ – сівалкою ССФК-7 широкорядно з нормою висіву 3 млн схожих зерен на гектар.

В конкурсному сортовипробуванні вивчали сорти та лінії у

чотирикратному повторенні, у попередньому сортовипробуванні – у двократному повторенні, у контрольному розсаднику – без повторень з нормою висіву 5 млн схожих зерен на гектар із заліковою площею ділянки 10 м², в селекційному розсаднику другого року – із заліковою площею ділянки від 1 м² до 5 м², першого року – 0,15 м².

Протягом проведення дослідів було здійснено наступні обліки, спостереження і аналізи рослинного матеріалу:

а) фенологічні спостереження. Відмічено фази сходи, колосіння, дозрівання. Візуальну оцінку селекційного матеріалу за стійкістю до листових хвороб, вилягання та загальним виглядом рослин, згідно методик [338, 339, 283];

б) структурний аналіз виконували за методикою Дорофєєва В.Ф. [280]. Для проведення цього аналізу за 1–2 доби до збирання проводили відбір снопового матеріалу для подальшого аналізу в лабораторних умовах за ознаками структури основного колоса (кількість зерен у колосі, маса зерна з колосу, маса 1000 зерен, довжина та кількість колосків), морфологічними ознаками, що пов'язані зі стійкістю до вилягання (висота, довжина першого, другого і верхнього міжвузлів,) та масою рослини і колоса. З отриманих даних обчислювали такі показники:

- вихід зерна з колоса (маса зерна з колоса / маса колоса * 100 %),
- озерненість колосків (кількість зерен в колосі / кількість колосків),
- щільність колоса (кількість колосків) * 10 / довжину колоса).

Щільність колоса визначали за кількістю колосків на 10 см довжини колосового стрижня або за кількістю члеників колосового стрижня на 1 см його довжини,

▪ плівчастість, %. Плівчастість оцінювали відношенням зерен, вкритих плівками до загальної кількості зерен після обмолоту сноповою молотаркою МПСУ-500, виражену у відсотках (%).

Аналізували по 30 рослин батьківських компонентів, 30 F₁ рослин та 150 рослин F₂ – F₉ рослин; у F₂ виділяли групи рослин за ступенем прояву ознак: менше гіршого батьківського компоненту, на рівні батьківського компоненту,

більше кращого батьківського компоненту;

в) уміст каротиноїдів визначали в лабораторії генетики, біотехнології та якості IP методом спектрофотометрії в ацетонових екстрактах, як описано Luterotti S. et al. [123];

г) уміст білка визначали за методом К'ельдаля [183, 184] та методом інфрачервоної спектрометрії [37];

д) вміст і якість клейковини визначали за методикою державної науково-технічної експертизи сортів рослин [287];

е) загальну антиоксидантну активність (АОА) досліджуваних зразків оцінювали за здатністю етанолових екстрактів нейтралізувати радикал DPPH• (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) [214, 252]. Здатність зразків нейтралізувати вільний радикал DPPH• (АА, % – антиоксидантна активність) визначали за формулою:

$$AA (\%) = \frac{A-B}{A} * 100 \quad (2.1),$$

де А – екстинція контрольного зразку (замість 0,5 мл екстракту зразку до розчину DPPH• додається 0,5 мл 80 % розчин етанолу);

В – екстинція дослідного зразку після двогодинної реакції з розчином DPPH•.

Визначення еквіваленту хлорогенової кислоти проводили за допомогою калібровочного графіку (діапазон концентрацій стандарту 0 – 250 мкМ);

є) уміст заліза, цинку і міді визначали методом атомно-абсорбційної спектрометрії [95] в Інституті ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського, ННЦ;

ж) Електрофорез гліадинів у кислому середовищі проводили за методикою [105]. Досліджували по 10 – 20 окремих зернівок кожного зразка. За допомогою порівняння з сортами-стандартами алелів запасних білків м'якої пшениці (AABBDD) ідентифікували алелі основних гліадинкодуєчих локусів першої гомеологічної групи хромосом Gli-A1, Gli-B1. При позначенні алелів орієнтувались на каталог для *T. aestivum* Metakovsky E. [139] з доповненнями

[105]; та за [321] при позначенні алелів орієнтувались на каталог для *T. aestivum* [279];

з) натурну вагу і склоподібність оцінювали відповідно до державного стандарту [285];

й) твердість зерна визначали на твердомірі YPD-300 (Ltpm China) методом, розробленим А.В. Ярош [349];

к) оцінку кольору борошна і тіста проводили за мікрометодом Лук'янова [306] за п'ятибальною шкалою; та Експрес-методом визначення кольору борошна, тіста та макаронів в системі координат $L^*a^*b^*$ [264];

л) крупу з полби отримували на лабораторному луцильнику УШЗ-1, призначеному для обробки поверхні зерна методом інтенсивного стирання оболонки. Маса досліджуваного зразка – 100 г. Тривалість шліфування зерна становила 120 с. Визначення круп'яних властивостей проводили наступним чином: 50 г крупи з додаванням 1,0 г кухонної солі та 200 см³ гарячої водопровідної води варили на водяній бані. Тривалість варіння встановлювали залежно від типу зерна. Після охолодження до температури 20°C визначали колір, запах, консистенцію, розжовуваність і смак крупи за дев'яти-бальною шкалою [309]. Коефіцієнт розварювання крупи визначали за формулою:

$$K = \frac{V_k}{V_{кр}} \quad (2.2), [338]$$

де V_k – об'єм каші, см³;

$V_{кр}$ – об'єм крупи, см³;

м) визначення макаронних властивостей пшениці полби проводили відповідно до методичних рекомендацій [303];

н) визначення хлібопекарських властивостей пшениці полби проводили методом пробних випічок [303];

о) гідротермічний коефіцієнт за Селяниновим Г.Г. [333] розраховували за формулою:

$$ГТК = \frac{\sum P}{\sum T} X_{10} \quad (2.3),$$

де $\sum P$ - сума опадів за період з температурою понад 10 °С;

$\sum T$ - сума температур понад 10 °С за відповідний період;

п) Коефіцієнт варіації визначали за формулою:

$$V = S / X * 100 \% \quad (2.4),$$

де S – середнє квадратичне відхилення;

X – середня арифметична;

Класифікацію коефіцієнта кореляції проводили, як запропоновано у [45, 302] низька, якщо $V < 10\%$, середня V від 11 – 25%, і значна, якщо $V > 25\%$

п) ступінь домінування обчислювали за формулою Griffing В. [77]

$$hp = \frac{F_1 - M_p}{P_{max} - M_p}, \quad (2.5)$$

де: hp – ступінь домінування;

F_1 – значення ознаки у гібрида;

M_p – середнє значення обох батьків;

P_{max} – найбільше значення одного з батьків.

Групування отриманих даних проводили відповідно до класифікації Veil G.M., Atkins R.E. [12]:

(позитивне наддомінування) $hp > +1$, часткове позитивне домінування $+0,5 < hp \leq +1$, проміжне успадкування $-0,5 \leq hp \leq 0,5$, часткове негативне домінування $-1 \leq hp < -0,5$, депресія (негативне наддомінування) $hp < -1$.

Статистичну достовірність різниці між середніми значеннями показників у батьківських компонентів і F_1 визначали за допомогою дисперсійного аналізу.

Ступінь перевищення рівня ознаки у F_1 над батьківськими компонентами визначали за гетерозисом істинним Hbt , за допомогою якого можливо виявити найвищий рівень прояву ознаки F_1 у порівнянні з кращим батьківським компонентом та оцінити селекційну цінність та ймовірність утворення трансгресивних форм у гібридній комбінації. Гетерозис істинний визначали за формулою (2.6):

$$Hbt = \frac{F_1 - BP}{BP} * 100 (\%), \quad (2.6)$$

де H_{bt} – істинний гетерозис,

F_1 – значення ознаки у гібрида,

BP – значення ознаки у кращого з батьківських компонентів

р) частоту (ТЧ) та ступінь (ТС) позитивних трансгресій у F_2 розраховували за методикою Воскресенської Г.С., Шпота В.І. [268].

Частоту трансгресій розраховували за формулою:

$$ТЧ = \frac{A * 100}{B}, \% \quad (2.7),$$

де A – кількість гібридних рослин, що перевищують кращий батьківський компонент (у середньому за трьома кращими рослинами);

B – кількість проаналізованих за даною ознакою гібридних рослин за комбінацією;

Ступінь трансгресії розраховували за формулою:

$$ТС = 100 * \frac{Пг - Пб}{Пб}, \% \quad (2.8),$$

де $ТС$ – ступінь перевищення кращого батьківського компонента за даною ознакою, %;

$Пг$ – значення ознаки у виділених рослин даного покоління;

$Пб$ – значення ознаки у кращої з батьківських компонентів даної комбінації схрещування (середнє з 10 кращих рослин).

Суттєвим вважали перевищення кращого батьківського компонента на величину понад 5 %;

с) коефіцієнт успадкованості ознак в широкому (H^2) розумінні визначали через варіанси батьків і гібридів [129]:

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2}, \quad (2.9)$$

де σ_G^2 – варіанса генетична;

σ_P^2 – варіанса батьків;

коефіцієнт успадкованості у вузькому (h^2) розумінні – знаходили через коефіцієнти регресії між значеннями ознак батьків і потомств [129]

$$h^2 = b_{\text{БГ}}, \quad (2.10)$$

де h^2 – коефіцієнт успадкованості у вузькому розумінні;

$b_{\text{БГ}}$ – коефіцієнт регресії між ознакою у батьків і гібридів;

За допомогою регресійного аналізу знайдено формули залежності показників у гібридів від середнього значення показників ознак у батьківських компонентів:

$$y = f(x) + \varepsilon, \quad (2.11)$$

де y – величина зміни показника;

$f(x)$ – діючий чинник;

ε – випадкова помилка, що описує дію чинників, не врахованих у досліді.

Згідно методики [341] коефіцієнт регресії є середнім коефіцієнтом успадкованості.

За допомогою двофакторного дисперсійного аналізу визначено середні коефіцієнти успадкованості (в широкому розумінні) кількісних ознак продуктивності пшениці полби. Групування отриманих даних проводили за класифікацією Veil G.M., Atkins R.E. [12], успадкованість висока при $0,66 < H^2 < 1$, середня при $0,33 < H^2 < 0,66$, низька при $0 < H^2 < 0,33$.

т) математичну обробку отриманих даних проводили з використанням методів кореляційного та дисперсійного аналізу за Доспеховим Б.А., Фединим М.А. [283, 341] допомогою Excel (№ MQ4CR – 8BX37 – JKPYM – R9CVD – C387M) та StatgrafWin.

у) для оцінювання тісноти зв'язку між показниками, що вивчалися, використовували шкалу Chaddock R.E. [33], яка за величини коефіцієнта кореляції 0,1–0,3 – слабка; 0,3–0,5 – помірна; 0,5–0,7 – істотна; 0,7–0,9 – висока; 0,9–0,99 – дуже висока.

ф) для опису окремих ознак використовували класифікатор СЕВ [343]. Визначення різновидностей проводили за допомогою визначника різновидів м'якої і твердої пшениць [273].

Як стандарти використовували: для споріднених тетраплоїдних видів пшениці та полби ярої сорт полби Голіковська. Оскільки сортів полби озимої в

Україні не існує, як стандарт для озимої полби використовували сорт пшениці твердої озимої Шулиндінка та як еталон сорт полби ярої Голіковська.

Догляд за посівами рослин пшениці полби ярої передбачав обробку посівів гербіцидом Голд стар екстра у дозі 35 г/га. Інсектицид Карате зеон у дозі 0,25 л/га застосовували при перевищенні шкідниками економічного порогу шкідливості. Збирання врожаю проводили в фазу повної стиглості вручну і комбайном “HEGE – 125С”.

Висновки до розділу 2

1. Роки проведення досліджень за зміною метеорологічних факторів протягом вегетаційного періоду значно відрізнялись один від одного та від середньобогаторічних: 2015 р. був досить сприятливим для формування урожаю і якості зерна полби, 2016 р. надмірно зволуженим, 2017 р. гостропосушливим, 2018 р. посушливим та спекотним, 2019 р. сприятливим для розвитку рослин полби на початку вегетації та спекотним і посушливим у другій половині вегетації. Такі погодні умови дали змогу всебічно оцінити вихідний матеріал за комплексом ознак та виділити найбільш цінні зразки, пристосовані до умов східної частини Лісостепу України.

2. Матеріал для досліджень включає різноманітні за цінними господарськими ознаками і біологічними властивостями сорти, лінії, гібридні популяції пшениці полби ярої та озимої, малопоширених видів пшениці, які значно відрізняються між собою за походженням і є перспективними для селекційного покращення полби.

3. У дослідженнях використані класичні методики та їх модифікації, що забезпечили високу об’єктивність одержаних результатів.

4. Використані методи статистичної обробки даних, отриманих у ході досліджень, дало можливість узагальнити, систематизувати та зробити достовірні висновки.

РОЗДІЛ 3

ГОСПОДАРСЬКО-БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ ЗРАЗКІВ ПОЛБИ ТА СПОРІДНЕНИХ ВИДІВ

Вважається, що збільшення вмісту поживних речовин зерна (біофортифікація), будь то за рахунок агрономічних заходів (удобрення), або за рахунок використання генетичного потенціалу (селекція), вважається перспективним і економічно ефективним підходом для покращення ситуації з недостатнім або неякісним харчуванням та пов'язаних з цим проблем здоров'я [20]. Однак, це питання вимагає всебічного вивчення потенціалу генетичних ресурсів. Тому нашою метою було оцінити вміст білка, каротиноїдів, мікроелементів і антиоксидантну активність зерна, а також показники продуктивності та технологічні характеристики зерна зразків полби та споріднених видів, використаних як вихідний матеріал.

3.1 Рівень і мінливість елементів продуктивності та ознак морфології колоса сортів та колекційних зразків полби ярої

Вивчали зразки полби ярої (*T. dicocum*) та споріднених видів, а також сортів пшениці твердої ярого та озимого типів розвитку – джерел високого вмісту білка, каротиноїдів, мінералів, макаронних і хлібопекарських якостей, стійкості проти вилягання, високої продуктивності – *T. persicum*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum*, *T. turanicum*, *T. aethiopicum*, Агат Донской, Континент, Шулиндінка.

Всебічна оцінка цих зразків, у тому числі за ознаками структури продуктивності колоса, у порівнянні з сортами харківської селекції дозволить більш ефективно використовувати їх в селекційному процесі.

У результаті вивчення продуктивності колоса та її елементів у зразків тетраплоїдних видів співродичів пшениці полби ярої в середньому за роки досліджень найвищу масу зерна з основного колоса було визначено у *T. polonicum* var. *pseudocompactum* ($2,23 \pm 0,22$ г) та *T. turanicum* var. *notabile*

($2,24 \pm 0,21$ г), що достовірно ($p \leq 0,001$) перевищували стандарт Голіковська ($1,31 \pm 0,10$ г) (табл. 3.1). На цю ознаку впливає крупність зерен та їх кількість у колосі. Найвищою озерненістю колоса характеризувались зразки *T. polonicum* var. *pseudocompactum* ($36,1 \pm 2,74$ шт), *T. turanicum* var. *notabile* ($32,2 \pm 2,91$ шт), *T. persicum* var. *rubiginosum* ($33,5 \pm 2,32$ шт), що на рівні сорту стандарту Голіковська ($35,3 \pm 2,82$ шт). Зразок *T. durum* var. *falcatomelanopus* мав найнижчий рівень озерненості ($21,0 \pm 1,89$ шт) (табл. 3.1), однак маса 1000 зерен цього зразка була однією з найвищих ($64,2 \pm 3,92$ г) серед досліджуваного матеріалу та достовірно перевищувала сорт Голіковська ($36,4 \pm 0,61$ г) [263]. Крім того, високою масою 1000 зерен характеризувались також зразки *T. turanicum* var. *notabile* ($67,2 \pm 6,04$ г) та *T. polonicum* var. *pseudocompactum* ($62,0 \pm 1,13$ г) (табл. 3.1).

Найменшою масою 1000 зерен характеризувались *T. aethiopicum* var. *densarraseita* ($27,9 \pm 1,91$ г), *T. persicum* var. *rubiginosum* ($28,3 \pm 2,52$ г), *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* ($28,7 \pm 2,33$ г). *T. timopheevii* має зерно середнього розміру ($34,29 \pm 0,51$ г).

Продуктивність колоса також істотно корелює з його морфологічними ознаками: довжина, кількість колосків у колосі та їх озерненість, щільність колоса. Відповідно, підвищення продуктивності можливе за рахунок цих ознак.

За довжиною колосу кращим був зразок *T. turanicum* var. *notabile* ($10,3 \pm 0,73$ см), який достовірно перевищував сорт Голіковська ($7,52 \pm 0,58$ см). Довжина колосу у середньому за чотири роки становила у зразків: *T. persicum* var. *rubiginosum* — $9,23 \pm 0,83$ см, *T. polonicum* var. *pseudocompactum* — $8,21 \pm 0,49$ см, *T. aethiopicum* var. *densarraseita* — $8,11 \pm 0,71$ см, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* — $7,45 \pm 0,59$ см, що на рівні стандарту Голіковська.

Кількість колосків у колосі у середньому за роки досліджень становила у зразків *T. persicum* var. *rubiginosum* $17,6 \pm 1,56$ шт, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* — $16,2 \pm 1,51$ шт, *T. polonicum* var. *pseudocompactum* — $16,4 \pm 1,14$ шт, *T. aethiopicum* var. *densarraseita* — $15,9 \pm 1,14$ шт, що на рівні сорту стандарту Голіковська ($16,0 \pm 1,21$ шт.).

Таблиця 3.1

Елементи продуктивності та ознаки морфології основного колоса і рослини у зразків тетраплоїдних видів пшениці – співродичів полби ярої, 2016 – 2019 рр.

Сорт (лінія)	Елемент продуктивності						Ознака морфології колоса	
	маса зерна з основного колоса, г	кількість зерен з основного колоса, шт.	маса 1000 зерен, г	продуктивна кущистість, шт.	кількість колосків у колосі, шт.	озерненість колосків, шт.	довжина колоса, см	щільність колоса шт./10 см
<i>T. timopheevii</i> UA 0300107, GEO	0,86±0,04	25,0±1,73	34,3±0,51	1,0±0,06	13,1±0,72	1,9±0,15	4,34±0,30	30,2±0,11**
<i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA 0300066, ARM	0,95±0,06	33,5±2,32	28,3±2,52	1,2±0,22	17,6±1,56	1,9±0,13	9,23±0,83	19,1±0,15
<i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR 00137, SYR	1,36±0,12	21,0±1,89	64,2±3,92**	2,0±0,17	13,4±0,93	1,6±0,14	6,24±0,43	21,0±0,19
<i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA 0300480, ETH	1,03±0,05	25,4±2,03	40,7±2,33	1,0±0,07	16,2±1,51	1,6±0,14	7,45±0,59	21,9±0,15
<i>T. polonicum</i> var. <i>pseudocompactum</i> UA 0300337, PRT	2,23±0,22**	36,1±2,74	62,0±1,13**	1,7±0,16	16,4±1,14	2,4±0,15*	8,21±0,49	20,0±0,14
<i>T. turanicum</i> var. <i>notabile</i> UA0300454 UZB	2,24±0,21**	32,2±2,91	67,2±6,04**	1,7±0,12	14,0±0,84	2,3±0,18	10,3±0,73*	13,6±0,11
<i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	1,12±0,05	28,1±2,00	39,9±1,91	2,0±0,14	15,9±1,14	1,8±0,16	8,11±0,71	19,6±0,27
Голіковська (стандарт)	1,31±0,10	35,3±2,82	36,4±0,61	1,2±0,14	16,0±1,22	1,9±0,15	7,52±0,58	25,3±0,15

Примітка: * - достовірні відмінності у порівнянні зі стандартом, $p < 0,05$; ** - достовірні відмінності у порівнянні зі стандартом, $p < 0,01$

Однак, за рівнем озерненості колосків кращим виявився лише зразок *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, що достовірно перевищував сорт стандарт ($2,4 \pm 0,15$ шт проти $1,9 \pm 0,15$ шт), решта зразків були на рівні стандарту [262].

У пшениці твердої за щільністю розрізняють такі типи колосу: щільний понад 29 колосків на 10 см довжини колосового стрижня, середньощільний – (25 – 28), нещільний (до 24 колосків). Більшість вивчених зразків мали нещільний колос. Тільки зразок *T. timopheevii* мав щільний колос ($30,2 \pm 0,11$ шт./10 см), а сорт Голіковська — середньощільний ($25,3 \pm 0,15$ шт./10 см).

У результаті вивчення варіювання ознак продуктивності колоса та її елементів у тетраплоїдних видів співродичів полби ярої встановлено, що для кількості продуктивних пагонів та маси колоса у зразків *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. turanicum* var. *notabile* та *T. aethiopicum* var. *densarraseita* коефіцієнт варіації складав понад 25 % (табл. 3.2), що відповідає високому рівню мінливості згідно класифікації Лакин Г.Ф. [302], у решти зразків був середній рівень мінливості. За ознакою маси 1000 зерен коефіцієнт варіації у всіх зразків складав 1,88 – 6,82 %, що свідчить про низький рівень мінливості цієї ознаки.

Серед ознак морфології колоса низький рівень мінливості характерний для довжини колоса і кількості колосків у колосі у більшості досліджених зразків. Виключенням виявились зразки *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* та *T. aethiopicum* var. *densarraseita* для яких рівень мінливості був середнім (13,1-24,6 % та 13,3 – 15,2 % відповідно).

За кількістю зерен з колоса у зразків *T. durum* var. *falcatomelanopus* та *T. turanicum* var. *notabile* встановлено високий рівень мінливості: коефіцієнт варіації склав відповідно 26,1 і 27,5 %. У зразків *T. timopheevii*, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* та *T. aethiopicum* var. *densarraseita* було відмічено низький рівень варіювання (7,3 – 8,5 %). Варіювання ознак значною мірою залежало від погодних умов вегетаційного періоду. В 2017 – 2018 рр. коефіцієнт варіації більшості вивчених ознак був вищим, що спричинено посушливими погодними умовами.

**Варіювання цінних господарських ознак у зразків тетраплоїдних видів пшениці – співродичів полби ярої,
2016 – 2019 рр. (V, %)**

	Висота рослини	Продуктивна кущистість	Довжина головного колоса	Кількість колосків у колосі	Маса колоса	Кількість зерен з колосу	Маса зерна з колосу	М 1000
<i>T. timopheevii</i> UA 0300107, GEO	9,6	11,6	6,4	9,4	21,3	8,5	11,1	6,82
<i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA 0300066, ARM	10,8	23,4	9,8	10,8	19,6	12,4	15,4	3,74
<i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR 00137, SYR	10,4	44,5	12,1	10,3	31,9	26,1	25,8	2,61
<i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA 0300480, ETH	10,1	15,1	13,1	13,3	26,7	8,1	10,3	4,74
<i>T. polonicum</i> var. <i>pseudocompactum</i> UA 0300337, PRT	11,1	12,3	10,6	12,5	22,7	18,4	20,3	2,45
<i>T. turanicum</i> var. <i>notabile</i> UA0300454 UZB	10,1	38,0	10,8	11,7	19,4	27,5	24,4	5,97
<i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	15,6	35,4	24,6	15,2	33,9	7,3	6,3	1,98
Голіковська (стандарт)	6,6	1,1	5,7	11,2	25,1	16,1	15,4	1,88

Продуктивність колоса значною мірою пов'язана з густотою стеблестою, яка характеризує забезпеченість рослин ресурсами поживних речовин і вологи, конкурентні взаємовідносини тощо. Цей показник визначається схожістю висіяного насіння і здатністю до продуктивного кушіння. В середньому за роки досліджень високу здатність до продуктивного кушіння встановлено у зразків *T. durum* var. *falcatomelanopus* та *T. aethiopicum* var. *densarraseita*: $2,0 \pm 0,17$ та $2,0 \pm 0,14$, відповідно. Також слід відмітити зразки *T. polonicum* var. *pseudocompactum* та *T. turanicum* var. *notabile*, які сформували $1,7 \pm 0,16$ та $1,7 \pm 0,12$ продуктивних стебел. Пшениця яра має низьку здатність до продуктивного кушіння. Також є літературні дані, про залежність продуктивного кушіння пшениці ярої, від здатності утворювати вторинні корені [270], яка істотно залежить від умов зволоження і температури. Зразки *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum* та *T. turanicum* var. *notabile* щорічно, незалежно від умов року, мали високу здатність до продуктивного кушіння.

У результаті аналізу елементів продуктивності та морфології колосу зразків тетраплоїдних видів пшениці ярої виділено зразки, які за комплексом ознак перевищували стандарт: *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*. Їх було використано у схрещуваннях для селекційного покращення пшениці полби.

3.2 Рівень і мінливість елементів продуктивності та ознак колоса колекційних зразків полби озимої

В умовах України озима пшениця, зазвичай, значно більш урожайна, ніж яра. Разом з цим, сорти полби, внесені до Держреєстру СРППУ, є виключно ярими. Створення озимих сортів полби дозволить підвищити врожайність цієї цінної культури і здешевити продукти з неї. Для ефективного використання озимої полби в селекційному процесі необхідною є її всебічна оцінка за комплексом морфометричних і біохімічних ознак, визначення рівня їх

мінливості і взаємозв'язків у різних умовах середовища у порівнянні з сортом еталоном полби харківської селекції та сортами пшениці твердої озимої.

Протягом 2016 – 2019 рр. було вивчено зразки полби озимої *T. dicoccum* var. *atratum* та сорти пшениці твердої озимої. Установлено, що за ознакою маси 1000 зерен зразки полби озимої достовірно перевищували сорт еталон: $47,7 \pm 4,2$ г у UA0300081 та $48,2 \pm 3,9$ г у UA0300214 проти $36,4 \pm 0,6$ г у сорту Голіковська (табл. 3.3). Маса 1000 зерен полби озимої знаходиться на рівні сорту пшениці твердої Шулиндінка ($47,0 \pm 1,64$ г) та є більшою, ніж у сортів Континент ($42,1 \pm 1,43$ г) та Агат Донской ($43,0 \pm 0,76$ г) (табл. 3.3). Також зразки полби озимої характеризувались більшою кількістю продуктивних пагонів у порівнянні з полбою ярою (сорт Голіковська) ($2,5 \pm 0,15$ проти $1,5 \pm 0,14$). За іншими ознаками продуктивності (маса зерна з основного колоса та кількість зерен з основного колоса) не було відмічено достовірної різниці між озимою полбою та сортом Голіковська. За кількістю зерен з основного колоса зразки полби озимої достовірно ($p \leq 0,05$) перевищували сорти пшениці твердої озимої Континент ($36,0 \pm 2,52$ шт та $36,4 \pm 2,91$ шт проти $27,1 \pm 1,75$ шт) та Агат Донской ($36,0 \pm 2,52$ шт та $36,4 \pm 2,91$ шт проти $22,3 \pm 1,84$ шт) [262].

За ознакою довжини колоса зразки полби озимої достовірно перевищували сорт Шулиндінка ($7,2 \pm 0,50$ см та $7,4 \pm 0,59$ см проти $5,2 \pm 0,52$ см) та Агат Донской ($7,2 \pm 0,50$ см та $7,4 \pm 0,59$ см проти $4,2 \pm 0,53$ см).

Таблиця 3.3

Елементи продуктивності та ознаки морфології основного колоса і рослини у зразків полби озимої та пшениці твердої озимої, 2016 – 2019 рр.

Сорт (лінія)	Елемент продуктивності						Ознака морфології колоса	
	маса зерна з основного колоса, г	кількість зерен з основного колоса, шт.	маса 1000 зерен, г	кількість колосків у колосі, шт.	озерненість колосків, шт.	продуктивна кущистість, шт.	довжина колоса, см	щільність колоса шт./10 см
<i>T.dicocum</i> var. <i>atratum</i> POL UA0300081	1,53±0,09	36,0±2,52	47,7±4,2*	17±1,4	2,1±0,17	2,5±0,15*	7,2±0,50	23,6±1,41
<i>T.dicocum</i> var. <i>atratum</i> USA UA0300214	1,55±0,11	36,4±2,91	48,2±3,9*	16±1,1	2,3±0,14*	2,5±0,16*	7,4±0,59	21,6±1,94
Континент	1,1±0,07	27,1±1,75	42,1±1,43	15±1,5	1,8±0,14	2,3±0,13	5,8±0,61	25,9±1,23
Шулиндінка стандарт	1,9±0,21	32,7±2,01	47,0±1,64	18±1,1	1,8±0,11	2,0±0,11	5,2±0,52	34,6±1,74
Агат Донской	1,2±0,07	22,3±1,84	43,0±0,76	12±1,1	1,9±0,17	2,1±0,15	4,2±0,53	28,6±1,89
Голіковська (еталон)	1,31±0,10	35,3±2,82	36,4±0,6	16±1,2	1,9±0,15	1,2±0,14	7,5±0,58	25,3±1,51

Примітка: * -достовірні відмінності у порівнянні з еталоном $p < 0,05$

За щільністю колоса озиму полбу віднесено до нещільних ($21,6 \pm 1,94$ — $23,6 \pm 1,41$), тоді як сорт еталон та сорти пшениці твердої озимої Континент і Агат Донской визначено як середньощільні ($25,3 \pm 1,51$). Сорт Шулиндінка мав щільний колос ($34,6 \pm 1,74$ шт/10 см).

За рівнем варіабельності цінних господарських ознак полби озимої та сортів пшениці твердої озимої встановлено, що за висотою рослин рівень мінливості був низьким (6,56–8,76 %) (табл. 3.4). За ознакою кількості продуктивних стебел у всіх зразків був середній рівень мінливості. Виключенням були сорти пшениці твердої Агат Донской (47,3 %), Шулиндінка (26,2 %) у яких був високий коефіцієнт варіації цієї ознаки, та сорт полби ярої Голіковська (1,2 %) з низьким варіюванням. Середній рівень мінливості за ознаками кількості колосків у колосі та кількості зерен з колосу був у всіх вивчених зразків (табл. 3.4), виключенням був сорт пшениці твердої Агат Донской (26,5 % та 44,4 % відповідно). За ознакою маси 1000 зерен виявлено низький рівень мінливості у сорту полби Голіковська (1,9 %), середній рівень мінливості у зразків полби озимої (11,0 %) та сортів пшениці твердої озимої (12,4 – 13,1 %).

3.3 Вміст мікроелементів у зерні тетраплоїдних видів пшениці

Мінеральні елементи важливі для здоров'я тварин і людини, оскільки відіграють ключову роль в біохімічних і фізіологічних процесах. У даний час ВООЗ вважає дефіцит мінералів однією з найсерйозніших глобальних проблем. Дефіцит заліза — це найпоширеніша харчова проблема у світі [32, 50, 85]. Достатня кількість мінералів у раціоні в першу чергу залежить від їх вмісту в основних продовольчих культурах [189]. Підвищення вмісту мінералів в зерні пшениці за рахунок використання генетичного потенціалу (селекція) — це багатообіцяючий і ефективний підхід до вирішення проблеми незбалансованого харчування [237, 238].

Таблиця 3.4

**Варіювання цінних господарських ознак у зразків тетраплоїдних видів пшениці – співродичів полби ярої,
2016 – 2019 рр. (V,%)**

Зразок, сорт	Висота рослини	Продуктивна кущистість	Довжина головного колоса	Кількість колосків у колосі	Кількість зерен з колоса	Маса зерна з колоса	М 1000
<i>T.dicoccum</i> var. <i>atratum</i> POL UA0300081	6,96	24,7	12,4	17,3	19,9	28,5	11,0
<i>T.dicoccum</i> var. <i>atratum</i> USA UA0300214	6,58	20,4	9,5	23,3	23,5	28,1	11,0
Континент	6,84	22,9	13,3	23,2	20,4	30,4	13,1
Агат Донской	8,76	47,3	18,3	26,5	44,4	49,1	12,4
Шулиндінка стандарт	8,65	26,2	13,2	16,6	21,6	31,3	12,5
Голіковська (еталон)	6,56	1,2	5,7	11,2	16,1	15,4	1,9

Цей підхід вимагає комплексних досліджень генетичних ресурсів пшениці та виявлення перспективних джерел цінних ознак, у тому числі високого вмісту мінералів. Останнім десятиріччям зріс інтерес до стародавніх пшениць, зокрема до полби. У той же час є думка, що в процесі окультурення полба втратила деякі корисні якості в порівнянні зі своїм диким предком. Тому селекція полби також потребує залучення джерел ознак якості зерна. Існує ряд малопоширених видів пшениці, які можуть стати такими джерелами. Однак вони є мало вивченими щодо якості зерна, зокрема вмісту мінералів. Тому нашою метою було визначення вмісту білка, заліза, цинку і міді в зерні деяких тетраплоїдних пшениць.

За результатами аналізу було виділено зразки з найвищим вмістом заліза у зерні: *T. timopheevii* (46,4 мг/кг) та *T. polonicum* var. *pseudocompactum* (45,7 мг/кг), що достовірно ($p < 0,05$) перевищували стандарт Голіковська (41,4 мг/кг) (табл. 3.5). Крім того високим вмістом заліза характеризувались зразки *T. durum* var. *falcatomelanopus* (40,2 мг/кг), *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* (41,1 мг/кг), *T. turanicum* var. *notabile* (42,8 мг/кг), *T. aethiopicum* var. *densarraseita* I (43,5 мг/кг), що значно перевищує рівень заліза в комерційних сортах твердої пшениці (33,0 мг / кг) та в зерні полби (34,1 мг / кг) за літературними даними [250]. Мінливість вмісту заліза за роками (додаток Є) може бути пов'язаним з коливаннями погоди у критичні фази розвитку рослин. Збільшення кількості опадів викликало зниження вмісту заліза у більшості зразків, хоча ці види надають перевагу достатній зволоженості [175, 176, 178]. Така мінливість також може бути пов'язана з недостатнім дренаванням ґрунту, оскільки ґрунт на ділянці вирощування помірно глинистий з середнім дренажем, а вивчені зразки надають перевагу добре дренованим ґрунтам. Рослина активно акумулює поживні речовини з ґрунту під час фаз розвитку, тому розчинення речовин в ґрунті і їх промивання в нижчі горизонти внаслідок рясних опадів може зменшувати кількість доступних мінералів. Однак занадто низька зволоженість не дозволяє рослинам поглинати мінерали з ґрунту.

З іншого боку, рясні опади під час фази наливу зерна можуть мати незначний вплив на цей параметр, оскільки вивчені види є толерантними до великої кількості опадів під час дозрівання [326]. Слід відмітити відсутність очевидних зв'язків між вмістом заліза та температурою під час критичних фаз розвитку рослин. Таким чином, високий вміст заліза в зерні, є генетично детермінованим для *T. timopheevii* і *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, а отже, ці види можуть бути джерелами високого вмісту заліза в селекції пшениці на підвищений вміст мікронутрієнтів.

Таблиця 3.5

Вміст мікроелементів у зерні зразків тетраплоїдних видів пшениці, мг/кг, 2015 – 2017 рр

Зразок	Zn	Fe	Cu
<i>T. timopheevii</i> UA 0300107, GEO	37,9	46,4	3,04
<i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA 0300066, ARM	36,9	35,4	1,7
<i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR 00137, SYR	32,9	40,2	1,57
<i>T. aetiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA 0300480ETH	36,2	41,1	1,51
<i>T. polonicum</i> var. <i>pseudocompactum</i> UA 0300337, PRT	37,8	45,7	2,87
<i>T. turanicum</i> var. <i>notabile</i> UA0300454, UZB	40,7	42,8	2,00
<i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	35,8	43,5	3,26
Голіковська стандарт	32,2	41,4	2,33
НІР _{0,05}	3,99	3,76	2,37

За літературними даними, вміст цинку в твердій пшениці коливається в межах 14,0 – 48,8 мг/кг [127, 250], а в зерні полби 15,8 – 30,3 мг/кг [250]. Conti M.E. зі співавт. [44] повідомили, що італійська тверда пшениця містить 24 мг/кг цинку. Максимально допустима концентрація цинку в зерні становить 50,0 мг/кг. [342]. У наших дослідженнях вміст цинку в зерні досліджуваних зразків коливався від 29,7 до 43,9 мг/кг (додаток Є). Найвищий вміст цинку відмічено в зерні *T. turanicum* var. *notabile* (40,7 мг/кг), *T. polonicum* var. *pseudocompactum* (37,8 мг/кг), *T. timopheevii* (37,9 мг/кг), *T. persicum* var. *rubiginosum* (36,9 мг/кг), що можна порівняти з твердою пшеницею та є достовірно ($p < 0,05$) вищим ніж у сорту полби Голіковська (32,2 мг/кг) і значно вищий, ніж в зерні полби (30,3 мг/кг), як повідомляли Zhao F.J. зі співавторами

[250]. Залежність вмісту цинку та заліза від погодних умов була подібною, що було очікуваним, оскільки накопичення цих мінералів контролюється загальними генетичними факторами [25] а ген високого вмісту білка (*GPC-B1*) забезпечує більш високі концентрації Fe і Zn у зерні [28, 49].

В літературі є відомості про позитивну кореляцію вмісту Zn та Fe для дикої [28, 34], та культурної полби [75]. За методом дослідження лінійних кореляційних зв'язків у вибірках малого об'єму Попукайло В.С. [323], було досліджено зразки на наявність кореляції між вмістом Zn та Fe у зерні. В результаті встановлено, що вміст заліза прямо корелює з вмістом білка в зерні усіх зразків ($r = 0,6 - 0,9$, $p < 0,01$) (табл. 3.6). Виключенням виявились *T. persicum* var. *rubiginosum* та Голіковська ($r = -0,2$ та $-0,4$, відповідно). У зерні цих зразків вміст білка досяг свого піку в 2015 р. і був мінімальним в 2017 р., тоді як вміст заліза (і цинку) був максимальним у 2017 р. і мінімальним в 2016 р. (додаток Є).

У наших дослідженнях встановлено істотну позитивну кореляцію між вмістом цинку та заліза у більшості зразків ($r = 0,6 - 0,9$, $p < 0,01$) [223]. У зразка *T. durum* var. *falcatomelanopus* було виявлено сильний негативний зв'язок ($r = -0,9$, $p = 0,01$), а у зразка *T. aethiopicum* var. *densarraseita* зв'язок між цими елементами був відсутній.

Було повідомлення про істотну кореляцію між вмістом Zn ($r = 0,65$; $p < 0,01$) і Fe ($r = 0,45$; $p < 0,01$) та крупністю зерна, що вказує на те, що зразки з високим вмістом Zn і Fe також мали вищу масу зерна [225]. У наших дослідженнях такий зв'язок було встановлено у зразків *T. timopheevii*, *Triticum persicum* var. *rubiginosum*, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile* ($r = 0,5 - 0,9$, $p = 0,01$). У зразка *T. durum* var. *falcatomelanopus* було виявлено істотну кореляцію ($r = 0,5$, $p = 0,05$) між вмістом заліза у зерні та масою 1000 зерен, однак зв'язку ознаки крупності зерна з вмістом цинку ми не спостерігали. А у зразка *T. aethiopicum* var. *densarraseita* було виявлено істотну негативну кореляцію вмісту заліза у зерні та його крупністю ($r = -0,9$, $p = 0,01$).

Кореляція між вмістом мікроелементів та вмістом білка і масою 1000 зерен зразків тетраплоїдних видів пшениці, 2015 – 2017 рр.

Зразок	Коефіцієнт кореляції (r)				
	Zn - білок	Fe - білок	Zn - м1000	Fe - м1000	Zn - Fe
<i>T. timopheevii</i> UA 0300107, GEO	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9
<i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066 ARM	-0,4	-0,2	0,9	0,8	0,9
<i>T. durum</i> Desf. var. <i>falcatomelanopus</i> IR 00137, SYR	-0,5	0,6	0,5	-0,6	-0,9
<i>T. aetiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA 0300480, ETH	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9
<i>T. polonicum</i> var. <i>pseudocompactum</i> UA 0300337	0,6	0,9	0,9	0,9	0,8
<i>T. turanicum</i> var. <i>notabile</i> UA0300454, UZB	0,6	0,9	0,9	0,7	0,6
<i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	0,3	0,9	0,1	-0,9	-0,1
Голіковська st.	0,7	-0,4	-0,9	0,4	0,7

За літературними даними, зерно твердої пшениці з Італії містить 3,5 мг/кг міді [43]. Варіювання цього показника може бути значним: 1,8 – 39,7 мг/кг у зерні твердої пшениці [140]. У зерні російської пшениці вміст міді коливається в межах 2,0 – 12,8 мг/кг в залежності від місця вирощування [324]. Інші російські дослідники повідомляють, що рівень міді в зерні ярої пшениці в середньому дорівнював $5,15 \pm 0,40$ мг/кг (протягом 10 років) за максимально допустимої концентрації 10 мг/кг [29]. Suchowilska E. та ін [209] повідомили, що зерно *T. dicoccum* містить 4,4 мг / кг міді.

У наших дослідженнях було встановлено, що рівень накопичення міді досліджуваними зразками коливався в межах 0,17 – 4,46 мг/кг (додаток Є). Найвищим вмістом цього мікроелементу характеризувались зразки *T. aethiopicum* var. *densarraseita* (3,26 мг/кг), *T. timopheevii* (3,04 мг/кг),

T. polonicum var. *pseudocompactum* (2,87 мг/кг), однак достовірних відмінностей від стандарту Голиковська (2,33 мг/кг) виявлено не було (табл 3.5) [175, 176, 178].

3.4 Біохімічна та технологічна цінність полби ярої та колекційних зразків тетраплоїдних видів пшениці ярої

Вміст білка в зерні відіграє важливу роль у ціноутворенні на партії пшениці, оскільки вищі ціни установлюють за високобілкову пшеницю. Це складна кількісна ознака, на яку впливає багатфакторна система, що складається як з генетичних, так і з факторів навколишнього середовища. Хоча вміст білка в зерні пшениці становить в середньому до 15 %, він має вирішальне значення для визначення кінцевих властивостей зерна пшениці, а також харчової цінності похідних продуктів. У досліджах Гилева С.Д. та ін. вміст білка в зерні полби становив 11,2 – 12,2 % в залежності від попередника [269], за іншими даними вміст білка коливається від 3 % до 37 % [266].

У результаті вивчення біохімічних та технологічних показників зерна пшениці полби ярої протягом 2016 – 2019 рр. встановлено, що найвищим вмістом білка характеризувались зразки *T. timopheevii* ($17,4 \pm 0,2$ %), *T. persicum* var. *rubiginosum* ($17,6 \pm 1,4$ %) та *T. polonicum* var. *pseudocompactum* ($17,6 \pm 0,8$), які достовірно перевищували сорт Голиковська ($13,3 \pm 1,6$ %) ($p = 0,01$) [328]. Вміст білка у зерні цих зразків є досить високим, оскільки зерно твердої пшениці містить 15 – 18% білка, а зерно I класу має $\geq 14,0\%$ білка (табл. 3.5) [285]. Таким чином, ці види є джерелом високого вмісту білка.

Вміст каротиноїдів є визначальним елементом харчової цінності пшениці та впливає на якість кінцевого продукту. Каротиноїди відіграють важливу роль у різноманітних функціях всього організму, таких як зір, транскрипція генів, імунітет, ембріональний розвиток і розмноження, метаболізм кісток, кровотворення, зуби та слизові оболонки [229]. Окрім захисної ролі каротиноїдів як антиоксидантів та як попередників вітаміну А, вони є комерційно важливими, оскільки забезпечують ступінь білизни або жовтуватості кінцевих

продуктів з пшениці. Колір борошна у пшениці є кількісною ознакою, контрольованою кількома генами з аддитивним ефектом, на які впливають фактори зовнішнього середовища [40]. Зерно пшениці загалом має низький рівень каротиноїдів, тому з метою збагачення ними пшеничного зерна ведуть пошук нових висококаротиноїдних джерел. Вміст каротиноїдів у зерні досліджуваних зразків варіював від $0,86 \pm 0,4$ мг/кг у сорту Голіковська до $3,19 \pm 0,5$ мг/кг у *T. durum* var. *falcatomelanopus* (табл. 3.7). Найвищий вміст каротиноїдів відмічено у зерні *T. durum* var. *falcatomelanopus* ($3,19 \pm 0,5$ мг/кг), *T. timopheevii* ($3,12 \pm 0,3$ мг/кг), *T. aethiopicum* var. *densarraseita* ($3,12 \pm 0,3$ мг/кг), *T. persicum* var. *rubiginosum* ($2,51 \pm 0,3$ мг/кг) та *T. turanicum* var. *notabile* ($2,16 \pm 0,2$ мг/кг). Вважається, що високоякісні макарони яскраво-жовтого кольору можна виробляти з зерна, що містить не менше 5,5 мг/кг каротиноїдів [261]. Отже, ці види не можна вважати висококаротиноїдними.

Вміст антиоксидантів є ще одним детермінантом поживної цінності пшениці. Загальна активність антиоксидантів у зерні досліджуваних зразків варіювала від 377 ± 15 мкг/г насіння (за еквівалентом CGAE) у *T. turanicum* var. *notabile* до 629 ± 32 мкг/г у *T. timopheevii*. Слід відмітити, що АОО *T. timopheevii* є вищою, ніж у сорту полби Голіковська (569 ± 28 мкг/г) (табл. 3.7). При подальших дослідженнях було встановлено, що АОО залежить від генотипу та умов вирощування. Таким чином, *T. timopheevii* рекомендується використовувати для селекції пшениці на високий вміст антиоксидантів.

Твердість зерна є одним з основних чинників якісного розмолу зерна та впливає на якість борошна і тіста [213, 87, 171]. Цінність показника твердозерності полягає в тому, що це генетично зумовлена, сортова ознака, проявляється незалежно від рівня склоподібності зерна [125, 154].

Показник склоподібності значно варіює під впливом зовнішніх умов, [58]. Існують дані про суттєвий зв'язок твердозерності з ключовими показниками якості зерна, борошна, макаронного тіста та готових виробів [81]. У нашому досліді показник твердості зерна зразків, варіював від 187 ± 9 Н у *T. polonicum* var. *pseudocompactum* до 286 ± 3 Н у *T. timopheevii* (табл. 3.7). Важко порівняти

дані різних дослідників, оскільки вони використовують різні методи та прилади для виміру твердості зерна. Проте, Veba A. зі співавт. провели перехресну перевірку індексу твердості (НІ), на обладнанні Perten SKCS 4100 з максимальною розривною силою в Ньютонах на приладі Lloyd 1000R [224]. Використовуючи їхні дані, ми установили, що 286 Н відповідає НІ 68. Порівнюючи з даними [80, 81], ми отримуємо аналогічний результат. Це означає, що *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. aethiopicum densimenelikii* та *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, ймовірно, належать до твердозерних пшениць або твердозерних/ середньо твердозерних пшениць відповідно до класифікації Naraszi R. і співавт. [80, 81].

Вміст білка, як і вміст клейковини, в ряді випадків може не відігравати вирішальної ролі для характеристики товарних якостей зерна пшениці, хоча вважається, що кращі макаронні вироби отримують із зерна з найвищим вмістом білка. Проте, якщо при високому вмісті білка зерно має низьку натуру, як наслідок, буде отримано нижчий вихід борошна або макаронної крупки (семоліни), тому з такого зерна виробляти борошно економічно менш вигідно. Згідно ДСТУ [285] зерно пшениці твердої І класу повинно мати натурну масу не менше 750 г/л.

У наших дослідках високу натурну масу відмічено у зразків *T. timopheevii* (846±6), *T. durum* var. *falcatomelanopus* (836±4), що достовірно перевищували сорт стандарт Голіковська (763±4) [263]. Крім того, високим рівнем цього показника характеризувались зразки *T. polonicum* var. *pseudocompactum* (844±8), *T. turanicum* var. *notabile* (836±11).

Таблиця 3.7

Біохімічні та технологічні показники зерна зразків тетраплоїдних видів пшениці ярої, 2016 – 2019 рр., $\bar{x} \pm s$

	Вміст білка, %	Вміст каротиноїдів, мг/кг	ЗАОА, екв. CGAE насіння	Твердозерність, Н	Натура, г/л	Склоподібність, %
<i>T. timopheevii</i> UA0300107, GEO	17,4±0,2**	3,12±0,3**	629±32*	286±3**	846±6**	100-0,3**
<i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066 ARM	17,6±1,4**	2,51±0,3**	588±24	198±8	762±1	48±2,0
<i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	13,7±0,9	3,19±0,5**	401±19	268±6**	836±4**	75±5,0**
<i>T. aetiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	17,2±1,1	2,2±0,3	560±19	317±10	765±8	75±1,4
<i>T. polonicum</i> var <i>pseudocompactum</i> UA 0300337	17,6±0,8*	1,98±0,3	546±22	187±9	844±8	76±2,1
<i>T. turanicum</i> var. <i>notabile</i> UA0300454 UZB	14,1±1,0	2,16±0,2	377±15	196±17	836±11	55±4,4
<i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	13,4±0,9	3,12±0,3	578±26	324±18	792±6	56±1,3
Голіковська st	13,3±1,6	0,86±0,4	569±28	198±7	763±4	56±1,2

Примітка: * - достовірні відмінності у порівнянні зі стандартом, $p < 0,05$; ** - достовірні відмінності у порівнянні зі стандартом, $p < 0,01$

3.5 Біохімічна та технологічна цінність колекційних зразків полби озимої та пшениці твердої озимої

У результаті вивчення біохімічних та технологічних показників зерна пшениці полби озимої протягом 2016 – 2019 років встановлено, що вміст білка в зерні полби озимої варіював від $16,7 \pm 0,8$ % (у зразка *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300081, POL) до $17,7 \pm 0,9$ % (*T. dicoccum* var. *atratum* UA0300214, USA), що є достовірно ($p < 0,001$) вище, ніж у зерні еталону Голіковська ($13,3 \pm 1,6$ %) та сортів пшениці твердої озимої Континент ($11,8 \pm 0,5$ %), Шулиндінка ($12,4 \pm 0,6$ %) та Агат Донской ($12,7 \pm 0,4$ %) (табл. 3.8). Отримані дані є також вищими, ніж у дослідях Giacintucci V. та співавт. [70], які порівнювали зразки полби ярої, полби озимої і гексаплоїдну пшеницю, вивчаючи якість та склад зерна. Зразки полби ярої містили більше сирого протеїну в зерні (14,4 %), ніж зразки озимої полби (11,2 %) та гексаплоїдної пшениці (11,8 %).

За літературними даними загальний вміст каротиноїдів є нижчим у зерні полби (2,34 мг/кг), ніж у твердої пшениці (3,05 мг/кг), проте вищим, ніж у спельти (1,58 мг/кг) та м'якої пшениці (1,49 мг/кг) [132]. За нашими даними загальний вміст каротиноїдів у зерні пшениці полби озимої був у діапазоні $1,62 \pm 0,21$ – $1,71 \pm 0,20$ мг/кг та достовірно ($p < 0,05$) перевищував сорт Голіковська ($0,86 \pm 0,35$ мг/кг) та сорт пшениці твердої озимої Шулиндінка ($0,99 \pm 0,08$). Однак ці зразки не можна вважати висококаротиноїдними (табл. 3.8).

За рівнем твердозерності зразок полби озимої UA0300214, USA достовірно ($p < 0,001$) перевищував сорт Голіковська (296 ± 4 Н проти 198 ± 7 Н) та сорти пшениці твердої озимої і належить до твердозерних пшениць або твердих / середньотвердозерних пшениць за класифікацією Haraszi R. і співавт. [80, 81]. Встановлено, що склоподібність зразків полби озимої була на рівні $95 \pm 6,4$ % у зразка UA0300081, POL та $93 \pm 5,2$ % у зразка UA0300214, USA, що є достовірно ($p < 0,001$) вищим, ніж у озимих сортах пшениці твердої та сорту стандарту Шулиндінка (44 ± 6 %) (табл. 3.8).

**Біохімічна та технологічна цінність зерна пшениці полби озимої та пшениці твердої озимої,
2016 – 2019 рр., $\bar{x} \pm s$**

Сорт, зразок	Вміст білка, %	Вміст каротиноїдів, мг/кг	ЗАОА, екв. СГАЕ, мг/г насіння	Твердозерність, Н	Натура, г/л	Склоподібність, %	Плівчастість, %
<i>T.dicoccum</i> var. <i>atratum</i> UA0300081, POL	16,7±0,8**	1,71±0,20*	602±48	230±2**	842±8**	95±6,4**	38,4±1,9
<i>T.dicoccum</i> var. <i>atratum</i> UA0300214, USA	17,7±0,9**	1,62±0,21*	568±51	296±3**	838±6**	93±5,2**	41,2±2,0
Континент	11,8±0,5	1,82±0,12*	249±20	174±3	764±6	35±3,8	0,6±0,0
Шулиндінка st	12,4±0,6	0,99±0,08	240±19	197±2	770±11	44±6,0	0
Агат Донской	12,7±0,4	1,56±0,12	439±35	196±2	758±4	41±5,4	1,3±0,1
Голіковська (еталон)	13,3±1,6	0,86±0,35	569±28	198±7	763±4	56±1,2	18±1,3

Примітка: * - достовірні відмінності у порівнянні з еталоном, $p < 0,05$; ** - достовірні відмінності у порівнянні з еталоном, $p < 0,01$

Також зразки полби озимої були достовірно ($p < 0,001$) кращими у порівнянні з сортом Голіковська за рівнем склоподібності ($93 \pm 5,2 - 95 \pm 6,4$ % проти $56 \pm 1,2$ %) та натурою ($838 \pm 6 - 842 \pm 8$ г/л проти 763 ± 4 г/л).

Досліджувані нами зразки полби озимої характеризувались досить високим рівнем плівчастості: $38,4 \pm 1,9$ % у UA0300081, POL та $41,2 \pm 2,0$ % у UA0300214, USA (табл. 3.8).

3.6 Макаронні властивості полби ярої та споріднених видів пшениці

Зазвичай зерно тетраплоїдних видів пшениці використовується для виготовлення високоякісних круп і макаронних виробів. Установлені дослідженнями якісні характеристики зерна свідчать про доцільність використання культурної двозернянки та споріднених видів пшениці як генетичних джерел для покращення якості макаронів [100, 120]. Зокрема, низький глікемічний індекс робить зерно полби особливо цінним для дієтичного харчування [73]. Полба дає порівняно низький урожай, але містить більше білка та мінералів [109]. Разом з цим, власне макаронні властивості полби вивчені недостатньо.

У зв'язку з цим одним з завдань нашого дослідження була оцінка макаронних властивостей зразків полби та споріднених плівчастих і голозерних тетраплоїдних видів пшениці. Результати оцінки показано у таблиці 3.9.

Установлено, що найкращі технологічні властивості має *T. timopheevii*, яка отримала найвищі бали (9) за показниками розварюваності та втрат сухої речовини. Слід зауважити, що середній бал у *T. timopheevii* знижено лише через низьку оцінку кольору сухих макаронів (1 бал), при цьому колір борошна було оцінено у 7 балів. Очевидною є висока активність поліфенолоксидаз [320].

Відмінні технологічні властивості відмічено також у зразка *T. turanicum* var. *notabile*, який за показником розварюваності за об'ємом отримав 8 балів, за масою – 9 балів [265]. За ознакою розварюваності та втратами сухої речовини всі досліджувані зразки перевищили сорт стандарт Голіковська, а за ознакою розварюваності за масою отримали найвищий бал.

Таблиця 3.9

**Макаронні властивості зразків тетраплоїдних видів пшениці ярої,
2017–2019 рр.**

Зразок	Сухий залишок, г (CV, %)	Коефіцієнт розварюваності макаронів, бал		Колір сухих макаронів, бал	Втрати сухої речовини при варінні, бал	Середній бал
		за об'ємом	за масою			
<i>T. timopheevii</i> UA0300107, GEO	0,14 (8)	9	9	1	9	6
<i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	0,15 (10)	7	9	9	7	8
<i>T. polonicum</i> var. <i>pseudocompactum</i> UA 0300337	0,15 (6)	7	9	7	8	8
<i>T. turanicum</i> var. <i>notabile</i> UA0300454 UZB	0,14 (6)	8	9	6	8	8
Голіковська стандарт	0,21 (12)	4	5	6	2	4

Коефіцієнти варіації за ознакою сухий залишок в усіх досліджуваних зразків були на рівні 6 – 10 %, що свідчить про низький рівень мінливості цієї ознаки. У сорту Голіковська мінливість за ознакою сухий залишок була середньою (12 %). В результаті дисперсійного аналізу встановлено, що вплив чинника «генотип» на дану ознаку становив 28,5 %, а вплив чинника «умови року» був незначним (1 %). Це слід ураховувати при доборах.

Таким чином, наші результати показали, що зразки *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum* та *T. turanicum* var. *notabile* можна використовувати, як джерела високих макаронних властивостей.

3.7 Макаронні властивості колекційних зразків полби озимої та пшениці твердої озимої

За результатами вивчення макаронних властивостей зразків пшениці полби озимої та пшениці твердої озимої встановлено, що найкращі технологічні

властивості мають зразки полби озимої *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300081, POL та *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300214, USA, які отримали найвищі бали за сухим залишком (9), та коефіцієнтом розварюваності за масою (9) (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Макаронні властивості пшениці полби озимої та пшениці твердої озимої, 2017 – 2019 рр

Зразок	Сухий залишок, г (CV, %)	Коефіцієнт розварюваності макаронів, бал		Колір сухих макаронів, бал	Втрати сухої речовини при варінні, бал	Середній бал
		за об'ємом	за масою			
<i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i> UA0300081, POL	0,16 (9)	7	9	5	7	7
<i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i> UA0300214, USA	0,16 (9)	7	9	5	7	7
Континент	0,25 (3)	1	5	4	1	3
Шулиндінка	0,25 (8)	3	6	5	1	5
Агат Донской	0,26 (6)	3	6	6	1	5
Голіковська (еталон)	0,21 (12)	4	5	6	2	4

У результаті вивчення кольору сухих макаронів вказані зразки отримали 5 балів, що є дещо нижчим, ніж у еталону Голіковська (6) та пшениці твердої озимої Агат Донской (6). Однак зразки полби озимої отримали найвищий середній бал (7) та перевищували за всіма технологічними параметрами сорти пшениці твердої озимої Континент, Шулиндінка, Агат Донской та сорт еталон Голіковська. Коефіцієнт варіації за сухим залишком у вивчених зразків був низьким (3 – 9 %), що необхідно враховувати при доборі рослин в гібридних популяціях [265].

Таким чином, результати вивчення макаронних властивостей показали, що зразки полби озимої *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300081, POL та *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300214, USA можна використовувати як джерела високих макаронних властивостей.

Висновки до розділу 3

1. Установлено цінність зразків полби озимої, споріднених видів пшениці ярого типу розвитку, зареєстрованих сортів полби ярої та пшениці твердої озимої за комплексом господарських ознак. Виділено зразки з високим рівнем прояву ознак якості зерна, кращі з них включено в селекційний процес як джерела високих показників якості зерна.

2. Виділено комплексно цінні зразки споріднених видів пшениці, які поєднують ряд цінних господарських ознак, а саме: масу зерна, кількість зерен з головного колоса, довжину колоса, кількість колосків та їх озерненість (*T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*, *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300081, POL, *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300214, USA); високий вміст білка, заліза, цинку й міді з крупністю зерна (*T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*), стійкістю до вилягання (*T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. aethiopicum* var. *densarraseita*), з твердозерністю (*T. timopheevii*); високий вміст білка з продуктивністю та стійкістю до вилягання (*T. dicoccum* var. *atratum* UA0300081, POL, *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300214, USA); високий вміст білка з високою натурою та склоподібністю *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*; високі оцінки кольору тіста зі стійкістю до вилягання (*T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. dicoccum* var. *atratum*, *T. dicoccum* var. *atratum*); відмінні макаронні властивості з продуктивністю та стійкістю до вилягання (*T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300081, POL, *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300214, USA).

3. Установлено рівень мінливості ознак структури колоса, що дає змогу прогнозувати надійність доборів на підвищення продуктивності рослин пшениці полби та споріднених видів. Середній і низький рівень мінливості встановлено за довжиною головного колоса, кількістю колосків у колосі, кількістю зерен та масою зерен з колосу. Ефективність доборів за цими ознаками буде високою.

4. Установлено, що високий рівень накопичення цинку, заліза і міді є генетично детермінованим для *T. timopheevii*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*, *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, *T. persicum* var. *rubiginosum* та *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*.

5. Високий вміст білка позитивно корелює з вмістом Zn і Fe у зерні пшениці *T. timopheevii* та *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*, *T. aethiopicum* var. *densarraseita* та *T. durum* var. *falcatomelanopus*.

6. Концентрація Zn і Fe в зерні позитивно пов'язана з крупністю зерна у зразків *T. turanicum* var. *notabile*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*, *T. persicum* var. *rubiginosum* та *T. timopheevii*. Це свідчить про те, що підвищення концентрації Zn і Fe в зерні цих зразків генетично пов'язано з підвищенням урожайності зерна. Отже, ці види можуть бути використані як потенційні донори для поліпшення зародкової плазми в селекції пшениці на підвищений вміст мікронутрієнтів без втрат рівня врожайності.

7. Зразки *T. timopheevii*, *T. persicum* var. *rubiginosum* та *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300081, POL, *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300214, USA можуть використовуватись у селекції як джерела високого вмісту білка у зерні.

8. *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*; *T. polonicum* var. *pseudocompactum*; *T. turanicum* var. *notabile*; *T. aethiopicum* var. *densarraseita*; *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300081, POL; *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300214, USA можуть використовуватись як джерела крупності зерна.

9. *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*; *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*; *T. polonicum* var. *pseudocompactum*; *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300081, POL; *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300214, USA мають високий рівень твердозерності та належать до твердозерних пшениць або твердозерних / середньої твердозерності пшениць.

10. Зразки *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*; *T. polonicum* var. *pseudocompactum*; *T. turanicum* var. *notabile*; *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300081,

POL; *T. dicocum* var. *atratum*UA0300214, USA можна використовувати як джерела відмінних макаронних властивостей.

Результати наукових досліджень, наведених у даному розділі, опубліковано у наукових працях:

Relina L. I., Boguslavskiy R. L., Vecherska L. A., Didenko S. Yu., Golik O. V., Sheliakina T. A., Pozdniakov V. V. Grain quality of tetraploid wheat *Triticum timopheevii* (Zhuk.) Zhuk. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 114. С. 106–119.

Relina L. I., Vecherska L. A., Boguslavskiy R. L. Grain quality of the tetraploid wheat *Triticum persicum* var. *rubiginosum*. *Annual Wheat Newsletter*. 2019. Vol. 65. P. 46–52.

Relina L. Vecherska L., Bohuslavskiy R., Golik O. Grain quality of tetraploid wheat *Triticum durum* desf. var. *falcatomelanopus* Jakubz. & Filat. *Știința agricolă*. 2019. No 1. P. 3–9.

Релина Л. И., Вечерская Л. А., Голик О. В. Содержание белка и минералов в зерне некоторых видов редких тетраплоидных пшениц. *Вестник БарГУ серия «Биологические науки (общая биология). Сельскохозяйственные науки (агрономия)»*. 2019. Вып. 7. С. 130–138.

Вечерська Л. А., Голік О. В., Реліна Л. І. Використання *Triticum durum* var. *falcatomelanopus* для створення вихідного матеріалу пшениці полби звичайної ярої. Міжнарод. наук. конф., присвячена пам'яті і науковій спадщині видатного вченого В.Я. Юр'єва «Підвищення ефективності рослинництва в сучасних умовах». Харків, 2019. С. 49–50.

Вечерська Л. А., Реліна Л. І., Голік О. В. Макаронні властивості деяких тетраплоїдних видів - співродичів пшениці полби *Triticum dicocum* (Schrank) Schuebl. Міжнарод. наук. інтернет-конф., присвячена ювілейним датам від дня народження видатних вчених-рослинників: академіка АН УССР Кулешова М. М., члена-кореспондента АН УССР Страхова Т. Д., професора Кучумова П. В. «Новітні технології в рослинництві: традиції та сучасність». 17–18 червня 2020 р. Харків, 2020. С. 67–68.

Vecherska L. A., Relina L. I., Bohuslavskiy R. L., Golik O. V. Micronutrients in tetraploid wheat species. Міжнарод. наук. конф. «Сучасні проблеми генетики, біотехнології і біохімії сільськогосподарських рослин». Одеса: СГІ–НЦНС, 2020. С. 82.

Вечерська Л. А. Джерела продуктивності колосу для селекційного покращення полби. V між народ. наук.-практ. конф. «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур». Дніпро, 2020 С. 116–117.

РОЗДІЛ 4

ФОРМОУТВОРЕННЯ В РАННІХ ПОКОЛІННЯХ ГІБРИДІВ ПОЛБИ ЗІ ЗРАЗКАМИ СПОРІДНЕНИХ ВИДІВ

4.1 Ступінь домінування в F_1 полби озимої з пшеницею твердою озимою

Вивчення успадкування кількісних ознак ускладнюється полігенним характером їх контролю. Крім того, внесок неспадкових чинників, тобто чинників навколишнього середовища, часто переважає внесок окремих генів. У результаті спостерігається перекриття діапазонів мінливості у різних сортів, і дискретні генотипові групи виділити неможливо, отже фенотипово домінування проявляється лише частково як відхилення (яке може бути більше чи менше вираженим) від домінантного чи рецесивного статусу.

Є декілька підходів прогнозування ефективності доборів у гібридних популяціях, отриманих від схрещування вихідних форм, які різко відрізняються за рівнем прояву тієї чи іншої ознаки [275, 299, 301]. Фенотипова мінливість потомства першого покоління залежить як від генетичних, так і від неспадкових чинників (як і фенотипова мінливість батьківських компонентів), проте ступінь гетерозису в F_1 дає підстави прогнозувати появу трансгресій у наступних поколіннях, що сприяє підвищенню ефективності доборів зразків з бажаними ознаками у гібридних популяціях.

У 2017 – 2019 рр. ми визначали ступінь домінування та ступінь гетерозису в F_1 . Вихідним матеріалом у схрещуваннях були сорти пшениці твердої озимої Континент і Шуліндінка та зразок полби озимої *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300081, POL як батьківські компоненти. Як материнські компоненти використали зразок полби озимої *T. dicoccum* var. *atratum* UA0300214, USA та сорт пшениці твердої озимої Агат Донской. За висотою рослин батьківські компоненти належать до різних груп: сорти пшениці твердої озимої – напівкарлики висотою 58 – 74 см, зразки полби озимої – високорослі 124 – 129 см.

Домінування та наддомінування кращого батьківського компонента за ознакою висоти рослин встановлено в усіх комбінаціях (табл. 4.1). За даними Кузьменко Є.А. переважна більшість рослин у F_1 пшениці твердої ярої успадковували висоту за типами від позитивного до негативного наддомінування [301]. За іншими даними висота рослин пшениці через взаємодію генів доволі тісно пов'язана з іншими цінними господарськими ознаками і властивостями рослин [82, 144]. Однак, генетично детерміноване зменшення висоти рослин пшениці разом зі стійкістю до вилягання часто несе й деякі негативні ознаки та властивості (низькі маса 1000 зерен та продуктивність, щуплість зерна) [312]. Порівняння елементів продуктивності та стійкості до вилягання отриманих гібридів із вихідними сортами пшениці твердої озимої дозволило виділити селекційно цінні зразки з високим рівнем їх прояву (табл. 4.2, 4.3, 4.4).

За кількістю зерен у колосі у всіх досліджуваних комбінаціях рослини F_1 перевищували обидва батьківські компоненти. Ступінь фенотипового домінування становив 4,0 – 15,0 %, що свідчить про позитивне наддомінування (табл. 4.2). Вищий ступінь домінування відмічено у комбінації UA0300214 / Шулиндінка (6,0 – 15,0 %).

За масою зерна з колосу гібриди F_1 також перевищували кращий батьківський компонент (1,6 – 1,9 г), а ступінь фенотипового домінування сягав 1,2 – 6,0 %, що характерно для наддомінування (табл. 4.3).

Продуктивність рослин пшениці полби визначається кількістю та масою зерен у колосі, продуктивною куцистістю, крупністю зерна. За ознакою маса 1000 зерен рослини F_1 значно перевищували кращий батьківський компонент.

Таблиця 4.1

Ступінь домінування при успадкуванні ознаки «висота рослин» у гібридів F₁ пшениці полби та пшениці твердої озимих

Гібридна комбінація	2017 р				2018 р				2019 р			
	F ₁ *	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp
UA0300214 / Континент	130,4	128,3	65,70	1,1	130,9	128,2	66,6	1,1	131,1	128,2	67,3	1,1
UA0300214 / Шулиндінка	128,9	128,3	72,30	1,0	130,1	128,2	74,3	1,1	130,2	128,2	73,1	1,1
Агат Донской/ UA0300081	128,6	58,40	124,1	1,1	129,4	60,1	126,9	1,1	128,4	60,3	129,4	1,0

*Примітка. Тут і далі: P₁ – материнський компонент, P₂ – батьківський компонент, F₁ – гібрид, hp – ступінь фенотипового домінування

Таблиця 4.2

Ступінь домінування при успадкуванні ознаки «кількість зерен у колосі» у гібридів F₁ пшениці полби та пшениці твердої озимих

Гібридна комбінація	2017 р				2018 р				2019 р			
	F ₁ *	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp
UA0300214 / Континент	36,0	29,0	25,0	4,5	38,0	30,0	28,0	4,0	38	30	28	9,0
UA0300214 / Шулиндінка	35,0	29,0	28,0	13,0	36,0	30,0	30,0	6,0	37	30	29	15,0
Агат Донской/ UA0300081	36,0	24,0	28,0	5,0	35,0	25,0	28,0	8,0	36	25	28	6,3

Таблиця 4.3

Ступінь домінування при успадкуванні ознаки «маса зерна з колосу» у гібридів F₁ пшениці полби та пшениці твердої озимих

Гібридна комбінація	2017 р				2018 р				2019 р			
	F ₁ *	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp
UA0300214 / Континент	1,85	1,52	1,07	1,9	1,91	1,66	1,21	2,1	1,88	1,59	1,16	2,4
UA0300214 / Шулиндінка	1,64	1,52	1,57	6,0	1,71	1,66	1,39	1,3	1,71	1,59	1,41	2,3
Агат Донской/ UA0300081	1,68	0,75	1,27	1,2	1,85	1,06	1,62	1,8	1,79	1,3	1,61	2,2

Таблиця 4.4

Ступінь домінування при успадкуванні ознаки «маса 1000 зерен» у гібридів F₁ пшениці полби та пшениці твердої озимих

Гібридна комбінація	2017 р				2018 р				2019 р			
	F ₁ *	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp
UA0300214 / Континент	58,1	47,1	41,7	5,1	63,2	50,5	42,1	4,0	61	48,8	42	4,6
UA0300214 / Шулиндінка	60,3	47,1	42,8	7,0	62,9	50,5	43,5	4,5	62	48,8	43	5,56
Агат Донской/ UA0300081	60,4	38,2	48,7	2,5	59,8	39,1	49,5	3,0	60	39,1	49,1	3,2

Ступінь фенотипового домінування становив 2,5 – 7,0 %, що свідчить про позитивне наддомінування. Гетерозис за ознакою маси 1000 зерен у пшениці твердої виявили також й дослідники з Німеччини [3, 18].

Таким чином, у результаті гібридологічного аналізу рослин F_1 при схрещуванні високорослих зразків полби озимої з напівкарликовими сортами пшениці твердої озимої встановлено наступне:

- висота рослин успадковується за типом позитивного домінування та наддомінування;
- успадкування ознак довжини колоса, кількості і маси зерна з колоса і маси 1000 зерен відбувається за типом позитивного наддомінування;
- з урахуванням характеру успадкування довжини стебла та збереження показників елементів продуктивності колоса на рівні кращих батьківських компонентів у комплексі з високою масою 1000 зерен, підвищеної частки карликових форм у популяції гібридів F_1 усі комбінації схрещувань полби озимої з пшеницею твердою озимою можуть бути цінними в селекції пшениці полби.

4.2 Успадковуваність ознак у ранніх поколіннях гібридів полби озимої.

Для практичної селекції важливими є позитивні трансгресії, отримані в результаті утворення рекомбінантів за різними цінними господарськими ознаками. Такі трансгресії виникають найчастіше при гібридизації географічно, а отже генетично віддалених форм у межах одного виду або групи близьких видів [317].

Метою нашого дослідження було встановити характер формотворчого процесу у ранніх поколіннях гібридів між полбою озимою та сучасними сортами пшениці твердої озимої, спрямованого на отримання селекційно цінних форм полби.

У F_1 повністю домінувала полба, ознаки пшениці твердої не проявились: високі рослини (156 – 160 см), чорний остистий плоский великий колос (маса зерна з колосу 1,59 г), велике зерно полб'яного типу з масою 1000 зерен 60 г. В

F₂ відбувалося розщеплення за комплексом ознак, що відображає значний формотворчий процес. Виділено морфотипи полби, пшениці твердої та компактоїди – форми з дуже щільним колоссям (38 колосків на 10 см) і легким вимолотом. У межах кожного з цих морфотипів поєднувались у різних сполученнях колір колосу (чорний, білий, палевий) та колір зерна (червоний, білий).

Дорофеев В.Ф. розділяє сорти за висотою на п'ять класів: карлики – нижче 60 см, напівкарлики 60 – 85 см, низькорослі – 85 – 105 см, середньорослі – 105 – 120 і високорослі – понад 120 см [325]. Подібна, але з незначними відмінностями (напівкарлики < 80 см, низькорослі – 80 – 105 см) класифікація сортів існує у Лифенка С.П. [304].

За висотою рослин F₂ серед усіх морфотипів ми виділяли такі класи: до 80 см, 81 – 105 см (як найбільш цінні для створення сортів інтенсивного типу), 106 – 120 см, і понад 120 см (рис. 4.1).

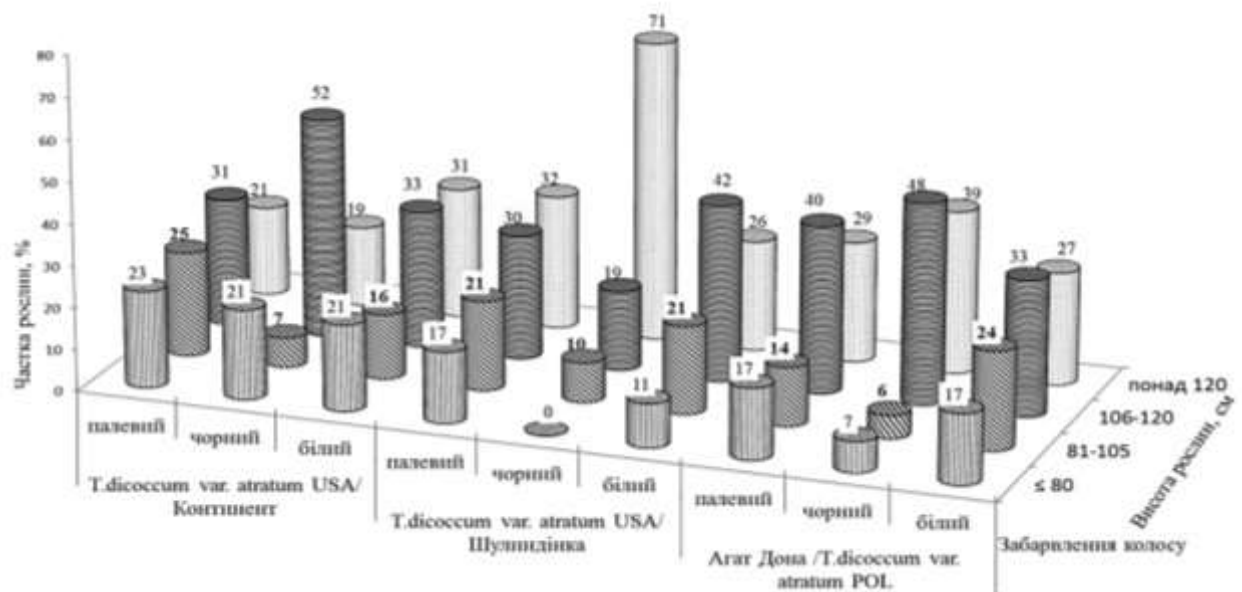


Рисунок 4.1 Групування гібридів F₂ пшениці полби озимої та пшениці твердої озимої за висотою рослин, 2018 – 2019 рр.

Найбільшою кількістю (22 %) напівкарликів (до 80 см) характеризувалась комбінація UA0300214 / Континент. Загальна частка, найбільш цінних форм для створення сортів пшениці полби інтенсивного типу, напівкарликів та

низькорослих форм також була найвищою у комбінації UA0300214 / Континент (41 %). У комбінації UA0300214 / Шулиндінка серед рослин з чорним забарвленням колосу рослин напівкарликового типу не виявлено, тоді як форм з висотою понад 120 см була найбільша кількість (71 %) (рис. 4.1).

Частота позитивних трансгресій за довжиною колоса становила 18,9 – 55,7 % у залежності від комбінації (табл. 4.5). Найвища частота (55,7 %) та ступінь (до 57,6 %) трансгресій за цією ознакою встановлено у комбінації UA0300214 / Шулиндінка.

Таблиця 4.5

Ступінь і частота трансгресії довжини колоса у F₂ пшениці полби та пшениці твердої озимих, 2018 – 2019 рр.

Комбінація схрещування	Частота трансгресій, %	Ступінь трансгресій, %
UA0300214 / Континент	18,9	12,1 – 14,3
UA0300214 / Шулиндінка	55,7	5,3 – 57,6
Агат Донской/ UA0300081	48,0	6,4 – 15,9

Загальна частота позитивних трансгресій за кількістю колосків у колосі була у межах 13,6 – 60,2 % (табл. 4.6). Вищою частотою (60,2 %) та ступенем (до 69 %) трансгресій за цією ознакою характеризувались комбінації UA0300214 / Континент та Агат Донской / UA0300081 зі значеннями 58,9 % та 65,1 % відповідно.

Таблиця 4.6

Ступінь і частота трансгресії кількості колосків у колосі F₂ пшениці полби та пшениці твердої озимих, 2018 – 2019 рр.

Комбінація схрещування	Частота трансгресій, %	Ступінь трансгресій, %
UA0300214 / Континент	60,2	7,1 – 69
UA0300214 / Шулиндінка	13,6	5,5 – 32,9
Агат Донской/ UA0300081	58,9	6,6 – 65,1

Вищою частотою позитивних трансгресій за кількістю зерен з колоса характеризувалась комбінація UA0300214 / Континент: 53,4 % (табл. 4.7). Загальна частота трансгресій за цією ознакою становила від 22,2 до 53,4 %. Найвищий ступінь трансгресій за кількістю зерен з колоса було відмічено у комбінації UA0300214 / Шулиндінка – до 57,4 %.

Таблиця 4.7

Ступінь та частота трансгресії кількості зерен з колоса F₂ пшениці полби та пшениці твердої озимих, 2018 – 2019 рр.

Комбінація схрещування	Частота трансгресій, %	Ступінь трансгресій, %
UA0300214 / Континент	53,4	6,0 – 53,0
UA0300214 / Шулиндінка	22,2	7,0-57,4
Агат Донской/ UA0300081	26,7	12,1-55,8

За масою зерна з колосу частота позитивних трансгресій становила 18,6 – 53,7 % (табл. 4.8). Слід виділити комбінацію Агат Донской / UA0300081, у якій відмічено вищу частоту (53,7 %) та ступінь трансгресій (до 85,7 %).

Таблиця 4.8

Ступінь та частота трансгресії маси зерна з колоса F₂ пшениці полби та пшениці твердої озимих, 2018 – 2019 рр.

Комбінація схрещування	Частота трансгресій, %	Ступінь трансгресій, %
UA0300214 / Континент	40,3	5,7 – 84,4
UA0300214 / Шулиндінка	18,6	5,6 – 74,7
Агат Донской/ UA0300081	53,7	8,9 – 85,7

За масою 1000 зерен вищою частотою (22,0 та 22,3 %) та ступенем (5,3 – 21,1 та 7,6 – 19,8 %) характеризувались комбінації UA0300214 / Шулиндінка та Агат Донской / UA0300081 відповідно (табл. 4.9). Нижчу частоту (6,3 %) та ступінь (5,0 – 11,1 %) позитивних трансгресій за масою 1000 зерен відмічено у комбінації UA0300214/ Континент.

Таким чином, отримані гібридні комбінації істотно розрізняються за

наявністю – відсутністю трансгресій взагалі і за їх частотою – зокрема.

У результаті аналізу рослин F₂ було виділено напівкарлики та низькорослі форми. Частка низькорослих рослин (≤ 80 см) у комбінації UA0300214/ Континент склала 21 – 23 % (рис. 4.2). У групі рослин з палевим забарвленням колосу частка низькорослих (≤ 80 см) рослин склала 23 %, з чорним і білим забарвленням – 21 %.

Таблиця 4.9

Ступінь і частота трансгресії маси 1000 зерен F₂ пшениці полби та пшениці твердої озимих, 2018 – 2019 рр.

Комбінація схрещування	Частота трансгресій, %	Ступінь трансгресій, %
UA0300214 / Континент	6,3	5,0 – 11,1
UA0300214 / Шулиндінка	22,0	5,3 – 21,1
Агат Донской/ UA0300081	22,3	7,6 – 19,8

Виділено рослини зі склоподібним червоним та янтарним зерном, яке має полб'яний морфотип: зерно трикутне у поперечному розрізі, загострене біля зародка та у хвостовій частині. Частка рослин з янтарним зерном у форм з чорним та білим кольором колосу склала по 5 %, у форм з палевим кольором колосу – 1 %. Також відібрано зразки з янтарним зерном, що мали високий ступінь позитивних трансгресій за всіма ознаками продуктивності та висоту рослин ≤ 80 см.

У комбінації UA0300214/ Шулиндінка частка напівкарликових (≤ 80 см) форм склала 17 % у форм з палевим забарвленням колоса, у форм з білим колосом таких рослин 11 %, а у форм з чорним забарвленням колоса таких рослин не було взагалі.

Виділено рослини зі склоподібним червоним та янтарним зерном полб'яного типу. Частка рослин з червоним скловидним зерном у комбінації UA0300214/ Шулиндінка склала 43 – 86 %, з янтарним зерном 4 – 5 % у залежності від кольору колоса (рис. 4.2). Частка рослин з білим зерном була найвищою (10 %) у форм з палевим забарвленням колоса.

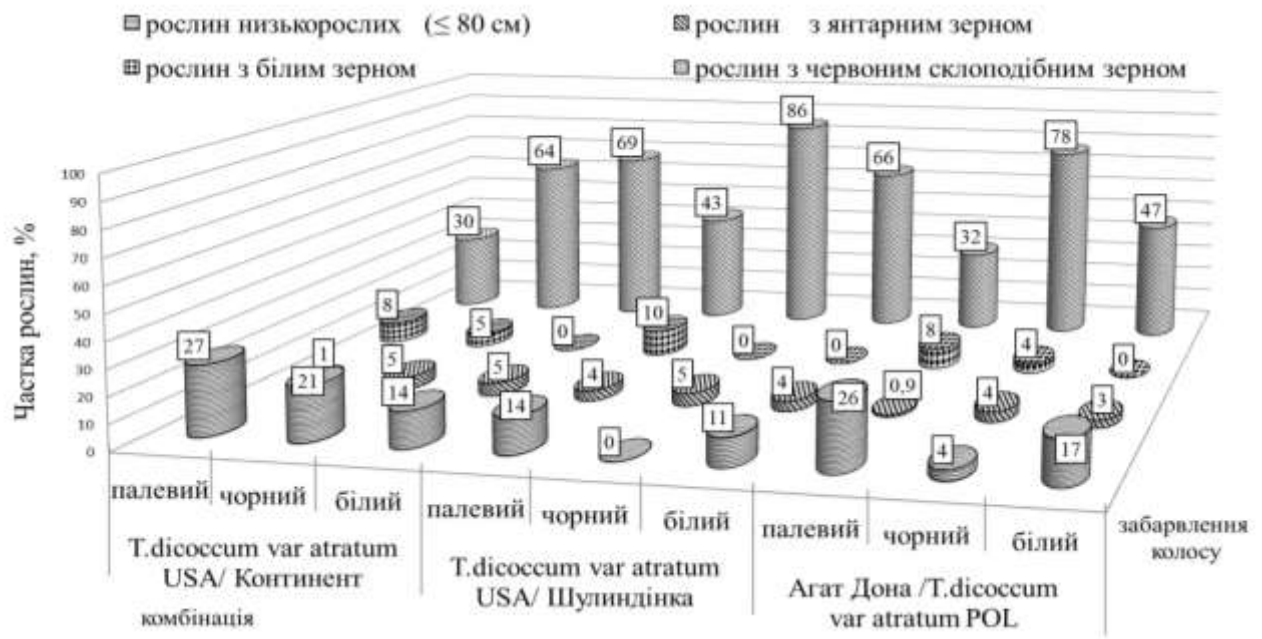


Рисунок 4.2 Групування F_2 полба озима / пшениця тверда озима за поєднанням забарвлення колосу і зерна, 2018 – 2019 рр.

У гібридній популяції F_2 Агат Донської / UA0300081 частка напівкарликових ($\le 80\text{ см}$) рослин була в межах 7 – 17%. Найвищу частку низькорослих рослин (17%) та форм з білим зерном (8%) виділено у групі з палевим забарвленням колоса. Рослини з янтарним зерном за ознакою продуктивності колоса мали невисокий рівень трансгресій, або їх продуктивність була на рівні батьківських компонентів. Слід зауважити, що ці закономірності встановлено для всіх комбінацій.

Значна кількість трансгресивних рослин і досить високий рівень прояву й поєднання у них ознак продуктивності та органолептичних якостей зерна свідчить про перспективність даних гібридних комбінацій.

Для вирішення селекційних завдань необхідно розуміти співвідношення впливу спадковості і чинників середовища у визначенні рівнів прояву цінних господарських ознак. Показники успадкованості кількісних ознак у широкому та вузькому розумінні за даними чисельних досліджень варіюють у широкому діапазоні [318, 345]. Це пов'язано з залученням у схрещування генетично віддалених зразків.

Елементи продуктивності колоса у гібридів F_2 пшениці полби озимої характеризувались різним рівнем коефіцієнта успадкованості (табл. 4.10). Методом добору виділено довгоколосі зразки з крупним зерном. Довжина колоса детермінується багатьма генами з адитивною дією, що локалізовані майже в усіх хромосомах пшениці, і можуть проявляти домінування в різному ступені, наддомінування та неалельну взаємодію [133, 231].

Показник успадкованості у широкому розумінні за ознакою довжини колоса варіював у межах 0,46 – 0,73, а показник успадкованості у вузькому розумінні – від 0,31 до 0,63 (табл. 4.10). У селекційних дослідах обидва коефіцієнти мають важливе значення. Їх порівняння дозволяє установити частку мінливості, зумовлену адитивними та неадитивними ефектами, та на цій основі обрати метод оцінки та добору селекційного матеріалу. У комбінаціях UA0300214/ Шулиндінка та Агат Донской/ UA0300081 співвідношення коефіцієнтів успадкованості довжини колоса у вузькому та широкому розумінні становило 0,73/0,63 та 0,46/0,31 відповідно. Оскільки різниця між цими двома коефіцієнтами невелика, можна зробити висновок, що генотипова мінливість у цих комбінаціях зумовлена адитивними ефектами генів і добір за фенотипом буде близький до добору відповідного йому генотипу. У комбінації UA0300214/Континент різниця між H^2 і h^2 значна (0,61/0,36). Отже, генотипова мінливість зумовлена неадитивними ефектами генів, і добір за фенотипом не забезпечить отримання зразків зі спадково обумовленим рівнем прояву ознак.

На продуктивність колосу суттєво впливає такий її елемент як кількість колосків у колосі. У наших дослідженнях показники успадкованості кількості колосків у колосі були досить низькими (0,10 – 0,15), що свідчить про широке фенотипове різноманіття при вузькому генотиповому, а, отже, ймовірність добору потрібних генотипів за фенотипом буде низькою.

Останні дослідження свідчать про те, що на врожайність зерна пшениці більше впливає кількість зерен у колосі, ніж розмір зерна [57, 124]. У наших дослідах показник успадкованості кількості зерен з колоса у комбінацій UA0300214 / Континент та Агат Донской / UA0300081 був на рівні 0,51 та 0,58

відповідно (табл. 4.10). У комбінації UA0300214/ Шулиндінка цей коефіцієнт становив 0,18.

Таблиця 4.10

Успадковуваність елементів продуктивності колоса у гібридів F₂ пшениці полби та пшениці твердої озимих, 2018 – 2019 рр.

Комбінація схрещування	Довжина колоса	Кількість колосків у колосі	Кількість зерен з колоса	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
UA0300214 / Континент	0,61/0,36*	0,15/0,13	0,51/0,49	0,51/0,50	0,34/0,31
UA0300214 / Шулиндінка	0,73/0,63	0,13/0,12	0,18/0,14	0,19/0,16	0,56/0,54
Агат Донской/ UA0300081	0,46/0,31	0,10/0,10	0,58/0,30	0,15/0,14	0,55/0,52

Примітка. * - у чисельнику – коефіцієнт успадковуваності у широкому розумінні (H²); у знаменнику – коефіцієнт успадковуваності у вузькому розумінні (h²)

Порівняння показників успадковуваності у широкому та вузькому розумінні дозволяє зробити висновок, що добір за кількістю зерен з колоса матиме найкращий результат у комбінації UA0300214/Континент (0,51/0,49), а відбір за цією ознакою у комбінації UA0300214/Шулиндінка буде мало ефективним.

Отримані дані узгоджуються з літературними даними [327], де автори констатують досить високі рівні успадковуваності кількості зерен з колоса. Дослідники Wegrzyn S. та Pochaba L. [235] відмічали епістаз при успадкуванні цієї ознаки у зернових колосових.

Маса зерна з колоса є одним з головних елементів продуктивності рослини. Успадковуваність цієї ознаки має полігенний контроль [256]. У наших дослідах найвищий коефіцієнт успадковуваності у широкому розумінні відмічено у комбінації UA0300214/ Континент – на рівні 0,51.

Ураховуючи, що коефіцієнт успадковуваності маси зерна з колоса у вузькому розумінні становив 0,50, можна вважати, що генотипова мінливість

зумовлена значною мірою адитивними ефектами генів, і добір за цією ознакою в популяції буде ефективним.

Маса 1000 зерен є важливим структурним елементом урожайності зернових культур і важливою характеристикою зерна. Існують дослідження, що вказують на складний генетичний контроль цієї ознаки [131]. Умови навколишнього середовища, такі як дефіцит вологи та високі температури протягом вегетаційного періоду, поживний фон та ін. впливають на продуктивність рослин.

Досить високими коефіцієнтами успадкованості маси 1000 зерен у широкому і вузькому розумінні характеризувались комбінації UA0300214/ Шулиндінка (0,56/0,54) і Агат Донской/ UA0300081 (0,55/0,52), тоді як у комбінації UA0300214/ Континент ці показники були нижчими – на рівні 0,34/0,31 (табл. 4.10).

Аналіз вихідного матеріалу і гібридного потомства дозволяє зробити висновок, що для створення вихідного матеріалу полби озимої з високим рівнем прояву ознак продуктивності та органолептичних якостей зерна слід залучати сорти пшениці озимої твердої з масою 1000 зерен не нижче 46 г.

Виявлено істотну різницю між коефіцієнтами успадкованості у залежності від батьківських компонентів. Порівняно вищі коефіцієнти успадкованості у вузькому розумінні отримано за довжиною колоса у комбінації UA0300214/ Шулиндінка – 0,63; у комбінації UA0300214/ Континент високими були коефіцієнти успадкованості у вузькому розумінні за кількістю зерен – 0,49 та масою зерна з колоса – 0,50. За оцінкою успадкованості конкретних складових урожайності встановлено, що маса 1000 зерен мала найвищий коефіцієнт серед усіх комбінацій у межах від 0,31 до 0,54. Отже, це найбільш надійні ознаки, за якими слід проводити індивідуальні добори у ранніх поколіннях (F_2) з високою ймовірністю успіху в створенні ліній з бажаними ознаками. Отримані результати узгоджуються з літературними даними, які вказують на високу успадкованість маси 1000 зерен [21, 221].

Мінімальна величина коефіцієнта успадкованості, за якою можна вести успішний добір в ранніх поколіннях, має бути на рівні 0,50 [341]. Такими коефіцієнтами характеризуються довжина колоса та маса 1000 зерен у комбінації UA0300214/ Шулиндінка, маса зерна з колоса у комбінації UA0300214/ Континент та маса 1000 зерен у комбінації Агат Донской/ UA0300081 (табл. 4.10).

Коефіцієнт успадкованості кількості колосків у колосі у широкому розумінні становив від 0,10 до 0,15; у вузькому розумінні – від 0,10 до 0,13, отже добір за кількістю колосків у колосі не є ефективним. За ознаками з низькими коефіцієнтами успадкованості добір рекомендується починати в більш пізніх поколіннях, щоб виключити втрату цінних зразків.

4.3 Ступінь домінування у F_1 полби ярої, визначення перспективних гібридних популяцій

Усі види, зразки яких використані у схрещуваннях – *T. dicoccum*, *T. durum*, *T. persicum*, *T. aethiopicum* – належать до однієї геномної групи (геном A^4B), тому є генетично сумісними: легко схрещуються при співпадінні строків цвітіння і дають фертильні гібриди. У наших дослідах зав'язуваність гібридних зернівок становила 19,8 – 42,5 % (у середньому за три роки) (табл. 4.11).

У комбінаціях, де одним з батьківських компонентів були зразки *T. durum* var. *falcatomelanopus* IR00137 SYR, *T. persicum* var. *rubiginosum* UA0300066, ARM, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*, ETH та *T. aethiopicum* var. *densarraseita* IR 00173, ETH в F_1 повністю домінувала полба.

Висота рослин 80 – 86 см, колос червоний, остистий, середньої довжини, пірамідальної форми, середній за щільністю, не ламкий. Зернівка червона, видовжена. Маса 1000 зерен 32 – 38 г. Соломина помірно виповнена, куц напівпрямостоячий. Плівчастість на рівні 15 – 20 %.

**Зав'язуваність гібридних зернівок у комбінаціях схрещувань полба
яра / споріднені тетраплоїдні види пшениці, 2016 – 2018 рр.**

Комбінація	Кількість емаскульованих квіток, шт	Кількість зерен F ₁ , шт	Зав'язуваність, %
Романівська / <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA 0300066ARM	750	319	43
Голіковська / <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA 0300066ARM	750	305	40,6
Романівська / <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	450	172	38,3
Голіковська / <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	390	138	35,4
Романівська / <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	324	69	21,3
Голіковська / <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	378	75	19,8

Гетерозис за ознакою висоти рослин встановлено у комбінаціях Романівська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* (3,1 % – 4,7 %) та Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* (16,3 % – 51,0 %) (табл. 4.12). У комбінацій Голіковська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* та Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* відмічено проміжний тип успадкування цієї ознаки, що пояснюється невеликою різницею між батьківськими компонентами. Успадкування висоти рослин у комбінацій з *T. persicum* var. *rubiginosum* відбувалося за типом часткового негативного домінування та наддомінування (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

**Ступінь домінування при успадкуванні ознаки «висота рослин» у F₁
полба яра / споріднені тетраплоїдні види пшениці**

Гібридна комбінація	2017 р.				2018 р.			
	F ₁ *	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp
Голіковська / <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	84,0	90,0	76,0	0,1	86,0	93,0	79,0	0,1
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	85,0	80,4	76,0	3,1	87,0	81,8	79,0	4,7
Голіковська / <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> 0300066	85,0	84,0	102	-1,8	87,0	93,0	105	-2,0
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	83,0	80,4	102	-0,8	89	81,8	105	-0,4
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	84,0	90,0	80,4	-0,2	86,0	93,0	83,0	-0,4
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	85,0	80,4	79,8	16,3	87,0	81,8	82,0	51,0

Успадкування ознаки озерненості головного колоса відбувалося за типом позитивного наддомінування у більшості вивчених комбінаціях (табл. 4.13). Виключенням виявилась комбінація Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* у якої успадкування відбувалося за типом негативного наддомінування. За масою зерен з головного колоса найвищий ступінь гетерозису відмічено у комбінації Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* (4,6 – 6,7 %) (табл. 4.14).

Ступінь домінування при успадкуванні ознаки «кількість зерен з колосу» у F₁ полба яра / споріднені тетраплоїдні види пшениці

Гібридна комбінація	2017 р.				2018 р.			
	F ₁ *	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp
Голіковська / <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	32,0	33,0	22,0	0,8	36,0	35,3	25,0	1,1
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	37,0	29,0	22,0	3,3	39,0	31,0	25,0	3,7
Голіковська / <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> 0300066	33,4	33,0	32,1	1,9	35,7	35,3	33,5	1,4
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	35,2	29,0	32,1	3,0	36,0	31,0	33,5	3,0
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	34,2	33,0	24,3	1,3	35,9	35,3	26,0	1,1
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	25,7	29,0	31,6	-3,5	26,9	31,0	32,3	-7,3

У комбінацій Голіковська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* та Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* успадкування відбувалося за типом часткового негативного домінування.

Таблиця 4.14

**Ступінь домінування при успадкуванні ознаки «маса зерна з колосу»
у F₁ полба яра/ споріднені тетраплоїдні види пшениці**

Гібридна комбінація	2017 р.				2018 р.			
	F ₁ *	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp
Голіковська / <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	1,26	1,20	1,40	-0,4	1,28	1,25	1,46	-0,7
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	1,40	1,31	1,40	1,0	1,44	1,35	1,46	0,6
Голіковська / <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> 0300066	1,26	1,20	0,98	1,5	1,29	1,25	1,03	1,4
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	1,31	1,31	0,98	1,0	1,40	1,35	1,03	1,3
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	1,51	1,20	1,03	4,6	1,59	1,25	1,13	6,7
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	1,17	1,31	1,15	-0,7	1,21	1,35	1,20	-0,9

У більшості вивчених комбінацій полби ярої за ознакою маси 1000 зерен виявлено позитивне наддомінування (табл. 4.15). Тільки у комбінаціях з *T. durum* var. *falcatomelanopus* гібриди F₁ за ознакою маси 1000 зерен

поступалися материнському компонентіві, тому характер успадкування у даних комбінаціях є проміжним.

Таблиця 4.15

Ступінь домінування при успадкуванні ознаки «маса 1000 зерен» у F₁ полба яра / споріднені тетраплоїдні види пшениці

Гібридна комбінація	2017 р.				2018 р.			
	F ₁ *	P ₁	P ₂	hp	F ₁	P ₁	P ₂	hp
Голіковська / <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	57,4	35,8	66	0,4	58,6	36,6	68,3	0,4
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	58,3	45,7	66	0,2	61,2	46,1	68,3	0,4
Голіковська / <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> 0300066	38,1	35,8	28,1	1,6	38,2	36,6	30,1	1,5
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	46,5	45,7	28,1	1,1	48,2	46,1	30,1	1,3
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	43,2	35,8	40,7	2,7	42,1	36,6	41,7	1,2
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	47,4	45,7	40,1	1,6	48,4	46,1	42,1	2,2

Гібридні комбінації, які за більшістю ознак проявляють гетерозис, вважаються найбільш перспективними в селекційному процесі. Враховуючи отримані дані, ми встановили, що перспективними комбінаціями для отримання високопродуктивних гібридів є Голіковська/ *T. persicum* var. *rubiginosum*, Романівська/ *T. persicum* var. *rubiginosum*, Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*, Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita*.

4.4 Успадковуваність ознак у ранніх поколіннях гібридів полби ярої

У F₂ спостерігалось розщеплення за комплексом ознак. Зокрема, в F₂ у комбінаціях з *T. durum* var. *falcatomelanopus* IR00137 SYR виділено морфотипи полби та *T. durum* var. *falcatomelanopus* – зразки з крупним нещільним колосом з чорними остюками та легким вимолотом. У межах кожного з цих морфотипів поєднувались у різних сполученнях колір колосу (білий, червоний, білий з чорними остюками) та колір зерна (червоний, янтарний) (табл. 4.16). Слід зауважити, що селекційну цінність мають як зразки з янтарним зерном, так і червонозерні. Рослини з морфотипом *T. durum* var. *falcatomelanopus* мали міцну соломину. За висотою рослин серед усіх морфотипів ми виділяли класи за Лифенком С. Ф.: до 80 см, 81 – 105 см, 105 – 120 см [304].

Таблиця 4.16

Класи розщеплення в F₂ гібридів Романівська /*T. durum* var. *falcatomelanopus* IR00137 SYR та Голіковська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* IR00137 SYR, 2018–2019 рр.

Колір колосу	Колір остюків	Колір зерна	Висота рослин, см	Плівчастість, %	Виділено рослин, %
1	2	3	4	5	6
♀Голіковська / ♂ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137, SYR					
білий	білий	червоний	≤ 80	3	7,3
			81–105	3	23,0
		янтарний	≤ 80	3	3,0
			81 – 105	3	10,0
білий	чорний	червоний	≤ 80	-	0,0
			81 – 105	0	23,0
		янтарний	≤ 80	0	1,2
			81 – 105	0	7,3
червоний	червоний	червоний	≤ 80	2	2,1
			81 – 105	0	13,0
		янтарний	≤ 80	0	2,1
			81 – 105	2	8,3
Разом					100
Романівська / <i>T.durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137, SYR					
білий	білий	червоний	81 – 105	3	39,0
			105 – 120	2	18,0

Продовження табл. 4.16					
1	2	3	4	5	6
		янтарний	81 – 105	2	7,0
			105 – 120	0	9,0
білий	чорний	червоний	81 – 105	2	20,0
			105 – 120	-	0,0
		янтарний	81 – 105	2	7,0
			105 – 120	-	0,0
Разом					100

Рослини F₂ комбінацій Голіковська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* та Романівська /*T.durum* var. *falcatomelanopus* характеризувались хорошим обмолотом, плівчастістю на рівні 0 – 3 %. Найбільшу частку (23,0 %) рослин в обох комбінаціях складав клас низькорослих (81 – 105 см) (табл. 4.16).

У F₂ в комбінаціях за участі *T. persicum* var. *rubiginosum* виділено морфотипи обох батьківських компонентів. У межах кожного з цих морфотипів виділено зразки з білим та червоним колосом та червоним і янтарним кольором зерна у різних сполученнях. За висотою рослин виділено два класи: низькорослі 81 – 105 см та середньорослі – 105 – 120 см (табл. 4.17).

Найбільш чисельним класом (від 4,8 % до 38,0 %) серед рослин комбінацій з *T. persicum* var *rubiginosum* були низькорослі зразки (81 – 105 см) (табл. 4.17).

Таблиця 4.17

Класи розщеплення в F₂ гібридів Голіковська / *T. persicum* var *rubiginosum* UA0300066 ARM та Романівська / *T. persicum* var *rubiginosum* UA0300066 ARM, 2018–2019 рр.

Колір колосу	Колір остюків	Колір зерна	Висота рослин, см	Плівчастість, %	Виділено рослин, %
1	2	3	4	5	6
Голіковська / <i>T. persicum</i> var <i>rubiginosum</i> UA0300066, ARM					
білий	білий	червоний	81 – 105	11	21,5
			105 – 120	13	6,3
		янтарний	81 – 105	15	6,3
			105 – 120	12	2,5

Продовження табл. 4.17					
1	2	3	4	5	6
Червоний	червоний	червоний	81 – 105	18	38,0
			105 – 120	18	3,8
		янтарний	81 – 105	14	13,9
			105 – 120	16	7,6
Разом					100
Романівська / <i>T. persicum</i> var <i>rubiginosum</i> UA0300066, ARM					
білий	білий	червоний	81 – 105	23	18,1
			105 – 120	20	9,6
		янтарний	81 – 105	14	7,2
			105 – 120	18	3,6
червоний	червоний	червоний	81 – 105	17	21,7
			105 – 120	21	31,3
		янтарний	81 – 105	20	4,8
			105 – 120	21	3,6
Разом					100

Отримані рослини F₂ характеризувались плівчастістю на рівні 14 – 23 %. У форм з червоним колосом та червоним зерном комбінації Романівська / *T. persicum* var *rubiginosum* найбільш чисельним (31,3 %) класом виявились середньорослі (105 – 120 см).

У гібридних комбінаціях F₂ з *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* UA0300480, ЕТН виділено морфотипи обох батьківських компонентів з білим і червоним колосом та червоним склоподібним зерном, із середньою масою зерна з колосу 1,64 г. За висотою виділено два класи: низькорослі 81 – 105 см та середньорослі – 105 – 120 см (табл. 4.18).

Таблиця 4.18

Класи розщеплення в F₂ Голіковська / *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* UA 0300480, ЕТН та Романівська / *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* UA0300480, ЕТН, 2018–2019 рр.

Колір колосу	Колір остюків	Колір зерна	Висота рослин, см	Плівчастість, %	Виділено рослин, %
1	2	3	4	5	6
Голіковська / <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA 0300480, ЕТН					
білий	білий	червоний	81 – 105	24	48,0

Продовження табл. 4.18					
1	2	3	4	5	6
			105 – 120	24	16,0
червоний	червоний	червоний	81 – 105	26	22,0
			105 – 120	24	14,0
Разом					100
Романівська / <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH					
білий	білий	червоний	81 – 105	36	30,0
		янтарний	81 – 105	28	7,5
		білий	81 – 105	52	7,5
		фіолетовий	81 – 105	48	55,0
Разом					100

Комбінація Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* в F₂ характеризувалась ускладненим вимолотом (плівчастість до 52 %), висотою рослин 81 – 105 см. Виділено морфотипи з білим колосом, червоним, янтарним, білим та фіолетовим зерном.

Частота позитивних трансгресій за довжиною колоса становила від 5,0 % у комбінації Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* до 79,6 % у комбінації Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* (табл. 4.19).

Таблиця 4.19

**Ступінь і частота трансгресій довжини колоса у F₂ пшениці полби
ярої, 2018–2019 рр.**

Комбінація схрещування	Частота трансгресій, %	Ступінь трансгресій, % <i>Lim (Xmin...Xmax)</i>
Голіковська / <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	44,6	6,27–18,9
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	67,6	13,8–41,1
Голіковська / <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	20,4	8,5–18,9
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	21,6	8,52–18,9
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	79,6	6,5–31,9
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	5,0	0–7,4

Найвищими частотою та ступенем трансгресій за цією ознакою характеризувались комбінації Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* (Тч – 79,6 %, Ст до 31,9 %) та Романівська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* (Тч – 67,6 %, Ст до 41,1 %).

Загальна частота позитивних трансгресій за кількістю колосків у колосі була у межах 5,8 – 74,4 %. Вищою частотою (74,4 %) та ступенем (до 30,3 %) трансгресій за цією ознакою характеризувалась комбінація Голіковська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* (табл. 4.20).

У комбінації Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, отримано зразки, які перевищували за даною ознакою *T. aethiopicum* var. *densarraseita*. Частота таких зразків становила 25 %, а ступінь перевищення від 9,17 % до 14,4 %.

Таблиця 4.20.

Ступінь і частота трансгресій кількості колосків у колосі F₂ пшениці полби ярої, 2018 – 2019 рр.

Комбінація схрещування	Частота трансгресій, %	Ступінь трансгресій, % <i>Lim (Xmin...Xmax)</i>
Голіковська / <i>T. durum</i> var. <i>Falcatomelanopus</i> IR00137, SYR	6,1	5,2–10,3
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137, SYR	5,9	0,0–8,3
Голіковська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	74,4	5,2–30,3
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	8,1	5,0–13,0
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	59,2	5,2–20,3
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	25,1	9,17–14,4

Найвищою частотою та ступенем позитивних трансгресій характеризувалась комбінація Голіковська / *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* (59,2 % та до 40,1 %, відповідно) (табл 4.21). А у комбінації

Романівська / *T. durum* var. *falcatomelanopus* усі рослини F₂ були трансгресивними: частота становила 100 %, ступінь трансгресії 8,2 – 79,2 %.

Таблиця 4.21

**Ступінь і частота трансгресій кількості зерен з колоса F₂ пшениці
полби ярої, 2018 – 2019 рр.**

Комбінація схрещування	Частота трансгресій, %	Ступінь трансгресій, % <i>Lim</i> (<i>X</i> _{min} ... <i>X</i> _{max})
Голіковська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137, SYR	7,7	10,4 – 11,0
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137, SYR	100,0	8,2 – 79,2
Голіковська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	41,9	7,7 – 32,8
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	24,3	7,9 – 33,6
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	59,2	7,7 – 40,1
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	5,0	0,0 – 11,5

Загальна частота позитивних трансгресій за ознакою маси зерна з колоса становила від 21,6 – 79,4 % (табл. 4.22). Найвищим рівнем частоти та ступеню трансгресій характеризувались комбінації Романівська / *T. durum* var. *falcatomelanopus* (79,4 % та до 100 %, відповідно), Голіковська / *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* (77,6 % та 5,7 – 100,0 %, відповідно).

За масою 1000 зерен найвищим ступенем (8,2 – 36,5 % та 11,6 – 26,2 %) та частотою (89,8 % та 40 %) позитивних трансгресій характеризувались комбінації Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* та Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* (табл. 4.23). Комбінація Романівська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* характеризувалась порівняно невисокою частотою позитивних трансгресій за цією ознакою (5,4 %), однак ступінь позитивних трансгресій був одним із найвищих: (13,6 – 34,5 %).

Таблиця 4.22

**Ступінь і частота трансгресії маси зерна з колоса гібридів F₂ пшениці
полби ярої, 2018 – 2019 рр.**

Комбінація схрещування	Частота трансгресій, %	Ступінь трансгресій, % <i>Lim</i> (<i>X_{min}...X_{max}</i>)
Голіковська / <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137, SYR	40,0	5,7–90,8
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137, SYR	79,4	5,7–100,0
Голіковська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	30,2	7,9–70,0
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	21,6	6,5–32,7
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	77,6	7,2–96,2
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	25,0	6,54–28,1

У комбінації Романівська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* позитивних трансгресій взагалі не відмічено, однак у порівнянні з Романівською перевищення становило 41,2 %, а ступінь перевищення становив від 5,9 % до 39,9 %.

Таблиця 4.23

**Ступінь і частота трансгресій маси 1000 зерен F₂ пшениці полби ярої,
2018 – 2019 рр.**

Комбінація схрещування	Частота трансгресій, %	Ступінь трансгресій, % <i>Lim</i> (<i>X_{min}...X_{max}</i>)
1	2	3
Голіковська / <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	1,5	0–5,8
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	–	–
Голіковська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	27,9	7,7–30,9
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	5,4	13,6–34,5
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	89,8	8,2–36,5

Продовження табл. 4.23		
1	2	3
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	40,0	11,6–26,2

Таким чином, отримані гібридні комбінації істотно розрізняються за наявністю – відсутністю трансгресій і їх частотою.

Комбінація Голіковська/*T. aethiopicum* var. *densimenelikii* характеризувалась найвищою частотою трансгресій (59,2 – 89,8 %) за кількістю і масою зерен у колосі та М1000 зерен (рис 4.3).

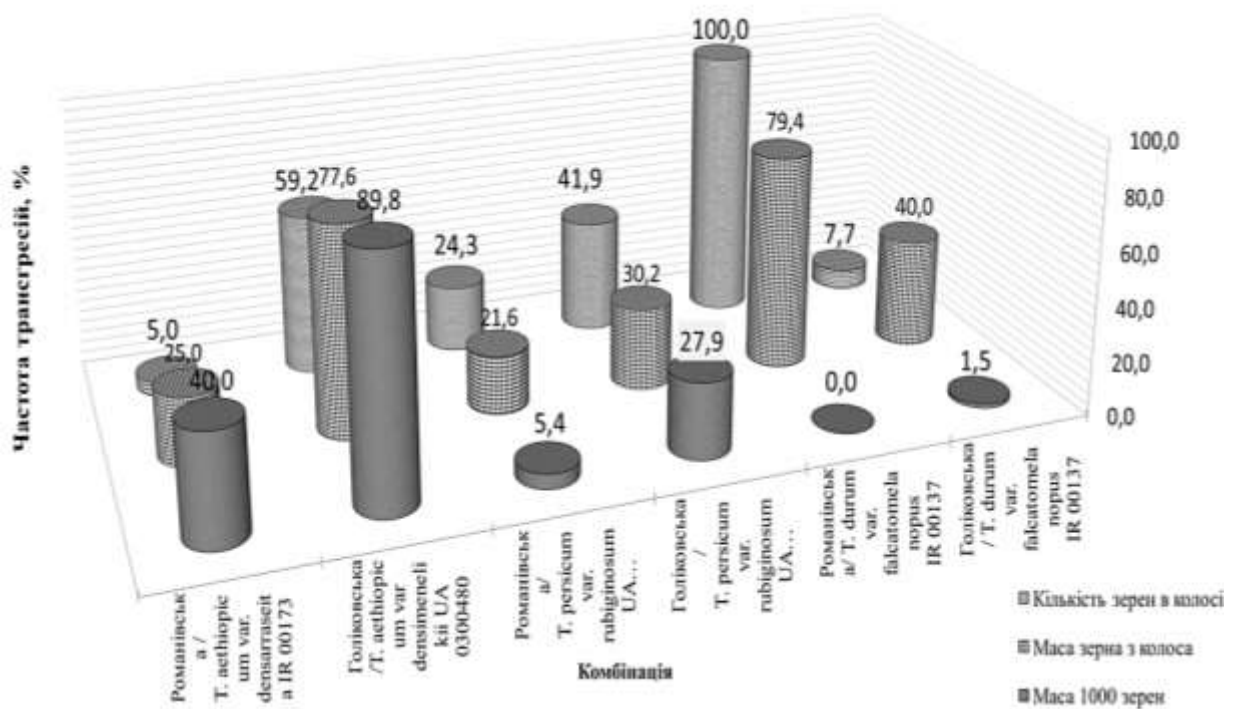


Рисунок 4.3 Загальна частота трансгресій за ознаками продуктивності у гібридів F₂ пшениця полба яра/ тетраплоїдні види пшениці, 2018 – 2019 рр

Перспективність вивчених гібридних комбінацій полби ярої для селекції підтверджується значною кількістю трансгресивних рослин і досить високим рівнем прояву у них елементів продуктивності та органолептичних якостей зерна.

З літературних даних відомо про досить широкий діапазон коефіцієнта успадкованості елементів продуктивності колоса [318, 345], що також

підтверджується отриманими даними у гібридів F_2 за участі пшениці полби ярої. Було виділено зразки з довгим колосом і крупним зерном.

Показник успадкованості у широкому розумінні за ознакою довжини колоса у F_2 пшениці полби ярої з представниками споріднених видів варіював у межах 0,46 – 0,73, а показник успадкованості у вузькому розумінні – від 0 до 0,77 (табл. 4.24).

У комбінації Голіковська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* та Голіковська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* співвідношення коефіцієнтів успадкованості довжини колоса у вузькому та широкому розумінні становило 0,77/0,76 та 0,68/0,60 відповідно. Зважаючи на невелику різницю між цими коефіцієнтами добір за фенотипом буде близьким до добору відповідного йому генотипу, оскільки генотипова мінливість у цих комбінаціях зумовлена адитивними ефектами генів. У комбінації Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* різниця між H^2 і h^2 значна (0,54/0,18), отже, генотипова мінливість зумовлена неадитивним ефектом генів, і добір за фенотипом не забезпечить отримання форм зі спадково обумовленим рівнем прояву ознак, тому його слід проводити у більш пізніх поколіннях.

Успадкованість кількості колосків у колосі були досить низькими у більшості комбінацій (0 – 0,40), що свідчить про широке фенотипове різноманіття при вузькому генотиповому різноманітті, тому ймовірність добору цінних генотипів за фенотипом буде низькою.

Виключенням виявилась комбінація Романівська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* з показниками успадкованості 0,63 у широкому і 0,58 у вузькому розумінні, отже генотипова мінливість у цій комбінації зумовлена адитивними ефектами генів, і відбір за фенотипом буде близький до відбору відповідного йому генотипу.

Успадкованість кількості зерен з колоса був на рівні 0,44 – 0,70 (табл. 4.24). Добір за кількістю зерен з колоса буде найбільш ефективним у комбінаціях Романівська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* (0,70/0,70), Голіковська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* (0,50/0,41), Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*

(0,64/0,54), Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* (0,56/0,45), що підтверджується літературними даними [235, 327].

Таблиця 4.24

**Успадковуваність елементів продуктивності колоса у F₂ пшениці
полби ярої з представниками споріднених видів, 2018 – 2019 рр.**

Комбінація схрещування	Довжина колоса	Кількість колосків у колосі	Кількість зерен з колоса	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
Голіковська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	0,68/0,60*	0,30/0,24	0,44/0,32	0,65/0,58	0,98/0,77
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137, SYR	0,10/0,09	0,40/0,37	0,43/0,36	0,65/0,64	0,97/0,76
Голіковська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	0,77/0,76	0,00/0,003	0,50/0,41	0,74/0,73	0,89/0,71
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	0,13/0,09	0,63/0,58	0,70/0,70	0,42/0,39	0,95/0,52
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480, ETH	0,54/0,18	0,01/0,01	0,64/0,54	0,83/0,64	0,93/0,73
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173, ETH	0,00/0,00	0,00/0,00	0,56/0,45	0,61/0,53	0,97/0,76

Примітка. * - у чисельнику – коефіцієнт успадковуваності (H²) у широкому розумінні; у знаменнику – коефіцієнт успадковуваності- (h²) у вузькому розумінні.

Добір за цією ж ознакою у комбінаціях Голіковська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* та Романівська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* буде малоефективним.

У наших дослідях відмічено високий коефіцієнт успадкованості маси зерна з колоса у широкому розумінні у більшості комбінацій: 0,61 – 0,83. Виключенням виявилась комбінація Романівська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* зі значенням коефіцієнта 0,42. Оскільки коефіцієнт успадкованості у вузькому розумінні становив 0,53 – 0,73, добір за цією ознакою в популяції буде ефективним.

У результаті вивчення успадкованості елементів продуктивності колоса у F₂ пшениці полби ярої та споріднених видів протягом 2018 – 2019 рр. було виявлено досить високі коефіцієнти успадкованості маси 1000 зерен у широкому і вузькому розумінні в усіх комбінацій (табл. 4.24). Найвищі значення коефіцієнтів успадкованості відмічено у комбінаціях, де як запилювач використовували *T. durum* var. *falcatomelanopus* (Голіковська / *T. durum* var. *falcatomelanopus* (0,98/0,77), Романівська / *T. durum* var. *falcatomelanopus* (0,96/0,76)) та *T. aethiopicum* var. *densarraseita* (Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* (0,97/0,76)).

Таким чином, у результаті аналізу вихідного матеріалу та гібридного потомства, можна зробити висновок, що для створення вихідного матеріалу полби ярої з високим рівнем прояву продуктивності та її складових слід залучати крупнозерні зразки, зокрема *T. durum* var. *falcatomelanopus*.

Установлено суттєву різницю між коефіцієнтами успадкованості в залежності від вихідних батьківських компонентів. Мінімальна величина коефіцієнта успадкованості, що забезпечує можливість ефективного добору, має складати 0,4...0,5 або 40 – 50%. У випадках, коли коефіцієнт успадкованості нижчий, мінливість селекційних ознак у популяції переважно залежить від впливу умов навколишнього середовища і, імовірно, мало обумовлена генетично [341].

Таким чином, високі коефіцієнти успадкованості у вузькому та широкому розумінні встановлено за довжиною колосу у комбінації Голіковська / *T. durum* var. *falcatomelanopus* – 0,68/0,60 та у комбінації Голіковська / *T. persicum* var. *rubiginosum* – 0,77/0,76. За кількістю колосків у колосі виявлено високі коефіцієнти успадкованості у комбінації Романівська / *T. persicum* var. *rubiginosum* (0,63/0,58). В результаті аналізу отриманих коефіцієнтів успадкованості конкретних складових урожайності встановлено, що маса 1000 зерен мала найвищі коефіцієнти успадкованості у вузькому та широкому розумінні в усіх комбінаціях і була в межах від 0,52 до 0,98. Крім того, високі коефіцієнти успадкованості виявлено за ознаками кількості та маси зерна з колоса у більшості комбінацій. Отже, ці ознаки є найбільш надійними, за якими слід проводити індивідуальні добори у ранніх поколіннях (F₂) з високою ймовірністю успіху в створенні ліній з бажаними ознаками. Літературні дані також вказують на високу успадкованість маси 1000 зерен [21, 67].

Коефіцієнт успадкованості довжини колоса у широкому розумінні становив від 0 до 0,13 у комбінацій Романівська / *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, Романівська / *T. persicum* var. *rubiginosum*, Романівська / *T. durum* var. *falcatomelanopus*; у вузькому розумінні – від 0 до 0,18 у Романівська / *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, Романівська / *T. persicum* var. *rubiginosum*, Романівська / *T. durum* var. *falcatomelanopus* та у Голіковська / *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*, отже відбір за кількістю колосків у колосі буде не ефективним. Коефіцієнт успадкованості кількості колосків у колосі цих же комбінацій у широкому розумінні становив від 0 до 0,40; у вузькому – від 0 до 0,37, тому, з метою виключення втрат цінних зразків, добір за такими ознаками рекомендується починати з більш пізніх поколінь.

4.5 Характеристика гібридів F_2 полби за компонентним складом запасних білків

Створення нових сортів сільськогосподарських культур, які би відповідали сучасним вимогам ринку, вимагають від селекціонерів удосконалення селекційних процесів. Існуючі схеми передбачають початок доборів з покоління, яке розщеплюється, оскільки в такому поколінні, починаються формоутворюючі процеси. Індивідуальні добори у першому поколінні робити неможливо, оскільки рослини цього покоління не відрізняються за фенотипом.

На сьогодні електрофорез в поліакриламідному гелі широко використовується для сортової ідентифікації у первинному насінництві. Також великого значення набули електрофоретичні методи дослідження білків клейковини для вирішення певних проблем у селекції та насінництві. Були виконані фундаментальні роботи з генетики білків, виявлено зв'язок певних алельних варіантів білків із цінними господарськими ознаками пшениці [334], розроблено номенклатуру алелів генів, складено каталоги [319].

Використання білкових маркерів, зокрема запасних білків ендосперму – гліадинів, які характеризуються великим поліморфізмом, є надійним методом контролю наявності інтрогресій чужорідного генетичного матеріалу при гібридизації [172, 244].

З метою розширення генетичного різноманіття культурної пшениці, зокрема полби, за ознаками якості зерна одним з батьківських компонентів у схрещуваннях із сортами та лініями пшениці селекції IP ім. В.Я. Юр'єва було використано ряд малопоширених видів тетраплоїдної пшениці озимого та ярого типу розвитку, які були отримані нами від лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Для контролю успадкування цінних ознак ми використовували метод електрофорезу. Одне із завдань досліджень полягало в аналізі поліморфізму запасних білків у перспективних ліній. Отримані гібриди F_2 використані для

вивчення успадкування компонентного складу гліадинів. Перспективні гібриди F₂ залучено в селекційний процес.

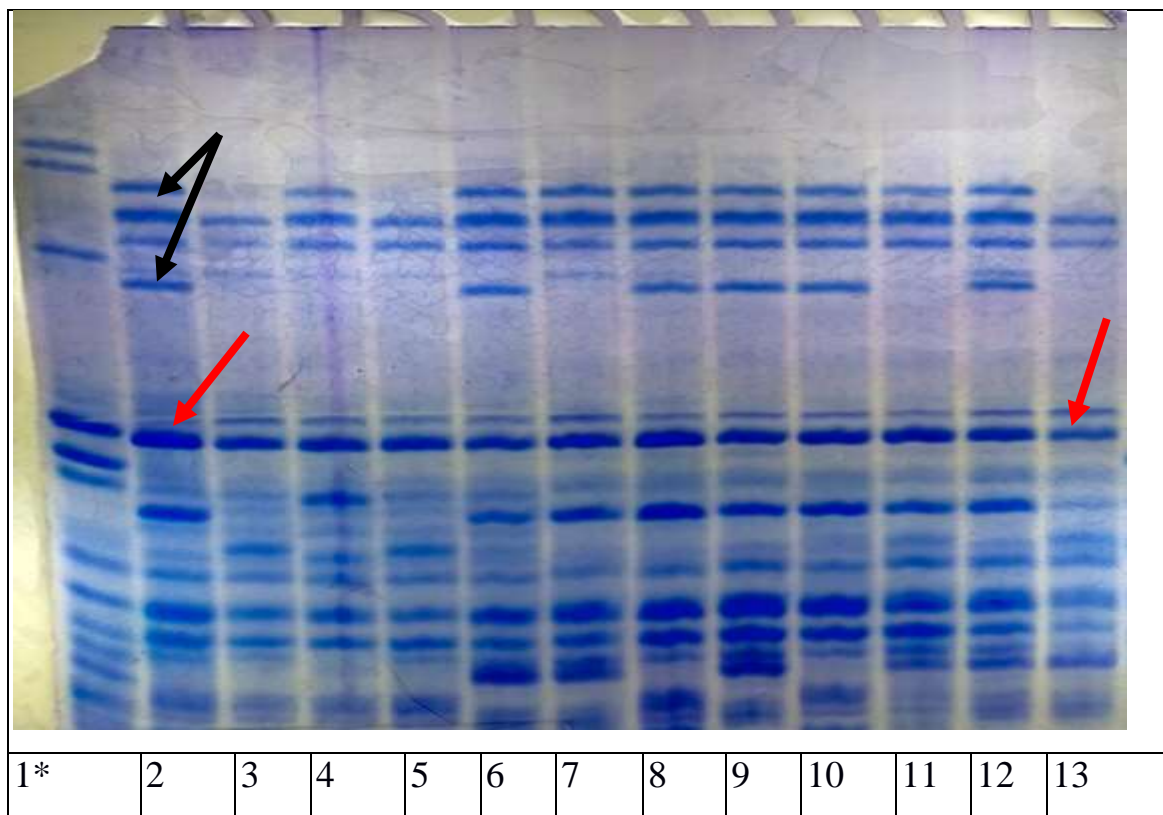
З метою визначення наявності інтрогресій у гібридах F₂ полба озима/пшениця тверда озима нами було проведено скринінг зерна *T. dicoccum* var. *atratum* та комбінацій *T. dicoccum* var. *atratum*/ Шулиндінка, *T. dicoccum* var. *atratum*/ Континент та Агат Донської/ *T. dicoccum* var. *atratum* методом електрофорезу гліадинів у поліакриламідному гелі.

За допомогою порівняння з сортом – стандартом алелів запасних білків м'якої пшениці (AABBDD) ідентифіковано алелі основних гліадинкодуєчих локусів першої гомеологічної групи хромосом *Gli-A1*, *Gli-B1* полби озимої *T. dicoccum* var. *atratum*. Переважаючими алелями *Gli-A1* є *a* (13%), *n* (13%), *x* (21%) та алель, позначений нами *km** (17%). З високою частотою зустрічаються три алелі *Gli-B1*, що також виявлені у *T. aestivum*: *g*, *x*, *h*. Найбільш поширеним алелем локусу *Gli-B1* вивчених зразків є алель, позначений нами *Gli-B1x* (частота – 31 %). Аналогічний алель ідентифіковано у біотипу сорту пшениці м'якої Миронівська сторічна та у сорту Миронівська 62 [105]. Алель *Gli-B1h* і споріднені алелі (з γ -гліадином 45-типу) є переважаючими у вибірці. Ще одним поширеним алелем у *T. dicoccum* var. *atratum*, є алель, що експресує компоненти, подібні до спектру, кодованого *Gli-B1g*, проте без другого зверху омега гліадину [297].

На рисунку 4.4 зображено спектр спирторозчинної фракції білків пшениці (гліадинів) батьківських компонентів гібридної комбінації *T. dicoccum* var. *atratum* USA/ Континент та окремих рослин F₂. Спотерігається розщеплення за присутністю певних омега-гліадинових компонентів від *T. dicoccum* var. *atratum* USA у F₂ (відмічено чорними стрілками), що доводить наявність інтрогресій в одержаному гібридному матеріалі.

Обидва батьківські компоненти мають γ -45 (відмічено червоними стрілками), рухливість цього гамма-гліадину трохи більша, ніж у гамма гліадину Безостої 1. За літературними даними відомо про позитивний зв'язок

між γ -гліадами 45-типу та сильною клейковиною і високими макаронними властивостями у твердої пшениці [170, 245].

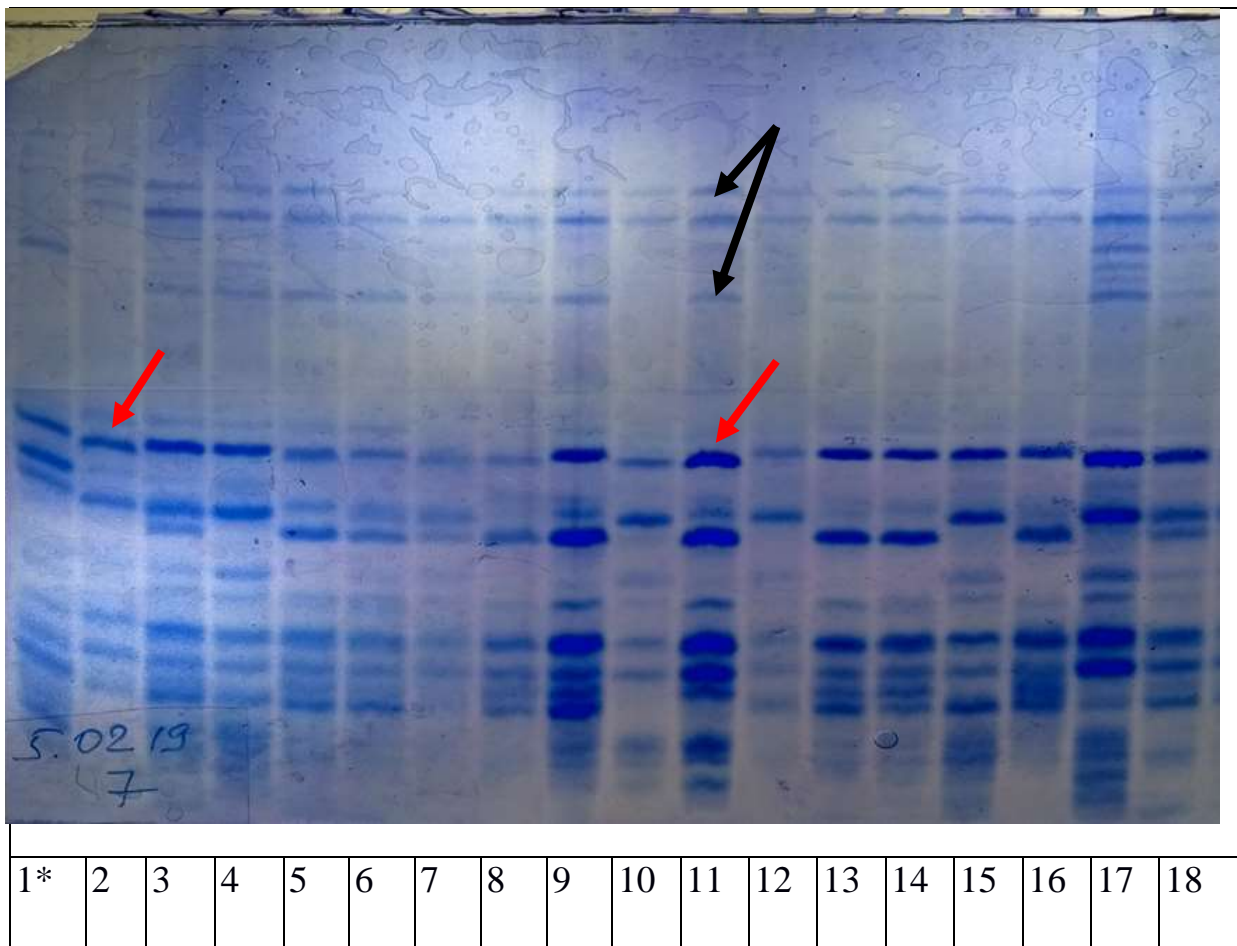


1 - Безоста 1; 2 - *T. dicoccum* var. *atratum* USA UA0300214; 13 – Континент; 3 – 12 рослини F₂

Рисунок 4.4 Спектри гліадинів батьківських компонентів *T. dicoccum* var. *atratum* USA UA0300214/ Континент та F₂, 2018 р.

При аналізі кількості, інтенсивності прояву та електрофоретичної рухомості компонентів гліадинового спектру цього рослинного матеріалу нами було виділено ряд генотипів, які мали у своєму спектрі γ -гліадини 45-типу. Прикладом можуть бути зразки 6, 8, 9 та 10 (див. рис. 4.4).

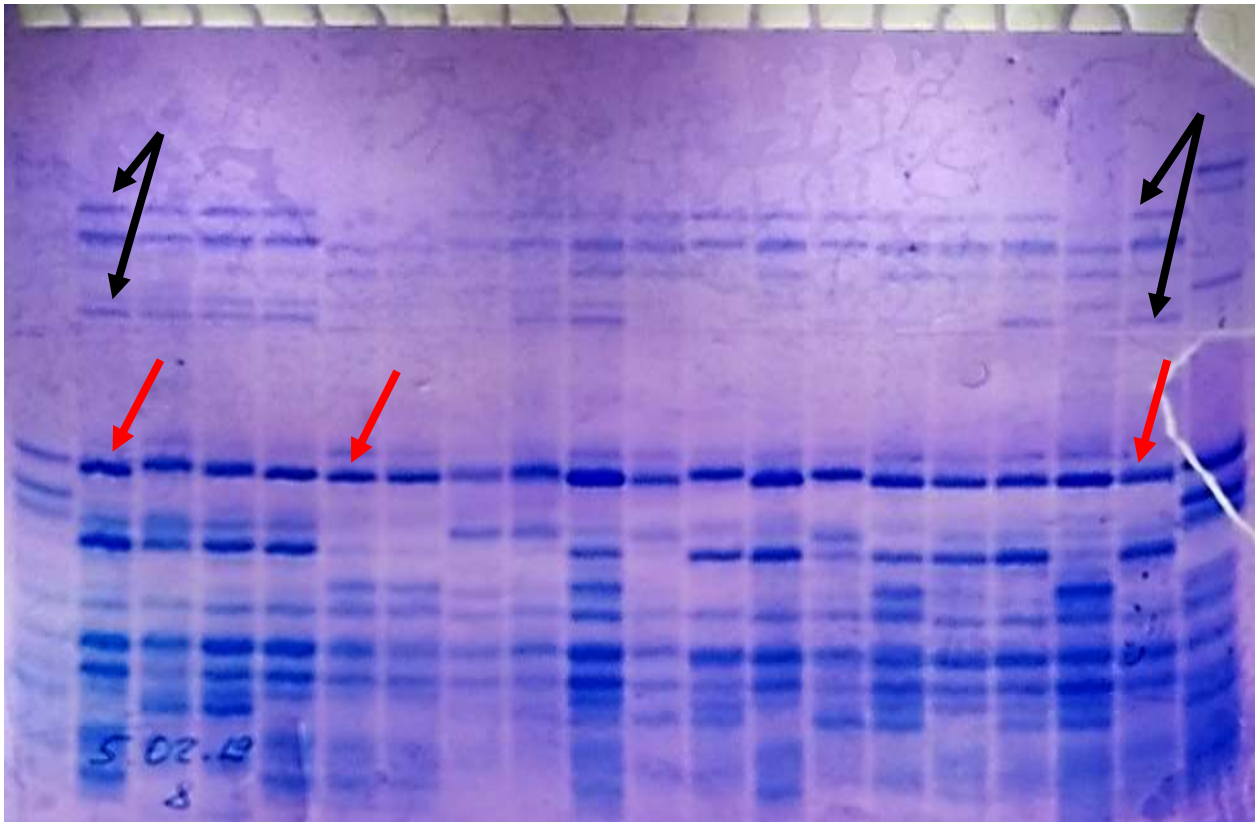
Таким же чином, за допомогою електрофорезу гліадинів у поліакриламідному гелі було відібрано інтрогресивні лінії у комбінаціях Агат Донской/ *T. dicoccum* var. *atratum*, POL, UA0300081 (рис. 4.5) та *T. dicoccum* var. *atratum* USA, UA0300214/ Шулиндінка (рис. 4.6).



* 1 - Безоста 1; 2 – Агат Донской; 11 – *T. dicoccum* var. *atratum*, POL UA0300081; 3 – 10, 12 – 18 - рослини F₂

Рисунок 4.5 Спектри спирторозчинної фракції гліадинів батьківських компонентів Агат Донской / *T. dicoccum* var. *atratum* POL UA0300081 та F₂, 2018 р.

Такі генотипи (лінії ранніх поколінь) відрізнялися кольором та ступенем склоподібності зерна, усі вони були стійкими до більшості хвороб пшениці (листові хвороби, фузаріоз колоса), що робить ці лінії перспективним вихідним для селекції нових високоякісних та стійких до біотичних чинників сортів пшениці твердої ярої.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

*1 і 20- Безоста – 1; 2 і 19 – *T. dicoccum* var. *atratum* USA; 6 – Шулиндінка; 3 – 9 і 11 – 18 рослини F₂

Рисунок 4.6 Спектри спирторозчинної фракції гліадинів батьківських компонентів та рослин F₂ *T. dicoccum* var. *atratum* POL, UA0300081 / Шулиндінка, 2018 р.

Таким чином, аналіз компонентного складу запасних білків виявив значний поліморфізм вивченої вибірки гібридів пшениці полби озимої за гліадин-локусами. Виявлено широке різноманіття алельних варіантів локусів запасних білків, що обумовлює їх різну селекційну цінність. Виділено перспективні генотипи для використання у подальших етапах селекційного процесу.

У результаті гібридизації створено перспективні лінії (Л 99-15, Л 89-15, Л 137-15), де материнським компонентом є зразки полби з колекції НЦГРРУ, для подальшого використання як вихідного матеріалу. На рисунку 4.7 показано

поліморфізм спирторозчинної фракції запасних білків ліній Л 99-15, Л 89-15, Л 137-15. Маркерні компоненти, які характерні саме для полби – триpletні компоненти в гама-зоні спектру із середньою електрофоретичною рухомістю – позначені білими стрілками.

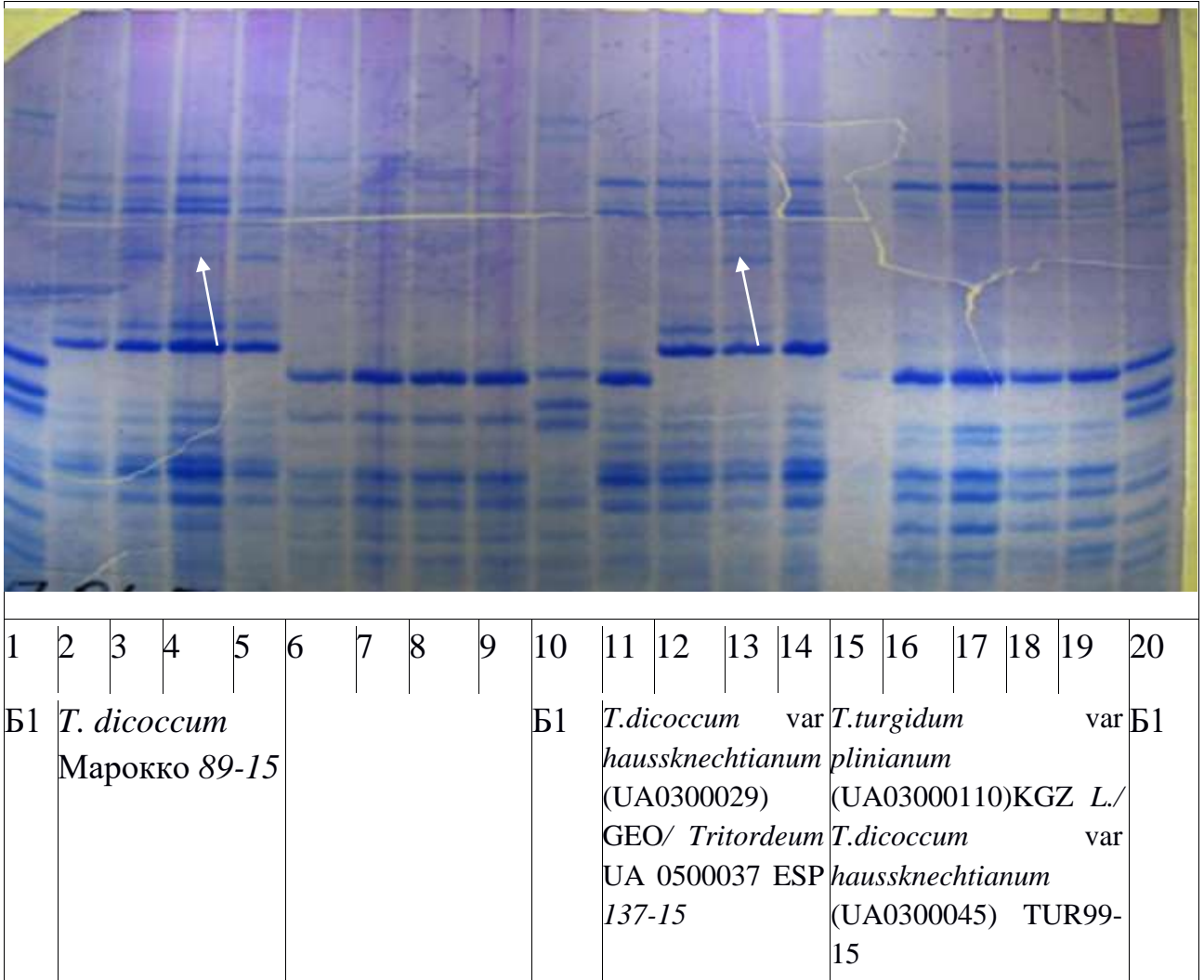


Рис. 4.7 Електрофоретична рухомість та інтенсивність прояву компонентів спектру гліадинів ліній *T. turgidum* L./ *T. dicoccum* 99-15, *T. dicoccum*/ *Tritordeum* 137-15, *T. dicoccum* 89-15

Лінія твердої пшениці *T. turgidum* L. Л 99-15, яка є спонтанним гібридом *T. turgidum* var. *plinianum*/ *T. dicoccum* var. *haussknechtianum*, відрізняється високим вмістом клейковини (24,5%) та добрими хлібопекарськими властивостями (ІДК 110 од.).

Лінія полби Л 137-15, яка є спонтанним гібридом *T. dicoccum* var.

haussknechtianum/ Tritordeum, характеризується підвищеним вмістом каротиноїдних пігментів (4,1 мг/кг).

Лінія полби Л 89-15, яка була створена шляхом добору із зразка *T. dicocum* (Марокко), характеризується ранньостиглістю – на 7–10 діб раніше стандарту, високим вмістом каротиноїдних пігментів (3,5 мг/кг) та високою скловидністю (98%).

Вивчені лінії (Л 99-15, Л 89-15, Л 137-15) подано на реєстрацію в НЦГРРУ: (№№ заявок про реєстрацію в Україні зразків 003870, 003872, 003869 відповідно).

Висновки до розділу 4

У результаті проведених схрещувань створено різноманітний вихідний матеріал, визначено ступінь домінантності, типи взаємодії генів, ступінь гетерозису та успадковуваність ряду морфологічних цінних господарських ознак. Серед гібридів другого покоління виділено групи рослин, які перевищують або поступаються батьківським компонентам за певною ознакою, а також такі, що знаходяться на їх рівні. Виділено комбінації, рослини яких є найбільш цінними за окремими ознаками та їх комплексом. Проведено добір кращих потомств для вивчення на наступних етапах селекції.

1. Середній рівень зав'язуваності в дослідах склав 17,6 %. Рівень зав'язуваності в комбінаціях полба яра/ пшениця тверда яра в середньому склав 14,6 %. Найвищий середній рівень зав'язування був у комбінацій полба озима/пшениця тверда озима (29,4 %), полба яра/ малопоширені тетраплоїдні види пшениці (25,1 %). Зав'язуваність гібридних зерен при схрещуванні пшениці полби озимої з пшеницею твердою озимою підвищується з 1 % до 29,4 % при зближенні термінів цвітіння батьківських компонентів шляхом проведення дуже пізнього посіву пшениці твердої озимої.

2. З урахуванням найвищого ступеню гетерозису за елементами продуктивності та кількістю гетерозисних ознак протягом років досліджень встановлено, що перспективними комбінаціями схрещувань для отримання

високопродуктивних рослин полби озимої є: *T. dicoccum* var. *atratum* USA UA0300214/ Континент, *T. dicoccum* var. *atratum* USA UA0300214/ Шулиндінка, Агат Донской/ *T. dicoccum* var. *atratum* POL UA0300081, а полби ярої – комбінації Голіковська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* 0300066, Романівська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* UA0300066, Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* UA0300480, ЕТН, Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* IR 00173, ЕТН.

3. Установлено селекційну цінність гібридів пшениці полби озимої *T. dicoccum* var. *atratum* з інтенсивними сортами пшениці твердої озимої. Показано, що в цілому найвищу частоту та ступінь трансгресій у F_2 полби озимої з пшеницею твердою озимою відмічено за ознакою маси зерна з колосу (Тч – 53,7 %; Тс – 85,7 %) та озерненості колоса (Тч – 53,4 %; Тс – 57,4 %).

4. Установлено, що для створення вихідного матеріалу полби озимої з високим рівнем прояву ознак продуктивності та органолептичних якостей зерна слід залучати сорти пшениці озимої твердої з масою 1000 зерен не нижче 46 г.

5. Установлено ефективність використання крупнозерної форми *T. durum* var. *falcatomelanopus* для створення зразків полби ярої з високим рівнем прояву продуктивності та склоподібності зерна.

6. Виявлено істотну різницю між коефіцієнтами успадкованості у залежності від вихідних батьківських компонентів. Найбільш надійними ознаками, за якими слід проводити індивідуальні добори у ранніх поколіннях (F_2) гібридів полби з високою ймовірністю успіху в створенні ліній з бажаними ознаками є маса 1000 зерен, довжина колоса, кількість зерен та маса зерна з колоса.

7. Установлено значний вихід зразків з комплексом цінних ознак спостерігався в гібридній комбінації за участі полби озимої – Агат Донской/ UA0300081, для якої характерними є форми з червоним склоподібним та янтарним зерном, висока частка рослин, що перевищують кращий батьківський компонент за масою зерна з колосу (69 %) з високим ступенем трансгресій (85,7 %), за озерненістю (56 %) та масою 1000 зерен (31 %). У рослин

комбінації UA0300214 / Шулиндінка виділено значну частку рослин з червоним склоподібним (86 %) та янтарним (5 %) зерном, що перевищували кращий батьківський компонент за масою 1000 зерен (24 %). У комбінації UA0300214/ Континент виділено низькорослі (≤ 80 см) зразки (27 %) з червоним склоподібним (86 %) та янтарним (5 %) зерном полб'яного типу та високим ступенем позитивних трансресій за кількістю зерен з (39 %) та масою зерна з головного колоса (36 %).

8. Установлено, що значною кількістю рослин з комплексом цінних господарських ознак характеризувались комбінації полби ярої зі спорідненими видами Романівська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus*, SYR та Голіковська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus*, SYR, для яких характерними є зразки зі склоподібним янтарним зерном полб'яного типу, полегшеним обмолотом. У комбінації Романівська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* (SYR) виділено значну частку (79,4 %) рослин з позитивними трансресіями за масою зерна з колоса та 100 % трансресій за кількістю зерен з колоса. Для комбінації Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, ЕТН характерними є зразки з червоним, білим та фіолетовим зерном полб'яного типу, полегшеним обмолотом та значною часткою рослин (40 %), що перевищували кращий батьківський компонент за масою 1000 зерен. Комбінація Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* UA0300480 характеризувалась значною часткою трансресивних рослин за усіма ознаками продуктивності: масою (59,2 %) та кількістю зерен з колосу (77,6 %), масою 1000 зерен (89,8 %). У комбінації Голіковська / *T. persicum* var. *rubiginosum* UA 0300066 частка трансресій була найвищою за ознакою озерненості колоса (41,9 %).

9. Показано, що в цілому найвищу частоту та ступінь трансресій у F_2 полби ярої зі спорідненими видами відмічено за ознакою маси зерна з колоса (Тч – 79 %; Тс – 100,0 %), озерненості колоса (Тч – 100,0 %; Тс – 79,2 %) та М 1000 (Тч – 89,8 %; Тс – 36,5 %). Найвищу частоту трансресій за масою 1000 зерен відмічено у комбінацій полби озимої: UA0300214 / Шулиндінка (22 %) та Агат Донской/ UA0300081 (22,3 %) та полби ярої: Голіковська/ *T. aethiopicum*

var. *densimenelikii* UA0300480 (89,8 %), Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* IR 00173 (40,0 %).

10. Аналіз спектрів гліадинів показав значний поліморфізм вивченої вибірки гібридів пшениці полби озимої за гліадин- локусами, широке різноманіття яких обумовлює різну селекційну цінність зразків. Переважаючими алелями локусу *Gli-A1* є *a* (13%), *n* (13%), *x* (21%) та алель, *km** (17%). З високими частотами зустрічаються три алелі *Gli-B1* *g*, *x*, *h*. Найбільш поширеним алелем локусу *Gli-B1* вивчених зразків є алель *Gli-B1x* (частота –31%). Виділено перспективні генотипи, які несуть генетичний матеріал обох батьківських компонентів, виділяються кольором зерна та продуктивністю колоса, для використання їх на подальших етапах селекційного процесу.

11. За комплексом ознак виділено лінії (Л 99-15, Л 89-15, Л 137-15) та подано на реєстрацію в НЦГРРУ (№№ заявок про реєстрацію в Україні зразків 003870, 003872, 003869 відповідно).

Результати наукових досліджень, наведених у даному розділі, опубліковано в наукових працях:

Vecherska L.A., Boguslavskyi R.L., Relina L.I., Golik O.V. Morphogenesis in early generations of winter emmer / durum winter wheat hybrids. *Генетичні ресурси рослин*. 2019. Вип. 25. С. 71–81. doi: 10.36814/pgr.2019.25.05.

Вечерська Л.А., Реліна Л.І., Діденко С.Ю. Нові напрями селекції пшениці полби звичайної ярої (*Triticum dicoccum* Shrank.) в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Мат. всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф. «Інноваційні шляхи розвитку аграрного виробництва». 8 грудня 2017 р. Херсон, Інститут зрошуваного землеробства. 2017. С. 18.

Вечерська Л.А. Ступінь і частота трансресій за елементами продуктивності у F₂ полба звичайна озима / пшениця тверда озима. Мат. V міжнародної наук.-практ. конф. «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку». Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. С. 21–22.

Вечерська Л.А. Характеристика F₂ гібридів *T. dicoccum* var. *atratum* USA/Шулиндінка за ступенем та частотою трансгресій. Мат. Між народ. наук.-практ. конф., присвяченої 90-річчю з дня народження д. с/г н., проф. Гончарова М.Д «Гончарівські читання». Суми, 2019. С. 25–26.

Вечерська Л.А, Реліна Л.І., Діденко С.Ю. Використання білкових маркерів в селекції пшениці полби звичайної. Мат. всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф., присвяченої 145-річчю від заснування кафедри ботаніки та захисту рослин «Перспективні напрями та інноваційні досягнення аграрної науки». Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2019. С. 139–141.

Козуб Н.О., Созінов І.О., Бідник Г.Я., Созінова О.І., Дем'янова Н.О., Блюм Я.Б., Вечерська Л.А., Богуславський Р.Л. Різноманітність алелів локусів запасних білків у *Triticum dicoccum*. Мат. всеукраїнської наук.-практ. конф. «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі». Умань, 2020. С. 216.

РОЗДІЛ 5

СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛІНІЙ І СІМЕЙ ПОЛБИ ЯРОЇ ТА ОЗИМОЇ ЗА КОМПЛЕКСОМ ГОСПОДАРСЬКИХ ОЗНАК

Здатність полби забезпечувати стаке виробництво в умовах розповсюдження традиційних хвороб, шкідників та екологічних стресів сільськогосподарських культур досить широко висвітлено в науковій літературі [8, 23, 89, 104, 118, 137, 247]. Завдяки високій стійкості проти хвороб полба може вирощуватись із використанням значно меншої кількості пестицидів або взагалі без їх застосування, тобто можливе вирощування нових сортів в органічному землеробстві. Така сировина є дуже привабливою для експорту, перш за все в країни ЄС. Для розширення спектру продуктів харчування із полби перспективним є створення сортів цієї культури хлібопекарського та макаронного напрямів використання. Тому актуальним є вдосконалення селекційного процесу для поєднання в сучасних сортах високих урожайності, адаптивності до стресових умов вирощування, стійкості до хвороб, підвищеного вмісту каротиноїдних пігментів, вітамінів, харчових волокон, покращення якості клейковини в зерні. Для споживача має значення також привабливий вигляд продуктів з полби.

З метою поєднання комплексу цінних господарських ознак в одному генотипі було проведено серію схрещувань пшениці полби з джерелами таких ознак та отримано гібридні популяції, з яких відібрано селекційно цінні лінії. Проведення їх всебічного вивчення за ознаками продуктивності, стійкістю до вилягання, показниками якості зерна дозволило здійснити добори кращих рослин за окремими цінними господарськими ознаками і їх комплексом.

5.1 Цінність ліній полби озимої та сімей полби ярої за врожайним потенціалом та ознаками якості зерна

З гібридних популяцій F_{2-3} пшениці полби озимої протягом 2018 – 2019 рр. проводили добори кращих рослин для випробування у селекційних

розсадниках. Найбільшу їх кількість відібрано з комбінації Агат Донской/ UA0300081, рослини яких отримали високу оцінку за кольором зерна, його виповненістю, вирівняністю, за легкістю вимолоту та міцністю колоса. У 2018 – 2019 рр. в селекційному розсаднику другого року випробовували 799 сімей. У результаті їх всебічних польових та лабораторних оцінок виділено 167 сімей, які аналізували за елементами продуктивності, стійкістю до вилягання, стійкістю до хвороб, склоподібністю, твердозерністю, вмістом білка, каротиноїдів, ЗАОА. Установлено, що за кількістю ліній, цінних за ознакою озерненості колоса, кращою виявилась комбінація *T. dicoccum* UA0300214/ Континент (табл. 5.1). З цієї комбінації виділено 53 % рослин, що перевищували кращий батьківський компонент.

Найбільшу кількість рослин, що перевищували кращий батьківський компонент за масою 1000 зерен, було відібрано в комбінаціях *T. dicoccum* UA0300214/ Шулиндінка (22 %) та Агат Донской/ *T. dicoccum* UA 0300081 (22 %). У комбінації UA0300214 / Континент таких рослин виявлено 6 %.

Таблиця 5.1.

Результати оцінки сімей гібридів пшениці полби озимої з пшеницею твердою озимою за елементами продуктивності, 2018 – 2019 рр.

Комбінація схрещування	Оцінено сімей, шт	Виділено ліній, %, за ознакою		
		кількість зерен з колоса	маса зерна з колоса	маса 1000 зерен
<i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i> UA0300214/ Континент	208	53	40	6
<i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i> UA0300214/ Шулиндінка	279	22	19	22
Агат Донской/ <i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i> UA0300081	312	27	54	22

Найвищою часткою рослин з підвищеною масою зерна з колоса характеризувались комбінації Агат Донской/ UA0300081 (54 %) і UA0300214 /

Континент (40 %). Частка таких рослин у комбінації UA0300214/ Шулиндінка складала 19 %.

У результаті вивчення створеного матеріалу протягом 2019, 2020 років виділено кращі сім'ї, які за комплексом ознак перевищували стандарт та еталон (табл. 5.2).

За висотою рослин отримано широке різноманіття, розмах мінливості становив 85 – 160 см. Відібрано високорослі форми (120 – 160 см), що мали стійкість до вилягання на рівні 7 – 9 балів (сім'ї 5-5-20, 14-1-20, 14-2-20, 17-1-20, 18-1-20, 20-7-20, 25-9-20, 27-9-20, 28-3-20, 28-1-20).

Виділено зразки, що перевищували стандарт та еталон за кількістю продуктивних пагонів (сім'ї 5-5-20, 22-20) з коефіцієнтом куціння 2,3 проти 2,0 у стандарту та еталону.

Маса зерна з головного колоса є одним з найважливіших показників, вона позитивно корелює з урожайністю та успішно використовується багатьма селекціонерами для добору високопродуктивних генотипів на початкових етапах селекційного процесу. За цим показником виділились лінії 2-3-20, 4-20-20, 5-5-20, 14-1-20, 14-2-20, 17-1-20, 18-1-20, 20-7-20, 22-20, у яких відмічено тенденцію до перевищення стандарту та еталону. Лінія 25-9-20, яку відібрано з комбінації Агат Донской/ UA0300081 за ознакою маса зерна з колоса, істотно перевищувала стандарт (3,11 г проти 1,5 г) (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Характеристика кращих створених ліній полби озимої за ознаками продуктивності та стійкістю до вилягання. 2019 – 2020 рр.

Стандарт, еталон, лінія	Продуктивна куцистість, шт	Висота рослини, см	Маса зерна з основного колоса, г	Кількість зерен з колоса, шт.	Стійкість до вилягання, бал
1	2	3	4	5	6
Шулиндінка st	2	74	1,50	31	9
Голіковська еталон	2	93	1,31	35	9

<i>Продовження табл. 5.2</i>					
1	2	3	4	5	6
UA0300214/ Континент					
2-2-20	2,1	90	1,54	33	9
2-3-20	2	90	1,73	37	9
4-20-20	2,1	95	2,33	45	9
5-5-20	2,3	150	1,96	40	7
14-1-20	2	145	2,47	44	7
14-2-20	2	120	2,51	48	9
UA0300214/ Шулиндінка					
17-1-20	2,1	155	2,49	50	7
18-1-20	2,1	160	2,02	43	9
20-7-20	2,2	160	2,07	41	9
20-10-20	2,0	85	1,42	41	9
21-1-20	2,1	85	2,1	51	9
22-20	2,3	120	2,49	46	9
Агат Донской/ UA0300081					
25-9-20	1,6	160	3,11	56	7
26-9-20	1,8	82	1,9	43	9
27-9-20	1,6	145	2,33	47	9
28-3-20	2	140	2,26	42	7
28-1-20	2	160	2,12	40	7
НІР _{0,05}	-	6,14	0,24	4,63	-

За кількістю зерен з головного колоса в кожній комбінації виділено лінії, що суттєво перевищували стандарт. Такими були лінії 4-20-20, 14-1-20, 14-2-20, 17-1-20, 21-1-20, 22-20, 25-9-20, 27-9-20.

Створені лінії істотно відрізнялись за крупністю зерна. Діапазон прояву маси 1000 зерен у вивчених зразків становив 34,6 – 56,1 г (табл. 5.3). Виділено лінії, що мали стійку тенденцію до перевищення стандарту та еталону: 4-20-20, 5-5-20, 14-1-20, 14-2-20, 17-1-20, 20-7-20, 22-20, 25-9-20, 27-9-20, 28-3-20, 28-1-20.

У результаті вивчення селекційного матеріалу виділено лінії з порівняно низьким рівнем плівчастості 14-1-20 (13 %), 14-2-20 (12 %), 18-1-20 (11 %), і

були кращими порівняно з сортом еталоном Голіковська. У лінії 25-9-20 плівчастість була на рівні сорту стандарту Шулиндінка (2 %) (табл. 5.3).

Склоподібність є однією з класоутворюючих характеристик для зерна пшениці твердої. За ДСТУ [285] даний показник для пшениці 1 класу має становити не менше ніж 70 %. Погодні умови 2020 р. в період збирання урожаю (рясні дощі) обумовили гідроліз крохмалю, що знизило склоподібність. Це дало можливість диференціювати одержаний матеріал за цією ознакою і виділити більш стійкі генотипи. Нами відібрано лінії з рівнем склоподібності не нижче 70 %: 5-5-20, 14-1-20, 14-2-20, 18-1-20, 20-10-20, 21-1-20, 22-20, 25-9-20, 27-9-20, 28-3-20. А у лінії 20-7-20 цей показник становив 93 % (табл. 5.3).

Вміст каротиноїдних пігментів є одним з основних елементів, що визначає якість зерна. Однак, за літературними даними, пшениця полба характеризується невисоким його вмістом. У результаті вивчення селекційного матеріалу встановлено діапазон прояву вмісту каротиноїдних пігментів від 0,20 мг/кг у лінії 5-5-20 до 3,07 мг/кг у лінії 20-10-20. Лінії 18-1-20, 20-7-20, 21-1-20, 22-20, 26-9-20, 28-3-20 мали істотно вищий вміст каротиноїдних пігментів у порівнянні зі стандартом та еталоном.

За вмістом білка кращими виявились лінії: 5-5-20 (15,3 %), 14-1-20 (14,5 %), 17-1-20 (16,6 %), 25-9-20 (16,9 %), 26-9-20 (15,5 %), 28-3-20 (15,5 %), 28-1-20 (15,1 %), які істотно перевищували сорт стандарт Шулиндінка (12,4 %) та сорт еталон Голіковська (13,3 %).

Таблиця 5.3

Характеристика кращих ліній F₄ полби озимої за ознаками якості зерна. 2019 – 2020 рр.

Лінія	Маса 1000 зерен, г	Плівчастість, %	Склоподібність, %	Твердозерність, Н	Вміст каротиноїдів, мг/кг	Вміст білка, %	АОА, екв. CGAE / г насіння
1	2	3	4	5	6	7	8
Шулиндінка st	45,8	0	44	195	0,99	12,4	239,9
Голіковська еталон	36,4	18	56	198	0,86	13,3	569,1
UA0300214 / Континент							
2-2-20	47,9	25	57	204	1,30	11,1	18,9
2-3-20	46,8	22	56	204	1,30	11,4	17,3
4-20-20	51,8	28	48	200	0,62	12,7	18,0
5-5-20	49	68	74	254	0,20	15,3	370,2
14-1-20	56,1	13	79	217	1,61	14,5	333,1
14-2-20	52,8	12	75	218	1,56	13,6	710,5
UA0300214 / Шулиндінка							
17-1-20	49,8	18	68	221	1,30	16,6	280,3

<i>Продовження табл. 5.3</i>							
1	2	3	4	5	6	7	8
18-1-20	47,0	11	81	223	2,29	14,0	37,0
20-7-20	50,5	26	93	225	2,81	14,4	481,2
20-10-20	34,6	45	78	260	3,07	13,4	313,1
21-1-20	41,2	18	72	240	1,98	13,7	18,2
22-20	54,1	35	86	247	2,29	14,7	40,9
Агат донской/ UA0300081							
25-9-20	55,5	2	85	198	1,51	16,9	41,1
26-9-20	44,2	28	58	215	3,02	15,5	41,3
27-9-20	49,6	68	76	254	1,77	14,1	32,8
28-3-20	53,8	62	76	250	1,98	15,5	46,2
28-1-20	53,0	75	54	263	1,77	15,1	30,0
HIP _{0,05}	3,9	-	1,95	13,2	0,38	1,81	15,4

За комплексом ознак (продуктивність, низька плівчастість, висока склоподібність, високий вміст білка та каротиноїдних пігментів) виділено лінії 17-1-20, 18-1-20, 21-1-20, 22-20, 25-9-20, 27-9-20 (рис. 5.1). Вони надалі будуть випробовуватись у контрольному розсаднику та попередньому сортовипробуванні. Оцінка селекційної цінності отриманих ліній за рівнем прояву та стабільністю цінних господарських ознак дала можливість зосередити зусилля на найбільш перспективному матеріалі і таким чином підвищити ефективність селекції.



Рисунок 5.1 Колос і вимолочене зерно ліній полби озимої а) 25-9-20, відібраної з комбінації Агат донской/ UA0300081, б) 14-2-20, відібраної з комбінації UA0300214/ Континент). 2020 р.

У результаті оцінки сімей пшениці полби ярої за елементами продуктивності найбільшу кількість сімей відібрано з комбінацій Романівська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus*, Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*, Голіковська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* (табл. 5.4). За ознакою озерненості у

комбінації Романівська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* відібрано 100 % сімей. За масою 1000 зерен найвищу кількість сімей, що перевищували кращий батьківський компонент, відібрано з комбінацій Голіковська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* (82 %) та Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* (90 %).

Таблиця 5.4.

**Цінність сімей пшениці полби ярої за елементами продуктивності
залежно від комбінації, 2018 – 2019 рр.**

Комбінація схрещування	Оцінено сімей, шт	Кількість зерен з колоса	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
		Виділено сімей, %		
Голіковська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR 00137, SYR	65	8	40	82
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137, SYR	34	100	79	41
Голіковська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	43	42	30	28
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	37	24	22	5
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480	49	59	78	90
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173	20	5	25	40

За масою зерна з основного колоса у F₃ отримано широке різноманіття від 1,39 г у Романівська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* до 2,56 г у Романівська/ *T. durum* var. *falcatomelanopus* (табл. 5.5). За кількістю зерен кращими були сім'ї з комбінацій Голіковська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* (47) та Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* (47). Усі вивчені сім'ї були стійкими до вилягання (8 – 9 балів).

Вивчення отриманих сімей дозволило виділити кращі за крупністю зерна. Кращими були сім'ї, де як батьківський компонент було використано зразок

T. durum var. *falcatomelanopus* (табл. 5.6), що значно перевищує стандарт сорт Голіковська (36 г) [263].

Таблиця 5.5

Характеристика кращих створених сімей F₃ пшениці полби ярої за ознаками продуктивності і стійкості до вилягання 2018–2019 рр.

Лінія	Кількість продуктивних пагонів, шт	Висота рослин, см	Маса зерна з основного колоса, г	Кількість зерен в колосі, шт.	Стійкість до вилягання, бал
Голіковська стандарт	2	93	1,3	35	9
Голіковська / <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	1,6	90	1,63	26	9
Романівська / <i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i> IR00137 SYR	2,1	95	2,56	43	9
Голіковська / <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> 0300066	1,4	100	2,26	47	8
Романівська / <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> 0300066	1,6	103	1,39	29	9
Голіковська / <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA 0300480	1,7	102	1,6	38	9
Романівська / <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173	1,7	88	2,36	47	9
НІР _{0,05}	-	5,0	0,21	3,5	-

Показник склоподібності зерна гібридних популяцій з *T.durum* var. *falcatamelanopus* становив 89–94 %, тоді як у сорту Голіковська 56 %, Романівська 54 %, а у *T.durum* var. *falcatamelanopus* – 86 %, що свідчить про можливість отримання гібридів із підвищеними круп'яними та макаронними властивостями. Таким чином, встановлено, що зразок *T. durum* var. *falcatomelanopus* можна використовувати як потенційний донор ознаки крупності та склоподібності зерна для полби.

Високими показниками склоподібності потомства характеризувались також комбінації з *T. aethiopicum* – Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* (82 %) і Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* (78 %).

За вмістом каротиноїдних пігментів серед вивченого матеріалу найвищими показниками характеризувались потомства комбінацій з *T. durum* var. *falcatamelanopus* (1,46 – 1,77 мг/кг).

Таблиця 5.6

Характеристика кращих сімей F₃ пшениці полби ярої за ознаками якості зерна. 2018–2019 рр.

Лінія	М1000 зерен	Плівчастість, %	Склоподібність, %	Вміст каротиноїдів, мг/кг	Вміст білка, %	АОА, екв. СГАЕ мг/ г насіння
Голіковська стандарт	36,3	18	56	1,35	13,7	264,5
Романівська	42,0	8	54	1,25	11,7	238,3
Голіковська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatamelanopus</i> IR00137, SYR	62,7	13	94	1,77	14,5	267,4
Романівська/ <i>T. durum</i> var. <i>falcatamelanopus</i> IR00137, SYR	59,5	15	89	1,46	16,3	158,0
Голіковська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	48,1	18	62	1,32	16,3	-
Романівська/ <i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA0300066	47,9	21	57	1,16	18,1	-
Голіковська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA0300480	42,1	44	82	1,25	18,6	196,0
Романівська/ <i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173	50,2	52	78	1,25	17,3	262,3
НІР _{0,05}	4,1	–	1,9	0,38	1,81	14,4

Більшість комбінацій мали високий вміст білка. Найвищий вміст білка було відмічено у сімей комбінацій Голіковська/ *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* (18,6 %), Романівська/ *T. persicum* var. *rubiginosum* (18,1 %), Романівська/ *T. aethiopicum* var. *densarraseita* (17,3 %), що перевищує батьківські компоненти Романівська (11,7 %), Голіковська (13,3 %),

T. aethiopicum var. *densarraseita* (13,7 %), *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* (13,8 %), *T. persicum* var. *rubiginosum* (17,6 %). Таким чином, зразки *T. aethiopicum* var. *densarraseita* (13,7 %), *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* (13,8 %), *T. persicum* var. *rubiginosum* (17,6 %) є джерелами високого вмісту білка.

5.2 Вміст каротиноїдів в зерні ліній полби ярої КСВ

За результатами аналізу встановлено, що діапазон мінливості за вмістом каротиноїдних пігментів у зерні ліній полби ярої КСВ склав від 0,55 мг/кг до 2,98 мг/кг. Найвищий вміст каротиноїдів за трирічними даними відмічено в ліній 10-79, 10-55, 10-56, 10-65, 10-80 та 12-126, які мали значення від 1,11 до 2,98 мг/кг та достовірно ($p < 0,05$) перевищували за цим показником стандарт.

На колір борошна впливає вміст каротиноїдів ендосперму, саме вони надають борошну приємного кремового забарвлення. Високоякісні яскраво-жовті макарони виготовляють з зерна, що містить $\geq 5,5$ мг/кг каротиноїдів [1]. У таблиці 5.7 наведено дані оцінки кольору борошна. Найвищі бали отримали лінії 10-79, 10-55, 10-56, 10-65, 10-80, 12-126 та 10-139. Сорт Романівська та лінія 11-29 не перевищували стандарт за показником кольору борошна, а за показником вмісту каротиноїдних пігментів були нижчими.

Таблиця 5.7.

Вміст каротиноїдів і колір борошна ліній полби

Сорт, лінія	Вміст каротиноїдів, мг/кг				Колір борошна, бал			
	2015 р.	2016 р.	2017 р.	середнє	2015 р.	2016 р.	2017 р.	середнє
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Голіковська, st	0,41	1,56	0,62	0,86	7,0	7,0	7,0	7,0
10-79	2,39	3,54	3,02	2,98	8,0	9,0	9,0	8,6
10-139	0,73	1,66	0,94	1,11	8,0	7,0	8,0	7,6
12-126	1,14	2,60	1,87	1,87	7,0	8,0	8,0	7,6
10-55	1,87	2,91	2,60	2,46	8,0	8,0	9,0	8,3
10-56	2,29	3,43	3,02	2,91	9,0	8,0	9,0	8,6
10-65	2,29	3,43	2,70	2,81	9,0	9,0	9,0	9,0
10-80	2,29	3,12	1,87	2,43	9,0	8,0	9,0	8,6
11-29	0,21	1,25	0,42	0,63	7,0	6,0	7,0	6,7

<i>Продовження табл. 5.7</i>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Романівська	0,31	0,73	0,62	0,55	7,0	7,0	7,0	7,0
НІР _{0,05}	-	-	-	0,39	-	-	-	-

На рис. 5.2 зображені діаграми частот, на яких усі вибірки зразків полби розбито на 10 класів за рівнем вмісту каротиноїдних пігментів. Аналіз таблиць частот свідчить про те, що впродовж 2015 – 2017 рр. не спостерігається зсуву загальної вибірки в сторону підвищення вмісту каротиноїдів. Це можна пояснити тим, що добір проводиться не лише за вмістом каротиноїдів, а за цілим комплексом ознак, серед яких вирішальними були врожайність та макаронні властивості. Разом з тим, кращі за цією ознакою лінії 10-56, 10-65 та 10-79 будуть використані в розсаднику схрещувань для підвищення в селекційному матеріалі полби вмісту каротиноїдних пігментів.

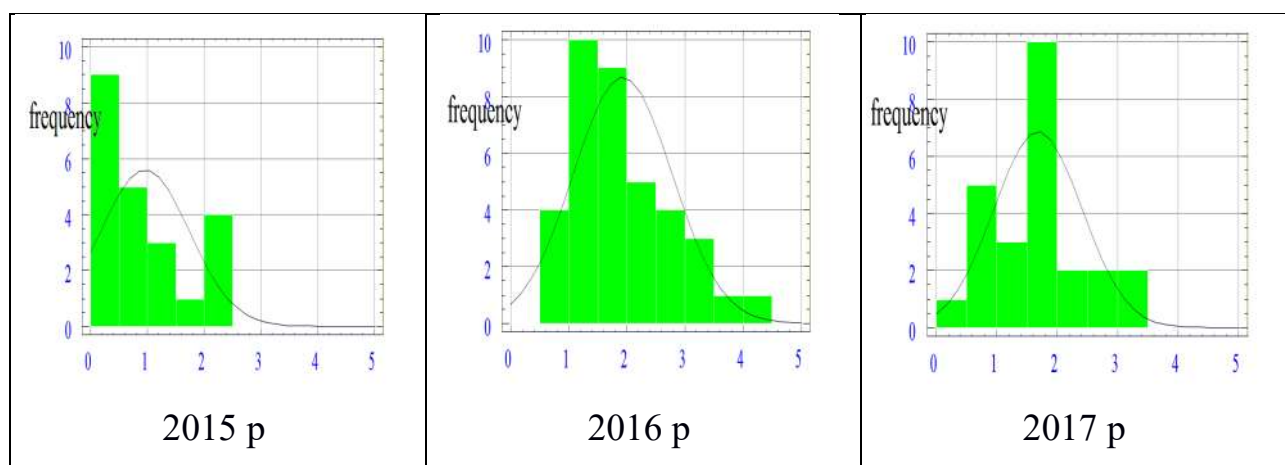


Рис. 5.2 Діаграми частот рівнів вмісту каротиноїдних пігментів в зерні ліній полби

На рис. 5.3 представлено діаграми розмаху з поміченими медіанами для вмісту каротиноїдних пігментів у зерні восьми зразків, які було відібрано за комплексом ознак для подальшого дослідження і використання в селекційному процесі.

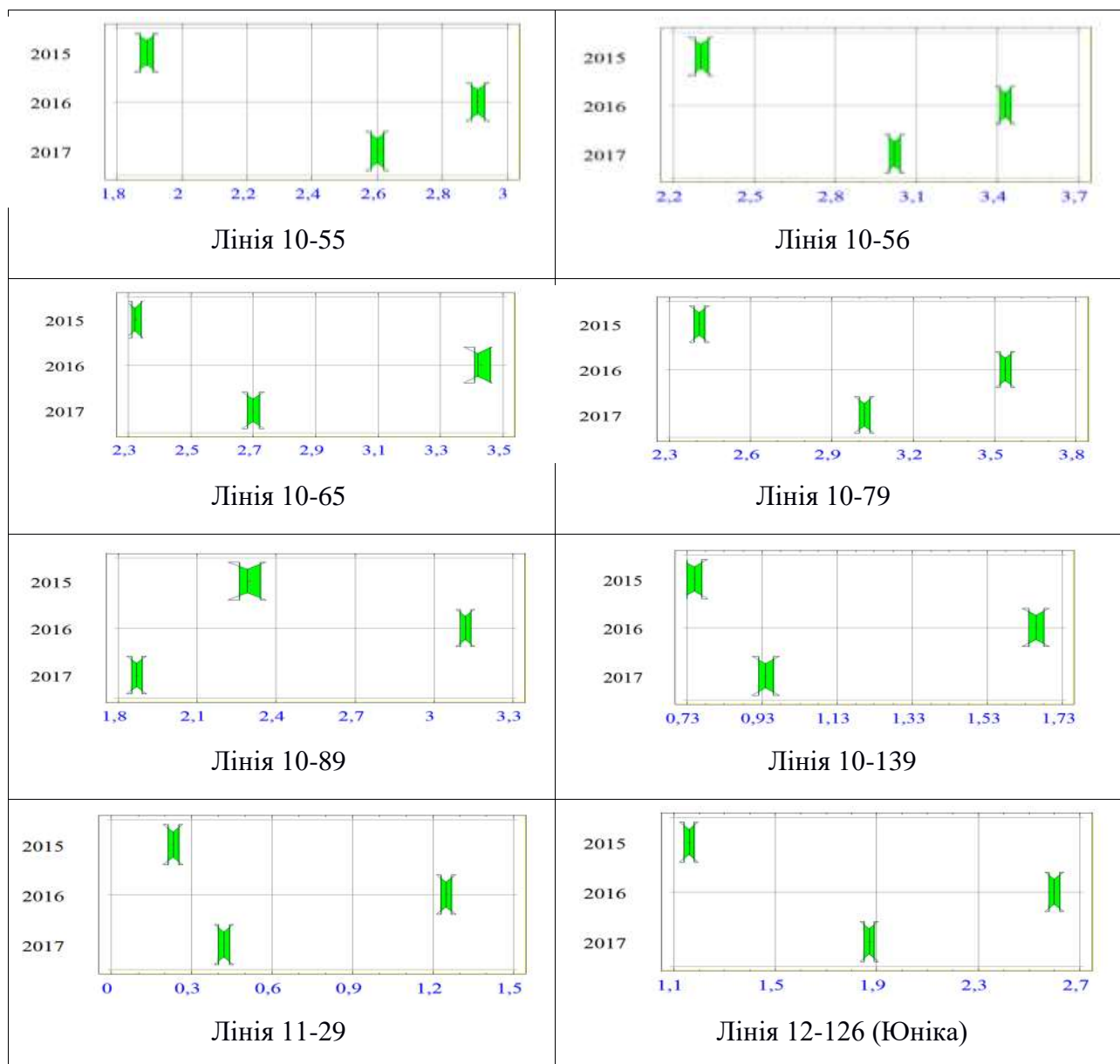


Рис. 5.3 Діаграми розмаху вмісту каротиноїдних пігментів в зерні полби, 2015 – 2017 рр.

Аналіз діаграм вказує на те, що вміст каротиноїдних пігментів в усіх лініях достовірно відрізнявся за роками, оскільки ця біохімічна ознака залежить від погодних умов. Протестовані зразки є пластичними за цією ознакою. При цьому досить чітко простежується закономірність, що найбільш сприятливим роком для накопичення каротиноїдів був 2016 р., коли середня температура повітря була найвищою (23,2°C), а кількість опадів була найнижчою протягом фази «налив зерна», а найбільш несприятливим – 2015 р.

Таким чином, погодні умови з високими температурами та низькою кількістю опадів сприяють накопиченню каротиноїдів. Подібні результати отримано чеськими дослідниками [161], які повідомили, що 10 з 14 випробуваних сортів мали підвищений вміст каротиноїдів в умовах високої температури та малої кількості опадів. Проміжне положення займає 2017 р. Виключенням виявилася лінія 10-80, для якої 2017 р. був найбільш несприятливим, а 2016 р. займав проміжне положення. За допомогою двофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що внесок генотипу у формування даної ознаки становив 80 %, а умов вирощування – 17 %.

Аналіз родоводів селекційних ліній полби КСВ із найвищим вмістом каротиноїдних пігментів в зерні показав, що батьківським компонентом у всіх випадках були лінії пшениці твердої ярої із вмістом каротиноїдів не нижче 3,7 мг/кг. І навпаки, у переважній кількості селекційних ліній із низьким вмістом каротиноїдів (лінії 10-139, 11-29 та сорт Романівська) батьківським компонентом були лінії полби.

Таким чином встановлено особливості добору батьківських форм для створення вихідного матеріалу полби із максимальною кількістю каротиноїдних пігментів.

5.3 Макаронні властивості ліній полби ярої КСВ

За результатами повного макаронного аналізу протягом 2015 – 2017 рр. 68 зразків пшениці полби виділено кращі за цією ознакою лінії (додаток Ж). Встановлено, що загальна оцінка макаронних властивостей стандарту сорту Голіковська – 5 балів. За цією ознакою перевищували стандарт 15 ліній (12-3, 12-5, 12-22, 12-27, 12-48, 12-122, 12-123, 12-128, 12-145, 12-154, 12-158, 13-21, 13-23, 13-29, 13-47).

Однією із найважливіших складових технологічних властивостей макаронів є їх розварюваність за об'ємом і масою та втрати сухої речовини. Об'єм сухого залишку в середньому за роки досліджень варіював від $0,11 \pm 0,01$ г у лінії 13-21 до $0,23 \pm 0,01$ гу сорту Романівська. Низькими втратами

сухого залишку також характеризувались лінії 12-5 ($0,14 \pm 0,02$ г), 12-145 ($0,14 \pm 0,01$ г), 13-23 ($0,15 \pm 0,01$ г), 12-3 ($0,15 \pm 0,01$ г), 12-48 ($0,15 \pm 0,01$ г), 12-123 ($0,15 \pm 0,01$ г), 12-128 ($0,15 \pm 0,01$ г) та 12-154 ($0,15 \pm 0,01$ г) та достовірно ($p < 0,05$) відрізнялись від стандарту Голіковська [273]. Ці лінії отримали найвищий бал за цим показником.

Лінія 13-21 отримала найвищі бали (9) за показником розварюваності за об'ємом та масою. Високими балами також характеризувались лінії 12-3, 12-5, 12-22, 12-48, 12-123, 12-128, 12-145, 12-154, 12-158, 13-23, 13-29 та 13-47. В результаті оцінки кольору сухих макаронів виділено лінії 13-21, 13-23, 12-123, 12-128, 12-145, 12-154, 12-3, 12-5 а також лінія 12-126, які отримали найвищий бал.

В результаті аналізу отриманих даних (додаток Ж) встановлено, що найбільш придатними для виробництва макаронних виробів є лінії 10-55, 10-56, 10-65, 10-80, 11-29, 13-21, 13-23, 12-128, 12-123, 12-3, 12-5, 12-22 та 12-126, які достовірно ($p < 0,05$) перевищують стандарт. Саме вони відібрані для гібридизації на покращення макаронних властивостей селекційного матеріалу полби.

На основі проведених досліджень виділено лінії 10-79 і 10-80, що перевищують стандарт за макаронними властивостями на 1,8 і 1,7 балів відповідно у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками та включені до Національного генбанку рослин України під номерами Національного каталогу UA0300555 і UA0300597 відповідно (додаток Г, Д).

За комплексом ознак було виділено лінію 12-126 (табл. 5.8), яку під назвою Юніка було передано на кваліфікаційну експертизу (додаток А).

Сорт створено шляхом вільного запилення селекційної лінії пшениці твердої 09-936т, лісостепоного екотипу, з середньою врожайністю 3,7 т/га та потенційною 4,6 т/га.

Має переваги перед стандартом за вмістом каротиноїдних пігментів 1,87 мг/100 г ($+1,01$ мг/100 г), загальною макаронною оцінкою 5,6 балів ($+1,5$ бали).

У 2020 р. сорт було внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні для зони Лісостепу (додаток Б).

Таблиця 5.8

Характеристика нового сорту полби Юніка, 2015 – 2017 рр.

Показник	Сорт Юніка	Відхилення від стандарту Голіковська
Врожайність зерна, т/га	3,7	+0,4
НІР _{0,05}	0,31	-
Вегетаційний період, діб	107	-2
Висота рослини, см	88	+22
Маса 1000 зерен, г	43,7	+6,0
Загальна оцінка макаронних властивостей, бали	5,6	+1,3
Вміст каротиноїдних пігментів, мг/100г	1,87	+1,5

За результатами вивчення у конкурсному сортовипробуванні протягом 2017 – 2019 рр. за комплексом ознак було виділено лінію лісостепоного екотипу 11-29 (табл. 5.9), яку під назвою Антарес у 2019 р. було передано на кваліфікаційну експертизу (додаток В).

Таблиця 5.9

Характеристика нового сорту полби Антарес, 2017–2019 рр.

Показник	Сорт Антарес	Відхилення від стандарту Голіковська
1	2	3
Врожайність зерна, т/га	3,5	+ 0,3
НІР _(0,05)	0,28	-
Вегетаційний період, діб	107	+ 2
Висота рослини, см	98	+ 11

<i>Продовження табл. 5.9</i>		
1	2	3
Маса 1000 зерен, г	40,7	+ 3,0
Загальна оцінка хлібопекарських властивостей, бали	6,7	+ 1,3
Сила борошна, о.а.	480	+ 61

Лінія характеризується поєднанням хорошої врожайності, стійкості до збудників хвороб, високих хлібопекарських властивостей. Зокрема, ця лінія характеризується середньою врожайністю 3,5 т/га та потенційною 4,3 т/га. Має переваги перед стандартом за загальною хлібопекарською оцінкою 6,7 балів (+ 1,3 бали), силою борошна 480 о.а. (+ 61 о.а.). Сорт створено шляхом вільного запилення селекційної лінії пшениці твердої 09-936т.

5.4 Розробка способу експрес-оцінки кольору борошна й макаронів, вироблених із пшениці різних видів

Колір борошна – це параметр, який впливає на якість кінцевого продукту, визначається за допомогою спеціальних приладів [212, 248]. Одним з найпоширеніших серед них є рефлектометр, що вимірює відбивну здатність борошна [188]. Крім того, зараз використовуються портативні спектрофотометри [190], що працюють на основі “кольорових просторів” XYZ, Yxz, CIE LAB, CIE LUV, LCh та LAB&WI&YI. В цих “кольорових просторах” колір досліджуваних об’єктів вимірюється без впливу людського чинника, що відповідає нормативам Американського товариства з випробувань та матеріалів (American Society for Testing and Materials), Науково-дослідницької асоціації з борошномельного виробництва та випічки (Flour Milling and Baking Research Association) та ін. (ASTM E313, ASTM D1925, AATCC, Hunter, CIE/ISO, YI, FMBRA) [6]. У таких приладах вимірюється внесок червоного, зеленого та синього компонентів видимого спектру у колір досліджуваних зразків. Колірна модель L^*a^*b має три параметри визначення кольору – яскравість (*Lightness*)

(L^*), який має значення від чорного (0) до яскравого (100); a^* – показує співвідношення червоної та зеленої складових кольору, де позитивні значення a^* означають «червоний», негативні – «зелений». Третім параметром визначення кольору є b^* , який вказує на співвідношення між зеленим і синім складниками кольору. Позитивні значення b^* означають «жовтий», а негативні – «синій» [39]. Аналогічний підхід було використано при розробці методу оцінки кольору, що не залежить від пристрою та може бути легко відкалібрований до будь-якої діючої системи комп'ютерного зору [92]. При цьому L^* корелює з вмістом золи в борошні, а b^* - з вмістом жовтих пігментів. Індекс кольору борошна ($L^* - b^*$) корелює з обома параметрами [44]. У вимірювачі Agtron Color Meter (Coffeetec, USA) джерело світла підсвічує досліджуваний зразок борошна, світло, відбите від поверхні, вимірюється спектрально на трьох довжинах хвиль – 436, 546 та 640 нм (синій, зелений та червоний кольори відповідно). Слід зазначити, використання таких підходів потребує досить вартісного обладнання. Водночас спрощена візуальна оцінка згідно з [303] дуже залежить від освітлення в приміщенні. Крім того, на цю оцінку істотно впливає суб'єктивний компонент дослідника (зір, сприйняття кольору). Отже, актуальним є розроблення методу оцінювання кольору борошна й макаронів зразків пшениці з використанням доступного обладнання.

Матеріалом для досліджень було зерно пшениці врожаю 2018 – 2020 рр. Використовували сорти селекції IP ім. В.Я. Юр'єва НААН Спадщина (*T. durum*), Голіковська, Романівська (*T. dicoccum*), 23 перспективних селекційних лінії (*T. dicoccum*), зразки *T. durum* var. *falcatomelanopus*, IR00137, SYR, *T. timopheevii*, UA 0300107, GEO, *T. dicoccum* var. *atratum*, UA0300081, POL, *T. dicoccum* var. *atratum*, UA0300214, USA.

Для оцінки кольору борошна використовували планшет плоскодонний на 96 лунок. Для оцінки кольору макаронів використовували плаский шматок тіста, виготовлений за методикою тестування якості макаронів [303] (рис. 5.4).

насичений колір указує на вищий уміст каротиноїдних пігментів. Через відсутність спеціального обладнання такі оцінки, зазвичай, проводять візуально. Оцінки, виставлені різними дослідниками, дуже різняться, що було підтверджено отриманими нами результатами (табл. 5.10). У таблиці наведено середні значення результатів досліджень, проведених протягом 2018 – 2020 рр. Візуальна оцінка кольору дуже відрізняється ($HP_{0,05} = 0,2$) залежно від суб'єкта дослідження.

Водночас використання способу експрес-оцінки кольору зразків борошна й макаронів у програмі Adobe PhotoShop® із системою оцінки кольору $L^*a^*b^*$, що застосовується в сучасних у рефлектометрах, дає змогу отримувати дані у вигляді числового значення. Такі дані є найбільш цінними для показника b^* , який вказує на вміст жовтих пігментів та дає змогу відібрати найкращі зразки з точним відтворенням результатів досліду. Розроблений спосіб забезпечує високу точність та може використовуватись для оцінки кольору будь-якої сільськогосподарської продукції (зерно, крупа, борошно, макарони, хліб тощо). Використання єдиного кольорового простору дає можливість спростити оцінку та порівняння кольору досліджуваних зразків, а також стандартизувати параметри сільськогосподарської продукції й уникнути суб'єктивного компоненту.

У результаті застосування способу експрес-оцінки кольору борошна й тіста в програмі Adobe PhotoShop® встановлено кореляцію між умістом каротиноїдів та показником b^* борошна ($r = 0,41 / \leq 0,05$) і макаронів ($r = 0,60 / p \leq 0,001$).

Слабкий (для борошна) та середній (для макаронів) рівень кореляції можна пояснити тим, що на колір борошна впливає вміст не тільки жовтих пігментів, але й червоних і помаранчевих, які також належать до каротиноїдів. Крім того, на колір макаронів можуть впливати забарвлені продукти реакцій окислення поліфенолів зерна пшениці під впливом поліфенолоксидаз [329].

Таблиця 5.10

Колір борошна та макаронів із зерна пшениці полби ярої та озимої, урожай 2017-2019рр.

Зразок	Борошно						Макарони						Вміст каротиноїдів, мг/кг
	Колір за оцінкою в програмі Adobe PhotoShop®, середнє 5-6 вимірювань			Колір за візуальною оцінкою, бали			Колір за оцінкою в програмі Adobe PhotoShop®, середнє 5-6 вимірювань			Колір за візуальною оцінкою, бали			
	L*	a	b*	Дослідник 1	Дослідник 2	Дослідник 3	L*	a	b*	Дослідник 1	Дослідник 2	Дослідник 3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Голіковська	78	1,6	10	5	7	5	73,6	4	11,2	5	3	5	1,35
Романівська	72,2	2,8	9	5	5	5	56,4	5,8	13,8	1	1	1	1,14
Спадщина	75,6	2,2	10,4	9	7	9	65,6	3,6	14,6	7	5	7	2,29
10—56	76,6	1,4	12,4	9	5	6	72,8	7,3	24,7	7	5	7	2,6
10—65	75,2	1	13,2	9	7	7	64,7	9,7	31,2	9	6	8	2,6
10—79	75	1,8	11,4	9	7	7	66,0	9,8	24,0	5	6	6	2,5
10—139	75,4	1,6	9,2	5	7	6	75,2	8,0	20,5	5	7	5	1,35
11—29	75,2	2,2	9,4	5	5	6	64,0	9,2	29,2	5	7	5	1,04
12—3	78	1	10,6	8	7	6	73,3	7,2	27,0	6	5	7	2,29
12—5	79	1	10	8	7	8	67,7	5,5	18,8	7	7	7	2,29
12—22	76,6	1,4	10,2	8	5	7	67,2	9,7	21,2	5	5	3	2,29
12—27	76,2	1,8	11,2	7	5	5	77,3	7,8	19,5	7	7	5	2,08
12—48	75,6	1,8	9	7	5	5	77,2	7,7	20,8	7	8	7	1,56
12—122	76,8	0,8	9,4	7	7	8	72,3	8,8	21,0	6	7	5	2,08
12—123	76,4	1	9,2	7	5	7	77,2	7,8	21,5	5	5	5	2,29
12—126	77	1,4	9,8	5	5	5	63,8	4,3	20,5	5	8	5	2,29
12—128	76	1,6	11,4	5	4	5	63,8	4	18,2	7	7	7	2,29
12—145	75,8	1,4	9,4	5	4	5	72,2	2,8	14,6	5	7	5	1,46
12—154	76	2,2	10	7	6	7	68,4	4	15,4	5	7	5	1,56
13—21	79,6	1	9,4	5	3	5	70,4	3	15	3	5	3	2,29

Продовження табл. 5.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
13—23	76,2	1,2	10	7	7	8	72,2	2,8	14,4	5	7	4	2,29
13—29	76,2	1	9,4	7	6	5	75	3,6	16,6	5	5	4	2,39
13—47	77	1,2	10,4	7	5	5	74,8	2,2	15,6	7	5	5	1,77
14—4	75,6	1,4	10,8	7	6	5	55,4	5,4	18,4	5	7	5	2,08
14—40	75	1,6	10	7	7	7	58,4	4,8	17	5	5	5	1,66
14—153	76	1	13	7	7	7	58,4	6,4	19,6	6	7	7	2,60
<i>T. durum</i> var. <i>falcatomelan</i> <i>opus</i>	74,2	1,8	12,8	9	9	9	53,2	6,8	19,8	9	9	9	
<i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i> POL	74,4	1,8	8,6	5	5	5	48,2	7,8	14,4	5	7	3	
<i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i> USA	74,4	2	9,2	5	5	5	52,2	8	16,8	5	7	5	
<i>T. timopheev</i> <i>ii</i>	70	2,4	9,6	5	3	3	48,4	5,8	11,4	1	1	2	

З використанням способу експрес-оцінки виділено кращі за кольором борошна селекційні лінії 10-56, 10-65, 14-153 та зразок *T. durum* var. *falcatomelanopus* [303], а за кольором макаронів – лінії 10-56, 10-65, 11-29, 12-3.

5.5 Антиоксидантна активність зерна сортів і ліній полби

Останніми роками в ряді досліджень було підкреслено зворотний зв'язок між споживанням цільного зерна та ризиком хронічних захворювань, таких як серцево-судинні та онкологічні захворювання [9, 42, 136, 193, 239]. Цілозмелене зерно злаків містить велику кількість біологічно активних компонентів, представлених нерозчинними та розчинними волокнами, вітамінами, мінералами, ненасиченими жирними кислотами, токотрієнолами, токоферолами, лігнанами, фенолами та ін [156]. Оцінка відносного вмісту біоактивних сполук та оцінка взаємодії між цими молекулами та іншими поживними речовинами є основним кроком у визначенні загальної потужності антиоксидантів, а отже, оцінки потенційних переваг для здоров'я. Особлива увага у цьому аспекті надається стародавнім пшеницям. Цей інтерес базується на припущенні, що деякі види пшениці (однозернянка, полба, спельта, камут) відрізняються від сучасних сортів м'якої пшениці за своїми смаковими властивостями, біохімічним складом, перевагами для здоров'я та придатністю до органічного сільського господарства [26, 51, 73, 83, 147, 148, 227]. Вища поживна цінність зерна пшениці полби зазвичай пов'язується з вищим вмістом клітковини, концентрацією антиоксидантних сполук, високою засвоюваністю білків, вмістом високостійких крохмалів і повільними вуглеводами.

Антиоксиданти існують як легкорозчинні сполуки (вільні форми), що розчиняються водно-органічними розчинниками, і як важкорозчинні сполуки (зв'язані форми) [165]. У зернових культурах антиоксиданти, що не екстрагуються, являють собою важливу фракцію, про що свідчать деякі дослідження, які виявили в зерні більше антиоксидантних сполук, ніж раніше вважалося, через відносно високу кількість зв'язаних сполук [2, 166]. Зв'язана фракція останнім часом привертає увагу дослідників, оскільки більшість таких

антиоксидантних біологічно активних сполук у зерні можуть пережити прохід через шлунково-кишковий тракт і досягти товстої кишки, де вони проявляють значну антиоксидантну активність [166, 192]. У товстому кишківнику волокно ферментується, а деякі біологічно активні сполуки, які мають антиоксидантну активність, вивільнюються.

Нами було проведено вивчення загальної антиоксидантної активності 25 ліній та сортів пшениці полби звичайної ярої, що показали врожайність на рівні стандарту або достовірно вище та сорту пшениці твердої ярої Спадщина. Дані наведено як середні значення реплікативних вимірювань ($n = 3$) За результатами аналізу встановлено, що діапазон мінливості за загальною АОА склав від 460,6 до 630,1 еквівалента хлорогенової кислоти (CGAE) мкг/г насіння (табл. 5.11). Найвищі значення ЗАОА за трирічними даними були у сорту Голіковська (569,4 CGAE мкг/г), а також в ліній 10-139, 11-29, 12-3, 12-22, 12-27, 12-48, 12-122, 12-128, 12-154, 12-158, 13-23 та 13-29 які мали значення від 536,4 до 568,3 CGAE мкг/г відповідно, що достовірно не відрізнялись від сорту стандарту Голіковська. Дані зразки перевищували за ЗАОА сорт пшениці твердої Спадщина (525,6 CGAE мкг/г), що узгоджується з літературними даними про вищий рівень ЗАОА у зразків пшениці полби в порівнянні з пшеницею твердою [109]. Аналіз родоводів вивчених ліній полби КСВ із найвищою ЗАОА показав, що батьківським компонентом у більшості випадків були лінії полби.

Варіювання даної ознаки у більшості вивчених ліній було слабким ($V < 10\%$), виключенням виявились сорт Спадщина ($V = 12,8\%$), Романівська ($V = 11,5\%$), лінії 12-3 ($V = 12,2\%$) 12-5 ($V = 10,4\%$) та 12-122 ($V = 10,9\%$) у яких мінливість цієї ознаки була середньою.

За результатами двофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що ЗАОА сортів і ліній пшениці полби ярої КСВ залежала від особливостей генотипу та умов вирощування.

Таблиця 5.11

**Загальна антиоксидантна активність у насінні сортів і ліній пшениці
полби ярої КСВ, 2015–2018 рр.**

Зразок (фактор А)	Загальна антиоксидантна активність АОА (CGAE), мкг/г насіння					Коефіцієнт варіації V, %
	Рік (фактор В)					
	2018	2017	2016	2015	Середнє	
1	2	3	4	5	6	7
Голіковська st.	570,3	624,4	546,8	536,2	569,4	8,46
Романівська	529,1	590,9	470,1	520,8	527,7*	11,5
Спадщина	526,2	593,5	458,8	523,8	525,6*	12,8
10-55	528,1	563,4	507,8	504,9	526,1*	6,28
10-56	520,6	543,3	465,3	535,6	516,2*	8,35
10-65	510,7	540,9	477,1	500,2	507,2*	6,38
10-79	501,4	518,5	496	485,4	500,3*	3,38
10-80	505,9	544,5	512	467,1	507,4*	7,65
10-139	541,2	529,1	553,3	532,4	539,0	2,44
11-29	551,7	562,8	553,9	535,4	551,0	2,54
12-3	539,4	610,6	480,1	529,7	540,0	12,2
12-5	517,9	566,9	532,6	460,6	519,5*	10,4
12-22	534,6	560,4	543,3	494,9	533,3	6,38
12-27	540,1	539,1	552,7	513,7	536,4	3,70
12-48	571,3	568,1	560,4	573,4	568,3	1,15
12-122	559,7	630,1	510,8	544,5	561,3	10,9
12-123	511,6	520,8	536,2	486,6	513,8*	4,93
12-126 (Юніка)	528,2	523,8	563,9	487,8	525,93*	7,25
12-128	560,4	572,8	541,5	544,5	554,8	3,12
12-145	529,7	500,8	547,4	549,2	531,8*	5,15
12-154	550,3	565,1	576,5	507,8	549,9	6,70

<i>Продовження табл. 5.11</i>						
1	2	3	4	5	6	7
12-158	541,2	578,7	520,8	512,6	538,3	6,70
13-23	531,7	569,8	535,6	501,3	534,6	6,40
13-29	538,2	547,4	551	526,2	540,7	2,47
13-47	499,7	505,5	490,1	514,9	502,6*	2,49
середнє	536,6	558,8	523,4	515,6	532,8*	–
НІР _{0,05}					36,0	–

Примітка: * – відмінності у порівнянні зі стандартним сортом пшениці полби Голіковська достовірні при $p < 0,05$

Внесок генотипу склав 32,8 % ($p < 0,005$), а внесок умов року дослідження – 24,3 % ($p < 0,001$) (табл. 5.12). Оскільки зразки, що характеризувались певним рівнем ЗАОА, зберігали цю тенденцію за будь яких умов вирощування, ми можемо зробити висновок, що роль генотипу є визначальною.

Таблиця 5.12

Результати дисперсійного аналізу загальної антиоксидантної активності насіння сортів і ліній пшениці полби ярої КСВ, 2015–2018 рр.

Дисперсія чинника	Ступені свободи df	Сума квадратів відхилення SS	Середній квадрат MS	Критерій Фішера фактичний, F	Рівень значущості, P	Сила впливу чинника, %
Загальна		109379,3				
Генотип	24	35894,2	1495,6	2,3	0,003	32,8
Рік	3	26618,1	8872,7	13,6	0,000	24,3
Похибка	72	46867,0	650,9	–	–	–

Таким чином, лінії 10-139, 11-29, 12-3, 12-22, 12-27, 12-48, 12-122, 12-128, 12-154, 12-158, 13-23 та 13-29, сорт Голіковська можна використовувати, як джерела високого вмісту антиоксидантів для поліпшення нових сортів пшениці і розробки функціональних продуктів на основі пшениці.

5.6 Круп'яні властивості зерна сортів і ліній полби КСВ

Зі зростанням доказової бази щодо ролі дієти у зниженні ризику хронічних захворювань споживачі віддають перевагу крупам із більшим вмістом харчових волокон, антиоксидантів та низьким глікемічним індексом [73, 198]. Серед різних видів пшениці полба вважається продуктом здорового харчування (*healthy food, superfood*) [96, 179]. Зерно полби є сировиною для виробництва високоякісної крупи [246, 260], воно багате біоактивними сполуками, харчовими волокнами, полб'яний крохмаль повільніше засвоюється [108, 216]. Крім того, в рамках співпраці з ЄС Україна значно наростила поставки продуктів переробки зернових (у тому числі круп) на ринок ЄС протягом останніх п'яти років. Крупи з України входять у топ-5 товарів, що поставляються до ЄС. За даними EU Export HelpDesk, у 2016 р. загальний обсяг поставок цих товарів становив 2,6 тис. т, а частка України в цих поставках складає майже 47 %. Усі вищевикладені факти свідчать про перспективність створення сортів пшениці полби круп'яного напряму використання.

Основними проблемами у використанні традиційної полби є низька врожайність, ламкість колосу та плівчастість. На сьогодні ці проблеми частково подолано шляхом гібридизації полби з культурними видами пшениці, насамперед з пшеницею твердою [222].

Одним із завдань нашої роботи було виділення зразків генофонду – джерел круп'яних властивостей у генетичному різноманітті полби звичайної та споріднених видів.

У результаті експерименту 2016 – 2019 рр. встановлено, що врожайність вивчених зразків значно залежала від особливостей генотипу та умов вирощування ($p < 0,0001$ та $p < 0,05$, відповідно). За двофакторним дисперсійним аналізом внесок генотипу в урожайність складає 63,3 %, а внесок умов року дослідження – 8,6 % (табл. 5.13). Жоден з досліджених зразків достовірно не перевищував за врожайністю сорт-стандарт полби Голиковська, або сорт пшениці твердої Спадщина.

Таблиця 5.13.

Результати дисперсійного аналізу врожайності, біохімічних та технологічних показників тетраплоїдних видів пшениці ярої, 2016 – 2019 рр.

Дисперсія чинника	Ступені свободи df	Сума квадратів відхилення SS	Середній квадрат MS	Критерій Фішера фактичний, F	Рівень значущості, P	Сила впливу чинника, %
1	2	3	4	5	6	7
Врожайність						
Загальна		116347,0				
Генотип	10	73697,7	7369,8	6,8	0,000	63,3
Рік	3	9997,0	3332,4	3,1	0,04	8,6
Похибка	30	32652,3	1088,4			28,1
Вміст білка						
Загальна		231,1				
Генотип	10	166,6	16,7	10,2	0	72,1
Рік	3	15,7	5,2	3,2	0,099	6,8
Похибка	30	48,8	1,6			
Вміст крохмалю						
Загальна		305,4				
Генотип	10	246,1	24,6	16,4	0	80,6
Рік	3	14,3	4,8	3,2	0,037	4,7
Похибка	30	45,0	1,5			
Вміст клейковини						
Загальна		2621,9				
Генотип	10	1518,6	151,9	6,9	0	57,9
Рік	3	438,3	146,1	6,6	0,001	16,7
Похибка	30	665,0	22,2			
Склоподібність						
Загальна		15756,5				
Генотип	10	9298,5	929,9	12,0	0	59,0
Рік	3	4129,3	1376,4	17,7	0	26,2
Похибка	30	2328,7	77,6			
Твердозерність						
Загальна		85998,4				
Генотип	10	82434,7	8243,5	86,8	0	95,9
Рік	3	716,3	238,8	2,5	0,077	0,8
Похибка	30	2847,5	94,9			

Продовження табл. 5.13						
1	2	3	4	5	6	7
Вихід крупи						
Загальна		496,4				
Генотип	10	474,5	47,5	80,1	0	95,6
Рік	3	4,0	1,3	2,3	0,998	0,8
Похибка	30	17,8	0,6			

Однак, простежувалась тенденція до перевищення врожайності сорту Юніка (338 ± 35 г/м²) над сортом полби Голіковська. Найнижчу врожайність було встановлено у *T. timopheevii* (170 ± 3 г/м²).

Урожайність більшості зразків полби була на рівні стандарту Голіковська. *T. durum* var. *falcatomelanopus* не поступається за врожайністю сорту пшениці твердої Спадщина (278 ± 12 г/м² та 317 ± 15 г/м², відповідно; $p > 0,05$) (рис. 5.5).

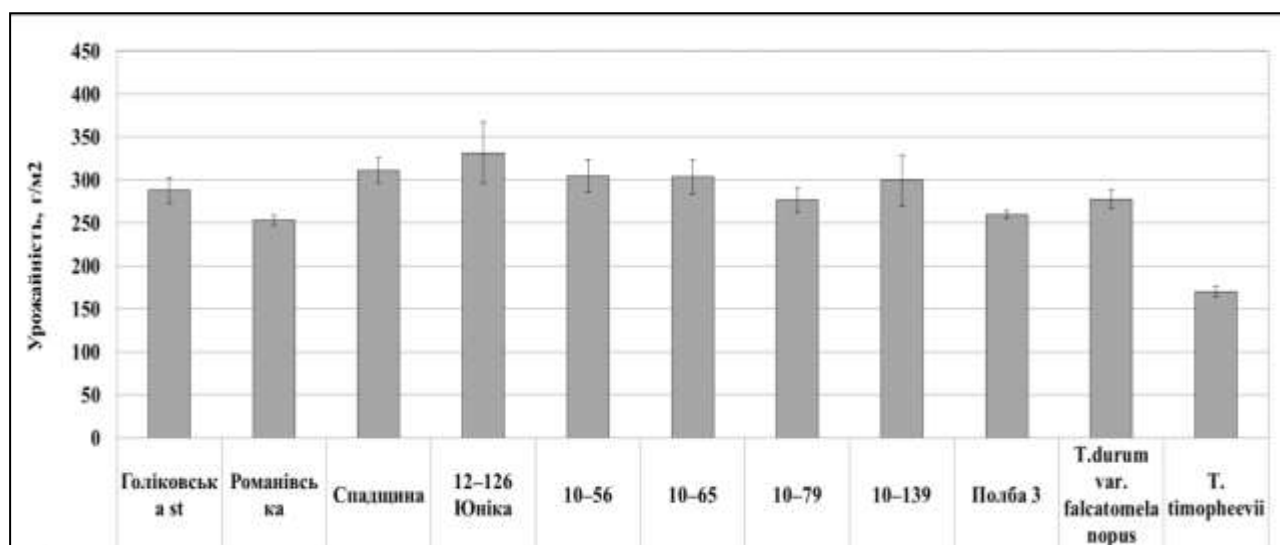


Рисунок 5.5 Середня урожайність зразків пшениці, 2016–2019 рр. Дані представлено як $M \pm m$.

Найменш варіабельною за роками дослідження була врожайність у сорту Романівська (КВ 4,8 %), сорту Полба 3 (3,6 %) та *T. timopheevii* (4,8 %) (табл. 5.14). У лінії 10-139 та сорту Юніка урожайність сильно варіювала (V 19,9 % та 21,4 %, відповідно).

Відомо, що полба поступається за рівнем урожайності сортам пшениці твердої, однак до дії абіотичних стресів (підвищена температура, недостатне

зволоження, високий осмотичний тиск) пшениця полба є більш стійкою [151, 202] та має урожайність на рівні не нижче пшениці м'якої [91].

Таблиця 5.14

Варіабельність урожайності, біохімічних та технологічних показників якості зерна тетраплоїдних споріднених пшениці ярої, 2016 – 2019 рр.

Сорт/лінія	Коефіцієнт варіації, %						
	урожайність	вміст білка	вміст клейковини	вміст крохмалю	склоподібність	твердозерність	вихід крупи
Голіковська st	10,5	13,7	23,8	0,1	23,8	6,4	0,1
Романівська	4,8	15,9	26,6	3,9	28,5	4,6	0,5
Спадщина	9,6	6,9	25,2	0,2	14,0	5,1	1,1
12–126 Юніка	21,4	2,2	25,1	2,9	17,1	3,3	0,4
10-56	8,4	7,6	21,7	1,1	21,3	7,9	0,6
10–65	13,0	11,2	26,3	2,2	32,0	3,3	1,0
10–79	10,4	12,8	28,2	4,2	30,0	2,9	1,7
10–139	19,9	11,0	16,6	3,3	30,5	4,0	1,5
Полба 3	3,6	1,2	9,4	0,4	17,8	8,9	0,3
<i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i>	8,3	10,3	10,6	0,7	4,5	2,4	0,1
<i>T. timopheevii</i>	4,8	2,8	6,0	1,1	0,8	2,8	0,5

Сорт автохтонної полби – Полба 3 мав невисоку врожайність (рис. 5.5), але стабільно перевищував більшість зразків за вмістом білка та клейковини у зерні (табл. 5.15).

За вмістом білка в зерні найвищими показниками характеризувались *T. timopheevii* ($18,1 \pm 0,4$ %), *T. durum* var. *falcatomelanopus* ($17,5 \pm 1,0$ %) *T. dicoccum* Полба 3 ($16,8 \pm 0,1$ %), лінія 10-139 ($14,8 \pm 0,8$ %) та сорт полби Голіковська ($14,1 \pm 1,0$ %) (табл. 5.16). Вміст білка в зерні *T. timopheevii*, *T. dicoccum* Полба 3 і *T. durum* var. *falcatomelanopus* перевищував ($p < 0,01$) цей показник у сорту пшениці твердої Спадщина ($12,7 \pm 0,4$ %) і ($p < 0,05$) сорту полби Голіковська ($14,1 \pm 1,0$ %) (табл. 5.15). Вміст білка у зерні полби, за різними даними, може варіювати у дуже широких межах: від 3 % до 37 % у залежності від генотипу, регіону вирощування, агротехніки та кліматичних

умов [47, 68, 198]. Вміст білка у зерні вивчених нами зразків становив від 12,1 % у лінії 10-56 до 18,1 % у *T. timopheevii*. Ці значення досить високі, оскільки, за вимогами Державного стандарту, зерно I класу повинно містити $\geq 14,0\%$ білка. За результатами двофакторного дисперсійного аналізу вміст білка в зерні зразків істотно залежав у від особливостей генотипу ($p < 0,01$) у порівнянні з умовами вирощування ($p < 0,05$): внесок цих факторів становив 72,1 % і 6,8 % відповідно. Варіабельність вмісту білка була низькою або середньою (V від 15,9% у сорту Романівська до 1,2% у зразка Полба 3).

Таблиця 5.15

Біохімічні та технологічні властивості зразків пшениці, 2016 – 2019 рр.

Зразок	Вміст у зерні, %			Якість клейковини		Склоподібність, %	Твердозерність, (Н)
	білка	крохмалю	клейковини	ІДК	група		
Голіковська, стандарт	14,1±1,0	56,8±0,1	28,1±3,4	70 ±4	1	56±12	198 ± 7
Романівська	13,7±1,1	57,2±1,6	26,9±3,6	75 ±8	1	44±10	151±15
Спадщина	12,7±0,4	61,4±0,1*	24,9±3,1	70±1*	1	48±6	152±13
12–126 Юніка	13,0±0,1	57,2±1,2	27,0±3,4	95±4*	2	59±8	214±11
10–56	12,1±1,0	59,3±0,4*	25,0±4,4	60±2	1	56±11	215±8*
10–65	13,5±0,8	58,5±0,9	26,2±3,4	80±2*	2	59±16	220±10*
10–79	13,4±0,9	59,5±1,6	25,1±3,5	70±4	1	56±14	250±6**
10–139	14,8±0,8	58,1±1,3	29,0±2,4	50±1*	1	51±15	159±9
Полба 3	16,8±0,1*	55,9±0,2	36,9±1,1*	105±2*	3	53±12	204±15
<i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i>	17,5±1,0*	53,7±0,2	40,4±1,4*	100±3*	2	75±5*	268±6**
<i>T. timopheevii</i>	18,1±0,4**	53,0±0,4	40,5±1,8*	95±2*	2	99±1**	286±3**

Примітка: *, ** - відмінності у порівнянні зі стандартом, достовірні, при $p < 0,05$ та $p < 0,01$ відповідно

Іншим компонентом, що характеризує поживність крупи, є крохмаль. Вміст крохмалю в зерні досліджуваних зразків варіював від 53,0±0,4 % до 61,4±0,1 %. Найвищий вміст крохмалю відмічено у ліній 10-56 (59,3±0,4 %) та сорту Спадщина (61,4±0,1 %), що було достовірно вищим ($p < 0,05$) ніж у сорту Голіковська (56,8±0,1 %). За результатами двофакторного дисперсійного аналізу вміст крохмалю, як і вміст білка в зерні істотно залежав від

особливостей генотипу ($p < 0,001$), у порівнянні з умовами вирощування ($p < 0,05$): внесок цих факторів становив 80,6 % і 4,7 %, відповідно (табл. 5.14). Варіювання цієї ознаки було незначним, оскільки V не перевищував 4,2 % (лінія 10-79) (табл. 5.14).

За результатами оцінки вмісту клейковини у зерні встановлено, що найвищим цей показник був у зразків *T. timopheevii* ($40,5 \pm 1,8$ %), *T. durum* var. *falcatomelanopus* ($40,4 \pm 1,4$ %) та сорту Полба 3 ($36,9 \pm 1,1$ %) (табл. 5.15). Вміст клейковини у вказаних зразках був достовірно ($p < 0,05$) вищим, ніж у сорту полби Голіковська та ($p < 0,01$) сорту пшениці твердої Спадщина. Якість клейковини більшості ліній за показником ІДК становить 50 – 75 од. (табл. 5.15), що відповідає першій групі якості – хороша. Виключенням виявились лінії 10-65, сорт Юніка, *T. durum* var. *falcatomelanopus* та *T. timopheevii* з якістю клейковини на рівні 80 ± 2 , 95 ± 4 , 100 ± 3 та 95 ± 2 од. ІДК відповідно, що відповідає другій групі якості – задовільно слабка. Клейковину сорту Полба 3 з ІДК 105 ± 2 віднесено до третьої групи якості – незадовільно слабка. Клейковина полби є слабкою, оскільки має вищий вміст гліадинів і нижчий – глютенінів у порівнянні з хлібною пшеницею [120], тому вона краще засвоюється організмом людини [68], що у поєднанні з повільно засвоюваним крохмалем дозволяє рекомендувати продукти з полби для дієтичного харчування. Слід зауважити, що даний показник за ДСТУ 3768:2019 [285] для твердої пшениці (до якої полба є близькою як генетично, так і за напрямками використання) не лімітується.

Найвищий рівень склоподібності відмічено у зразків *T. timopheevii* (99 ± 1 %) і *T. durum* var. *falcatomelanopus* (75 ± 5 %), що є достовірно вищим, ніж у сорту полби Голіковська ($p < 0,05$) та пшениці твердої Спадщина ($p < 0,01$) (табл. 5.15). Крім того, лінії 10-79 (56 ± 14 %), 10-65 (59 ± 16 %), 10-56 (56 ± 11 %) та сорт Юніка (59 ± 8 %) мали склоподібність на рівні сорту полби Голіковська (56 ± 12 %).

Твердозерність, вміст білка, колір, вміст і якість клейковини є основними параметрами, за якими оцінюють придатність пшениці твердої до виготовлення

круп «Булгур» і «Кус-кус» в країнах Близького Сходу, Північної Африки та Туреччині. Перші три параметри повинні бути максимально вираженими, а клейковина може бути середньої сили [79, 158]. Крім того, тверде склоподібне зерно має кращі технологічні властивості при обмолоті, шліфуванні та подрібненні. За рівнем твердозерності кращими були *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, Голиковська, Юніка, 10-56, 10-65, та 10-79 з діапазоном від 198 ± 7 Н до 286 ± 3 Н. Це означає, що *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus* та лінії 10-79, 10-65 належать до твердих пшениць або твердих / середніх твердих пшениць відповідно до класифікації Haraszi R. і співавт [80, 81]. Ці зразки достовірно ($p < 0,01$) перевищували сорт пшениці твердої Спадщина (152 ± 13 Н). Варіабельність твердозерності за роками була низькою у всіх зразків (2,4–8,9 %) (табл. 5.14). За результатами дисперсійного аналізу твердозерність на 95,9% залежить від генотипу, а умови вирощування не мали значущого впливу ($p > 0,05$) на цей параметр, що цілком узгоджується з повідомленнями про генетичну детермінованість цієї ознаки (табл. 5.13) [125].

Найвищим вмістом білка та клейковини, склоподібністю та твердозерністю характеризуються *T. durum* var. *falcatomelanopus* і *T. timopheevii* (табл. 5.15). Важливо, що перший з цих зразків має дуже крупне зерно (за нашими даними, маса 1000 зерен понад 55 г), яке легко вимолочується, і за цим комплексом ознак високо цінується на міжнародному ринку. Причому фалькатна тверда пшениця часто поставляється на світовий ринок під назвою «Камут». Це не є правильним, бо класичний Камут – це інший вид пшениці: хорасан, або *T. turanicum* Jakubz. Але певною підставою для такої підміни є близькість характеристик зерна обох видів [325]. При цьому *T. turanicum* пристосована для умов теплого клімату і зрошення, тому є мало придатною для вирощування у східному Лісостепу України. У цьому регіоні, як і на більшій частині території України, зерно для виробництва круп доцільно одержувати від *T. durum* var. *falcatomelanopus* з урожайністю якої 2,8 т/га і вище.

Вміст крохмалю і білка знаходиться у негативній залежності. Разом з цим, крохмаль, що міститься у зерні Камуту, є у значній частині

«резистентним» – таким, що повільно розщеплюється на цукри в організмі людини, тому більш прийнятним для людей хворих на діабет другого типу та тих, що схильні до надмірної ваги [203].

Однією з проблем, з якою стикаються переробники зерна полби, є її плівчастість. Ця особливість полби традиційно вважається негативною ознакою, оскільки на очищення зерна від плівок необхідне спеціальне луцильне обладнання, більше енерговитрат і часу. Однак, сьогодні дослідники розглядають плівчастість полби, як перевагу в порівнянні з голозерними пшеницями. Плівчасті зразки мали вищу продуктивність, стійкіші до біотичних факторів, більш ранньостиглі [101]. Плівки зберігають свою метаболічну активність більш тривалий час, ніж інші вегетативні органи, і впливають на накопичення білка в зерні [155]. За допомогою гібридизації полби з пшеницею твердою вдалось частково покращити рівень обмолочуваності [222]. Плівчастість вивчених нами гібридних ліній успадкована від полби, але суттєво ослаблена (рис. 5.6). Це з одного боку, не перешкоджає механічному обмолоту, а з іншого – краще, ніж у твердої пшениці, захищає зернівки під час опадів від швидкого зволоження, яке викликає гідроліз крохмалю і втрату зерном товарного вигляду та зменшує довговічність при зберіганні. Відмічено досить високий вихід очищеного зерна у ліній 10-79 ($92,7 \pm 0,7$ %), 10-65 ($91,4 \pm 0,3$ %) та 10-139 ($85,0 \pm 1,1$ %), які за цією ознакою достовірно ($p < 0,05$) перевищували стандарт, а у сорту Юніка досягнуто 100 % обмолочуваності. Високим виходом зерна також характеризувались сорт полби Романівська ($95,1 \pm 1,2$ %), та *T. durum* var. *falcatomelanopus* ($99,3 \pm 0,3$ %). Таким чином, вивчені зразки пшениці полби відповідають основним вимогам, за якими оцінюють придатність пшениці твердої до виготовлення круп, і не поступаються або за окремими показниками (вміст білка, вміст клейковини, склоподібність та твердозерність) перевершують пшеницю тверду яру Спадщина.

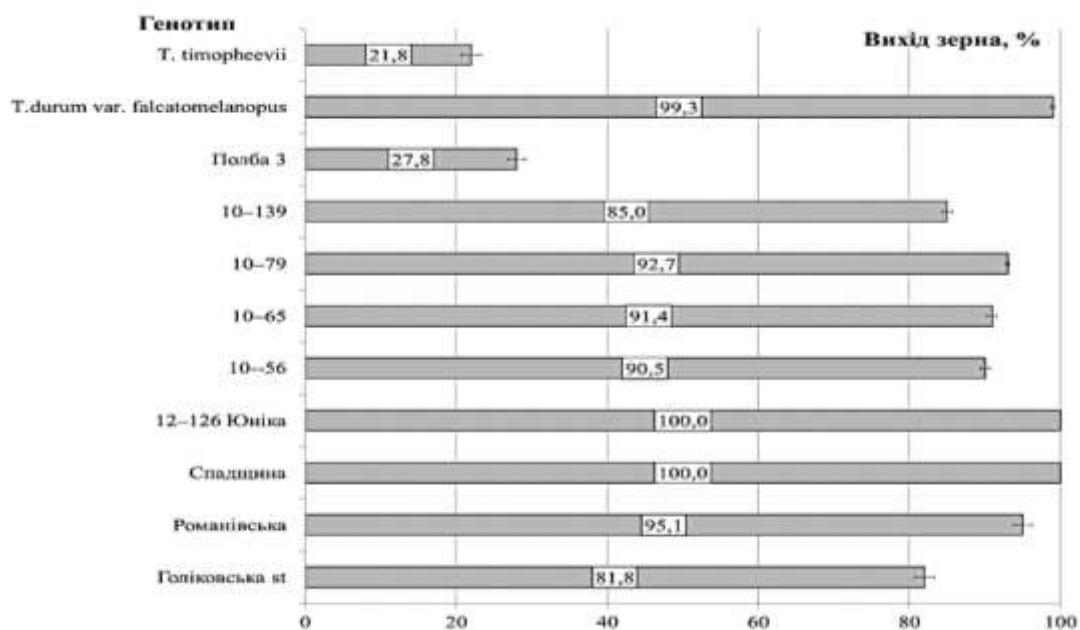


Рисунок 5.6 Вихід зерна і плівок у зразків пшениці, 2016 – 2019 рр. Дані представлено як $M \pm m$.

За літературними даними загальний вихід крупи з зерна різних зразків полби, при шліфуванні за типом рисової крупи через відмінності морфології і структури ендосперму зерна, може дуже істотно варіювати від (15,4 % до 52,2 %), тобто більш ніж у три рази [257]. За іншими даними, цей показник становив від 61 до 85 % у різних сортів полби [254]. Високий вихід крупи мали лінії 10-139 ($96,2 \pm 0,8$ %), 10-79 ($90,6 \pm 0,8$ %), *T. timopheevii* ($92,0 \pm 0,1$ %), пшениця тверда Спадщина ($91,4 \pm 0,5$ %), що достовірно перевищує сорт Голіковська ($88,7 \pm 0,1$ %). Низьким виходом крупи характеризувалася лінія 10-56 ($82,2 \pm 0,3$ %) (рис. 5.7).

Варіабельність даної ознаки за роками була низькою ($V = 0,1 - 1,7$ %) (табл. 5.14). Внесок генотипу у прояв ознаки виходу крупи склав 95,6 % (табл. 5.14). Вихід крупи інших оцінених зразків становив від 87 % (Полба 3) до 90 % (Юніка). Тривалість луцення зерна всіх зразків пшениці становила 120 с. Різний вихід цілої крупи, очевидно, зумовлений різним вмістом ендосперму та зв'язком його з плодовими оболонками.

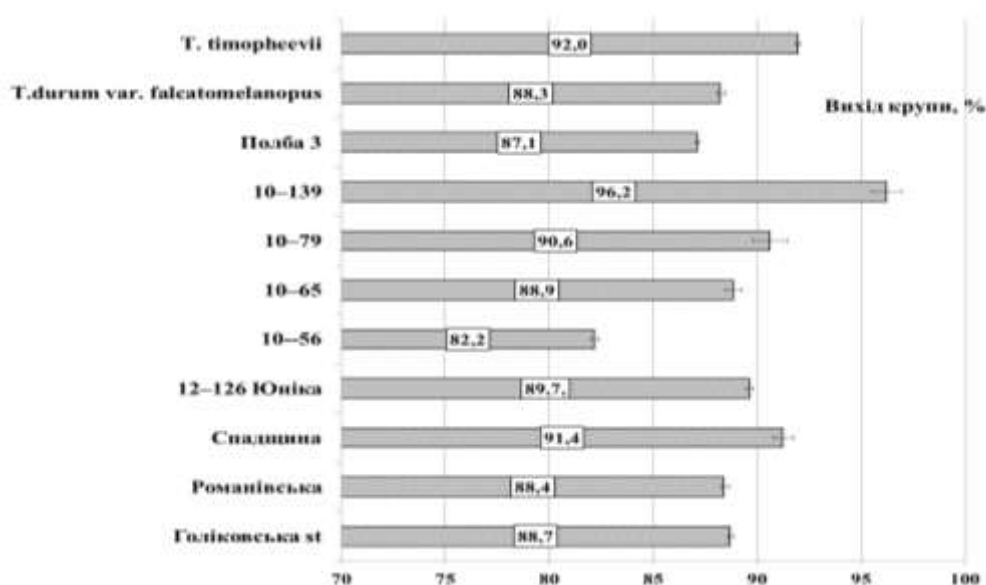


Рисунок 5.7 Вихід крупи із зерна зразків пшениці, 2016–2019 рр. Дані представлено як $M \pm m$.

Оцінка показників якості крупи показала, що зразки не відрізнялися один від одного за кольором (8 балів), запахом, смаком і консистенцією, які у всіх зразків оцінено вищим балом – 9. Кращий колір каші мали обидва зразки пшениці твердої (жовтий) і лінія з полб'яно-пшеничного гібрида 10-56 (світло-жовтий) (табл. 5.16). Інші зразки дали кашу кремового кольору.

Коефіцієнт розварюваності за об'ємом та тривалість варіння є одними з найважливіших круп'яних властивостей. Коефіцієнт розварюваності за об'ємом мав негативний середній зв'язок з тривалістю варіння: $r = - 0,5$. Порівняно високим (3,7 – 3,8) коефіцієнт розварюваності був у Полби 3, ліній 10-56, 10-79; порівняно низьким – у зразків твердої пшениці Спадщина і *T. durum var. falcatomelanopus* (2,7 – 2,8), зразків полби Юніка і лінії 10-139 (3,1 – 3,2). У решти зразків коефіцієнт розварюваності склав 3,4 – 3,5 (табл. 5.16).

Тривалість варіння була найменшою – 25 – 30 хвилин у сорту Полба 3, а найбільшою – 75 хвилин у крупнозерної твердої пшениці *T. durum var. falcatomelanopus*. У решти зразків тривалість варіння становила 40 хвилин (табл. 5.16). Коефіцієнт розварюваності за об'ємом було визначено у межах $2,7 \pm 0,1$ (*T. durum var. falcatomelanopus*) – $3,8 \pm 0,1$ (лінія 10-56). Усі сорти та

лінії полби ярої, а також сорт Полба 3 достовірно перевищували сорт пшениці твердої ярої Спадщина за коефіцієнтом розварюваності за об'ємом. За літературними даними, коефіцієнт розварювання крупи з ліній полби варіював від 2,53 до 3,19 [310], що нижче, ніж у більшості наших ліній та сортів.

Таблиця 5.16

Показники якості крупи із зерна зразків пшениці, 2016–2019 рр.

Сорт, лінія	Тривалість варіння, хв	Коефіцієнт розварювання за об'ємом	Колір каші
Голіковська	40	3,5	кремовий
Романівська	40	3,5	кремовий
Спадщина	40	2,8	жовтий
12–126 Юніка	40	3,1	кремовий
10–56	40	3,8	світло жовтий
10–65	40	3,5	кремовий
10–79	40	3,7	кремовий
10–139	40	3,2	кремовий
Полба 3	25	3,7	кремовий
<i>T.durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i>	75	2,7	жовтий
<i>T. timopheevii</i>	40	3,0	кремовий
НІР _{0,05}	1,5	0,18	

Тривалість варіння крупи залежить від розміру її частинок, товщини клітинних стінок та часу клейстеризації крохмалю [107]. Messia М.С. зі співавт. повідомили, що тривалість варки крупи з полби становить 18 – 21 хв. [138]. У наших дослідженнях за тривалістю варіння усі лінії та сорти полби ярої, сорт пшениці твердої та *T. timopheevii* не відрізнялися. Оскільки клейстеризація крохмалю – один з головних чинників, які впливають на тривалість варіння, такі відмінності можуть бути обумовлені особливостями структури крохмальних гранул сорту Полба 3 і *T. durum* var. *falcatomelanopus*. Розмір зернівки *T. durum* var. *falcatomelanopus* може досягати 10 мм, що також може пояснити таку тривалість варіння цього зразка.

Таким чином за комплексом круп'яних властивостей (вихід крупи і коефіцієнт разварюваності в поєднанні з хорошими смаком, ароматом, консистенцією, а також легким вимолотом) виділено селекційні лінії полби 10-79 та 10-139, які рекомендується як джерела круп'яних властивостей для селекції. Зразки *T. timopheevii* та *T. durum* var. *falcatomelanopus* доцільно використовувати як самостійні круп'яні культури, однак вони потребують селекційного покращення за господарськими ознаками.

Висновки до розділу 5

1. У результаті досліджень встановлено, що діапазон мінливості за вмістом каротиноїдних пігментів у зерні ліній полби ярої склав від 0,55 мг/кг до 2,98 мг/кг. Для створення вихідного матеріалу полби із максимальною кількістю каротиноїдних пігментів слід використовувати лінії пшениці твердої ярої із вмістом каротиноїдів не нижче 3,7 мг/кг.

2. За результатами повного макаронного аналізу виділено лінії 10-80 і 11-29, які перевищують стандарт на 1,8 і 1,7 балів відповідно.

3. За комплексом ознак виділено лінію 12-126, яку під назвою Юніка передано на кваліфікаційну експертизу. Сорт лісостепового екотипу, із середньою врожайністю 3,7 т/га та потенційною 4,6 т/га, має переваги перед стандартом за вмістом каротиноїдних пігментів та макаронними властивостями. У 2020 р. сорт було внесено до Держреєстру СРППУ.

4. Установлено ефективність використання способу експрес-оцінки кольору зразків борошна і макаронів в програмі Adobe PhotoShop® з системою оцінки кольору $L^*a^*b^*$, що дозволяє отримувати дані у вигляді числового значення та може використовуватись для оцінки кольору будь-якої сільськогосподарської продукції (зерно, крупа, борошно, макарони, хліб, тощо). Використання способу експрес оцінки кольору дозволяє спростити оцінку та порівняння кольору досліджуваних зразків, стандартизувати параметри сільськогосподарської продукції та уникнути суб'єктивного компоненту.

5. Аналіз родоводів створеного вихідного матеріалу свідчить про високу ефективність використання *T. dicoccum* var. *atratum*, як джерела крупності зерна, високої склоподібності, твердозерності та вмісту білка.

6. У гібридних популяціях пшениці полби озимої спостерігається інтенсивне розщеплення за цінними господарськими ознаками, що обумовлено складним характером їх успадкування і збільшує ймовірність добору потрібних зразків.

7. Гібридні популяції полби озимої Агат Донской/ UA0300081, UA0300214 / Шулиндінка та UA0300214 / Континент є цінними за комплексом ознак. Вони поєднують високий рівень продуктивності та її елементів: масу зерна з основного колоса 3,11 г (стандарт 1,50 г), кількість зерен з колоса 56 шт (стандарт 31 шт), масу 1000 зерен 55,5 г (стандарт 45,8 г), високий вміст каротиноїдів 3,02 мг/кг (стандарт 0,99 мг/кг) та білка 16,9 % (стандарт 12,4 %).

8. Установлено, що зразки *T. aethiopicum* var. *densarraseita* IR 00173 (13,7 %), *T. aethiopicum* var. *densimenelikii* UA 0300480 (13,8 %), *T. persicum* var. *rubiginosum* 0300066 (17,6 %) є джерелами високого вмісту білка та технологічних властивостей зерна.

9. Установлено, що зразок *T. durum* var. *falcatomelanopus* IR00137, SYR можна використовувати, як джерело ознаки крупності та склоподібності зерна для полби.

10. За комплексом ознак було виділено лінію лісостепового екотипу 11-29, яка характеризується поєднанням хорошої врожайності (потенційною 4,3 т/га), стійкості до збудників хвороб, високих хлібопекарських властивостей (6,7 балів). Її під назвою Антарес у 2019 р. було передано на кваліфікаційну експертизу.

11. За комплексом ознак (продуктивність, низька плівчастість, висока склоподібність, високий вміст білка та каротиноїдних пігментів) виділено лінії полби озимої 17-1-20, 18-1-20, 21-1-20, 22-20, 25-9-20, 27-9-20.

12. За комплексом круп'яних властивостей (вихід крупи, коефіцієнт разварюваності в поєднанні з хорошими смаком, ароматом, консистенцією,

легкий вимолот) виділено селекційні лінії полби 10-79 та 10-139, які рекомендується випробувати як джерела круп'яних властивостей у селекції. Зразки *T. timopheevii* та *T. durum* var. *falcatomelanopus* доцільно використовувати як самостійні круп'яні культури, однак вони потребують селекційного покращення за господарськими ознаками.

13. Значення варіабельності показників за роками вказують, що найбільш мінливим є показник склоподібності (V 4,5 – 32 %). Значення V є найнижчими для ознаки твердозерності (2,4 – 8,9 %).

Результати наукових досліджень, наведених у даному розділі, опубліковано в наукових працях:

Голік О.В., Діденко С.Ю., Реліна Л.І., Вечерська Л.А. Селекція пшениці полби звичайної ярої (*Triticum dicossum* Shrank.) макаронного напрямку використання в Інституті рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2017. Вип. 23. С. 90–99.

Вечерська Л.А., Реліна Л.І., Голік О.В., Діденко С.Ю., Анциферова О.В. Загальна антиоксидантна активність в зерні сортів і ліній пшениці полби звичайної, створених в інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Мат. VI міжнародної наук.-практ. конф. присвяченої 150-річчю заснування факультету агрономії «Актуальні питання аграрної науки». Умань. 15 листопада 2018 р. УНУС, 2018. С 51–52.

Голік О.В., Реліна Л.І., Діденко С.Ю., Вечерська Л.А. Нові лінії пшениці полби ярої *Triticum dicossum* ((Schuebl.) Schrank) з комплексом цінних ознак. Мат. конференції, присвяченої 100-річчю Національної академії аграрних наук України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН «Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин». 2018. С. 55.

Вечерська Л.А., Голік О.В., Реліна Л.І., Буряк Л.І., Шелякіна Т.А. Розроблення способу експрес-оцінки кольору борошна й макаронів,

вироблених із пшениці різних видів. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Вип. 16(4). С. 343–348. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224049>

Вечерська Л.А., Голік О.В., Реліна Л.І. Використання *Triticum durum* var. *falcatomelanopus* для створення вихідного матеріалу пшениці полби звичайної ярої. Міжнарод. наук. конф., присвячена пам'яті і науковій спадщині видатного вченого В.Я. Юр'єва «Підвищення ефективності рослинництва в сучасних умовах». Харків, 2019. С. 49–50

Relina L.I., Suprun O.H., Vecherska L.A., Boguslavskiy R.L. Fatty acids in grain of some tetraploid wheat species. Мат. V між народ. наук. конф. присвяченої 130-річчю кафедри фізіології і біохімії рослин та мікроорганізмів Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна «Сучасна біологія рослин: теоретичні та прикладні аспекти». Харків, 2020. С. 40–41.

Любич В.В., Вечерська Л.А., Голік О.В., Богуславський Р.Л. Круп'яні властивості зразків полби, пшениці твердої та пшенично-полб'яних гібридів. Мат. ІХ між народ. наук. конф. (Парієві читання) «Селекційно-генетична наука і освіта». Умань, 2020. С. 109–112.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та практичне вирішення важливого наукового завдання з розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу пшениці полби звичайної методом гібридизації для забезпечення різних напрямів селекції, наукових та навчальних потреб шляхом встановлення закономірностей прояву цінних господарських ознак у зразків, визначення зв'язку між рівнем прояву кількісних та якісних ознак, виявлення та створення джерел цінних ознак для підвищення ефективності селекційної роботи. Визначено мінливість і взаємозв'язки ознак продуктивності та її елементів, стійкості до вилягання, вмісту мікроелементів, білка та каротиноїдів, ЗАОА, макаронних та круп'яних властивостей пшениці полби, що має важливе значення для проведення ефективних доборів. На основі встановлених закономірностей і комплексної оцінки зразків ідентифіковано джерела цінних господарських ознак. Шляхом гібридизації створено новий, генетично різноманітний вихідний матеріал, що має важливе значення в селекції цієї культури. Створено два сорти полби макаронного та хлібопекарського напряму використання, що має значення в галузі сільськогосподарського виробництва. Сформульовано висновки та рекомендації для практичної селекції, що має важливе значення для селекції полби на якість зерна.

1. Установлено відмінності зразків тетраплоїдних видів пшениці за вмістом мікроелементів, білка, ЗАОА, твердозерністю, макаронними та круп'яними властивостями. Виділено зразки споріднених видів пшениці, які поєднують ряд цінних господарських ознак:

– масу зерна, кількість зерен з головного колоса, довжину колоса, кількість колосків та їх озерненість – *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*, *T. dicoccum* var. *atratum*);

– високий вміст білка, заліза, цинку й міді з крупністю зерна, стійкістю до вилягання та твердозерністю – *T. polonicum* var. *pseudocompactum*,

T. turanicum var. *notabile*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, *T. timopheevii*, *T. dicoccum* var. *atratum*;

– високий вміст білка з високою натурою та склоподібністю – *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. turanicum* var. *notabile*;

– високі макаронні властивості з продуктивністю та стійкістю до вялення – *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. dicoccum* var. *atratum*;

– за комплексом круп'яних властивостей (вихід крупи, розварюваність, колір каші) виділено *T. durum* var. *falcatomelanopus* та *T. timopheevii*.

2. Установлено рівень мінливості ознак структури колоса, що дає змогу прогнозувати надійність доборів на підвищення продуктивності рослин пшениці полби та споріднених видів. Середній і низький рівень мінливості встановлено за довжиною головного колоса, кількістю колосків у колосі, кількістю зерен та масою зерен з колосу. Ефективність доборів за цими ознаками буде високою.

3. Варіабельність ознак якості і продуктивності під дією метеорологічних умов вирощування залежить від їх генетично зумовленого рівня. Це дозволило виділити зразки із стабільно високим за роками рівнем цінних господарських ознак, у тому числі:

– за вмістом білка, клейковини, крохмалю високі генотипові ефекти і високу стабільність їх прояву визначено у ряду зразків. Серед них особливо вирізнялись *T. timopheevii*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. dicoccum* var. *atratum*;

– за комплексом фізичних ознак зерна (М 1000, твердозерність, натура, склоподібність) – *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. dicoccum* var. *atratum*, *T. turanicum* var. *notabile*, *T. polonicum* var. *pseudocompactum*, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*.

4. Установлено діапазон мінливості сучасних сортів і ліній пшениці полби ярої за цінними господарськими ознаками:

– за вмістом каротиноїдних пігментів в борошні на рівні 2,43 – 2,98 мг/кг виділено кращі лінії: 10-55, 10-56, 10-65, 10-79 та 10-80. За результатами аналізу родоводів селекційних ліній полби КСВ із найвищим вмістом каротиноїдних пігментів в зерні установлено, що батьківським компонентом у всіх випадках були лінії пшениці твердої ярої із вмістом каротиноїдів не нижче 3,7 мг/кг.;

– за макаронними властивостями виділено лінії 10-79 і 10-80, які перевищують стандарт за цими властивостями на 1,8 і 1,7 балів відповідно, в поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками та включено до Національного генбанку рослин України під номерами Національного каталогу відповідно UA0300555 та UA0300557). За комплексом ознак було виділено лінію 12-126, яку під назвою Юніка в 2020 р. внесено до Держреєстру СРППУ для зони Лісостепу;

– за високими хлібопекарськими властивостями, врожайністю (середня врожайність 3,5 т/га та потенційна 4,3 т/га), стійкістю до збудників хвороб виділено лінію 11-29 лісостепоного екотипу, яка має переваги перед стандартом Голіковська за загальною хлібопекарською оцінкою 6,7 балів (+ 1,3 бали), силою борошна 480 о.а. (+61 о.а.). Цю лінію з під назвою Антарес у 2019 р. було передано на кваліфікаційну експертизу. Сорт створено шляхом вільного запилення селекційної лінії пшениці твердої 09-936т;

– за рівнем твердозерності виділено сорти полби ярої Голіковська, Юніка, а також лінії 10-56, 10-65, та 10-79 з діапазоном від 198 Н до 286 Н, які за цією ознакою достовірно ($p < 0,01$) перевищували сорт пшениці твердої Спадщина (152 Н). Варіабельність твердозерності за роками була низькою у всіх зразків (2,4–8,9 %). Дисперсійний аналіз показав суттєвий внесок (95,9 %) генотипу у формування цієї ознаки, тоді як внесок умов вирощування був недостовірним ($p > 0,05$);

– за комплексом круп'яних властивостей перспективними є лінії 10-139 та 10-79 (урожайність на рівні сорту стандарту Голіковська, вихід крупки 96 % і 91 % відповідно і коефіцієнт разварюваності (3,2 та 3,7 відповідно) в поєднанні з хорошими смаком, ароматом, консистенцією. Лінія 10-56 характеризується високим показником розварюваності (3,8) і має привабливий колір каші;

– за коефіцієнтом кореляції встановлено, що найбільш мінливим є показник склоподібності (V 4,5–32 %). Жоден з вивчених технологічних параметрів не можна вважати однозначним маркером круп'яних властивостей, оскільки не було знайдено універсальної кореляції між цими показниками та загальною оцінкою круп'яних властивостей.

5. Встановлено особливості нового вихідного матеріалу пшениці полби озимої та пшениці полби ярої з поєднанням бажаного рівня прояву окремих ознак якості зерна з високим рівнем продуктивності за участі споріднених видів пшениці. Зокрема, лінії полби озимої 17-1-20, 18-1-20, 21-1-20, 22-20, 25-9-20, 27-9-20 поєднують високу продуктивність, низьку плівчастість, високі склоподібність, вміст білка та каротиноїдних пігментів, твердозерність.

6. Створено в співавторстві та за участю здобувача два сорти пшениці полби ярої – Юніка (у Держреєстрі СРППУ з 2020 р.) та Антарес (переданий на кваліфікаційну експертизу у 2019 р.).

7. Розширено генетичне різноманіття пшениці полби в результаті залучення до гібридизації виділених джерел цінних ознак, зокрема створено лінії пшениці полби озимої та ярої зі склоподібним червоним, білим, фіолетовим та янтарним зерном полб'яного морфотипу у поєднанні з високою продуктивністю, легким обмолотом, стійкістю до вилягання, твердозерністю та високим вмістом білка і каротиноїдних пігментів.

8. Встановлено, що *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*, *T. persicum* var. *rubiginosum*, *T. durum* var. *falcatomelanopus* є джерелами за високим вмістом білка, високою склоподібністю, твердозерністю, крупністю зерна.

9. Установлено, що *T. dicocum* var. *atratum* є джерелом за крупністю зерна, високою склоподібністю, твердозерністю, вмістом білка, стійкістю до вилягання та зимостійкістю.

10. За спектрами гліадинів визначено значний поліморфізм гібридів пшениці полби озимої за гліадин-локусами, широке різноманіття яких зумовлює різну селекційну цінність зразків. Переважаючими алелями є *a* (13 %), *n* (13 %), *x* (21 %) та алель, *km** (17 %). З високими частотами зустрічаються три алелі *Gli-B1 g*, *x*, *h*. Найбільш поширеним алелем локусу *Gli-B1* вивчених зразків є алель *Gli-B1x* (частота – 31 %). Виділено перспективні генотипи пшениці полби озимої, які несуть генетичний матеріал обох батьківських компонентів та виділяються за кольором зерна і продуктивністю колоса, для використання їх в наступних етапах селекційного процесу.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Селекційним і науково-дослідним установам використовувати у селекційній роботі:

- як джерела круп'яних властивостей і врожайності селекційні лінії полби 10-139, 10-79 та 10-56;
- як джерела крупнозерності, стійкості до септоріозу та борошнистої роси, стійкості до вилягання селекційні лінії 1079-17, 1080-17 зареєстровані в НЦГРРУ;
- як джерела високого вмісту мікроелементів, білка, твердозерності, крупнозерності та макаронних властивостей зразки *T. aethiopicum* var. *densarraseita*, *T. aethiopicum* var. *densimenelikii*, *T. persicum* var. *rubiginosum*, *T. durum* var. *falcatomelanopus*, *T. dicoccum* var. *atratum*;
- удосконалений метод оцінки макаронних властивостей шляхом використання експрес-оцінки кольору зразків борошна й макаронів у програмі Adobe PhotoShop® із системою оцінки кольору L*a*b*;
- опубліковане у співавторстві наукове видання «Генетичне різноманіття малопоширених видів, диких родичів та амфідиплоїдів пшениці у Національному генбанку рослин України».

Аграрним підприємствам різних форм власності використовувати сорти пшениці полби Юніка та Антарес для виробництва зерна для макаронних і хлібобулочних виробів для дієтичного харчування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abdel-Aal S.M., Rabalski I. AACCI approved methods technical committee report: a new AACCI approved method for the determination of the total carotenoid content of cereal whole grain and refined flours. *Cereal Foods World*. 2012. Vol. 57. P. 289 – 294.
2. Adom K., Liu R. Antioxidant activity of grains. *J. Agric. Food Chem.* 2002. Vol. 50. P. 6182 – 6187.
3. Akel W., Rapp M., Thorwarth P., Würschum T., Longin CFH. Hybrid durum wheat: heterosis of grain yield and quality traits and genetic architecture of anther extrusion. *Theor Appl Genet.* 2019. Vol. 132. № 4. P. 921 – 932. doi: 10.1007/s00122-018-3248-6.
4. Al-ali T.C., Rands N.P., Harberd N.P. Flexible control of plant architecture and yield via swichable expression of *Arabidopsis gai*. *Plant Biotechnol. J.* 2003. Vol. 1. P. 337 – 343.
5. Allard R. w. and Shands R.G. Inheritance of resistance Stem rust and Powdery mildew in cytologically stable spring wheat derived from *Triticum timopheevii*. *Phytopathology.* 1954. Vol. 44. P. 266 – 274.
6. American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards. URL: https://www.agilent.com/store/en_US/LCat-Sub-Cat1ECS_366710/American-Society-for-Testing-and-Materi-als-ASTM-Standards
7. Arzani A. Emmer (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) flour and bread. In Preedy VR, Watson RR, Patel VB, editors. Flour and fortification in health and disease prevention. London: Academic Press. *Elsevier.* 2011. P. 67 – 78.
8. Arzani A., Ashraf M. Cultivated Ancient Wheats (*Triticum* spp.): A Potential Source of Health-Beneficial Food Products. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2017. Vol. 16. № 3. P. 477 – 488. doi: 10.1111/1541-4337.12262.
9. Aune D., Norat T., Romundstad P., Vatten L.J. Whole grain and refined grain consumption and the risk of type 2 diabetes: A systematic review and dose-

response meta-analysis of cohort studies. *Eur. J. Epidemiol.* 2013. Vol. 28. № 11. P. 845 – 858. doi: 10.1007/s10654-013-9852-5.

10. Badaeva E.D., Badaev N.S., Gill B.S., Filatenko A.A. Intraspecific karyotype divergence in *Triticum araraticum* (Poaceae). *Plant Syst. Evol.* 1994. Vol. 192. P. 117 – 145.

11. Badaeva E.D., Boguslavsky R.L., Badaev N.S., Zelenin A.V. Intraspecific chromosomal polymorphism of *Triticum araraticum* (Poaceae) detected by C-banding technique. *Plant Syst. Evol.* 1990. Vol. 169. P. 13 – 24.

12. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State J. Sci.* 1965. V. 39. № 3. P. 345 – 348.

13. Belea A. Interspecific and intergeneric crosses in cultivated plants. Budapest: Akadémiai Kiadó. 1992. P. 56 – 76.

14. Beleggia R., Rau D., Laidò G., Platani C., Nigro F., Fragasso M., De Vita P., Scossa F., Fernie A. R., Nikoloski Z., Papa R. Evolutionary metabolomics reveals domestication-associated changes in tetraploid wheat kernels. *Mol. Biol. Evol.* 2016. Vol. 33. № 7. P. 1740 – 1753. doi.org/10.1093/molbev/msw050

15. Bhuvaneshwari G., Yenagi N.B., Hanchinal R.R., Katarki P.A. Physico-chemical characteristics and milling quality of dicoccum wheat varieties. *Karnataka J Agric Sci.* 2001. Vol. 14. P. 736 – 42.

16. Bieńkowska T., Suchowilska E., Kandler W., Krska R., Wiwart M. *Triticum polonicum* L. as potential source material for the biofortification of wheat with essential micronutrients. *Plant Genetic Res.: Characterization and Utilization.* 2019. Vol. 17. № 3. P. 213 – 220. doi:10.1017/S1479262118000394.

17. Blanco A., Giorgi B., Perrino P., Simeone R. Genetic resources and breeding for improved quality in durum wheat. *Agricoltura Ricerca.* 1990. Vol. 12. P. 41 – 58.

18. Boeven P.H., Longin C.F., Würschum T. A unified framework for hybrid breeding and the establishment of heterotic groups in wheat. *Theor Appl Genet.* 2016. Vol. 129. № 6. P. 1231 – 45. doi: 10.1007/s00122-016-2699-x.

19. Bouhssini M.El., Ogbonnaya F.C., Chen M., Lhaloui S., Rihawi F., Dabbous A. Sources of resistance in primary synthetic hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) to insect pests: Hessian fly, Russian wheat aphid and Sunn pest in the fertile crescent. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2012. Vol. 60. № 2. P. 621 – 627. doi 10.1007/s10722-012-9861-3
20. Bouis H.E., Saltzman A. Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from Harvest Plus, 2003 through 2016. *Glob. Food Sec.* 2017. Vol. 12. P. 49 – 58. doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.009
21. Bozhanova V., Taneva K., Hadzhiivanova B. Study of emmer (*Triticum dicoccum* (Schrank) Shuebl.) accessions for traits related to spike productivity and grain quality in connection to durum wheat improvement. *Agricultural science and technology*. 2015. Vol. 7. № 2. P. 199 – 203. doi: 10.13140/RG.2.1.2545.5844.
22. Brandolini A., Hidalgo A., Moscaritolo S. Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum*) whole meal flour. *J Cereal Sci.* 2008. Vol. 47. P. 599 – 609. doi.org/10.1016/j.jcs.2007.07.005
23. Budak H., Kantar M., Kurtoglu K.Yu. Drought tolerance in modern and wild wheat. *Scientific World Journal*. 2013. Vol. 10. P. 548246. doi: 10.1155/2013/548246
24. Buvaneshwari G., Yenagi N.B., Hanchinal R.R., Naik R.K. Glycaemic responses to dicoccum products in the dietary management of diabetes. *Ind. J. Nutr. Diet.* 2003. Vol. 40. P. 363 – 368.
25. Cakmak I., Kalayci M., Kaya Y., Torun A.A., Aydin N., Wang Y., Arisoy Z., Erdem H., Yazici A., Gokmen O., Ozturk L., Horst W.J. Biofortification and localization of zinc in wheat grain. *J. Agric. Food Chem.* 2010. Vol. 58. P. 9092 – 9102. doi: 10.1021/jf101197h.
26. Cakmak I., Ozkan H., Braun H.-J., Welch R.M., Romheld V. Zinc and iron concentrations in seeds of wild, primitive and modern wheats. *Food Nutr. Bull.* 2000. Vol. 21. P. 401 – 403.

27. Cakmak I., Pfeiffer W.H., Mc Clafferty B. Biofortification of durum wheat with zinc and iron. *Cereal Chemistry*. 2010. Vol. 87. № 1. P. 10 – 20. doi.org/10.1094/CCHEM-87-1-0010
28. Cakmak I., Torun A., Özkan H., Millet E., Feldman M., Fahima T., Korol A.B., Nevo E., Braun H.J. *Triticum dicoccoides*: an important genetic resource for increasing zinc and iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2004. Vol. 50. №. 7. P. 1047-1054. doi: 10.1080/00380768.2004.10408573
29. Cander L.R.. Ionospheric Space Weather in Springer Geophysics, 2019. 296 p. doi.org/10.1007/978-3-319-99331-7
30. Carleton M.A. Winter emmer. *Farmers' bulletin*. 1911. Vol. 466. P. 24.
31. Carpentier S., Knausab M., Suha M. Associations between lutein, zeaxanthin, and age-related macular degeneration: an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2009. Vol. 49. № 4. P. 313 – 326.
32. Centers for disease control and prevention (CDC). Iron deficiency-United States, 1999 – 2000. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2002. Vol. 51. № 40. P. 897 – 9. PMID: 12418542.
33. Chaddock R.E. 1925. Principles and Methods of Statistics. Houghton, Mifflin Company; 1st edition.
34. Chatzav M., Peleg Z., Ozturk L., Yazici A., Fahima T., Cakmak I., Saranga Y. Genetic diversity for grain nutrients in wild emmer wheat: potential for wheat improvement. *Annals of Botany*. 2010. Vol. 105. № 7. P. 1211 – 20. doi: 10.1093/aob/mcq024
35. Chen T., Xiao J., Xu J., Wan W., Qin B., Cao A., Chen W., Xing L., Du C., Gao X., Zhang S., Zhang R., Shen W., Wang H., Wang X. Two members of TaRLK family confer powdery mildew resistance in common wheat. *BMC Plant Biol*. 2016. Vol. 16 (27). doi: 10.1186/s12870-016-0713-8
36. Chen X., Penman L., Wan A., Cheng P. Virulence races of *Puccinia striiformis* f. sp. tritici in 2006 and 2007 and development of wheat stripe rust and

distributions, dynamics, and evolutionary relationships of races from 2000 to 2007 in the United States. *Can J Plant Pathol*. 2010. Vol. 32. P. 315 – 333

37. Chen Ye., Delaney L., Johnson S., Wendland P., Prata R. Using near infrared spectroscopy to determine moisture and starch content of corn processing products. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*. 2017. Vol. 25. № 5. P. 348 – 359. doi.org/10.1177/0967033517728146

38. Christopher A., Sarkar D., Zwinger S., Shetty K. Ethnic food perspective of North Dakota Common Emmer Wheat and relevance for health benefits targeting type 2 diabetes. *Journal of Ethnic Foods*. 2018. URL: doi.org/10.1016/j.jef.2018.01.002.

39. CIE 15: 2004. Technical Report: Colorimetry / International Commission on Illumination. 3rd ed. 2004. URL: https://archive.org/stream/gov.law.cie.15.2004/cie.15.2004_djvu.txt

40. Clarke B., Liang R., Morell M.K., Bird A.R., Jenkins C.L., Li Z. Gene expression in a starch synthase IIa mutant of barley: changes in the level of gene transcription and grain composition. *Funct Integr Genomics*. 2008. Vol. 8. № 3. P. 211 – 21. doi: 10.1007/s10142-007-0070-7.

41. Claus A., Schreiter P., Weber A., Graeff S., Herrmann W., Claupein W., Schieber A., Carle R. Influence of agronomic factors and extraction rate on the acrylamide contents in yeast-leavened breads. *J. Agric. Food Chem*. 2006. Vol. 54. P. 8968 – 8976. doi: 10.1021/jf061936f.

42. Connolly M.L., Tuohy K.M., Lovegrove J.A. Wholegrain oat-based cereals have prebiotic potential and low glycaemic index. *Br. J. Nutr*. 2012. Vol. 108. P. 2198 – 2206. doi:[10.1017/S0007114512000281](https://doi.org/10.1017/S0007114512000281)

43. Conti M.E., Cubadda F., Carcea M. Trace metals in soft and durum wheat from Italy. *Food Addit Contam*. 2000. Vol. 17. № 1. P. 45 – 53. doi: 10.1080/026520300283577

44. Correia P.M.D.R., Ferreira Guine R.D.P. (Eds.). Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Products (1st ed.). CRC Press. 2013. 367 P. doi.org/10.1201/b15246.

45. Couto M.F., Peternelli L.A., Barbosa M.H.P. Classification of the coefficients of variation for sugarcane crops. *Ciência Rural*. 2013. Vol. 43. № 6. P. 957 – 61. [dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000600003](https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000600003)
46. Cubadda R., Marconi E. Technological and nutritional aspects in emmer and spelt. Hulled Wheats (Proceeding of the First International Workshop on Hulled Wheats) Rome: International Plant Genetic Resources Institute. 1995. 203 – 211. ISBN 92 – 9043 – 288 – 8.
47. Čurná V., Lacko-Bartošová M. Chemical Composition and Nutritional Value of Emmer Wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a Review. *Journal of Central European Agriculture*. 2017. Vol. 18. № 1. P. 117 – 134. doi.org/10.5513/JCEA01/18.1.1871.
48. de Munter J.S., Hu F.B., Spiegelman D., Franz M., van Dam R.M. Whole grain, bran, and germ intake and risk of type 2 diabetes: a prospective cohort study and systematic review. *PLoS Med*. 2007. Vol. 4. № 8. e261. doi:10.1371/journal.pmed.0040261
49. Distelfeld A., Cakmak I., Peleg Z., Ozturk L., Yazici A.M., Budak H., Saranga Y., Fahima T. Multiple QTL-effects of wheat Gpc-B1 locus on grain protein and micronutrient concentrations. *Physiol. Plantarum*. 2007. Vol. 129. № 3. P. 635 – 643. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00841.x>
50. Dlouhy A.C., Outten C.E. "Chapter 8.4 Iron Uptake, Trafficking and Storage". In Banci, Lucia (Ed.). *Metallomics and the Cell. Metal Ions in Life Sciences*. 12. Springer. 2013. doi:10.1007/978-94-007-5561-1_8
51. Dotlacil L., Hermuth J., Stehno Z., Dvoracek V., Bradova J., Leisova L. How can wheat landraces contribute to present breeding? *Czech J. Genet. Plant Breed*. 2010. Vol. 46. P. 70 – 74. doi:[10.17221/1519-CJGPB](https://doi.org/10.17221/1519-CJGPB)
52. Durante M., Lenucci M.S., Rescio L., Mita G., Caretto S. Durum wheat by-products as natural sources of valuable nutrients. *Phytochem. Rev*. 2012, Vol. 11. P. 255 – 262. doi:[10.1007/s11101-012-9232-x](https://doi.org/10.1007/s11101-012-9232-x)

53. Dvořák J. Genome analysis in the Triticum-Aegilops alliance. In: Slinkard AE (ed) Proceedings of the 9th international wheat genetics symposium, Printcrafters Inc., Saskatoon. 1998. P. 8 – 11.
54. Dvořák J., Zhang H.B. Variation in repeated nucleotide sequences sheds light on the phylogeny of the wheat B and G genomes. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1990. Vol. 87. № 24. P. 9640 – 4.
55. Fares C., Codianni P., Nigro F., Platani C., Scazzina F., Pellegrini N. Processing and cooking effects on chemical, nutritional and functional properties of pasta obtained from selected emmer genotypes. *J. Sci. Food Agric*. 2008. Vol. 38. P. 2435 – 2444.
56. Fasano A., Sapone A., Zevallos V., Schuppan D. Nonceliac gluten sensitivity. *Gastroenterology*. 2015. Vol. 148. № 6. P. 1195 – 204.
57. Feng F., Han Y., Wang S, Yin S, Peng Z, Zhou M, Gao W, Wen X, Qin X, Siddique KHM. The effect of grain position on genetic improvement of grain number and thousand grain weight in winter wheat in North China. *Front Plant Sci*. 2018. Vol. 9(129). doi: 10.3389/fpls.2018.00129.
58. Ferreira M.S.L., Martre P., Mangavel C., Girousse C., Natalia N.R., Samsona M.F., Morel M.H. Physicochemical control of durum wheat grain filling and glutenin polymer assembly under different temperature regimes. *Journal of Cereal Science*. 2012. Vol. 56. № 1. P. 58 – 66. doi.org/10.1016/j.jcs.2011.11.001
59. Filatenko A.A., Hammer K. Wheat landraces from Oman: A botanical analysis. *Emir. J. Food Agric*. 2014. Vol. 26. № 2. P. 119 – 136 doi: 10.9755/ejfa.v26i2.16760
60. Fleury D., Jefferies S., Kuchel H., Langridge P. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 2010. Vol. 61. P. 3211 – 3222. doi.org/10.1093/jxb/erq152
61. Freire R.H., Fernandes L.R., Silva R.B., Coelho B.S., de Araújo L.P., Ribeiro L.S., Andrade J.M., Lima P.M., Araújo R.S., Santos S.H., Coimbra C.C., Cardoso V.N., Alvarez-Leite J.I. Wheat gluten intake increases weight gain and adiposity associated with reduced thermogenesis and energy expenditure in an animal

model of obesity. *International journal of obesity* (Lond). 2016. Vol. 40. № 3. P. 479 – 486. <https://doi.org/10.1038/ijo.2015.204>

62. Fu D., Uauy C., Distelfeld A., Blechl A., Epstein L., Chen X., Sela H., Fahima T., Dubcovsky J. A kinase-START gene confers temperature-dependent resistance to wheat stripe rust. *Science*. 2009. Vol. 323. № 5919. P. 1357 – 60. doi: 10.1126/science.1166289.

63. Galterio G., Cappelloni M., Desiderio E., Pogna N.E. Genetic, technological and nutritional characteristics of three Italian populations of “farrum” (*Triticum turgidum* subsp. *dicoccum*). *Journal of Genetics and Breeding*. 1994. Vol. 48. P. 391 – 398.

64. Galterio G., Cardarilli D., Codianni P., Acquistucci R. Evaluation of chemical and technological characteristics of new lines of *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*. *Nahrung/Food*. 2001. Vol. 45. № 4. P. 263 – 266. doi: 10.1002/1521-3803(20010801)45:4<263::AID-FOOD263>3.0.CO;2-J.

65. Galterio G., Codianni P., Giusti A.M., Pezzarossa B., Cannella C. Assessment of the agronomical and technological characteristics of *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* Schrank and *T. spelta* L. *Nahrung Food*. 2003. Vol. 47. P. 54 – 59.

66. Gebruers K., Dornez E., Boros D., Dynkowska W., Bedo Z., Rakszegi M., Courtin C.M. Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the health grain diversity screen. *J Agric Food Chem*. 2008. Vol. 56. P. 9740 – 9. doi.org/10.1021/jf800975w

67. Gegas V.C, Nazari A., Griffiths S., Simmonds J., Fish L., Orford S., Sayers L., Doonan J.H., Snape J.W. A genetic framework for grain size and shape variation in wheat. *Plant Cell*. 2010. Vol. 22. № 4. P. 1046 – 56. doi: 10.1105/tpc.110.074153.

68. Geisslitz S., Longin C.F.H., Scherf K.A., Koehler P. Comparative Study on Gluten Protein Composition of Ancient (Einkorn, Emmer and Spelt) and Modern Wheat Species (Durum and Common Wheat). *Foods*. 2019. Vol. 8. № 9. P. 409. doi.org/10.3390/foods8090409

69. Ghafoor K., Ozcan M.M., Al-Juhaimi F., Ba biker E.E., Sarker Z.I., Ahmed I.A.M., Ahmed M.A. Nutritional composition, extraction and utilization of wheat germ oil: A review. *Eur. J. Lipid. Sci. Technol.* 2017. Vol. 119(7). doi.org/10.1002/ejlt.201600160
70. Giacintucci V., Guardeno L., Puig A., Hernando I., Sacchetti G., Pittia P. Composition, Protein Contents, and Microstructural Characterisation of Grains and Flours of Emmer Wheats (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) of the Central Italy Type. *Czech Journal of Food Sciences.* 2014. Vol. 32. № 2. P. 115 –121. doi.org/10.17221/512/2012-CJFS
71. Giambanelli E., Ferioli F., Kocaoglu B., Jorjadze M., Alexieva I., Darbinyan N., D'Antuono L.F. A comparative study of bioactive compounds in primitive wheat populations from Italy, Turkey, Georgia, Bulgaria and Armenia. *J Sci Food Agric.* 2013. Vol. 93. P. 3490 – 501. doi: 10.1002/jsfa.6326.
72. Godfrey D., Hawkesford M.J., Powers S.J., Millar S., Shewry P.R. Effects of crop nutrition on wheat grain composition and end use quality. *J Agric Food Chem.* 2010. Vol. 58. № 5. P. 3012 – 21. doi: 10.1021/jf9040645.
73. Gorelick J., Yarmolinsky L., Budovsky A., Khalfin B., Klein J. D., Pinchasov Y., Bushuev M. A., Rudchenko T., Shimon Ben-Shabat. The impact of diet wheat source on the onset of type 1 diabetes mellitus—lessons learned from the Non-Obese Diabetic (NOD) mouse model. *Nutrients.* 2017. Vol. 9. № 5. P. 482. doi: 10.3390/nu9050482
74. Granvogl M., Wiester H., Koehler P., Tucher S. von, Schieberle P. Influence of sulfur fertilization on the amounts of free amino acids in wheat. Correlation with baking properties as well as with 3-aminopropionamide and acrylamide generation during baking. *J. Agric. Food Chem.* 2007. Vol. 55. P. 4271. doi: 10.1021/jf070262l.
75. Gregorio G.B. Progress in breeding for trace minerals in staple crops. *J Nutr.* 2002. Vol. 132. № 3. P. 500 –502. doi: 10.1093/jn/132.3.500S.
76. Grewal S., Goel S. Current research status and future challenges to wheat production in India. *Indian J Biotechnol.* 2015. Vol. 14. P. 445 – 54.

77. Griffing B. Analysis quantitative gene action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950. Vol. 35. P. 303 – 321.
78. Haddoury J.E, Amri A., Lhaloui S., Nsarellah N. Use of interspecific hybridization for the transfer of hessian fly resistance from *Triticum araraticum* to durum wheats. *Alawamia*. 2005. Vol. 1. P. 5 – 13
79. Hammami R, Sissons M. Durum Wheat products, couscous. In: Igrejas G., Ikeda T., Guzmán C. (eds). Wheat Quality For Improving Processing And Human Health. *Springer, Cham*. 2020. P. 345 – 366. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34163-3_15
80. Haraszi R., Juhasz A., Sissons M., Rakszegi M., Tamas L., Anderssen R.S. Rheological hardness index for assessing hardness of hexaploids and durums. *J. Cereal Chemistry*. 2013. Vol. 90. № 5. P. 430 – 438. doi: 10.1094/CCHEM-10-12-0133-R
81. Haraszi R., Sissons M., Juhasz A., Kadkol G., Tamas L., Anderssen R.S. Using Rheological phenotype phases to predict rheological features of wheat hardness and milling potential of durum wheat. *Cereal Chemistry*. 2016. Vol. 93. № 4. P. 369 – 376. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-12-15-0255-R>.
82. Hedden P. The genes of the green revolution. *Trends Genet*. 2003. Vol. 19. P.5 – 9. doi: 10.1016/s0168-9525(02)00009-4.
83. Heimler D., Vignolini P., Isolani L., Arfaioli P., Ghiselli L., Romani A. Polyphenol content of modern and old varieties of *Triticum aestivum* L. and *T. durum* Desf. grains in two years of production. *J Agric Food Chem*. 2010; Vol. 58. № 12. P. 7329 – 34. doi.org/10.1021/jf1010534.
84. Hidalgo A., Brandolini A. Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.). *J. Sci. Food Agric*. 2014. Vol. 94. № 4. P. 601 – 612. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6382>
85. Hider R.C., Kong X. Iron: effect of overload and deficiency. *Met Ions Life Sci*. 2013. Vol. 13. P. 229 – 94. doi: 10.1007/978-94-007-7500-8_8.
86. Holden C. Wonder wheat. *Science*. 1998. Vol. 280 (5363). P. 527

87. Hoseney R.C. Wheat hardness. *Cereal Foods World*. 1987. Vol. 32 P. 320 – 322.
88. Hovmøller M.S., Walter S., Bayles R.A., Hubbard A., Flath K., Sommerfeldt N., Leconte M., Czembor P., Rodriguez-Algaba J, Thach T. Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near Himalayan region. *Plant Pathol*. 2016. Vol. 65. P. 402 – 411. doi.org/10.1111/ppa.12433
89. Huang L., Raats D., Sela H., Klymiuk V., Lidzbarsky G., Feng L., Krugman T., Fahima T. Evolution and adaptation of wild emmer wheat populations to biotic and abiotic stresses. *Annu Rev Phytopathol*. 2016. Vol. 54. P. 279 – 301. doi: 10.1146/annurev-phyto-080614-120254.
90. Huang S., Sirikhachornkit A., Su X., Faris J., Gill B., Haselkorn R., Gornicki P. Genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase and 3-phosphoglycerate kinase of the *Triticum/Aegilops* complex and the evolutionary history of polyploid wheat. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2002. Vol. 99. № 12. P. 8133 – 8. doi: 10.1073/pnas.072223799.
91. Hütsch B.W., Jahn D., Schubert S. Grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under long-term heat stress is sink-limited with stronger inhibition of kernel setting than grain filling. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2018. Vol. 205. № 1. P. 22 – 32. <https://doi.org/10.1111/jac.12298>
92. Jackman P., Sun D.W., Elmasry G. Robust colour calibration of an imaging system using a colour space transform and advanced regression modelling. *Meat Sci*. 2012. Vol. 91. № 4. P. 402 – 7. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.02.014
93. Järve K., Jakobson I., Enno T. Tetraploid wheat species *Triticum timopheevii* and *Triticum militinae* in common wheat improvement. *Acta Agron Hung*. 2002. Vol. 50. P. 463 – 477.
94. Johnson B.L. Protein electrophoretic profiles and the origin of the B genome of wheat. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 1972. Vol. 69. P. 1398 – 1402.
95. Jorhem L. Åstrand C., Sundström B., Baxter M., Stokes P., Lewis J., Grawé K.P. Elements in rice on the Swedish market: Part 2. Chromium, copper, iron,

manganese, platinum, rubidium, selenium and zinc. *Food Additives and Contaminants*. 2008. Vol. 25. № 7. P. 841 – 850. <https://doi.org/10.1080/02652030701701058>.

96. Karagö Z.A. Wheat Landraces of Turkey. Emir. *J. Food Agric*. 2014. Vol. 26. № 2. P. 149 – 156. doi:10.9755/ejfa.v26i2.16397

97. Kataria S., Jain K., Guruprasad K.N. UV-B induced changes in antioxidant enzymes and their isoforms in cucumber (*Cucumis sativus* L.) cotyledons. *Indian J Biochem Biophys*. 2007. Vol. 44. № 1. P. 31 – 7.

98. Kihara H. Substitution of nucleus and its effects on genome manifestation. *Cytologia*. 1951. Vol. 16. P. 177 – 193.

99. Kilian B., Ozkan H., Deusch O., Effgen S., Brandolini A., Kohl J., Martin W., Salamini F. Independent wheat B and G genome origins in outcrossing *Aegilops* progenitor haplotypes. *Mol Biol Evol*. 2007. Vol. 24. № 1. P. 217 – 27.

100. Kissing L., Dyckb K. E., Russelc J., Clarkd L., Hamelmane J., Burns-Leaderf S., Sendersg S., Jonesh J., Benschera D., Davisa M., Rothi G., Zwingerj S., Sorrellsa M.E., Dawsonk J.C. Evaluation of wheat and emmer varieties for artisanal baking, pasta making, and sensory quality. *Journal of Cereal Science*. 2017. Vol. 74. P. 19 – 27. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.12.010>.

101. Kohl S., Hollmann J., Erban A., Kopka J., Riewe D., Weschke W., Weber H. Metabolic and transcriptional transitions in barley glumes reveal a role as transitory resource buffers during endosperm filling. *J Exp Bot*. 2015. Vol. 66. № 5. P. 1397 – 411. doi: 10.1093/jxb/eru492.

102. Koxsel H., Cetiner B. Grain science and industry in Turkey: past, present and future. *Cereal Foods World*. 2015. Vol. 60. P. 90 – 6.

103. Konvalina P., Capouchova I., Stehno Z., Moudry J. jr. Genetic resources of emmer wheat and their prospective use in organic farming. Agronomy Series of Scientific Research. *Lucrari Stiintifice Seria Agronomie*. 2012. Vol. 55. № 2. P. 13 – 18.

104. Konvalina P., Moudrý J., Stehno Z., Suchý K. Drought tolerance of different wheat species (*Triticum* L.). *Climate Change and Fisheries in Chile*. 2014. P. 207 – 216
105. Kozub N.A., Sozinov I.A., Sobko T.A., Kolyuchii V.T., Kuptsov S.V., Sozinov A.A., Variation at storage protein loci in winter common wheat cultivars of the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Cytol. Genet.* 2009. Vol. 43, №. 1. P. 55–62. doi: 10.3103/S0095452717020050
106. Kumar G.S., Krishna A.G. Studies on the nutraceuticals composition of wheat derived oils wheat bran oil and wheat germ oil. *J. Food Sci. Technol.* 2015. Vol. 52. №. 2. P. 1145 – 1151. doi.org/10.1007/s13197-013-1119-3
107. Kumari M. *Cereals*. Walnut Publication. 2019. 128 p.
108. Lachman J., Hejtmankova K., Kotikova Z. Tocols and carotenoids of einkorn, emmer and spring wheat varieties: selection for breeding and production. *Cereal Sci.* 2013. Vol. 57. P. 207 – 14. doi.org/10.1016/j.jcs.2012.05.011
109. Lachman J., Orsak M., Pivec V., Jiru K. Antioxidant activity of grain of einkorn (*Triticum monococcum* L.), emmer (*Triticum dicoccum* Schuebl [Schrank]) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Plant Soil Environ.* 2012. Vol. 58. P. 15 – 21. doi.org/10.17221/300/2011-PSE
110. Lacko-Bartosova M., Curna V. Nutritional characteristics of emmer wheat varieties. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2015. Vol. 4 (Special issue 3). P. 95 – 98. doi: 10.15414/jmbfs.2015.4.special3.95-98.
111. Laddomada B., Durante M., Mangini G., D'Amico L., Lenucci MS., Simeone R., et al. Genetic variation for phenolic acids concentration and composition in a tetraploid wheat (*Triticum turgidum* L.) collection. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2017. Vol. 64. P. 587 – 597. doi: 10.1007/s10722-016-0386-z
112. Lage J., Skovmand B., Andersen S.B. Expression and suppression of resistance to greenbug (Homoptera: Aphididae) in synthetic hexaploid wheats derived from *Triticum dicoccum* x *Aegilops tauschii* crosses. *J Econ Entomol.* 2003. Vol. 96. № 1. P. 202 – 6. doi: 10.1093/jee/96.1.202.

113. Laidò G., Mangini G., Taranto F., Gadaleta A., Blanco A., Cattivelli L., Marone D., Mastrangelo A.M., Papa R., De Vita P. Genetic diversity and population structure of tetraploid wheats (*Triticum turgidum* L.) estimated by SSR, DArT and pedigree data. *PloS ONE* 2013. Vol. 8 (6). e67280. doi: 10.1371/journal.pone.0067280
114. Laikova L.I., Belan I.A., Badaeva E.D., Posseeva L.P., Shepelev S.S., Shummy V.K., Pershina L.A. Development and study of spring bread wheat variety Pamyati Maystrenko with introgression of genetic material from synthetic hexaploid *Triticum timopheevii* Zhuk. x *Aegilops tauschii* Coss. *Genetika*. 2013. Vol. 49. № 1. P. 103 – 12. doi: 10.7868/s0016675813010062.
115. Liang Y., Zhang Z., Peng Y., Peng J. Resistance in wild emmer wheat (*Triticum dicoccoides*) from the fertile crescent to yellow rust in China. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 2013. Vol. 11. № 3. P. 1395 – 1403.
116. Linnaeus S. c. *Species plantarum: exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specicis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas*. Berolini: impensis G.C. Nauk. 1797. 1797-1818. Ed. 4, P. 478. doi.org/10.5962/bhl.title.37657
117. Liu K. Comparison of lipid content and fatty acid composition and their distribution within seeds of 5 small grain species. *J. Food Sci.* 2011. Vol. 76. № 2. P. 334 – 342. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.02038.x>
118. Liu W., Maccaferri M., Chen X., Laghetti G., Pignone D., Pumphrey M., Tuberosa R. Genome-wide association mapping reveals a rich genetic architecture of stripe rust resistance loci in emmer wheat (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*). *Theor Appl Genet.* 2017. Vol. 130. № 11. P. 2249 – 2270. <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2957-6>
119. Liu X.M., Fritz A.K., Reese J.C., Wilde G.E., Gill B.S., Chen M.S. H9, H10, and H11 compose a cluster of Hessian fly-resistance genes in the distal gene-rich region of wheat Chromosome 1AS. *Theor. Appl. Genet.* 2005. Vol. 110. P. 1473 – 1480. doi: 10.1007/s00122-005-1982-z.

120. Longin C.F.H., Ziegler J., Schweiggert R., Carle R., Würschum T. Comparative study of hulled (einkorn, emmer, and spelt) and naked wheats (durum and bread wheat): Agronomic performance and quality traits. *Crop Science*. 2016. Vol. 56, № 1. P. 302 – 311. doi.org/10.2135/cropsci2015.04.0242.

121. Lu Z.X., Walker K.Z., Muir J.G., O’Dea K. Arabinoxylan fiber improves metabolic control in people with Type-II diabetes. *Eur J Clin Nutr*. 2004. Vol. 58. P. 621 – 8. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601857.

122. Luo M.C., Yang Z.L., You F.M., Kawahara T., Waines J.G., Dvorak J. The structure of wild and domesticated emmer wheat populations, gene flow between them, and the site of emmer domestication. *Theor Appl Genet*. 2007. Vol. 114. № 6. P. 947 – 59.

123. Luterotti S., Kljak K. Spectrophotometric estimation of total carotenoids in cereal grain products. *Acta Chim Slov*. 2010. Vol. 57. № 4. P. 781 – 7. PMID: 24061878.

124. Lynch J.P., Doyle D., McAuley Sh., McHardy F., Danneels Q., Black L.C., White E.M., Spink J. The impact of variation in grain number and individual grain weight on winter wheat yield in the high yield potential environment of Ireland. *Eur J Agron*. 2017. Vol. 87. P. 40 – 49. doi: 10.1016/j.eja.2017.05.001.

125. Ma X., Sajjad M., Wang J., Yang W., Sun J., Li X., Zhang A., Liu D. Diversity, distribution of Puroindoline genes and their effect on kernel hardness in a diverse panel of Chinese wheat germplasm. *BMC Plant Biol*. 2017. Vol. 17. № 1. P. 158. doi: 10.1186/s12870-017-1101-8.

126. Mackey J.M. Wheat: its concept, evolution and taxonomy In: Royo C., Nachit M.M, Di Fonzo N., Araus J.L., Pfeiffer W.H., Slafer G.A., editors. Durum wheat breeding: current approaches and future strategies. New York. *Food Products Press*. 2005. P. 3–61.

127. Magallanes-López A.M., Hernandez-Espinosa N., Velu G., Posadas-Romano G., Ordoñez-Villegas V.M.G., Crossa J., Ammar K., Guzmán C. Variability in iron, zinc and phytic acid content in a worldwide collection of commercial durum

wheat cultivars and the effect of reduced irrigation on these traits. *Food Chem.* 2017. Vol. 237. P. 499 – 505. doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.110

128. Magness J.R., Markle G.M., Compton C.C. Food and feed crops of the United States. Interregional Research Project IR-4 IR (Bul. 828 New Jersey Agr. Expt. Sta.). Bul. 1. 1971. Available from: https://hort.purdue.edu/newcrop/CropInfoSources/Magness_info.htm.

129. Mahmud I., Kramer H. Segregation for yield, height and maturity following a soybean cross. *Agron. S.* 1951. Vol. 43. № 12. P. 605 – 609

130. Mandy G. New Concept of the Origin of *Triticum* L. *Acta Agronomia Acad. Sci. Hung.* 1970. Vol. 19. P. 413 – 419.

131. Maphosa L., Taylor H., Langridge P., Parent B. Genetic control of grain yield and grain physical characteristics in a bread wheat population grown under a range of environmental conditions. *Theoretical and Applied Genetics.* 2014. Vol. 127. № 7. P. 1607 – 1624. doi: 10.1007/s00122-014-2322-y.

132. Marconi E., Cubadda R. Emmer Wheat. In: Abdel-Aal E.S.M., Wood P.J., Specialty Grains for Food and Feed, St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemistry, Inc. 2005. P. 63 – 108. ISBN 1 – 891127 – 41 – 1.

133. Marza F., Bai G.-H., Carver B.F., Zhou W.C. Quantitative trait loci for yield and related traits in the wheat population Ning7840 & Clark. *Theor. Appl. Genet.* 2006. Vol. 112. № 4. P. 688 – 98. doi: 10.1007/s00122-005-0172-3.

134. McDonald M.J., Ohm H.W., Rinehart K.D., Giovanini M.P., Williams C.E. H33: A wheat gene providing Hessian fly resistance for the southeastern United States. *Crop Sci.* 2014. Vol. 54. № 5. P. 2045 – 2053. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.12.0811>

135. McIntosh R.A., Gyárfás J. *Triticum timopheevii* as a source of resistance to wheat stem rust. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung.* 1971. Vol. 66. P. 240 – 248

136. Mellen P., Walsh T., Herrington D. Whole grain in take and cardiovascular disease. A meta-analysis. *Nutr. Met. Card. Dis.* 2008. Vol. 18. № 4. P. 283 – 290. doi: 10.1016/j.numecd.2006.12.008.

137. Merchuk-Ovnat L., Barak V., Fahima T., Ordon F., Lidzbarsky G.A., Krugman T., Saranga Y. Ancestral QTL alleles from wild emmer wheat improve drought resistance and productivity in modern wheat cultivars. *Front Plant Sci.* 2016. Vol. 7. P. 452. doi: 10.3389/fpls.2016.00452.

138. Messia M.C., Iafelice G., Marconi E. Effect of parboiling on physical and chemical characteristics and non-enzymatic browning of emmer (*Triticum dicoccon* Schrank). *J Cereal Sci.* 2012. Vol. 56. P. 147 – 152. doi.org/10.1016/j.jcs.2012.05.006.

139. Metakovsky E., Melnik V., Rodriguez -Quijano M., Upelniek V., Carrillo J.M.. A catalog of gliadin alleles: Polymorphism of 20th-century common wheat germplasm. *The Crop Journal.* 2018. Vol. 6. Issue 6. P. 628 – 641. doi.org/10.1016/j.cj.2018.02.003

140. Micco C., Onori R., Miraglia M., Gambelli L., Brera C. Evaluation of lead, cadmium, chromium, copper and zinc by atomic absorption spectroscopy in durum wheat milling products in relation to the percentage of extraction. *Food Addit Contam.* 1987. Vol. 4. № 4. P. 429 – 35. doi: 10.1080/02652038709373651.

141. Milus E.A., Kristensen K., Hovmøller M.S. Evidence for increased aggressiveness in a recent widespread strain of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* causing stripe rust of wheat. *Phytopathology.* 2009. Vol. 99. № 1. P.89 – 94.

142. Mitmesser S. Octacosanol and wheat germ oil. In: Driskell J., ed. *Sports Nutrition: Fats and Proteins.* Boca Raton, FL: CRC Press. 2007. P. 99 – 104

143. Mitrofanova O., Badaeva E., Salina E.A. *T. timopheevii* and *T. zhukovskii*, the bread wheat cousins and their contribution to *T. aestivum* improvement. In: Bonjean AP, Angus WJ, VanGinkel M, editors. *The World Wheat Book: A History of Wheat Breeding (v.3)* France: Tec & Doc Lavoisier; 2016. P. 1167 – 1228.

144. Mo Y., Vanzetti L.S., Hale I., Spagnolo E.J., Guidobaldi F., Al-Oboudi J., Odle N., Pearce S., Helguera M., Dubcovsky J. Identification and characterization of Rht25, a locus on chromosome arm 6AS affecting wheat plant height, heading

time, and spike development. *Theor Appl Genet.* 2018. Vol. 131. № 10. P. 2021 – 2035. doi: 10.1007/s00122-018-3130-6

145. Mohan B.H., Malleshi N.G. Characteristics of native and enzymatically hydrolyzed common wheat (*Triticum aestivum*) and dicoccum wheat (*Triticum dicoccum*) starches. *Eur Food Res Technol.* 2006. Vol. 223. P. 355 – 61. doi:[10.1007/s00217-005-0212-x](https://doi.org/10.1007/s00217-005-0212-x)

146. Molberg O., Solheim F.N., Jensen T., Lundin K.E., Arentz-Hansen H., Anderson O.D., Kjersti U.A., Sollid L.M. Intestinal T-cell responses to high-molecular-weight glutenins in celiac disease. *Gastroenterology.* 2003. Vol. 125. P. 337 – 344. doi: 10.1016/s0016-5085(03)00890-4.

147. Monasterio I., Graham R.D. Breeding for trace minerals in wheat. *Food Nutr. Bull.* (2000) 21; 393–396.

148. Morris C.E., Sands D.C. The breeder`s dilemma – yield or nutrition? *Nat. Biotechnol.* 2003. Vol. 24. P. 1078 – 1080. doi: 10.1038/nbt0906-1078.

149. Mujeeb-Kazi A., Kimber G. The production, cytology and practicality of wide hybrids in the Triticeae. *Cereal Res Commun.* 1985. Vol. 13. P. 111 – 124.

150. Mundra A., Nirmala B., Yenagi K., Kasturiba B. Designing of low glycaemic chapati of dicoccum wheat for the effective management of diabetes. *J. Agric. Sci.* 2010. Vol. 23. № 3. P. 476 – 479.

151. Musienko M.M., Gadzalo Ya.M., Kovalenko M.S. et al. Adaptation reactions of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and emmer (*T. dicoccum* Schrank ex Schuebl.) seedlings under osmotic stress and treatment with metal nanoparticles. *Agricultural science and practice.* 2019. Vol. 6. № 3. P. 3 – 13. doi: <https://doi.org/10.15407/agrisp6.03.003>.

152. Nakov Gj., Stamatovska V., Ivanova N., Damyanova S., Necinova Lj. Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.) – review. Proceeding of 55-th Science Conference of Ruse University. Bulgaria. 2016, P. 381 – 384.

153. Nevo E., Moseman J.G., Beiles A., Zohary D. Patterns of resistance of Israeli wild emmer wheat to pathogens I. Predictive method by ecology and allozyme

genotypes for powdery mildew and leaf rust. *Genetica*. 1985. Vol. 67. Issue 3. P. 209 – 222.

154. Nirmal R.C., Furtado A., Wrigley C., Henry R.J. Influence of gene expression on hardness in wheat. *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11. № 10: e0164746. doi.org/10.1371/journal.pone.0164746

155. Okamoto Y., Takumi S. Pleiotropic effects of the elongated glume gene P1 on grain and spikelet shape-related traits in tetraploid wheat. *Euphytica*. 2013. Vol. 194. P. 207 – 18. doi: 10.1007/s10681-013-0916-0

156. Okarter N., Liu C.S., Sorrels M.E., Liu R.H. Phytochemical content and antioxidant activity of six diverse varieties of whole wheat. *Food Chem*. 2010. Vol. 119. P. 249 – 257. doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.021

157. Olivera P.D., Badebo A., Xu S.S., Klindworth D.L., Jin Y. Resistance to Race TTKSK of Puccinia graminis f. sp. tritici in Emmer Wheat. *Crop Sci*. 2012. Vol. 52. P. 2234 – 2242. doi.org/10.2135/cropsci2011.12.0645

158. Ozboy O., Koksel H. An application of linear regression technique for predicting bulgur yield and quality of wheats cultivars. *Nahrung/Food*. 2002. Vol. 46. № 1. P. 21 – 24. [doi.org/10.1002/1521-3803\(20020101\)46:1<21::AID-FOOD21>3.0.CO;2-F.\)](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20020101)46:1<21::AID-FOOD21>3.0.CO;2-F.))

159. Patil R.B., Yenagi N.B. Nutrient composition of semolina of different grades of dicoccum wheat varieties in comparison with durum and bread wheat. *Karnataka J Agric Sci*. 2002. Vol 15. P. 753-5.

160. Payne P.I. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality. *Annual Review Plant Physiology*. 1987. Vol. 38. № 1. P. 141 – 153. doi.org/10.1146/annurev.pp.38.060187.001041

161. Paznocht L., Kotíková Z., Šulc M., Lachman J., Orsák M., Eliášová M., Martinek P. Free and esterified carotenoids in pigmented wheat, tritordeum and barley grains. *Food Chemistry*. 2018. Vol. 240. P. 670 – 678. doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.151

162. Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2007. Vol. 11. P. 1633 – 1644. doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007.

163. Peng J.H., Fahima T., Röder M.S., Li Y.C., Dahan A., Grama A., Ronin Y.I., Korol A.B., Nevo E. Microsatellite tagging of the stripe-rust resistance gene YrH52 derived from wild emmer wheat, *Triticum dicoccoides*, and suggestive negative crossover interference on chromosome 1B. *Theor. Appl. Genet.* 1999. Vol. 98. P. 862 – 872. doi.org/10.1007/s001220051145

164. Percival J. (ed.): The Wheat Plant: A Monograph. Redwood Burn Ltd. London. 1974. 626 p.

165. Pérez-Jiménez J. Diaz-Rubio M.E. Saura-Calixto F. Non-extractable polyphenols, a major dietary antioxidant: Occurrence, metabolic fate and health effects. *Nutr. Res. Rev.* 2013. Vol. 26. P. 118 – 129. doi: 10.1017/S0954422413000097.

166. Perez-Jimenez J., Saura-Calixto F. Literature data may underestimate the actual antioxidant capacity of cereals. *J. Agric. Food Chem.* 2005. Vol. 53. P. 5036 – 5040. doi: 10.1021/jf050049u.

167. Pérez-Jiménez J., Torres J.L. Analysis of nonextractable phenolic compounds in foods: The current state of the art. *J. Agric. Food Chem.* 2011. Vol. 59. P. 12713 – 12724. doi: 10.1021/jf203372w.

168. Perino L.J., Sutherland R.L., Woollen N.E. Serum gamma-glutamyltransferase activity and protein concentration at birth and after suckling in calves with adequate and inadequate passive transfer of immunoglobulin G. *Am J Vet Res.* 1993. Vol. 54. № 1. P. 56 – 9. PMID: 8093994.

169. Piergiovanni A.R., Rizzi R., Pannaciulli E., Della Gatta C. Mineral composition in hulled wheat grains: A comparison between emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and spelt (*T. spelta* L.) accessions. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 1997. Vol. 48. P. 381 – 386. doi.org/10.3109/09637489709028586

170. Pogna N.E., Lafiandra D., Feillet P., Autran J.C. Evidences for a direct causal effect of low molecular weight subunits of glutenins on gluten viscoelasticity

in durum wheats. *J Cereal Sci.* 1988. Vol. 7. P. 211 – 214. doi.org/10.1016/S0733-5210(88)80001-8

171. Pomeranz Y., Williams P.C. Wheat hardness: its genetic, structure and biochemical background, measurement and significance. In: *Advances in Cereal Science and Technology* (edited by Y. Pomeranz). St Paul, MN: AACCC. 1990. Pp. 471–557.

172. Porceddu E., Turchetta T., Masci S., D'ovidio R., Lafiandra D., Kasarda D.D., Impiglia A., Nachit M.M. Variation in endosperm protein composition and technological quality properties in durum wheat. *In Euphytica* 1998. Vol. 100. P. 197 – 205. doi.org/10.1023/A:1018338308795

173. Pretorius Z.A., Jin Y., Bender C.M., Herselman L., Prins R. Seedling resistance to stem rust race Ug99 and marker analysis for Sr2, Sr24 and Sr31 in South African wheat cultivars and lines. *Euphytica.* 2011. Vol. 186, P. 15 – 23 doi:10.1007/s10681-011-0476-0

174. Radchenko E.E. Resistance of Triticum Species to Cereal Aphids. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2011. Vol. 47 (Special Issue). P. S67 – S70

175. Relina L. Vecherska L., Bohuslavskiy R., Golik O. Grain quality of tetraploid wheat *Triticum durum* Desf. var. *falcatomelanopus* Jakubz. & Filat. *Știința agricolă.* 2019. № 1. P. 3 – 9.

176. Relina L.I., Boguslavskiy R.L., Vecherska L.A., Didenko S.Yu., Golik O.V., Sheliakina T.A., Pozdniakov V.V. Grain quality of tetraploid wheat *Triticum timopheevii* (Zhuk.) Zhuk. *Селекція і насінництво.* 2018. Vol. 114. P. 106 – 119. doi: 10.30835/2413-7510.2018.152144

177. Relina L.I., Suprun O.H., Boguslavskiy R.L., Didenko S.Yu., Vecherska L.A., Golik O.V. Fatty acid composition of oil from grain of some tetraploid wheat species. *Biotechnologia Acta.* 2020. Vol. 13. № 2. P. 56 – 64. doi.org/10.15407/biotech13.02.056.

178. Relina L.I., Vecherska L.A., Boguslavskiy R.L. Grain quality of the tetraploid wheat *Triticum persicum* var. *rubiginosum*. *Annual Wheat Newsletter.* 2019. Vol. 65. P. 46 – 52.

179. Righetti L, Rubert J, Galaverna G, Folloni S, Ranieri R, Stranska-Zachariasova M, Hajslova J, Dall'Asta C. Characterization and discrimination of ancient grains: a metabolomics approach. *Int J Mol Sci*. 2016. Vol. 17. № 8. P. 1217. doi: 10.3390/ijms17081217

180. Rodríguez-Quijano M., Lucas R., Ruiz M., Giraldo P., Espí A., Carrillo J.M. Allelic Variation and Geographical Patterns of Prolamin sinthe USDA-ARS Khorasan Wheat Germplasm Collection. *Crop Science*. 2010. Vol 50. № 6. P. 2383 – 2391. doi.org/10.2135/cropsci2010.02.0089

181. Roser M., Ritchie H. 2013. "Food Supply". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/food-supply' [Online Resource].

182. Rosewarne G.M., Herrera-Foessel S.A., Singh R.P., Huerta-Espino J., Lan C.X., He Z.H. Quantitative trait loci of stripe rust resistance in wheat. *Theor Appl Genet*. 2013. Vol. 126. № 10. P. 2427 – 49. doi.org/10.1007/s00122-013-2159-9

183. S'aez-plaza P., Michałowski T., Navas M.J., Asuero A.G., Wybraniec S. An overview of the Kjeldahl method of nitrogen determination. Part I. Early history, chemistry of the procedure, and titrimetric finish. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 2013a. Vol. 43. № (4). P. 178 – 223. doi:10.1080/10408347.2012.751786.

184. S'aez-plaza P., Navas M.J., Wybraniec S., Michałowski T., Asuero A.G. An overview of the Kjeldahl method of nitrogen determination. Part II. Sample preparation, working scale, instrumental finish, and quality control. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 2013b. Vol. 43. № 4. P. 224 – 272. doi.org/10.1080/10408347.2012.751787

185. Sadeghabad A.A., Dadkhodaie A., Heidari B., Razi H., Mostowfizadeh-Ghalamfarsa R. Microsatellite markers for the *Triticum timopheevi*-derived leaf rust resistance gene Lr18 on wheat 5BL chromosome. *Breed Sci*. 2017. Vol. 67. № 2. P. 129 – 134. doi:10.1270/jsbbs.16148

186. Sage G.C.M. Nucleo-cytoplasmic relationships in wheat. *Adv. Agron*. 1976. Vol. 28. P. 265 – 298. [doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60557-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60557-X)

187. Sairam R.K., Chandrasekhar V., Srivastava G.C. Comparison of hexaploid and tetraploid wheat cultivars in their responses to water stress. *Biol Plant*. 2001. Vol. 44. P. 89 – 94. doi.org/10.1023/A:1017926522514
188. Sanabria J.C., Bass J., Spors F., Gierhart D.L., Davey P.G. Measurement of carotenoids in perifovea using the macular pigment reflectometer. *J. Vis. Exp.* 2020. (155). doi: 10.3791/60429
189. Sands D.C., Morris C.E., Dratz E.A., Pilgeram A. Elevating optimal human nutrition to a central goal of plant breeding and production of plant-based food. *Plant Science*. 2009. Vol. 177. № 5. P. 377 – 389. doi: 10.1016/j.plantsci.2009.07.011.
190. Sanmartín P., Gambino M., Fuentes E., Serrano M. A simple, reliable, and inexpensive solution for contact color measurement in small plant samples. *Sensors (Basel)*. 2020. Vol. 20. (8):2348. doi: 10.3390/s20082348
191. Sardesai N. Nemacheck J.A. Subramanyam S. Williams C.E. Identification and mapping of H32, a new wheat gene conferring resistance to Hessian fly. *Theor. Appl. Genet.* 2005. Vol. 111. P. 1167 – 1173. doi: 10.1007/s00122-005-0048-6.
192. Saura-Calixto F., Perez-Jiménez J., Goni I. Contribution of cereals to dietary fibre and antioxidant intakes: Toward more reliable methodology. *J. Cereal Sci.* 2009. Vol. 50. P. 291 – 294. doi:[10.1016/j.jcs.2009.04.008](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.04.008)
193. Schatzkin A., Mouw T., Park Y., Subar A.F., Kipnis V., Hollenbeck A., Leitzmann M.F., Thompson F.E. Dietary fiber and whole-grain consumption in relation to colorectal cancer in the NIH-AARP Diet and Health Study. *Am. J. Clin. Nutr.* 2007. Vol. 85. P. 1353 – 1360. doi: 10.1093/ajcn/85.5.1353
194. Sharma P.K., Anand P., Sankhalkar S. Oxidative damage and changes in activities of antioxidant enzymes in wheat seedlings exposed to ultraviolet-B radiation. *Curr Sci*. 1998. Vol. 75. P. 359 – 366
195. Shcherban A.B., Schichkina A.A., Salina E.A. The occurrence of spring forms in tetraploid Timopheevi wheat is associated with variation in the first intron of

the VRN-A1 gene. *BMC Plant Biol.* 2016. Vol. 16(Suppl 3). P. 107 – 118. doi: [10.1186/s12870-016-0925-y](https://doi.org/10.1186/s12870-016-0925-y)

196. Shewry P.R., Halford N.G. Cereal seed storage proteins (structures, properties and role in grain utilization). *J Exp Botany.* 2002. Vol. 53. P. 947 – 958. doi: 10.1093/jexbot/53.370.947.

197. Shewry P.R., Hawkesford M.J., Piironen V., Lampi A.-M., Gebruers K., Boros D., Anderson A.A.M., Aaman P., Rakzegi M., Bedo Z., Ward J.L. Natural variation in grain composition of wheat and related cereals. *J. Agric. Food Chem.* 2013. Vol. 61. P. 8295 – 8303. doi: 10.1021/jf3054092

198. Shewry P.R., Hey S. Do “ancient” wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? *J. Cereal. Sci.* 2015. Vol. 65. P. 236 – 243. doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.014

199. Shewry P.R., Piironen V., Lampi A.-M., Edelmann M., Kariluoto S., Nurmi T., Fernandez-Orozco R., Ravel C., Charmet G., Andersson A.A.M., Åman P., Boros D., Gebruers K., Dornez E., Courtin C.M., Delcour J.A., Rakszegi M., Bedő Z., Ward J.L.. The HEALTHGRAIN wheat diversity screen: effects of genotype and environment on phytochemicals and dietary fiber components. *J. Agric. Food Chem.* 2010. Vol. 58. P. 9291 – 9298. doi: 10.1021/jf100039b.

200. Shukle R.H., Cambron S.E., Moniem H.A., Schemerhorn B.J., Redding J., David Buntin G, Flanders K.L., Reisig D.D., Mohammadi M. Effectiveness of Genes for Hessian Fly (Diptera: Cecidomyiidae) Resistance in the Southeastern United States. *J Econ Entomol.* 2016. Vol. 109. № 1. P. 399 – 405. <https://doi.org/10.1093/jee/tov292>

201. Skrajda-Brdak M., Konopka I., Tańska M., Szczepanek M., Sadowski T., Rychcik B. Low molecular phytochemicals of Indian dwarf (*Triticum sphaerococcum* Percival) and Persian wheat (*T. carthlicum* Nevski) grain. *J. of Cereal Science.* 2020. Vol. 91: (102887). P. 1 – 6. DOI: 10.1016/j.jcs.2019.102887

202. Smirnov O., Karpets L.-A., Zinchenko A. Kovalenko M., Taran N. Changes of morphofunctional traits of *Triticum aestivum* and *Triticum dicoccum* seedlings caused by polyethylene glycol-modeling drought. *Journal of Central*

European Agriculture. 2020. Vol. 21(2). P. 268 – 274. doi:
/10.5513/JCEA01/21.2.2341

203. Sofi F., Whittaker A., Cesari F., Gori A.M., Fiorillo C., Becatti M., Marotti I., Dinelli G., Casini A., Abbate R., Gensini G.F., Benedettelli S. Characterization of Khorasan wheat (Kamut) and impact of a replacement diet on cardiovascular risk factors: Cross-over dietary intervention study. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2013. Vol. 67.(2). P. 1 – 6. doi:10.1038/ejcn.2012.206

204. Somma S., Cenci A., Simeone R., Blanco A. I carotenoidi in una collezione di frumenti coltivati e selvatici. In: Cubadda, R., Marconi, E. Atti del 5° Convegno AISTEC Cereali, Campobasso, Italy: University of Molise. 2004. P. 95 – 104.

205. Spaenij-Dekking L., Kooy-Winkelaar Y., van Veelen P., Drijfhout J.W., Jonker H., van Soest L., Smulders M.J., Bosch D., Gilissen L.J., Koning F. Natural variation in toxicity of wheat: potential for selection of nontoxic varieties for celiac disease patients. *Gastroenterology*. 2005. Vol. 129. № 3. P. 797 – 806. doi: 10.1053/j.gastro.2005.06.017.

206. Strehlow W., Hertzka G., Weuffen W.: Aspetti nutrizionali. Le caratteristiche dietetiche del farro nel trattamento di malattie croniche. In: Perrino P., Semeraro D., Laghetti G. (eds): Il farro, un cereale della salute. CNR Istituto del Germoplasma, Bari. 1994. P. 52 – 66.

207. Stringham J.M., Bovier E.R., Wong J.C., Hammond Jr.B.R. The influence of dietary lutein and zeaxanthin on visual performance. *Journal of Food Science*. 2010. Vol. 75. № 1. P. 24 – 29. doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01447.x

208. Suchowilska E., Szafrńska A., Słowik E., Wiwart M. Flour from *Triticum polonicum* L. as a potential ingredient in bread production. *Cereal Chem*. 2019. Vol. 96. P. 554 – 563. doi.org/10.1002/cche.10155

209. Suchowilska E., Wiwart M., Kandler W., Krska R. A comparison of macro- and microelement concentrations in the whole grain of four *Triticum* species. *Plant Soil Environ*. 2012. Vol. 58. № 3. P. 141 – 147 doi: 10.17221/688/2011-PSE

210. Suneja Y., Gupta A.K., Bains N.S. Bread wheat progenitors: *Aegilops tauschii* (DD genome) and *Triticum dicoccoides* (AABB genome) reveal differential antioxidative response under water stress. *Physiol Mol Biol Plants*. 2017. Vol. 23. № 1. P. 99 – 114. doi: 10.1007/s12298-016-0409-4.

211. Supekar D.T., Patil S.R., Munjal S.V. Comparative study of some important aestivum, durum and dicoccum wheat cultivars for grain, flour quality and suitability for chapatti making characteristics. *J Food Sci Technol*. 2005. Vol. 42. P. 488 – 492.

212. Swartz T.E., Yin J., Patapoff T.W., Horst T., Skieresz S.M., Leggett G., Morgan C.J., Rahimi K., Marhoul J., Kabakoff B. A spectral method for color quantitation of a protein drug solution. *PDA J Pharm Sci Technol*. 2016. Vol. 70. № 4. P. 361 – 81. doi: 10.5731/pdajpst.2016.006486.

213. Symes K. Classification of Australian wheat varieties based on the granularity of their wholemeal. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal husbandry*. 1961. Vol. 1. P. 18 – 23. doi.org/10.1071/EA9610018

214. Sytar O., Boško P., Živčák M., Brestic M., Smetanska I. Bioactive phytochemicals and antioxidant properties of the grains and sprouts of colored wheat genotypes. *Molecules*. 2018. Vol. 23(9). P. 2282. doi.org/10.3390/molecules23092282

215. Talaat E.H., Maan S.S., Lucken L.A. Chromosomal location of genes controlling pollen fertility restoration in three restorer lines of wheat. *Egypt. J. Genet*. 1973. Vol. 2. P. 195 – 205.

216. Thorup A.C., Gregersen S., Jeppesen P.B. Ancient wheat diet delays diabetes development in a Type 2 Diabetes animal model. *Rev Diabet Stud. Fall-Winter*. 2014. Vol. 11. № 3-4. P. 245 – 57. doi: 10.1900/RDS.2014.11.245.

217. Troccoli A., Codianni P. Appropriate seeding rate for einkorn, emmer, and spelt grown under rain fed condition in southern Italy. *Eur J Agron*. 2005. Vol. 22. P. 293–300. doi.org/10.1016/j.eja.2004.04.003

218. Uauy C., Brevis J.C., Chen X., Khan I., Jackson L., Chicaiza O., Distelfeld A., Fahima T., Dubcovsky J. High-temperature adult-plant (HTAP) stripe

rust resistance gene Yr36 from *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* is closely linked to the grain protein content locus Gpc-B1. *Theor Appl Genet.* 2005. Vol. 112. № 1. P. 97 – 105. doi: 10.1007/s00122-005-0109-x.

219. Uauy C., Distelfeld A., Fahima T., Blechl A., Dubcovsky J. A NAC Gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat. *Science.* 2006. Vol. 314(5803). P. 1298 – 301. doi: 10.1126/science.1133649.

220. Vader L.W., Stepniak D.T., Bunnik E.M., Kooy Y.M.C., De Haan W., et al. Characterization of cereal toxicity for celiac disease patients based on protein homology in grains. *Gastroenterology.* 2003. Vol. 125. P. 1105 – 1113. doi: [10.1016/s0016-5085\(03\)01204-6](https://doi.org/10.1016/s0016-5085(03)01204-6)

221. Vasilis C. Gegas, Nazari A., Griffiths S., Simmonds J., Fish L., Orford S., Sayers L., Doonan J.H., Snape J.W. A genetic framework for grain size and shape variation in wheat. *Plant Cell.* 2010. Vol. 22. № 4. P. 1046 – 1056. doi: 10.1105/tpc.110.074153.

222. Vecherska L.A., Boguslavskyi R.L., Relina L.I., Golik O.V. Morphogenesis in early generations of winter emmer / durum winter wheat hybrids. *Генетичні ресурси рослин.* 2019. Вип. 25. С. 71–81. doi: 10.36814/pgr.2019.25.05.

223. Vecherska L.A., Relina L.I., Bohuslavskyi R.L., Golik O.V. Micronutrients in tetraploid wheat species. Міжнарод. наук. конф. «Сучасні проблеми генетики, біотехнології і біохімії сільськогосподарських рослин». Одеса: СГІ–НЦНС, 2020. С. 82.

224. Vaha A., Gyimes E., Szabó P.B. Different method to determine the kernel hardness of Hungarian winter wheat varieties, 7th International Conference Integrated Systems for Agri-Food Production, Sipa. Nyíregyháza, Hungary. 2011. P. 10 – 12.

225. Velu G., Ortiz-Monasterio I., Singh R.P., Payne T. Variation for grain micronutrients concentration in wheat core-collection accessions of diverse origin. *Asian J. Crop Sci.* 2011. Vol. 3. P. 43 – 48. doi: 10.3923/ajcs.2011.43.48

226. Venn B.J., Mann J.I. Cereal grains, legumes and diabetes. *Eur J Clin Nutr.* 2004. Vol. 58. P. 1443 – 1461. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601995.

227. Vincentini O., Borrelli O., Silano M., Gazza L., Pogna N., Luchetti R., De Vincenzi M. T-cell response to different cultivars of farro wheat, *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*, in celiac disease patients. *Clin Nutr.* 2009. Vol. 28. № 3. P. 272 – 277. doi.org/10.1016/j.clnu.2009.03.013
228. Vita P., Riefolo C., Codianni P., Cattivelli L., Fares C. Agronomic and qualitative traits of *T. turgidum* ssp. *dicoccum* genotypes cultivated in Italy. *Euphytica.* 2006. Vol. 150. P. 195 – 205. doi:[10.1007/s10681-006-9107-6](https://doi.org/10.1007/s10681-006-9107-6)
229. "Vitamin A". Medline Plus, National Library of Medicine, US National Institutes of Health. Available form: <https://medlineplus.gov/ency/article/002400.htm>. 16.10.2018
230. Waines J.G. High temperature stress in wild wheats and spring wheats. *Aust. J. Plant Physiol.* 1994. Vol. 21. P. 705 – 715.
231. Walton P.D. Inheritance of morphological characters associated with yield in spring wheat. *Canad. J. Plant Sci.* 1969. Vol. 49. № 5. P. 587 – 596. doi.org/10.4141/cjps69-101
232. Wan A., Chen X. Virulence characterization of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* using a new set of Yr single-gene line differentials in the United States in 2010. *Plant Dis.* 2014. Vol. 98. P. 1534–1542. doi.org/10.1094/PDIS-01-14-0071-RE
233. Wan Y., Wang D., Shewry R., Halford G. Isolation and characterization of five novel high molecular weight subunit of glutenin genes from *Triticum timopheevi* and *Aegilops cylindrica*. *Theor Appl Genet.* 2002. Vol. 104. № 5. P. 828 – 839. doi.org/10.1007/s00122-001-0793-0
234. Ward J.L., Poutanen K., Gebruers K., Piironen V., Lampi A.M., Nystrom L., Andersson A.A., Aman P., Boros D., Rakszegi M., Bedo Z., Shewry P.R. The Healthgrain cereal diversity screen: concept, results and prospects. *J Agric Food Chem.* 2008. Vol. 56. P. 9699 – 709. doi: 10.1021/jf8009574.
235. Wegrzyn S., Pochaba L. Wartość kombinacyjna i sposoby działania genów dla kilku cech odmian i mieszańców pszenicy ozimej. *Hod. Rosl. Aklim.* 1980. Vol. 24. № 3. P. 211 – 224

236. Weigel R., Wolf M., Hesemann C.U. Mitochondrial DNA variation in plants regenerated from embryogenic callus cultures of CMS triticale. *Theor Appl Genet.* 1995. Vol. 91. № 8. P. 1237 – 41. doi: 10.1007/BF00220934
237. Welch R.M., Graham R.D. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *J Exp Bot.* 2004. Vol. 55. № 396. P. 353 – 64. doi.org/10.1093/jxb/erh064
238. White P.J., Broadley M.R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets-iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol.* 2009. Vol. 182. № 1. P. 49 – 84. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x.
239. Williams P.G., Grafenauer S.J., O'Shea J.E. Cereal grains, legumes and weight management: A comprehensive review of the scientific evidence. *Nutr. Rev.* 2008. Vol. 66. P. 171 – 182 doi: 10.1111/j.1753-4887.2008.00022.x.
240. Wilson J.A., Ross W.M. Male-sterility interaction of the *Triticum aestivum* nucleus and *Triticum timopheevi* cytoplasm. *Wheat Inf. Serv.* 1962. Vol. 14. P. 29 – 30.
241. Wiwart M., Suchowilska E., Kandler W., Sulyok M., Groenwald P., Krska R. Can Polish wheat (*Triticum polonicum* L.) be an interesting gene source for breeding wheat cultivars with increased resistance to Fusarium head blight? *Genet. Resour. Crop Ev.* 2013. Vol. 60. P. 2359 – 2373. doi.org/10.1007/s10722-013-0004-2
242. Yamamori M. An N-band marker for gene Lr18 for resistance to leaf rust in wheat. *Theor Appl Genet.* 1994. Vol. 89. № 5. P. 643 – 6.
243. Yaniv E., Raats D., Ronin Y., Korol A.B., Grama A., Bariana H., Dubcovsky J., Schulman A.H. Evaluation of marker-assisted selection for the stripe rust resistance gene Yr15, introgressed from wild emmer wheat. *Mol Breed.* 2015. Vol. 35. № 1. P. 43. doi: 10.1007/s11032-015-0238-0
244. Yildirim A., Ateş Sönmezoğlu Ö., Sayaslan A. Marker-assisted breeding of a durum wheat cultivar for γ -gliadin and LMW-glutenin proteins affecting pasta quality. *Turk J. Agric For.* 2013. Vol. 37. P. 527 – 533. doi: 10.3906/tar-1207-75

245. Yildirim A., Güleç T.E., Sayaslan A., Koyuncu M., Sönmezoğlu Ö.A., Kandemir N. Molecular and biochemical screening of turkish durum wheat landraces for γ -gliadin and lmw-glutenin proteins associated with pasta-cooking quality. *Turkish Journal of Field Crops*. 2011. Vol. 16. № 2. P. 220 – 224.

246. Yilmaz V.A. Effects of several production methods on technological, textural and sensorial properties of emmer (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) bulgur. *J Food Sci Technol*. 2020. Vol. 57. P. 3874–3883. doi.org/10.1007/s13197-020-04419-0

247. Yin H., Ben-Abu Y., Wang H., Li A., Nevo E., Kong L. Natural selection causes adaptive genetic resistance in wild emmer wheat against powdery mildew at "Evolution Canyon" microsite, Mt. Carmel, Israel. *PLoS One*. 2015. 10(4): e0122344. doi: 10.1371/journal.pone.0122344.

248. Yin J., Swartz T.E., Zhang J., Patapoff T.W., Chen B., Marhoul J., Shih N., Kabakoff B., Rahimi K. Validation of a Spectral Method for Quantitative Measurement of Color in Protein Drug Solutions. *PDA J Pharm Sci Technol*. 2016. Vol. 70. № 4. P. 382 – 91. doi: 10.5731/pdajpst.2016.006494

249. Zaharieva M., Ayana N.G., Hakimi A.A, Misra S.C., Monneveux P. Cultivated emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank), an old crop with promising future: a review. *Genet Resour Crop Evol*. 2010. Vol. 57. P. 937 – 962. doi.org/10.1007/s10722-010-9572-6

250. Zhao F.J., Su Y.H., Dunham S.J., Rakszegi M., Bedo Z., McGrath S.P., Shewry P.R. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science*. 2009. Vol 49. № 2. P. 290 – 295. doi.org/10.1016/j.jcs.2008.11.007

251. Ziegler J.U., Wahl S., Würschum T., Longin C.F., Carle R., Schweiggert R.M. Lutein and lutein esters in whole grain flours made from 75 genotypes of 5 triticum species grown at multiple sites. *J. Agric. Food Chem*. 2015. Vol. 63. № 20. P. 5061–5071. doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01477

252. Żmijewski M., Sokół-Łętowska A., Pejcz E., Orzeł D. Antioxidant activity of rye bread enriched with milled buckwheat groats fractions. *Rocz Panstw Zakl Hig.* 2015. Vol. 66. № 2. P. 115 – 121. PMID: 26024399

253. Zohary D., Hopf M. Domestication of plants in the old world, 3rd edn. Oxford University Press. New York, USA. 2000. P. 19–58.

254. Бабенко Л.М., Рожков Р.В., Парій Я.Ф., Парій М.Ф., Водка М.В., Косаківська І.В. *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl.: Походження, біологічна характеристика й перспективи використання в селекції та сільському господарстві. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія.* 2017. Вип. 2. № 41. С. 92 – 102

255. Бахтеев Ф.Х. Полба (*T. dicoccum*. Schuebl.), найденная Н. И. Вавиловым в Карпатах. Вопросы эволюции, биогеографии, генетики и селекции. М.: АН СССР, 1960. С. 59 – 61

256. Бойчук І.В., Базалій В.В. Характер прояву елементів продуктивності колоса і їх вплив на формування врожайності пшениці м'якої озимої. *Таврій. наук. вісник.* 2015. Вип. 94. С. 3 – 8

257. Боровик А.Н. Селекция и возвращение в культуру исчезающих и редких видов пшеницы: шарозёрной (*Triticum sphaerococcum* Pers.), полбы (*Triticum dicoccum* (Schrank.) Schuebl.), твёрдой (*Triticum durum* Desf.) и создание тритикале шарозёрной (*Triticale sphaerococcum*) для диверсификации производства высококачественного зерна: дис. ... доктора сельскохоз. наук : 06.01.05 [Электронный ресурс] / Александр Николаевич Боровик. Краснодар. 2016. 516 с. Режим доступа: http://vniirice.ru/dis/borovikov_dis.pdf.

258. Вавилов Н.И. Мировые ресурсы сортов хлебных злаков, зерновых бобовых, льна и их использование в селекции. Пшеница. М. Л., «Наука». 1964. 123 с

259. Вавилов Н.И., Фортунатова О.К., Якубцинер М.М. и др. Пшеницы Абиссинии и их положение в общей системе пшениц (к познанию 28 хромосомной группы культурных пшениц). Л.: Издание ВИР. (Приложение 51-е к Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции). 1931. 236 с.

260. Васильєв С. Характеристика полби як перспективної зернової культури та основні проблеми її після збирального оброблення. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. Вип. 17. № 1. С. 16–22. doi.org/10.15673/gpmf.v17i1.309

261. Васильчук Н.С. Селекція ярової твердої пшениці. Саратов, 2001. 123 с.

262. Вечерська Л.А. Джерела продуктивності колосу для селекційного покращення полби. V між народ. наук.-практ. конф. «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур». Дніпро, 2020 С. 116–117.

263. Вечерська Л.А., Голік О.В., Реліна Л.І. Використання *Triticum durum* var. *falcatomelanopus* для створення вихідного матеріалу пшениці полби звичайної ярої. Міжнарод. наук. конф., присвячена пам'яті і науковій спадщині видатного вченого В.Я. Юр'єва «Підвищення ефективності рослинництва в сучасних умовах». Харків, 2019. С. 49–50.

264. Вечерська Л.А., Голік О.В., Реліна Л.І., Буряк Л.І., Шелякіна Т.А. Розроблення способу експрес-оцінки кольору борошна й макаронів, вироблених із пшениці різних видів. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Вип. 16(4). С. 343 – 348. doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224049

265. Вечерська Л.А., Реліна Л.І., Голік О.В. Макаронні властивості деяких тетраплоїдних видів - співродичів пшениці полби *Triticum dicossum* (Schrank) Schuebl. Міжнарод. наук. інтернет-конф., присвячена ювілейним датам від дня народження видатних вчених-рослинників: академіка АН УССР Кулешова М.М., члена-кореспондента АН УССР Страхова Т. Д., професора Кучумова П.В. «Новітні технології в рослинництві: традиції та сучасність». 17–18 червня 2020 р. Харків, 2020. С. 67–68.

266. Вечерська Л.А., Реліна Л.І., Голік О.В. Пшениця полба: переваги, недоліки і перспективи. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. Вип. 2. С. 10 – 17. doi: 10.31395/2310-0478-2018-21-10-16

267. Вечерська Л.А., Реліна Л.І., Голік О.В., Діденко С.Ю., Анциферова О.В. Загальна антиоксидантна активність в зерні сортів і ліній пшениці полби звичайної, створених в інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Мат. VI міжнародної наук.-практ. конф. присвяченої 150-річчю заснування факультету агрономії «Актуальні питання аграрної науки». Умань. 15 листопада 2018 р. УНУС, 2018. С 51–52.

268. Воскресенская Г.С., Шпота В.И. Трансгрессия признаков у гибридов Brassica и методика количественного учета этого явления. *Докл. ВАСХНИЛ*. 1967. № 7. С. 18 – 20.

269. Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Мешкова Н.В., Филиппова Е.А., Козлова Т.А. Урожайность полбы и технологические качества зерна в зависимости от приемов возделывания. *Аграрный вестник Урала*. 2017. Вып. 5. № 159. С. 12 – 16.

270. Гирка А.Д., Ільєнко О.В., Перекіпська Т.О. Особливості росту, розвитку та формування продуктивності пшениці ярої під впливом агротехнічних прийомів вирощування. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2013. №18. С. 64 – 71.

271. Голік О.В., Діденко С.Ю., Реліна Л.І., Вечерська Л.А. Селекція пшениці полби звичайної ярої (*Triticum dicossum* Shrank.) макаронного напрямку використання в Інституті рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2017. Вып. 23. С. 90-99.

272. Голік О.В., Звягінцева А.М. Нові сорти пшениці ярої селекції Інституту Рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. Вып. 17. С. 247 – 253.

273. Гончаров Н.П., Шумный В.К. Определитель разновидностей мягкой и твердой пшениц. Новосибирск, 2009. 67 с.

274. Гончаров Н.П. Сравнительная генетика пшениц и их сородичей. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во. 2002. С. 251.

275. Дегтярьова Н.І. Генетичний аналіз. Лабораторний і польовий практикум з генетики. К.: Вища школа, 1973. С. 190 – 194.
276. Декапрелевич Л.Л. Види, різновидності і сорти пшениці Грузії. *Тр. Ін-та полеводства АН Грузинської ССР*. 1954. Вип. 111. С. 3 – 61
277. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2014 році. Київ: Державна ветеринарна та фітосанітарна служба України. 2014. 520 с.
278. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2019 році. Київ. 2019. 492 с.
279. Діденко С.Ю., Усова З.В., Копитіна Л.П., та ін. Методика добору інтрогресивних генотипів пшениці за допомогою електрофорезу запасних білків у поліакриламідному гелі. НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Х., 2015. 23 с
280. Дорофеев В.Ф. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. Л.: ВИР, 1977. 28 с.
281. Дорофеев В.Ф. Проблемы современной филогении и систематики пшеницы. *Вестн. с.-х. науки*, 1969. №3.
282. Дорофеев В.Ф., Филатенко А.А., Мигушова Э.Ф., Удачин Р.А., Якубцинер М.М. Культурная флора СССР Т. 1. Пшеница. Под общим руководством В.Ф. Дорофеева, О.Н. Коровиной. Л.: Колос, 1979. 348 с.
283. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
284. Дрозд М.О. Ефективність елементів технології вирощування пшениці ярої у північному Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства НААН”*. 2015. 4. с. 53 – 59.
285. ДСТУ 3768:2019 (Державний стандарт України 3768: 2019) Національний стандарт України. Пшениця. Технічні умови.
286. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Ленинград: Колос, 1972. 456 с.

287. Жигунов Д.О. Дослідження переваг і недоліків при визначенні клейковини автоматизованим і ручним способом. Зернові продукти і комбікорми. 2017. Вип. 17. № 3. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v17i3.657>
288. Жуковський П.М. Культурные растения и их сородичи: Систематика, география, цитогенетика, иммунитет, экология, происхождение, использование. Изд. 3-е, перераб. и доп. Л.: «Колос», 1971. 752 с.
289. Інформаційно-довідкова система "Сорт". 2009. № 1, част 3: 161
Режим доступу: <http://sort.sops.gov.ua/issue/archive>. 12.09.2019.
290. Інформаційно-довідкова система "Сорт". 2009. № 1. Заявка № 05008001. Режим доступу: <http://sort.sops.gov.ua/cultivar/view/12296>. 12.09.2019
291. Інформаційно-довідкова система "Сорт". 2020. 4. 102. Режим доступу: <http://sort.sops.gov.ua/issue/archive>. 12.10.2020.
292. Каленська С.М., Холодченко Р., Токар Б. Вплив мінеральних добрив та ретардантного захисту на урожайність ячменю ярого пивоварного. *Агробіологія*. 2015. Вип. 1. № 117. С. 56 – 58.
293. Каталог мировой коллекции ВИР. Вып.182. Пшеницы с высоким и повышенным содержанием белка в зерне. Л., 1976. 26 с.
294. Каталог сортів та гібридів. За редакцією чл.-кор. НААН Соколова В.М (СГІ – НЦНС). 2017 р. 186 с.
295. Кияк Г.С. История культуры пшеницы в Западных районах Украины. Сб.Озимая пшеница. Киев. 1964. С. 3.
296. Клос В., Клос С., Акінфієв Г., Амашукелі Ю., Колос Г. Геохімічний атлас ґрунтів України (за результатами міжнародного проекту GEMAS). К.: 2015. 84 с
297. Козуб Н.О., Созінов І.О., Бідник Г.Я., Созінова О.І., Дем`янова Н.О., Блюм Я.Б., Вечерська Л.А., Богуславський Р.Л. Різноманітність алелів локусів запасних білків у *Triticum dicossum*. Мат. всеукраїнської наук.-практ. конф. «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі». Умань, 2020. С. 216.

298. Конарев В.Г., Гаврилюк И.П., Губарева Н.К. Белковые маркеры геномов пшениц и их диких сородичей. *Вест. с.-х. науки*. 1970. № 8. С. 100 – 114.
299. Корчинский А.А. Эволюционная сущность совместного действия инбридинга и кроссбридинга в популяциях растений. *Цитология и генетика*. 1987. Т. 21, № 5. С. 363–371.
300. Криворученко З.Р. Тенденції та можливі наслідки глобальних та регіональних змін клімату. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2014. № 9. Режим доступу: <http://www.dy.nauka.com.ua/?op=1&z=754>. 16.06.2018.
301. Кузьменко Є.А, Хоменко С.О., Федоренко М.В. Ступінь фенотипового домінування ознак продуктивності у гібридів першого покоління пшениці твердої ярої. *Миронівський вісник*. 2018. № 7. С. 54 – 67. doi.org/10.31073/mvis201807-06
302. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
303. Леонов О.Ю., Панченко І.А., Склярєвський К.М., та ін. Методичні рекомендації з оцінки якості зерна селекційного матеріалу. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Х.: Магда LTD, 2011. 69 с
304. Лифенко С.Ф. Полукарликовые сорта озимой пшеницы. К.: Урожай, 1987. 192 с.
305. Ліпінський В.М., Дячук В.А., Бабіченко В.М. Клімат України; Київ: Вид-во Раєвського. 2003. <http://kharkiv.meteo.gov.ua/po-kharkivskiy-oblasti>.
306. Лукьянов В.В. Макаронное производство. Л.: Пищепромиздат, 1935. 332 с.
307. Лупенко Ю.О., Месель В.Я. Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року. Веселка. К.: ННЦ «ІАЕ», 2012. 182 с.
308. Любич В.В., Вечерська Л.А., Голік О.В., Богуславський Р.Л. Круп'яні властивості зразків полби, пшениці твердої та пшенично-полб'яних

гібридів. Мат. ІХ між народ. наук. конф. (Парієві читання) «Селекційно-генетична наука і освіта». Умань, 2020. С. 109–112.

309. Любич В.В., Рябчун В.К., Новіков В.В., Железна В.В., Петухова І.А., Лещенко І.А. Спосіб кулінарного оцінювання круп'яних продуктів із зерна пшениці, тритикале та ячменю. Патент 129205 Україна, 2018. МПК А23L 35/00, А23L 7/00. № и 201804120; заявл.16.04.2018; опубл. 25.10.2018, Бюл. № 20.

310. Мальчиков П.Н., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Шаболкина Е.Н., Мясникова М.Г. Перспективы улучшения крупяных качеств твердой пшеницы в процессе селекции. Генетика и селекция. 2016. Вып. 3. № 19. С. 101 – 108.

311. Митрофанова О.П., Хакимова А.Г. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016. Вып. 20. № 4. С. 545 – 554. doi 10.18699/VJ16.177

312. Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Мутационная селекция пшеницы. Киев: Наук. думка, 1995. 624 с.

313. Моргун В.В., Січкач С.М., Починок В.М., Голік О.В., Чугункова Т.В. Аналіз структури продуктивності колекційних зразків малопоширених видів пшениці. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2015. № 16. С. 136 – 140.

314. Мурри И.К. Биохимия проса. Биохимия культурных растений. 2-е изд., перераб. и доп. Москва. Ленинград: Сельхозгиз, 1958. Т. 1: Хлебные крупяные культуры. С. 512–588.

315. Наскидашвили П.П. Межвидовая гибридизация пшеницы. “Колос”. М. 1984. 256 с.

316. Наскидашвили П.П. Роль тетраплоидного вида Дика в эволюции и мировой селекции пшеницы рода *Triticum* L. *Известия аграрной науки*. 2011. Том 9. № 1. С. 1 – 12.

317. Орлюк А.П., Базалий В.В. Принципы трансгрессивной селекции пшеницы. Херсон: Наддніпряньська правда. 1998. 274 с

318. Орлюк А.П., Усик Л.О., Колесникова Н.Д. Генотипові кореляції між урожайністю та компонентними ознаками пшениці м'якої озимої. *Зрошуване землеробство*. 2011. Вип. 55. С. 236 – 245.

319. Панченко І.А., Усова З.В., Пархоменко Р.Г, Рябчун В.К., Леонов О.Ю. Каталог зразків пшениці м'якої озимої з колекції Національного центру генетичних ресурсів рослин України за поліморфізмом високомолекулярних глютенінів. Харків.: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААНУ. 2010. 43 с.

320. Подпратов Г.І., Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. К. Аграрна освіта, 2014. 393 с.

321. Попереля Ф.А. Полиморфизм глиадины и его связь с качеством зерна, продуктивностью и адаптивными свойствами сортов мягкой озимой пшеницы. Селекция, семеноводство и интенсивная технология возделывания озимой пшеницы. Агропромиздат. 1989. С. 138–150

322. Попов А., Ионова Е.В., Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Дубинина О.А., Дерова Т.Г. Сорт озимой твердой пшеницы Агат донской. Аграрный вестник Урала. 2014. № 10 (128). Режим доступа: <http://avu.usaca.ru/ru/issues/69/articles/1650> 12.09.2019

323. Попукайло В.С. Исследование линейной корреляционной связи в парных выборках малого объема. Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2016. № 1. С. 27–32. doi:10.15222/ТКЕА2016.1.27

324. Пугаев В. Содержание тяжелых металлов в зерне озимой и яровой пшеницы, приростающей в разных экологических условиях. Вестник Мордовского университета. 2013. № 3–4 С. 89 – 93.

325. Пшеницы мира под. ред. ак. ВАСХНИЛ Дорофеева В.Ф. сост. д.с/г.н., проф. Р.А. Удачин Ленинград ВО Агропромиздат. 1987. С. 413

326. Пшеницы мира: видовой состав, достижения селекции, соврем. пробл. и исход. материал / соавт.: Р.А. Удачин и др. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. 560 с.

327. Рейтер Б.Г., Леонтьев С.И. Наследуемость некоторых количественных признаков и генетический эффект отбора в гибридных популяциях яровой пшеницы. Сибирский вестник с.-х. науки. 1972. № 2. С. 44 – 49.

328. Релина Л.И., Вечерская Л.А., Голик О.В. Содержание белка и минералов в зерне некоторых видов редких тетраплоидных пшениц. *Вестник БарГУ серия Биологические науки (общая биология). Сельскохозяйственные науки (агротомия)*. 2019. № 7. С. 130-138.

329. Рибалка О.І. Якість пшениці та її поліпшення. Київ: Логос, 2011. 496 с.

330. Ружицька О.М., Заболотна А.П., Якименко І.А. Ріст і продуктивність рослин поліплоїдних плівчастих пшениць *Triticum dicossum* (Schrank) Schuebl. і *Triticum spelta*. Матеріали II міжнародної наукової конференції «Регуляція росту і розвитку рослин: фізіолого-біохімічні і генетичні аспекти». Харків, 2011. С. 193 – 194

331. Свідерко М.С., Болехівський В.П., Тимків М.Ю., Кубишин С.Я. Ефективність технології вирощування ярої пшениці в Західному Лісостепу. Зб. наук. пр. Ін-ту землеробства УА-АН. К. Спец. вип. 2004. С. 119 – 122.

332. Секун М.П. Фітофаги на пшениці. Захист рослин. 1998. № 4. С. 6 – 7.

333. Селянинов Г.Г. К вопросу классификации с.-х. культур по климатическому признаку. Тр. По с.-х. метеорологии. М., 1930. Вып. 21. №2. С. 224

334. Собко Т.А., Созинов А.А. Анализ генотипической структуры возделываемых в Украине сортов озимой мягкой пшеницы с использованием генетических маркеров. *Цитология и генетика*. 1999. Вып. 33. № 5. С. 30 –41.

335. Соколова Л.К. Ингибиторы альфа-глюкозидазы в клинической практике. Вопросы и ответы. *International journal of endocrinology*. 2018. Вып. 14. № 1. С. 71 – 75.

336. Сухомуд О.Г., Любич В.В. Урожай і якість зерна пшениці ярої за різних умов мінерального живлення. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2013. № 1 – 2. С. 51 – 55.

337. Таврин Э.В. Сравнительное изучение видов пшеницы Зандури как компонентов для скрещивания с мягкой и твердой пшеницами: Автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.15. Л. 1963. 16 с.

338. Ткачик С.О., Києнко З.Б., Присяжнюк Л.М., Шовгун О.О., Іваницька О.П., Павлюк Н.В. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця. 2016. 159 с. ISBN 978-966-924-578-6.

339. Ткачик С.О., Костенко Н.П., Гринів С.М. та ін. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових на відмінність, однорідність і стабільність. Український інститут експертизи сортів рослин. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця, 2016. 164 с. ISBN 978-966-924-594-6.

340. Удачин Р.А. Пшеницы Киргизии. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Ленинград. 1973. Вып. 50. № 1. С. 320

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

342. Фещенко В.П. Экологическое состояние зерновых культур новосибирской области по содержанию тяжёлых металлов. *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15088>. 26.09.2018

343. Филатенко А.А., Шитова И.П. Корнейчук В.А. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. [3-е изд.]. Ленинград: ВИР, 1989. 43 с.

344. Фляксбергер К.А. Пшеница — род *Triticum* L. р.р. Культурная флора СССР. Т. I. Хлебные злаки. Пшеница. М.; Л.: ГИЗ совхозной и колхозной лит-ры, 1935. С. 17 – 404.

345. Чекалин Н.М., Тищенко В.Н., Зюков М.Е. Простые частные коэффициенты генетической корреляции между урожаем и признаками продуктивности колоса у линий и сортов озимой пшеницы. Зб. наук. праць СГІ – НУСН. Одесса. 2004. Вип. 6. № 46. С. 103 – 110.

346. Шевченко О.І. Особливості в агротехнології ярої пшениці. Інноваційні напрямки наукової діяльності молодих вчених в галузі рослинництва. Тези 3-ої Міжнародної наукової конференції 20–22 червня 2006 р. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. 2006. С. 191 – 193.

347. Щипак Г.В., Святченко С.І., Щипак В.Г., Плакса В.М., Радік А.О. Селекційна оцінка сортів і ліній озимої твердої пшениці в контрастних умовах вирощування. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2016. Вип. 20. С. 180 – 202.

348. Якубцинер М.М. Селекционный фонд мирового сортимента пшениц. *Селекция и семеноводство*. 1947. №8. 38 – 57.

349. Ярош А.В., Рябчун В.К., Леонов О.Ю., Діденко С.Ю., Копитіна Л.П., Сахно Т.В., Шелякіна Т.А. Харків: *Генетичні ресурси рослин*. 2014. № 15. С. 120 – 131.

ДОДАТКИ

Додаток А

ВИТЯГ

з протоколу № 12 засідання вченої ради
Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України
від 31 жовтня 2017 р.

Слухали: про передачу до Державного сортовипробування нового сорту полби звичайної ярої Юніка.

Сорт створений шляхом вільного запилення себлекційної лінії пшениці твердої 09-936т.

Сорт пшениці полби звичайної ярої Юніка лісостепового екотипу з середньою врожайністю 3,7 т/га та потенційною 4,6 т/га. Має переваги перед стандартом за вмістом каротиноїдних пігментів 1,87 мг/кг (+1,01 мг/кг), загальною макаронною оцінкою 5,6 балів (+ 1,5 бали).

За стійкістю проти хвороб знаходиться на рівні стандарту.

Ухвалили: передати на державне випробування новий сорт полби звичайної ярої Юніка.

Вважати авторами сорту з відповідною долею участі:

Голік О. В.	55 %
Богуславський Р. Л.	15 %
Діденко С. Ю.	15 %
Вечерська Л. А.	10 %
Ниска І. М.	5 %

Учасники створення сорту:

Мальченко І. В.
Ріяка І. М.
Клименко Н. М.
Трачук В. М.
Реліна Л. І.
Шелякіна Т. А.

ВІРНО: вчений секретар Інституту рослинництва
ім. В. Я. Юр'єва НААН України,
доктор с.-г. наук
Коломацька В. П.

Додаток Б



МІНІСТЕРСТВО
РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ,
ТОРГІВЛІ ТА СІЛЬСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

№ 200614

ПРО ДЕРЖАВНУ РЕЄСТРАЦІЮ СОРТУ РОСЛИН

Юніка

назва сорту

Пшениця полба звичайна

Triticum dicoccum Schuebl.

ботанічний таксон

Заявка № **17580001**

Заявник(и):

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

Дата державної реєстрації: 19.05.2020

**Директор
Департаменту
аграрної політики**



Денис ПАЛАМАРЧУК

Додаток В

ВИТЯГ

з протоколу № 9 засідання вченої ради
Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України
від 31 жовтня 2019 р.

Слухали: про передачу до Державного сортовипробування нового сорту полби звичайної ярої Антарес.

Сорт створений шляхом вільного запилення себлекційної лінії пшениці твердої 09-936т.

Сорт пшениці полби звичайної ярої Антарес лісостепового еко типу з середньою врожайністю 3,5 т/га та потенційною 4,3 т/га. Має переваги перед стандартом за загальною хлібопекарською оцінкою 6,7 балів (+ 1,3 бали), силою борошна 480 о.а. (+ 61 о.а.).

За стійкістю проти хвороб знаходиться на рівні стандарту.

Ухвалили: передати на державне випробування новий сорт полби звичайної ярої Антарес.

Вважати авторами сорту з відповідною долею участі:

Голік О. В. 65 %

Богуславський Р. Л. 15 %

Вечерська Л. А. 15 %

Петренкова В. П. 5 %

Учасники створення сорту:

Ріяка І. М.

Трачук В. М.

ВІРНО: вчений секретар Інституту рослинництва
ім. В. Я. Юр'єва НААН України,
доктор с.-г. наук
Коломацька В. П.

Додаток Г

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні

№ 1988

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 полби звичайної ярої

лінія Д 1079-17

зареєстрований під номером Національного каталога UA0300555

Поєднання маси зерна з колосу 2,6 г, маси 1000 зерен 52,3 г, вмісту каротиноїдних пігментів 2,98 % зі стійкістю до бурої іржі 9 б., борошністої роси 9 б., септоріозу 7 б., проти вилягання 7 б. при врожайності 516 г/м² і плівчастості зерна 24,2 %. Зерно типу полби.

Автори: Вечерська Л. Я., Діденко С.Ю., Толік О.В., Феліна Л.І.

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

Запит № 004232 від 15.03.2018

Дата видавання свідоцтва 11.11.2019

Керівник Національного центру
генетичних ресурсів рослин
України



В. К. Рябчук

Додаток Е
Вміст мікро- та макронутрієнтів у зерні полби

Ознака	Значення	Автори (посилання)
Вміст білка, %	3 – 37	16, 64, 66, 71, 104, 112, 161, 212, 229, 257, 311
	11,5 – 16,2 (сорт Голіковська)	177, 266, 328
	11,8 – 13,7 (сорт Романівська)	
	10,2 – 13,2 (сорт Юніка)	
Вміст сирії клейковини, %	9,0 – 46,6	66, 71, 104, 212
	17,5 – 33,5	177, 266, 308
	17,5 – 30,5	
	18 – 28	
ЗАОА, СГАЕ мкг/г сирії маси насіння	546,8 – 611,2	177, 266, 267
	470,1 – 520,8	
	487,8 – 563,9	
ЗАОА, Тролокс- еквіваленту мг/кг сухої речовини	215,4 – 257,6	110, 111
Вміст каротиноїдів, мг/кг	1,6–4,9	72, 110
	0,41–1,56	177, 266, 271
	0,31 – 0,73	
	1,14 – 2,6	
Вміст Zn, мг/ кг	13,8 – 69	56, 85, 170, 210, 212, 250
	30,3 – 33,6 (сорт Голіковська)	177, 328
Вміст Fe мг/ кг	34,1 – 55	56, 85, 170, 210, 212, 250
	38,4 – 44,2 (сорт Голіковська)	177, 266, 328

Додаток Є

**Вміст мікроелементів у зерні зразків тетраплоїдних видів пшениці,
мг/кг**

Роки	Zn	Fe	Cu
<i>T. timopheevii</i> UA 0300107, GEO			
2017	41,0±0,92	55,9±1,63**	1,9±0,04
2016	36,5±1,31	43,2±0,80	2,8±0,07
2015	36,3±0,94	40,0±1,11	4,5±0,11
<i>T. persicum</i> var. <i>rubiginosum</i> UA 0300066, ARM			
2017	43,9±1,93	39,8±1,87*	1,03±0,04
2016	31,1±1,48	30,7±1,63	0,62±0,02**
2015	35,6±1,67	35,7±1,76	3,47±0,13**
<i>T. durum</i> Desf. var. <i>falcatomelanopus</i> IR 00137, SYR			
2017	34,8±1,21	35,2±1,02*	3,72±0,12
2016	32,4±0,93	41,0±1,63	0,83±0,04
2015	31,5±0,90	44,4±2,41	0,17±0,02**
<i>T. aetiopicum</i> var. <i>densimenelikii</i> UA 0300480ETH			
2017	36,8±1,42	41,5±1,67*	1,68±0,11
2016	34,1±0,89*	36,0±1,10*	1,13±0,08*
2015	37,6±1,31	45,9±1,89	1,73±0,13
<i>T. polonicum</i> var. <i>pseudocompactum</i> UA 0300337, PRT			
2017	40,2±1,8	47,9±2,0	3,21±1,01
2016	29,7±1,20**	42,9±1,2**	2,49±0,07**
2015	43,5±1,4	46,3±1,8	2,90±0,12
<i>T. turanicum</i> var. <i>notabile</i> UA0300454, UZB			
2017	40,4±1,41	41,3±1,63	1,7±0,09
2016	38,3±1,09	42,8±1,91	1,5±0,07
2015	43,5±1,23	44,3±2,32	2,8±0,10
<i>T. aethiopicum</i> var. <i>densarraseita</i> IR 00173ETH			
2017	35,2±3,17	45,0±3,61	4,14±0,30
2016	32,7±2,62	42,6±3,41	2,21±0,20
2015	39,6±2,77	42,9±3,01	3,44±0,31
Голіковська стандарт			
2017	33,6 ±1,1	44,2 ±2,9	3,86 ±0,12
2016	32,7 ±1,2	38,6 ±1,7	0,25 ±0,03**
2015	30,3 ±1,1	41,4 ±2,8	2,89 ±0,09

Примітка: * - достовірні відмінності у порівнянні зі стандартом, $p < 0,05$; ** - достовірні відмінності у порівнянні зі стандартом, $p < 0,01$

Додаток Ж
Макаронні властивості ліній полби КСВ, 2015–2017 рр.

Зразок	Сухий залишок г	Коефіцієнт розварюваності макаронів, бал		Колір сухих макаронів, бал	Втрати сухої речовини при варінні, бал	Середні й бал
		за об'ємом	за масою			
Голіковська, st	0,20	2	5	6	2	5
10—79	0,20	2	5	8	1	5
10—139	0,19	2	5	7	2	5
12-126	0,17	2	6	8	6	6
10-55	0,18	3	6	7	4	5
10-56	0,19	3	5	8	3	6
10-65	0,18	3	6	7	4	6
10—80	0,18	3	6	8	4	6
11—29	0,17	3	6	8	5	6
Романівська	0,23	2	5	5	2	4
08-166	0,17	3	7	9	5	6
08-164	0,21	1	3	4	1	3
08-295	0,19	1	4	4	2	3
08-358	0,19	1	3	5	2	3
08-544	0,19	1	3	7	3	4
08-553	0,17	1	5	6	5	5
08-613	0,22	1	2	5	2	3
08-901	0,17	1	2	7	5	4
08-935a	0,18	1	3	8	3	4

09-67	0,17	1	4	7	6	5
09-214	0,17	1	5	8	5	5
09-241	0,15	1	3	7	9	5
12-3	0,15	7	9	8	9	8
12-5	0,14	7	9	9	9	8
12-22	0,16	7	9	8	7	8
12-27	0,16	5	9	7	7	7
12-48	0,15	7	9	9	7	8
12-122	0,16	4	6	7	7	6
12-123	0,15	7	9	9	9	8
12-128	0,15	7	9	8	9	8
12-145	0,14	7	9	6	9	7
12-154	0,15	7	9	6	9	7
12-158	0,16	7	9	6	7	7
13-21	0,11	9	9	6	9	8
13-23	0,15	7	9	8	9	8
13-29	0,17	7	9	7	7	7
13-47	0,17	7	9	7	5	7
HIP _{0,05}	0,02					

Додаток 3

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


Л. Н. Кобизєва
« 10 » _____ 2020 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор Сумського національного
аграрного університету МОН
України


В. І. Лазієв
« 10 » _____ 2020 р.



Акт № 9

упровадження наукових розробок

Науковим співробітником лабораторії генетики, біотехнології та якості Інституту рослинництва імені В.Я.Юр'єва НААН Вечерською Людмилою Анатоліївною передано на кафедру захисту рослин факультету агротехнологій та природокористування Сумського національного аграрного університету насіння сортів пшениці полби звичайної ярої Юніка (в Реєстрі сортів з 2020 р.) та Антарес (на кваліфікаційній експертизі з 2019 р.), створених нею у співавторстві у ході виконання дисертаційної роботи в лабораторії селекції та фізіології пшениці Інституту рослинництва. Ці сорти використовуються у навчальній та науковій роботі СНАУ. Використовується запропонований експрес метод оцінки кольору борошна і тіста за допомогою програмного забезпечення Adobe PhotoShop®, розроблений за результатами дисертації Вечерської Людмили Анатоліївни, а також опубліковане у співавторстві наукове видання «Генетичне різноманіття малопоширених видів, диких родичів та амфідиплоїдів пшениці у Національному генбанку рослин України», 2018 р.

Передав матеріали:

Головний науковий співробітник лабораторії селекції та фізіології пшениці
Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України,
доктор с-г. наук

О.В. Голік

Отримав:

Завідувач кафедри захисту рослин СНАУ
доктор с.-г. наук, професор



В.А. Власенко

Додаток Й

6х. N287
01.03.21

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

вул. Інститутська, 1 м. Умань, Черкаська обл., 20305
тел.: (04744) 4-69-89, 3-20-11 Факс: (04744) 3-20-41, 3-53-18
E-mail: udau@udau.edu.ua Web: www.udau.edu.ua КОД ЄДРПОУ 00493787

«24-02 2021 № 01-10/193

На № _____ від _____

Про впровадження результатів
науково-дослідної
роботи у навчальний процес

Довідка

Видана науковому співробітнику лабораторії генетики, біотехнології та якості Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва Вечерській Л. А. в тому, що зразки (лінії пшениці полби озимої *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl. var. *atratum* кількістю 10 шт., лінії пшениці полби ярої *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl. кількістю 5 шт.), а також експрес метод оцінювання кольору борошна та тіста за допомогою програмного забезпечення Adobe PhotoShop® використовуються в навчальному процесі під час вивчення курсів «Технологія виробництва продукції рослинництва і садівництва» студентами II курсу, «Сучасні досягнення харчової науки», «Технології зберігання і переробки зерна», «Технологія круп'яного виробництва» студентами VI курсу інженерно-технологічного факультету, «Селекція сільськогосподарських культур», «Спеціальна селекція і насінництво польових культур», «Сортовивчення та сортознавство» студентами III курсу факультету агрономії.

Проректор з
науково-педагогічної



М. І. МАЛЬОВАНИЙ

Клішук Т.Ю. 0978579140

Додаток К

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Голік О.В., Діденко С.Ю., Реліна Л.І., **Вечерська Л.А.** Селекція пшениці полби звичайної ярої (*Triticum dicossum* Shrank.) макаронного напрямку використання в Інституті рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2017. Вип. 23. С. 90–99. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).
2. Relina L.I., Boguslavskiy R.L., **Vecherska L.A.**, Didenko S.Yu., Golik O.V., Sheliakina T.A., Pozdniakov V.V. Grain quality of tetraploid wheat *Triticum timopheevii* (Zhuk.) Zhuk. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 114. С. 106–119. DOI: [10.30835/2413-7510.2018.152144](https://doi.org/10.30835/2413-7510.2018.152144) (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).
3. Тимчук В.М., **Вечерська Л.А.**, Діденко С.Ю. Методологічні підходи оцінки полби як об'єкта трансфера в системі стандартизованих сировинних ресурсів. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2018. Вип. 25. 188–198. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).
4. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Голік О.В. Пшениця полба: переваги, недоліки і перспективи. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. Вип. 2. 10–17. DOI: 10.31395/2310-0478-2018-21-10-16. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).
5. Тимчук В.М., Діденко С.Ю., Бондаренко Є.С., Єгорова Н.Ю., Реліна Л.І., **Вечерська Л.А.** Методологічні підходи переходу до рівня стандартизованих сировинних ресурсів по блоку якості. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2019. Вип. 26. С. 132–138. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

6. **Vecherska L.A.**, Boguslavskiy R.L., Relina L.I., Golik O.V. Morphogenesis in early generations of winter emmer / durum winter wheat hybrids. *Генетичні ресурси рослин*. 2019. Вип. 25. С. 71–81. doi: 10.36814/pgr.2019.25.05. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

7. Relina L.I., Suprun O.H., Boguslavskiy R.L., Didenko S.Yu., **Vecherska L.A.**, Golik O.V. Fatty acid composition of oil from grain of some tetraploid wheat species. *Biotechnologia Acta*. 2020. V. 13. No 2. P. 56–64. <https://doi.org/10.15407/biotech13.02.056>. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті)

8. **Вечерська Л.А.**, Голік О.В., Реліна Л.І., Буряк Л.І., Шелякіна Т.А. Розроблення способу експрес-оцінки кольору борошна й макаронів, вироблених із пшениці різних видів. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Вип. 16(4). С. 343–348. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224049>. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

Статті у наукових іноземних виданнях

9. Relina L.I., **Vecherska L.A.**, Boguslavskiy R.L. Grain quality of the tetraploid wheat *Triticum persicum* var. *rubiginosum*. *Annual Wheat Newsletter*. 2019. № 65: С. 46–52. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

10. Relina L., **Vecherska L.**, Bohuslavskiy R., Golik O. Grain quality of tetraploid wheat *Triticum durum* desf. var. *falcatomelanopus* Jakubz. & Filat. *Știința agricolă*. 2019. № 1. P. 3–9. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

11. Релина Л.И., **Вечерская Л.А.**, Голик О.В. Содержание белка и минералов в зерне некоторых видов редких тетраплоидных пшениц. *Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» серия «Биологические науки (общая биология). Сельскохозяйственные науки (агрономия)»*. 2019. № 7. С. 130–

138. (проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

Публікації, у яких засвідчено апробацію матеріалів дисертації:

12. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Діденко С.Ю. Нові напрями селекції пшениці полби звичайної ярої (*Triticum dicoccum* Shrank.) в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Мат. всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф. «Інноваційні шляхи розвитку аграрного виробництва». 8 грудня 2017 р. Херсон, Інститут зрошуваного землеробства. 2017. С. 18.

13. Голік О.В., Реліна Л.І., Діденко С.Ю., **Вечерська Л.А.** Нові лінії пшениці полби ярої *Triticum dicoccum* ((Schuebl.) Schrank) з комплексом цінних ознак. Мат. конференції, присвяченої 100-річчю Національної академії аграрних наук України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН «Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин». 2018. С. 55.

14. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Голік О.В., Діденко С.Ю., Анциферова О.В. Загальна антиоксидантна активність в зерні сортів і ліній пшениці полби звичайної, створених в інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Мат. VI міжнародної наук.-практ. конф. присвяченої 150-річчю заснування факультету агрономії «Актуальні питання аграрної науки». Умань. 15 листопада 2018 р. УНУС, 2018. С 51–52.

15. **Вечерська Л.А.** Ступінь і частота трансгресій за елементами продуктивності у F₂ полба звичайна озима / пшениця тверда озима. Мат. V міжнародної наук.-практ. конф. «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку». Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. С. 21–22.

16. **Вечерська Л.А.**, Голік О.В., Реліна Л.І. Використання *Triticum durum* var. *falcatomelanopus* для створення вихідного матеріалу пшениці полби звичайної ярої. Міжнарод. наук. конф., присвячена пам'яті і науковій спадщині видатного вченого В.Я. Юр'єва «Підвищення ефективності рослинництва в сучасних умовах». Харків, 2019. С. 49–50.

17. **Вечерська Л.А.** Характеристика F_2 гібридів *T. dicoccum* var. *atratum* USA/ Шулиндінка за ступенем та частотою трансгресій. Мат. Між народ. наук.-практ. конф., присвяченої 90-річчю з дня народження д. с/г н., проф. Гончарова М.Д «Гончарівські читання». Суми, 2019. С. 25–26.

18. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Діденко С.Ю. Використання білкових маркерів в селекції пшениці полби звичайної. Мат. всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф., присвяченої 145-річчю від заснування кафедри ботаніки та захисту рослин «Перспективні напрями та інноваційні досягнення аграрної науки». Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2019. С. 139–141.

19. Relina L.I., Suprun O.H., **Vecherska L.A.**, Boguslavskyi R.L. Fatty acids in grain of some tetraploid wheat species. Мат. V між народ. наук. конф. присвяченої 130-річчю кафедри фізіології і біохімії рослин та мікроорганізмів Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна «Сучасна біологія рослин: теоретичні та прикладні аспекти». Харків, 2020. С. 40–41.

20. Любич В.В., **Вечерська Л.А.**, Голік О.В., Богуславський Р.Л. Круп'яні властивості зразків полби, пшениці твердої та пшенично-полб'яних гібридів. Мат. IX між народ. наук. конф. (Парієві читання) «Селекційно-генетична наука і освіта». Умань, 2020. С. 109–112.

21. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Голік О.В. Макаронні властивості деяких тетраплоїдних видів - співродичів пшениці полби *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl. Міжнарод. наук. інтернет-конф., присвячена ювілейним датам від дня народження видатних вчених-рослиників: академіка АН УССР Кулешова М.М., члена-кореспондента АН УССР Страхова Т. Д., професора Кучумова П.В. «Новітні технології в рослинництві: традиції та сучасність». 17–18 червня 2020 р. Харків, 2020. С. 67–68.

22. **Vecherska L.A.**, Relina L.I., Bohuslavskyi R.L., Golik O.V. Micronutrients in tetraploid wheat species. Міжнарод. наук. конф. «Сучасні проблеми генетики, біотехнології і біохімії сільськогосподарських рослин». Одеса: СГІ–НЦНС, 2020. С. 82.

23. **Вечерська Л.А.**, Реліна Л.І., Богуславський Р.Л., Голік О.В. Формоутворення в ранніх поколіннях гібридів F₂ між полбою ярою та спорідненими тетраплоїдними видами пшениці. Мат всеукраїнської наук.-практ. конф. «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі». Умань, 2020. С. 38–40.

24. **Вечерська Л.А.** Джерела продуктивності колосу для селекційного покращення полби. V між народ. наук.-практ. конф. «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур». Дніпро, 2020 С. 116–117.

25. Козуб Н.О., Созінов І.О., Бідник Г.Я., Созінова О.І., Дем'янова Н.О., Блюм Я.Б., **Вечерська Л.А.**, Богуславський Р.Л. Різноманітність алелів локусів запасних білків у *Triticum dicossum*. Мат. всеукраїнської наук.-практ. конф. «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі». Умань, 2020. С. 216

Наукові посібники, каталоги, винаходи

26. Богуславський Р.Л., Рябчун В.К., Голік О.В., **Вечерська Л.А.** Генетичне різноманіття малопоширених видів, диких родичів та амфідиплоїдів пшениці у Національному генбанку рослин України. Наукове видання за ред. В.К. Рябчуна. Харків, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2018. С. 45.

Авторські свідоцтва

27. Свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні №1988. Лінія Л 1079-17. Пшениця полба звичайна яра *T. dicossum* (Schrank) Schuebl. Автори: Вечерська Л.А., Діденко С.Ю., Голік О.В., Реліна Л.І.

28. Свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні №1989. Лінія Л 1080-17. Пшениця полба звичайна яра *T. dicossum* (Schrank) Schuebl. Автори: Вечерська Л.А., Діденко С.Ю., Голік О.В., Реліна Л.І.

29. Свідоцтво №200614 про державну реєстрацію сорту рослин Юніка пшениця полба звичайна. Державна реєстрація 19.05.2019