

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКА ДЕРЖАВНА АГРАРНА АКАДЕМІЯ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КРИВОРУЧКО ЛЮДМИЛА МИХАЙЛІВНА

УДК 633.11:631.559:581.15:632.931.2

ДИСЕРТАЦІЯ

**МІНЛИВІСТЬ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК ТА ОСОБЛИВОСТІ
ДОБОРУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В СТРЕСОВИХ
УМОВАХ СЕРЕДОВИЩА**

Спеціальність 06. 01.05 – селекція і насінництво

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата
сільськогосподарських наук

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

_____ /Л. М. Криворучко/

Науковий керівник: Тищенко Володимир Миколайович, доктор
сільськогосподарських наук, професор

Суми – 2020

АНОТАЦІЯ

Криворучко Л. М. Мінливість господарсько-цінних ознак та особливості добору на продуктивність пшениці озимої в стресових умовах середовища. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.05 – «Селекція і насінництво». Полтавська державна аграрна академія, Полтава, 2020.

Дисертаційна робота спрямована на теоретичне обґрунтування і практичне вирішення важливого наукового завдання щодо виявлення особливостей формування господарсько-цінних ознак пшениці озимої в роки з різним часом відновлення весняної вегетації.

Проведені дослідження на виявлення мінливості генеративних і вегетативних ознак та продуктивності сортів пшениці озимої в стресових умовах середовища; мінливість генетичних кореляцій ознак і селекційних індексів за роками з різним часом відновлення весняної вегетації.

На підставі проведених досліджень із вивчення рівня формування та мінливості ознак генеративної частини рослин великої вибірки сортів і селекційних ліній – за різних стресових умов середовища впродовж шести років – виявлено, що головні складові врожайності пшениці озимої мали різноманітний характер рівня їх формування й мінливості. Однак, спостерігали загальну закономірність, яка може бути використана в технології селекційного процесу, передусім на ранніх її етапах, тобто у доборах як за ранньої, так і пізньої вегетації.

Перш за все, у процесі ведення селекції на масу зерна з колоса варто враховувати ту особливість, що за ранньої вегетації пшениці озимої формується найвище значення цієї ознаки, за оптимального часу відновлення вегетації

рівень її формування зменшується, а за пізнього часу відновлення вегетації – стає мінімальним. Слід також враховувати і значення лімітів варіювання досліджуваних ознак як за оптимального, так і за пізнього часу відновлення весняної вегетації. Так, у наших дослідженнях доведено, що існує вірогідність прояву цінних генотипів за ознакою «маса зерна з колоса» саме за стресових умов середовища. Можемо передбачати, що прояв особливо цінних генотипів за екстремальних умов середовища, таких як пізній час відновлення вегетації, обумовлений високою генотиповою варіансою, й добір конкурентноздатних сортів і селекційних ліній є досить цінним як для формування вихідного матеріалу, так і для створення адаптованих до стресових умов середовища сортів пшениці озимої.

Дослідженнями доведено, що кількість колосків у колосі не змінювалася за роками досліджень і не залежала від часу відновлення весняної вегетації. Виявлено, що мінливість ознаки кількість колосків у колосі здебільшого залежить від генотипових особливостей сортів і селекційних ліній. Виходячи з біологічних особливостей пшениці озимої, можна зробити висновок, що час відновлення весняної вегетації не впливає на формування ознаки «кількість колосків у колосі».

Загальний аналіз особливостей формування та мінливості ознак вегетативної частини вказує на те, що вони, безумовно, змінюють свій рівень формування під дією стресових умов середовища, проте за окремими ознаками спостерігали закономірності, які можуть бути використані в технології селекційного процесу, особливо в процесі доборів на підвищення продуктивності культури.

Доведено, що, різний час відновлення весняної вегетації мав незначний вплив на формування довжини колосу, а також несуттєво впливав на таку ознаку як маса стебла. Тобто, ознаки генетично детерміновані й за пізньої

вегетації не втрачається можливість пошуку та добору генотипів із більшою довжиною колоса й оптимальним значенням маси стебла. Визначено, що такі ознаки, як «маса рослини», «довжина верхнього міжвузля» і «довжина нижнього міжвузля» під впливом стресового фактора – пізня вегетація – різко зменшують свій рівень формування, а маса половини, навпаки, збільшується. Виявлені закономірності відіграють важливу роль у веденні селекційного процесу, плануванні схрещувань, вивченні вихідного матеріалу та у проведенні гібридологічного аналізу.

Однією з головних ознак потенціалу продуктивності пшениці озимої є її урожайність. Це кінцевий результат усіх складових сорту, який пов'язаний як із ґрунтово-кліматичними умовами вирощування, так і з його адаптивними властивостями. Потенціал врожаю пшениці озимої визначається генетичними складовими в реалізації норми реакції на біотичні й абіотичні чинники середовища та формування в онтогенезі кількісних і якісних параметрів вегетативної та генеративної частин рослини. Істотні збої в реалізації потенціалу врожайності сорту пшениці озимої дають чимало чинників середовища, у тому числі дефіцит вологи восени, коли фази органогенезу осіннього періоду переносяться на весняний період.

На підставі проведених досліджень з характеристики рівня формування та мінливості селекційних індексів на великій вибірці сортів і селекційних ліній пшениці озимої в стресових умовах середовища, визначена реакція цілої низки селекційних індексів на екстремальні умови середовища, які складаються в онтогенезі культури за роками досліджень.

Визначено, що з-поміж усіх вивчених селекційних індексів тільки п'ять із них (збиральний, лінійної щільності колоса, індекс потенційної продуктивності, мікророзподілів, інтенсивності) мали стабільний генетичний коефіцієнт варіації в усіх вивчених періодах часу відновлення весняної вегетації. Заслуговує на

увагу індекс лінійної щільності колоса, який за різних умов середовища мав стабільний рівень мінливості. Ми акцентуємо доцільність його використання в селекційному процесі як маркерного індексу.

У дослідженнях із вивчення генетичних зв'язків між урожайністю та ознаками генеративної частини рослини у сортів та селекційних ліній пшениці озимої за стресових умов середовища (різний час відновлення весняної вегетації) з метою пошуку маркерних ознак спостерігали різний прояв генетичних зв'язків. Доведено, що більш тісні позитивні зв'язки між урожайністю та генеративними ознаками відмічені за оптимального періоду відновлення вегетації.

Як свідчать результати досліджень, із усього різноманіття вегетативних ознак, стійкі генетичні кореляції спостерігали між урожайністю та висотою рослини, а також між урожайністю й довжиною верхнього міжвузля у першому і другому строках сівби за ранньої вегетації.

Виявлено, що незалежно від початку весняної вегетації в дослідях відзначали зворотні кореляції між урожайністю та масою половини, крім оптимального часу відновлення весняної вегетації у 2010 році. За пізньої вегетації спостерігали зворотній зв'язок. У досліді, аналізуючи генетичні зв'язки урожайності з вегетативними ознаками за пізньої вегетації виявлено, що достатньо стабільні зв'язки були з висотою рослин, масою стебла, масою рослини та довжиною верхнього міжвузля, але за другого строку сівби зв'язок послаблювався. Таким чином, стійкі кореляційні зв'язки за ранньої, пізньої та оптимальної вегетації спостерігали між висотою та урожайністю, а також між урожайністю й довжиною верхнього міжвузля.

Надана характеристика випробуваного матеріалу за різних періодів відновлення весняної вегетації пшениці озимої на стабільність параметрів

якості зерна, а також встановлений зв'язок між часом відновлення весняної вегетації та основними показниками якості зерна пшениці озимої.

Серед досліджуваних сортів і ліній виділені ті, що в роки з ранньою вегетацією як за першого, так і другого строків сівби формували стабільно високі показники якості зерна. Це сорти: Сонячна, Крижинка, Манжелія, Лорд, С. Ковпак.

За пізньої вегетації також виділені генотипи, які формували стабільно високі показники якості зерна у першому та другому строках сівби. Це такі сорти та селекційні лінії: Київська остиста, Сонячна, Коломак 3, Коломак 5, Говтва, Диканька, Левада, Лютьєнка, Л9 / Червона, Л-14 / Червона // Єрмак.

Завдяки використанню кластерного аналізу та аналізу дендрограм за розподілом сортів і селекційних ліній пшениці озимої по кращим групам у першому та другому строках сівби за ранньої та пізньої вегетацій, виділені однакові сорти пшениці озимої, що розміщувалися в кращих групах кластерів як у першому, так і другому строках сівби. Це такі сорти: Ростовчанка, Довіра, Київська 6, ZORA, Єрмак, Дніпровська 277, Одеська 51, Коломак 2, Диканька, Перемога 2, Крижинка, Миронівська 68, Губернаторка, Говтва, Сагайдак, Лютьєнка, Батько, Станична, Вільшана, Коломак 3, а також селекційні лінії – Одеська 267 / Донецька 46 // Станична; Перемога 2 / Порада; Перемога 2 / Коломак 5; Миронівська 27 / Л.51486).

Теоретично доведені та запропоновані методи і підходи в оцінці норми реакції до надзвичайно складних умов середовища сортів пшениці озимої з використанням молекулярно-генетичного аналізу. На основі даних молекулярно-генетичного аналізу SSR маркерів сортів та ліній пшениці озимої, встановлена їх генетична спорідненість. На підставі кластеризації отриманого матеріалу виявлено, що в кожному кластері концентрувалися різні сорти за генеалогією. Так, в одних кластерах були сорти європейської селекції, в інші кластери

увійшли давні сорти, які більше не вирощуються, але наявні в родоводах багатьох європейських сортів.

Показано, що розташування сортів та ліній пшениці озимої за кластерами на дендрограмі відповідає їх походженню і сорти пшениці озимої поєднують у собі унікальні комбінації алелей генів, які забезпечують як формування важливих господарсько-корисних ознак, так і адаптацію до біотичних та абіотичних факторів середовища, тобто, мають підвищені адаптивні властивості.

Створені сорти пшениці озимої Кармелюк та Санжара. Дані сорти мають високу стійкість до хвороб завдяки імунологічній захищеності та підвищену здатність до кушіння в осінній і весняний періоди. Виявлено, що зимостійкість цих сортів обумовлена чутливістю до фотоперіоду (не переростають в осінній період) і подовженим періодом яровизації (стійкі до зимових відлиг і до повернення холодів). Це дає змогу висівати їх у досить ранні строки. За вмістом білка, клейковини сорти пшениці озимої Кармелюк та Санжара віднесені до групи сильних пшениць. Сорти запропоновано використовувати як перспективні в товарному виробництві зерна, в насінництві, а також як цінний вихідний матеріал у гібридизації в селекційному процесі пшениці озимої. За вмістом білка і клейковини сорти пшениці озимої Кармелюк та Санжара віднесені до групи сильних пшениць.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, час відновлення весняної вегетації, кластерний аналіз, молекулярно-генетичні маркери, фотоперіодична чутливість, період яровизації.

ABSTRACT

Kryvoruchko L.M. Variability of agronomic-valuable traits and features of selection for productivity of winter wheat in stressful environmental conditions. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences (Doctor of Philosophy) in the specialty 06.01.05 – «Breeding and Seed Production». Poltava State Agrarian Academy, Poltava, 2020.

The work is aimed at solving such a problem as establishing of the peculiarities of the formation of agronomic valuable traits of winter wheat in the years with different times of the renewal of spring vegetation.

Studies of variability of generative and vegetative traits and productivity of winter wheat varieties under stressful environmental conditions; variability of genetic correlations of traits and breeding indices over the years with different times of spring vegetation renewal were conducted.

On the basis of the studies conducted to study the level of formation and variability of the characteristics of the generative parts of plants of a large sample of varieties and breeding lines, under different stress conditions of the environment for six years, we found that the main components of winter wheat yields had varied character of their level of formation and variability. However, there is a general pattern that can be used in the technology of breeding process, especially in its early stages, that is, in the breeding of both early and late vegetation.

First of all, to conduct breeding for the weight of grain per ear, it is necessary to take into account such features that during early vegetation of winter wheat the highest value of this trait is formed, at the optimal time of vegetation restoration the level of formation decreases, and at late time of vegetation renewal becomes minimal. It is also necessary to take into account the values of variation limits, both in optimal and late periods of spring vegetation renewal, and in our studies it is proved that the probability of appearance of outstanding genotypes on the basis of grain mass from ear and under stressful environmental conditions is not excluded.

We can predict that the emergence of outstanding genotypes in extreme environmental conditions (late vegetation recovery time) due to the high genotypic variant and selection of such varieties and breeding lines is of great interest both for the formation of starting material and for the adaptation to stressful environments of wheat varieties.

The experiment noted that such a sign as the number of spikelets per ear did not change over the years of the studies and did not depend on the time of spring vegetation renewal. It should be noted that the variability of the sign number of spikelets per ear depended not on the time of spring vegetation renewal, but on the genotypic differences of the varieties and breeding lines. Judging by the biological characteristics of winter wheat, we can conclude that the time of renewal of spring vegetation does not affect the formation of the sign «number of spikelets per ear».

The general characteristics of the features of the formation and variability of the characteristics of the vegetative part indicates that they certainly change their level of formation under the stress of environmental conditions, but on some grounds there are patterns that can be used in the technology of breeding process and can be used during selection for enhancing plant productivity.

It is proved that the different time of renewal spring vegetation had low influence on spike length development, and did not significantly affect on the stem

weight. In other words, traits are genetically determined, and that in late vegetation renewal the ability to search and select genotypes with increased ear length and optimal stem weight is not lost. It has been investigated that traits such as «plant weight», «upper internode length» and «lower internode length» under the influence of such a stress factor as late vegetation sharply reduce their level of formation, and the chaff weight, on the contrary, increase. Established patterns play an important role for conducting the breeding process, planning crossings, studying the source material and carrying out hybrids analysis.

One of the main features of winter wheat productivity potential is its yield capacity per unit area. This is the end result of all the components of the genotypic nature of the variety, which is associated with both the soil-climatic conditions of cultivation and the adaptive properties of the variety.

The potential of winter wheat crop is determined by genetic components in the implementation of the norm of reaction to biotic and abiotic environmental factors and the formation in the ontogeny of quantitative and qualitative parameters of the vegetative and generative part of the plant. Significant failures in realizing the yield capacity potential of the winter wheat variety give many environmental factors, including the lack of moisture in the autumn, when the phases of the organogenesis of the autumn period are transferred to the spring.

On the basis of the researches on the characterization of the level of formation and variability of breeding indexes on a large sample of varieties and breeding lines of winter wheat under stressful environmental conditions, we have thoroughly studied the response of a number of breeding indexes to the extreme environmental conditions that occur in the ontogeny of culture and years.

It was found that among all studied indexes, only five indexes (harvest index, linear spike density index, potential productivity index, micro-distributions index, intensity index) had, for all studied periods of spring vegetation recovery time, a

stable genetic variation coefficient. Noteworthy is the index of linear density of the ear, which in various environmental conditions had a stable level of variability. We emphasize the expediency of using it in the breeding process as a marker index.

In studies on genetic links between yield capacity and plant generative traits of winter wheat varieties and breeding lines under stressful environmental conditions (different times of spring vegetation) in order to find marker traits different manifestations of genetic links were observed. It was found that closer positive associations between yield capacity and generative traits were during the optimal growing season.

According to the results of the research, from all the diversity of vegetative traits, stable genetic correlations were observed between yield capacity and plant height, and yield capacity and length of the upper internode at the first and second term sowing during early vegetation.

It was found that irrespective of the onset of spring vegetation, inversely, correlations between yield capacity and chaff were observed in the experiment, with the exception of the optimum time for the renewal of spring vegetation in 2010. Late vegetation had inverse correlation. In the analysis of genetic relationships of yield capacity with vegetative traits in late vegetation, it was found that stable relationships were sufficiently stable with plant height, stem weight, plant weight, and upper internode length, but at the second sowing period the relationship decreased. Thus, stable genetic relationships during early, late and optimal vegetation were observed between height and yield capacity, as well as between yield capacity and length of the upper internode.

Through the use of cluster analysis and dendrogram analysis of the distribution of winter wheat varieties and breeding lines by the best groups in the first and second sowing periods, it was established that early and late vegetations, which operated during the years of study, as stress factors, identified the same winter wheat varieties,

that were placed in the best cluster groups in both the first and second sowing periods. These varieties are Rostovchanka, Dovira, Kievskaya 6, ZORA, Ermak, Dniprovskaya 277, Odeskaya 51, Kolomak 2, Dykanka, Kryzhynka, Mironivskaya 68, Peremoha 2, Hubernatorka, Hovtva, Sahaydak, Lyutenka, Batko, Stanichna, Vilshana, Kolomak 3 and BL - Odeskaya 267 / Donetska 46 // Stanichna, Peremoha 2 / Porada, Peremoha 2 / Kolomak 5, Mironivskaya 27 / L.51486.

Methods and approaches in estimation of reaction rate to extremely difficult environmental conditions of winter wheat varieties using molecular genetic analysis have been theoretically proved and proposed. Based on the SSR analysis of winter wheat varieties and lines, their genetic affinity was established. Based on the clustering of the material obtained, it was found that different clusters of genealogy were concentrated in each cluster. Thus, in some clusters there were varieties of European breeding, other clusters contained ancient varieties that are no longer grown, but are present in the lineages of many European varieties.

It is established that the location of winter wheat varieties and lines by clusters on the dendrogram corresponds to their origin, and winter wheat varieties combine unique combinations of genes alleles that provide both the formation of important economically useful traits, and adaptation to biotic and abiotic, and abiotic increased adaptive properties.

Winter wheat varieties Karmelyuk, Sanzhara were created. Varieties are highly resistant to diseases and pests due to immunological protection and increased ability to tillering in the autumn and spring. It is established that the winter hardiness of the varieties is due to the sensitivity to the photoperiod (do not overgrow in the autumn period) and the extended period of vernalization (resistant to winter thaws and to the return of cold), which allows them to be sown at a very early date. Karmelyuk and Sanzhara winter wheat varieties are classified as strong wheat according to protein and gluten content.

Varieties are proposed to be used as promising in the commodity production of grain, in seed and valuable starting material in hybridization in the breeding process for winter wheat crop.

Keywords: mild winter wheat, spring vegetation renewal time, cluster analysis, molecular genetic markers, photoperiodic sensitivity, period of vernalization.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Тищенко В.М., **Дриженко Л.М.** Мінливість кількісних ознак пшениці озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації. *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія «С/г науки»*. Луганськ, 2012. Вип. № 45. С. 110-113. (Авторство 50%, аналіз літературних джерел, проведення досліджень, обробка даних, написання статті).

2. Тищенко В.М., **Дриженко Л.М.** Рівень формування селекційних індексів у сортів та селекційних ліній пшениці озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. Львів, 2013. Вип. № 18. С. 179-183. (Авторство 50%, аналіз літературних джерел, проведення досліджень, обробка даних, написання статті).

3. Тищенко В.М., **Дриженко Л.М.** Генетичні кореляції урожайності сортів та селекційних ліній пшениці озимої залежно від часу відновлення весняної вегетації. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія*. Суми, 2013. Вип. № 11 (26). С. 177-180. (Авторство 50%, аналіз літературних

джерел, проведення досліджень, обробка даних, написання статті).

4. Тищенко В.М., **Дриженко Л.М.**, Чернишева О.П. Генетичні кореляції врожайності озимої пшениці з селекційними індексами в стресових умовах середовища. *«Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин»*. Київ, 2014. Вип. № 3 (24). С. 32-35. *(Авторство 30%, аналіз літературних джерел, проведення досліджень, обробка даних, написання статті).*

Статті у наукових виданнях інших держав:

5. Mariia Batashova, **Ludmila Drigenko**. Using inderect methods for winter recistana ectimation of winter wheat lines and cultivars. Збірник наукових статей *«Climate change: challenges and opportunities in agriculture»*. Будапешт, 2011. С. 21-23. *(Авторство 50%, аналіз літературних джерел, проведення досліджень, обробка даних, написання статті).*

6. Тищенко В.М., **Дриженко Л.М.**, Палій Ю.Г. Формирование продуктивности озимой пшеницы при изменчивости межфазных периодов начальных этапов органогенеза. *Вестник Курганский ГСХА*. с. Лесниково, 2014. Вип. №1. С. 25-29. *(Авторство 30%, аналіз літературних джерел, проведення досліджень, обробка даних, написання статті).*

Статті у науково-виробничих виданнях:

7. Тищенко В.М., **Дриженко Л.М.**, Палій Ю.Г. Рівень формування та мінливість ознак насінневої продуктивності пшениці озимої залежно від часу відновлення весняної вегетації. *Журнал «Насінництво»*. Полтава, 2013. Вип. №5. С. 16–17. *(Авторство 30%, аналіз літературних джерел, проведення досліджень, обробка даних, написання статті).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. Дриженко Л.М. Коэффициент вариации основных признаков продуктивности озимой пшеницы в зависимости от времени возобновления весенней вегетации. *«Генетичні ресурси рослин і селекція»*: матеріали всеукраїнської наук.-практ. конф. присвяченої 125 річчю М.І. Вавилова та 75-річчю заснування кафедри генетики, селекції та насінництва ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Харків, 2012. С. 132-135.

9. Тищенко В.М., Дриженко Л.М. Рівень формування вегетативних та генеративних ознак пшениці озимої та їх мінливість залежно від часу відновлення весняної вегетації. Збірник тез доповідей конф. професорсько-викладацького складу аграрно-інженерного інституту за підсумками наукової роботи 2011-12 рр. Вип.1. Полтава, 2012. С. 101-103.

10. Дриженко Л.М. Изменчивость количественных признаков озимой пшеницы в зависимости от времени возобновления весенней вегетации. *«Інноваційно-інвестиційний розвиток рослинницької галузі – стан та перспективи»*: збірник тез V-ої міжнарод. науково-практ. конф. молодих вчених. Харків, інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2012. С. 32-33.

11. Тищенко В.Н., Дриженко Л.М., Баташова М.Е. Основные пути оценки адаптивности у озимой пшеницы по количественным признакам. *«Селекція та генетика сільськогосподарських рослин: традиції та перспективи, до 100-річчя Селекційно-генетичного інституту»*: матеріали міжнарод. наук. конф. Одеса, 2012. С. 105-106.

12. Тищенко В.М., Дриженко Л.М., Палій Ю.Г. Рівень формування та мінливість головних ознак насінневої продуктивності сортів та селекційних ліній пшениці озимої залежно від часу відновлення весняної вегетації.

«Конкурентно-спроможне насіння – стабільний урожай»: матеріали міжнарод. науково-практ. конф. Полтава, 2013. С. 122-124.

13. Дриженко Л.М., Тищенко В.М. Мінливість селекційних індексів у пшениці озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації. *«Селекція, насінництво та генетика сільськогосподарських культур»*: матеріали міжнарод. науково-практ. конф. присвяченої 50-річчю селекції рослин в ПДАА. Полтава, 2013. С. 18.

14. Дриженко Л.М. Генетичні кореляції врожайності озимої пшениці із селекційними індексами залежно від часу відновлення весняної вегетації. *«Роль часу відновлення весняної вегетації в житті зимуючих рослин»*: матеріали міжнарод. науково-практ. конф. присвяченої 90-річному ювілею доктора с-г. наук Мединця В. Д. Полтава, 2014. С. 55-58.

15. Дриженко Л.М., Тищенко В.М., Чернишова О.П., Іщенко А.Г. Використання кластерного аналізу для виділення сортів та ліній пшениці озимої в стресових умовах середовища. *«Генофонд рослин та його використання в сучасні селекції»*: матеріали міжнарод. науково-практ. конф. присвяченої пам'яті професора М.М. Чекаліна. Полтава, 2015 р., С. 75-79.

16. Баташова М.Є., Криворучко Л.М. Використання мікросателітних SSR- маркерів для ідентифікації сортів та ліній озимої пшениці полтавського селекційного центру. *«Сучасні напрями селекційного удосконалення пшениці»*: матеріали міжнарод. науково-практ. конф. присвяченої 100-річчю селекції пшениці в інституті Селекційно-генетичний інститут – Національному центрі насіннєзнавства та сортовивчення (1-3 червня 2016 р., м. Одеса), Вінниця, 2016. С. 90-91.

17. Баташова М.Є., Криворучко Л.М. Оцінка генетичного різноманіття гороху за допомогою SSR- маркерів. *«Генетичне та сортове різноманіття*

рослин для покращення якості життя людей»: тези доповідей міжнарод. науково-практ. конф. присвяченої 25-річчю Національного генетичного банку рослин України. Київ, 2016. С. 204-205.

18. Баташова М.Є., **Криворучко Л.М.** Сучасні методи генетичного аналізу в селекції рослин. *«Науково-практична конференція професорсько-викладацького складу»*. Збірник наукових праць конф. за підсумками науково-дослідної роботи в 2015 році. Полтава, 2016. С. 17-19.

19. Колісник А.В., Баташова М.Є., **Криворучко Л.М.** Гносеологічні аспекти викладання дисципліни генетичні ресурси рослин. *«Науково-методичні основи компетентнісного підходу до підготовки здобувачів вищої освіти»*: матеріали 48-ї науково-методичної конф. викладачів і аспірантів Полтава, 2017. С. 45-47.

20. **Криворучко Л.М.**, Тищенко В.М. Кореляції урожайності пшениці озимої з головними вегетативними ознаками в роки з різним часом відновлення весняної вегетації. *«Селекційно-генетична наука і освіта, Парієві читання»*: матеріали VI міжнародної наук. конф. (м. Умань 15-17 березня 2017р.) Умань, 2017. С. 138-140.

21. Тищенко В.М., Гусенкова О.В., **Криворучко Л.М.** Формування і мінливість якості зерна сортів та селекційних ліній пшениці озимої в залежності від року вирощування та строків сівби. *«Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин»*: матеріали міжнарод. науково-практ. конф. присвяченої 100-річчю Національної академії аграрних наук України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. Харків, 2018. С. 140-141.

22. Batashova M., Spanogne M., **Krivoruchko L.**, Tishchenko V. Use of SSR markers in local winter wheat breeding program of Poltava plant breeding centre. *«Ecological and genetic aspects in field crops breeding under climate changes»*:

abstracts of the International Conference devoted to the 90th anniversary of geneticist, plant breeder, Professor Nikolai Chekalin. Poltava, 2019. P. 93-94.

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації:

23. Сорт пшениці озимої м'якої Кармелюк. А. с. №150337. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Вид. 2015р. Тищенко В. М., Баташова М. Є., **Дриженко Л. М.**, Снитко С.В., Кривенко Ю.М.

24. Сорт пшениці озимої м'якої Санжара. А. с. №170919. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Вид. 2017 р. Тищенко В. М., Баташова М. Є., Дубенець М. В., **Дриженко Л. М.**, Снитко В. Я.

ЗМІСТ

	Стор.
АНОТАЦІЯ.....	2
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	21
ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1 НАПРЯМИ СЕЛЕКЦІЇ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА СТІЙКІСТЬ ДО СТРЕСОВИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА (огляд літературних джерел).....	29
1.1 Природні стресори в онтогенезі зимуючих рослин.....	29
1.2 Суть методу В.Д. Мединця.....	32
1.3 Характеристика вегетаційного періоду.....	35
1.4 Селекція на якість зерна пшениці м'якої озимої.....	40

1.5 Використання кластерного аналізу в селекції пшениці м'якої озимої	45
РОЗДІЛ 2 УМОВИ, ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	48
2.1 Ґрунтово-кліматичні умови	48
2.2 Матеріал і методика досліджень.....	52
РОЗДІЛ 3 ФОРМУВАННЯ ТА МІНЛИВІСТЬ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК, СЕЛЕКЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ У СОРТІВ І СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА СТРЕСОВИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА.....	60
3.1 Формування та мінливість ознак генеративної частини рослини у сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації.....	60
3.2 Формування та мінливість ознак вегетативної частини рослини у сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації.....	66
3.3 Рівень формування селекційних індексів у сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації.....	71
РОЗДІЛ 4 КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК У СОРТІВ ТА СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА СТРЕСОВИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА.....	77
4.1 Генетичні кореляції врожайності сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої з головними генеративними ознаками в залежності від часу відновлення весняної вегетації.....	77
4.2 Генетичні кореляції врожайності сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої з головними вегетативними ознаками в залежності від часу відновлення весняної вегетації.....	82

4.3 Генетичні кореляції врожайності сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої із селекційними індексами в залежності від часу відновлення весняної вегетації.....	84
РОЗДІЛ 5 ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТІВ ТА СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ЗЕРНА В СТРЕСОВИХ УМОВАХ СЕРЕДОВИЩА	89
5.1 Формування якісних показників зерна пшениці м'якої озимої за раннього часу відновлення весняної вегетації.....	90
5.2 Формування якісних показників зерна пшениці м'якої озимої за пізнього часу відновлення весняної вегетації.....	92
РОЗДІЛ 6 ВИКОРИСТАННЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ТА SSR- МАРКЕРІВ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СОРТІВ І СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ СТІЙКИХ ДО СТРЕСОВИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА.....	94
6.1. Використання кластерного аналізу для пошуку сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої адаптованих до різного часу відновлення весняної вегетації.....	94
6.2. Використання молекулярних SSR-маркерів для характеристики сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої за рівнем спорідненості.....	104
РОЗДІЛ 7 ГОСПОДАРСЬКО БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ КАРМЕЛЮК ТА САНЖАРА.....	117
7.1 Господарсько біологічна характеристика сорту пшениці м'якої озимої Кармелюк.....	117
7.2 Господарсько біологічна характеристика сорту пшениці м'якої озимої Санжара.....	119
7.3 Характеристика сортів пшениці м'якої озимої Кармелюк та Санжара в роки з різним часом відновлення весняної вегетації.....	121
7.4. Врожайність сортів пшениці м'якої озимої Кармелюк та Санжара	

в роки з різним початком відновлення весняної вегетації.....	122
ВИСНОВКИ.....	126
РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ.....	130
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	131
ДОДАТКИ.....	154

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

СЛ – селекційні лінії;

СС – строки сівби;

ЧВВВ – час відновлення весняної вегетації;

ТВП – тривалість вегетаційного періоду;

ТПЯ (ПЯ) – тривалість періоду яровизації;

ФПЧ – фотоперіодична чутливість;

Ознаки озимої пшениці:

У – урожай зерна, ц/га;

M_1 – маса зерен із колоса, г;

M_2 – маса рослини, г;

M_3 – маса колоса з насінням, г;

M_4 – маса половини колоса, г;

M_5 – маса стебла, г;

H – висота рослини, см;

ДВМ – довжина верхнього колосиночного міжвузля, см;

ДНМ – довжина нижнього колосиночного міжвузля, см;

КМ – кількість міжвузлів, шт.;

ЧЗ – число зерен у колосі, шт.;

МТЗ – маса 1000 зерен, г;

ДК – довжина колоса, см;

КК – кількість колосків у колосі, шт.;

ПК – продуктивна кустистість;

r_g – генетична кореляція;

LV (Lim) – ліміти варіювання;

V% – коефіцієнт варіації;

ММ - молекулярні маркери;

AFLP - поліморфізм довжини ампліфікованих фрагментів;

SSR - маркерна система;

Селекційні індекси озимої пшениці:

HI – збиральний індекс – M_1/M_2 ;

Mic – індекс мікророзподілів – M_1/M_4 ;

Mx – мексиканський індекс – M_1/H ;

Si – індекс інтенсивності - M_5/H ;

AI – індекс атракції – M_3/M_5 ;

SPI – індекс продуктивності колоса – M_1/M_3 ;

PI – полтавський індекс - $M_1/ДВМ$;

ЛЩК – індекс лінійної щільності колоса - $ЧЗ/ДК$;

IPPL – індекс потенційної продуктивності, помноженої на число зерен - $M_1/M_3 \times ЧЗ$;

ВСТУП

Створення сортів пшениці м'якої озимої інтенсивного типу, адаптованих до варіювання умов зони Лісостепу України, вимагає нових специфічних підходів до розробки програм селекції цієї культури.

Особливої актуальності набуває пошук підходів і розробка селекційних методів в адаптивному їх прояві, що дозволяє створювати сорти пшениці

озимої, які поєднують морозозимостійкість, продуктивність, якість, стійкість до патогенного навантаження і реакцію на різні лімітуючі фактори зовнішнього середовища. Удосконалення методичного підходу з використанням у селекційному процесі методу непрямой оцінки і добору пшениці озимої на морозозимостійкість та інші господарсько корисні ознаки дозволяє класифікувати сорти і селекційний матеріал за рівнем стабільності ознак та індексів, що визначає їх продуктивність і адаптивність.

Актуальність теми.

Стабільне виробництво якісного зерна має здійснюватися на основі інтенсивних технологій вирощування, впровадження нових більш урожайних сортів із високими адаптивними властивостями до різних стрес-факторів довкілля.

Надзвичайно актуальною є наразі розробка й вдосконалення методів створення адаптованих до несприятливих біотичних та абіотичних факторів середовища високопродуктивних сортів пшениці озимої, та пошук морфологічних критеріїв ідентифікації генетичного різноманіття, що вказують на специфіку мінливості та формотворення цінних ознак в адаптивній селекції. Успіх практичної селекції визначається рівнем теоретичних досліджень стосовно особливостей генетичного контролю мінливості кількісних ознак і характеру їх прояву у процесі варіювання умов середовища особливо, за умови різного початку відновлення весняної вегетації.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дисертаційна робота є складовою частиною досліджень (2006–2018 рр.) науково-дослідного селекційного центру Полтавської Державної аграрної академії згідно з планом науково-дослідних робіт із 2006–2012 рр. за завданням «Розробка нових методів адаптивної селекції пшениці м'якої озимої на основі еколого-генетичного підходу з використанням біотехнології і створення сортів з урожайністю 9 т/га,

та вмістом білка 15%, клейковини 35%, числом падіння більше 210 с., пристосованих для вирощування у зоні Лісостепу України». Державний реєстраційний номер 0104U010764. З 2013–2016 рр. із продовженням до 2020 р. «Розробка нових методів адаптивної селекції пшениці м'якої озимої на основі еколого-генетичного підходу з використанням математичного моделювання і біотехнології та створення сортів з урожайністю 10 т/га, вмістом білка 15%, клейковини 35%, пристосованих до вирощування у зоні Лісостепу України», номер Державної реєстрації 0113U004159.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень було визначити особливості формування господарсько-цінних ознак пшениці озимої в стресових умовах середовища. Для досягнення мети вирішували такі завдання:

- дослідити вплив строків сівби і часу відновлення весняної вегетації на мінливість кількісних ознак і селекційних індексів у сортів та селекційних ліній пшениці озимої;
- виявити взаємозв'язки між кількісними та якісними ознаками пшениці озимої в стресових умовах середовища (різний час відновлення весняної вегетації);
- провести кореляційний аналіз ознак сортів пшениці озимої та виявити взаємозв'язки урожайності з іншими ознаками за різного часу відновлення весняної вегетації;
- дати оцінку сортам і селекційним лініям пшениці озимої з використанням кластерного аналізу;
- провести аналіз і надати оцінку сортам та селекційному матеріалу пшениці озимої з використанням молекулярних маркерів ДНК. Для визначення генетичної спорідненості використати SSR-маркери;

- дати господарсько-біологічну характеристику новим сортам пшениці озимої, створених у процесі виконання досліджень за адаптивними властивостями.

Об'єкт досліджень. Закономірності прояву взаємозв'язків продуктивності колоса пшениці озимої з різними кількісними ознаками й індексами; мінливість ознак та ступінь їх стабільності в стресових умовах середовища. Молекулярні маркери ДНК у сортів та ліній пшениці озимої.

Предмет досліджень. Реакція сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої на стресові умови середовища і процес особливості прояву мінливості господарсько-цінних ознак та продуктивності при цьому; мінливість генетичних кореляцій ознак і селекційних індексів за роками з різним часом відновлення весняної вегетації; генетична спорідненість за SSR-маркерами.

Методи досліджень:

1. Польові – фенологічні спостереження, визначення часу відновлення весняної вегетації, зимостійкість сортів та селекційних ліній пшениці озимої.

2. Лабораторні – структурний аналіз елементів продуктивності, визначення якості зерна пшениці озимої. Молекулярно-генетичний аналіз із визначення маркерів ДНК.

3. Статистичні – обробка експериментальних даних методами дисперсійного, варіаційного, кореляційного і кластерного аналізів для визначення закономірностей та мінливості кількісних ознак, встановлення достовірності отриманих експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше в умовах Лісостепу України вивчена реакція сортів і селекційних ліній пшениці озимої на різний час відновлення весняної вегетації. Вивчена мінливість генетичних кореляцій ознак та індексів із продуктивністю в стресових умовах середовища. За результатами кластерного аналізу ідентифіковані кращі сорти та селекційні лінії

пшениці озимої. Проведений аналіз генетичної спорідненості сортів пшениці озимої з використанням SSR-маркерів. Створені нові сорти пшениці озимої (20 % авторства) Кармелюк та Санжара, адаптовані до флуктуючих умов середовища, високоврожайні та сбалансовані за господарсько - корисними ознаками які включені до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні.

Практичне значення одержаних результатів.

Інформація про кореляційні зв'язки між господарсько-цінними ознаками пшениці озимої в залежності від різного часу відновлення весняної вегетації застосовується в селекційній програмі Полтавської Державної аграрної академії для вдосконалення методів добору пшениці озимої на врожайність.

Запропоновано у селекційному процесі використання кластерного аналізу для ідентифікації кращих сортів та селекційних ліній пшениці озимої.

Проведено аналіз генетичної спорідненості сортів та селекційного матеріалу пшениці озимої з використанням SSR-маркерів, результати якого використовуються як вихідний матеріал для створення нових сортів.

Створено сорти пшениці озимої Кармелюк та Санжара, що набули майнового права на поширення в Україні; їх запропоновано для використання в гібридизації як вихідний матеріал носіїв господарсько-корисних ознак, а також передано та залучено до науково-дослідних програм Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України.

Особистий внесок здобувача полягає в узагальненні та систематизації вітчизняних і зарубіжних літературних джерел, здійсненні їх аналітичного огляду; безпосередній участі в організації закладання та проведення лабораторно-польових досліджень; теоретичному узагальненні результатів, їх систематизації; обґрунтуванні висновків й впровадженні результатів у

виробництво; в оцінці сортів пшениці озимої за формуванням і мінливістю ознак, продуктивністю, молекулярно-генетичними маркерами ДНК.

Робота виконана самостійно за сприяння колективу Полтавського науково-дослідного селекційного центру та кафедри селекції, насінництва і генетики. Частка участі у спільних публікаціях становить 30-60% , в авторстві сортів Кармелюк та Санжара – 20%.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень щорічно доповідалися на засіданнях кафедри селекції насінництва та генетики Полтавської Державної аграрної академії , на «Науково-практичній конференції професорсько-викладацького складу» (Полтава, травень 2012 р.); на міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Інноваційно-інвестиційний розвиток рослинницької галузі - стан та перспективи» (Харків, 4–6 липня 2012 р.); на міжнародній науково-практичній конференції «Селекція та генетика сільськогосподарських рослин: традиції та перспективи» (Одеса, 17–19 жовтня 2012 р.); на «Всеукраїнській науково-практичній конференції, присвяченої 125 річчю М.І. Вавилова та 75-річчю заснування кафедри генетики, селекції та насінництва ХНАУ ім. В.В. Докучаєва» (Харків, 2012 р.); на міжнародній науково-практичній конференції «Конкурентоспроможне насіння – стабільний урожай» (Полтава, 30–31 січня 2013 р.); на міжнародній науково-практичній конференції, присвяченої 50-річчю селекції рослин у Полтавській державній аграрній академії «Селекція, генетика та насінництво сільськогосподарських культур» (Полтава, травень 2013); на міжнародній науково-практичній інтернет – конференції «Роль часу відновлення весняної вегетації в житті зимуючих рослин» (Полтава, 14 січня 2014 р.); на міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій пам'яті професора М.М. Чекаліна «Генофонд рослин та його використання в сучасній селекції» (Полтава, квітень 2015 р.); на «Науково-практичній конференції

професорсько-викладацького складу» (Полтава, травень 2016 р.); на міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні напрями селекційного удосконалення пшениці » (Одеса, 1–3 червня 2016 р.); на міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 25-річчю Національного генетичного банку рослин України. «Генетичне та сортове різноманіття рослин для покращення якості життя людей» (Київ, 2016); на 48-й науково-методичній конференції викладачів і аспірантів «Науково-методичні основи компетентнісного підходу до підготовки здобувачів вищої освіти» (Полтава, 2017); на VI міжнародній науково-практичній конференції «Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання.)» (Умань, 2017); на міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 100-річчю Національної академії аграрних наук України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН (Харків, 2018); на міжнародній науково-практичній конференції «Ecological and genetic aspects in field crops breeding under climate changes». Abstracts of the International Conference devoted to the 90th anniversary of geneticist, plant breeder, Professor Nikolai Chekalin (Poltava, 2019).

Публікації. За результатами досліджень, що викладені в дисертації, опубліковано: 22 наукові праці, з яких 4 статті у фахових журналах та 2 у іноземному науковому виданні, 1 стаття – у науково-виробничому журналі та 15 тез – у збірниках науково-практичних конференцій.

Об'єм структури дисертації. Дисертаційна робота викладена на 220 сторінках. Робота включає анотацію (українською та англійською мовами), вступ, сім розділів, висновки, рекомендації, список використаних джерел, який налічує 209 найменувань, у тому числі латиницею 45. Робота містить 14 таблиць та 34 додатки ілюстрована 8 рисунками.

РОЗДІЛ 1

НАПРЯМИ СЕЛЕКЦІЇ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА СТІЙКІСТЬ ДО СТРЕСОВИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА

(огляд літературних джерел)

1.1 Природні стресори в онтогенезі зимуючих рослин

Термін стрес (з англійської «stress» - напруга) був запропонований видатним канадським вченим фізіологом Гансом Сел'є у 1936 році для опису реакції організму на сильний негативний вплив [1]. Згідно з уніфікованою концепцією стресу, яка включає оригінальну концепцію Г.Сель'є та доповнення до неї, у реакції рослин на стрес виділяють такі фази:

- відповіді – реакція тривоги, яка характеризується відхиленням від функціональної норми, зниженням життєздатності, активацією катаболічних процесів порівняно з анаболічними;
- відновлення – стадія опору (безперервний стрес), для якої є типовими процеси адаптації та репарації, розвиток стійкості (ре активація);
- кінцеву – стадія виснаження (тривалий стрес), за якої має місце перевищення адаптаційного порогу, хронічне захворювання або загибель;
- регенерації – частково або повністю відновлюється фізіологічна функція після припинення дії стресу [2, 3].

У біологічному розумінні стрес – це зовнішній фактор, який діє на організм та викликає фізичні, хімічні та інші зворотні або незворотні зміни в ньому. Тому, стрес може бути визначений як будь який фактор зовнішнього середовища, який здатен індукувати потенційно шкідливу напругу у живих

організмів. (Левитт, 1980). Термін «стрес» використовується в двох різних аспектах. В одних випадках «стрес» є синонімом слову «вплив» (стресовий вплив, стресовий фактор, стресові навантаження, індукований стрес та інше), якщо стрес відображає кількісну сторону подразника. В інших випадках, коли, наприклад, кажуть о водному, сольовому або окислювальному стресі, то під стресом розуміють цілий комплекс відповідних неспецифічних та специфічних змін [4, 5].

Здатність до захисту від дії несприятливих факторів середовища – обов’язкова здатність живого організму, включаючи й вищі рослини. Ця функція з’явилась одночасно з виникненням перших живих організмів та в подальшому розвивалась та вдосконалювалась [6].

Стійкість рослин до несприятливих умов зовнішнього середовища визначається здатністю рослин зберігати такий перебіг фізіологічних процесів, який не викликає суттєвого порушення в їх узгодженості. Це і визначає життєдіяльність організму та його витривалість. Відношення рослин до несприятливих, стресових умов зовнішнього середовища виражається в його здатності до саморегулювання, оптимізації процесів, які проходять в організмі, а також до пристосування к факторам зовнішнього середовища, з якими організм знаходиться в непереривній взаємодії протягом всього онтогенезу. Сюди можна віднести стійкість до нестачі або збитку вологи, низьким та високим температурам, нестачі кисню, засолення та загазованість середовища, іонізуючому випромінюванню, інфекціям. Ці несприятливі фактори прийнято називати стресорами. Питання, щодо природи захисних реакцій, які рослина здатна протиставити пагубному впливу перерахованих вище факторів, які дозволяють організму зберегти нормальний хід процесів розвитку, включаючи і функцію саморегулювання вивчається протягом багатьох років [7, 8].

Стрес – це процес незворотних змін в рослинному організмі, викликаних дією несприятливих та шкідливих чинників (стресорів), який впливає на зменшення біомаси або числа продуктивних зачатків, іноді до загибелі рослин, у разі якщо значення стресорів перевищують рівень фізіологічного порогу генотипу. Стресори бувають техногенні (наприклад гербіциди, забруднення довкілля тощо) і природні, тобто фактори довкілля, необхідні для життєдіяльності рослин (температура, світло, вологість, елементи живлення) у випадку перевищення значень фізіологічні норми рослин та різкої зміни напруги фактора.

Розрізняють чутливість рослин до стресора (висота фізіологічного порогу) і витривалість (здатність до ефективної репарації). Витривалість, або інакше – здатність переходити на режим адаптації реалізується у взаємодії генотипу з середовищем. Стресори блокують насамперед синтетичні реакції (Удовенко, 1979), тому для відновлення організму важливими є запас недиференційованих тканин і метаболітів та термін від дії агента до настання сприятливих умов.

Реакція рослин на окремі чинники довкілля достатньо вивчена, з цього питання існує величезна світова література [197, 202]. Менше вивчено реакцію рослин на комплекс факторів особливо не довільний комплекс, а такий, що являє закономірний і стійкий зв'язок основних параметрів середовища. Це буває в разі переміщення рослин з ареалу виду у просторі. Останнім часом виявлено, що певні стійкі комплекси умов розвитку створюються не лише в просторовому, а й в часовому вимірі, зокрема для зимуючих рослин в разі екстремальних відхилень часу відновлення весняної вегетації від норми.

Виявлено, що при переміщенні озимих культур в просторі комплекс умов їх життя змінюється за рахунок стійкої зміни лише окремих факторів довкілля, в той час як екстремальні значення час відновлення весняної вегетації

обумовлюють стійкий (стресовий) комплекс всіх факторів розвитку рослин. Значна природна затримка відновлення весняної вегетації озимих рослин виступає як комплексний стресор.

Теплові стресори. Температура довкілля, як низька так і висока, що перевищує порогову витривалість генотипу, є для рослин стресовою. Природний стресор може діяти раптово (значний перепад температури) або тривало. Більшість випадків значної загибелі озимих посівів, пошкоджених зимовими морозами та осінніми посухами, пов'язано з умовами весняного відростання, коли при відновленні пошкоджених органів рослини потребують певного часу і умов для репопуляції клітин і мобілізації резервів із зон спокою та меристеми. В таких випадках стресовою є надвисока температура довкілля, яка перевищує норму реакції популяції сорту. В загальному плані зимостійкість рослин – це їх витривалість до подразнень зимовими стресорами та здатність до регенерації в перші дні весняного пробудження до життя. Ця стійкість дістає остаточну оцінку не в зимових відрощуваннях зразків, взятих з поля, а лише після відновлення весняної вегетації в природі [195].

Фототермічні стресори. В польових умовах тепловий фактор діє на рослини в комплексі з іншими природними факторами. В зв'язку з часом відновлення весняної вегетації світлові умови (тривалість світлового дня, інтенсивність сонячної радіації, спектральний склад світла) змінюються синхронно з температурою довкілля, тому що стартові дози обох факторів однаково визначаються висотою сонця в апогеї. Певні значення висоти сонця відповідають кожній даті часу відновлення весняної вегетації. Це впливає на фотосинтетичну діяльність посівів. Зважаючи на різкі зміни фотосинтетичної діяльності і продуктивності посівів залежно від затримки часу відновлення весняної вегетації, слід зробити висновок, що природне поєднання

фототермічних умов, запрограмоване часом відновлення весняної вегетації, діє як комплексний стресор [9].

1.2 Суть методу Мединця В.Д.

На Козельщинській ділянці Республіканської лабораторії сортової екології зимуючих культур Державної комісії з 1970 року досліджується реакція сортів пшениці озимої на штучну затримку часу відновлення весняної вегетації [10].

Методика проведення дослідів полягала в наступному: наприкінці зими, коли ще не зійшов сніг, дослідні ділянки накривали солом'яними або очеретяними матами, а зверху шаром соломи товщиною 15-20 см, щоб затримати розтавання снігу. Слідкували за температурою на поверхні снігу під матами. Мати знімали через задане число днів (як правило, 15 і 30), а якщо температуру під матами не вдавалося затримати нижче плюс двох градусів, то знімали раніше. Після зняття накриття сніг на дослідних ділянках розтавав цілком природно, потім рослини відростали, але значно пізніше, ніж на контрольному варіанті (як природно в цілому на полі) [11].

Вивчали реакцію на затримку вегетації сортів пшениці озимої, строків сівби та заходів догляду за посівами [12]. Якщо порівнювати час відновлення весняної вегетації різних років, то можна побачити вплив не лише часу відновлення весняної вегетації, а й інших чинників, які кожного року неоднакові. Коли ж кожного року створювалися два різні терміни весняного пробудження рослин до життя, то вивчали дію на рослини лише часу відновлення весняної вегетації, тому що інші чинники (погода осені, зими й літа, опади весни), а також агротехнічні умови однакові, різні лише ті весняні умови на які впливає час відновлення весняної вегетації. Затримка весняної вегетації в усіх без винятку роках ускладнювала виживання рослин після

перезимівлі. Пізній час відновлення весняної вегетації найбільше впливав на формування густоти продуктивних стебел і висоти рослин, внаслідок чого урожай сухої надземної маси всіх сортів за пізньої вегетації зменшувався порівняно до врожаю за оптимального часу відновлення весняної вегетації (контролі). Інші елементи структури врожаю змінювались неоднаково, при цьому число зерен в колосі і маса 1000 насінин за пізньої вегетації частіше зменшувались, а вихід зерна від врожаю біомаси іноді збільшувався. За багаторічними даними досліджень, за кожен день затримки відновлення вегетації після 21 березня втрачалось від 0,5 до 4 ц/га (залежно від сорту) зерна пшениці озимої. Найбільше знижували урожайність зерна малозимостійкі сорти пшениці [196].

Розроблений на цій основі експрес-метод оцінки зимостійкості сортів, який назвали «метод Мединця», використовується в Держсортмережі України та Росії з 1972 р. Його переваги перед іншими методами полягають у тому, що зимостійкість сортів можна оцінити не тільки в роки з суворими, але й з м'якими зимами, фактично щороку [13].

Суть методу полягає в тому, що зимостійкість сортів оцінюють на фоні штучної затримки часу відновлення весняної вегетації, яке в умовах Полтави може варіювати з роками від початку березня (іноді кінця лютого) до 10-20 квітня. По кожному сорту підраховують кількість рослин перед відходом у зиму, кількість живих і загиблих рослин на 10-й і 30-й день після відновлення весняної вегетації, проводячи візуальну оцінку зимостійкості сортів у балах за такими показниками: 5 балів – зрідження непомітне; 4 бали – збереглося $\frac{2}{3}$ рослин; 3 бали – збереглося $\frac{1}{2}$ рослин; 2 бали – збереглося $\frac{1}{3}$ рослин; 1 бал – збереглося менше 20% рослин; 0 балів – повна загибель [14].

За результатами дослідження відомо, що метод Мединця може бути застосований не тільки для оцінки зимостійкості сортів пшениці озимої, але й

безпосередньо в селекційному процесі при проведенні індивідуального й групового добору генотипів із підвищеною зимостійкістю.

Дослідження за оцінкою сортів і ліній озимої пшениці по зимостійкості за методом Мединця проводяться на відкритому майданчику тепличного комплексу Полтавської державної аграрної академії, де штучно створюється в будь-який рік пізній час відновлення весняної вегетації при збереженні контролю в природних умовах [15].

1.3. Характеристика вегетаційного періоду

Одним із головних показників придатності сорту для основних зон вирощування пшениці озимої є тривалість вегетаційного періоду. Цей важливий показник має досить велику амплітуду коливання, що обумовлено як генетичними особливостями, так і сукупністю зовнішніх умов вирощування. Історія селекції показує, що за останні роки сорти скоротили вегетаційний період з одночасним підвищенням урожайності [16].

Тривалість вегетаційного періоду великою мірою означає не тільки рівень урожайності сорту, але також і його стійкість до посухи, хвороб і інших стресових чинників [17]. Відома загальнобіологічна закономірність: зі збільшенням тривалості вегетаційного періоду у сприятливих умовах, потенційна продуктивність генотипів підвищується [18, 199].

У дослідження спадковості і мінливості тривалості вегетаційного періоду в 1985-1995 рр. було залучено понад 1000 сортів і ліній пшениці озимої [19]. Виявлено, що тривалість вегетаційного періоду контролюється різними генами в окремі міжфазні періоди. Різниця в тривалості вегетаційного періоду

весняно-літнього періоду серед колекційних і селекційних зразків пшениці м'якої озимої досягає 30 днів [196].

Зразки пшениці озимої, що вивчаються, за тривалістю і співвідношенням трьох міжфазних періодів (1 – весняне відновлення вегетації – вихід в трубку, 2 – вихід в трубку – виходу в колошування і 3 – виходу в колошування – повна стиглість) розділяли на 11 типів, у тому числі скоростиглі – на 4 (I - IV), середньостиглі на 4 (V-VIII) і пізньостиглі – на 3 типи (IX-XI). У сприятливих умовах період виходу в колошування-повна стиглість подовжується, у посушливих – коротшає. Тривалість вегетаційного періоду у весняно-літній період позитивно корелює з урожайністю тільки в сприятливі роки, або коли дощі випадають у кінці вегетації пшениці, але оскільки більшість років на півдні України посушливі і в період формування зерна стоять високі температури з низькою відносною вологістю повітря, домінує негативна (недостовірна) кореляція між тривалістю вегетаційного періоду і урожайністю, особливо в екстремальних умовах [198, 200].

Різним генотипам пшениці озимої для переходу до генеративного розвитку необхідна яровизація від 15 до 60 і більше діб. Тривалість періоду яровизації контролюється двома генами *Vrd* (vernalization requirement duration) – ген з великим фенотипічним ефектом позначений *Vrd1*, слабкіший – *Vrd2*. Домінантний алель *Vrd1* обумовлює колосіння рослин пшениці озимої після 20 доби яровизації, а рецесивний *vrđ1* – після 50 доби і, відповідно, *Vrd2* – після 30 доби і *vrđ2* – після 60 [20].

Фотоперіодична чутливість і тривалість періоду яровизації значною мірою визначають рівень адаптації рослини пшениці озимої до конкретних умов вирощування [21, 201]. Відмінності між генотипами по фотоперіодичній чутливості і тривалості періоду яровизації виявляються вже на початкових етапах розвитку. Так, наявність сильної фотоперіодичної чутливості і тривалість

періоду яровизації затримують розвиток зачатків репродуктивних органів в осінній період і підвищують рівень стійкості генотипу до стресових чинників середовища в період зимівлі. Слабка фотоперіодична чутливість і коротка тривалість періоду яровизації, навпаки, прискорюють розвиток, посіви при цьому більше гинуть від морозів, але відрізняються швидким відрощуванням весною, що сприяє відходу від ранньовесняної засухи [22].

З урахуванням даних по пшениці і вивченим гомеологічним і ортологічним локусам у інших культур (ячмінь, жито, рис і ін.) передбачається можливе існування приблизно 25 локусів за даними системами. Гени чутливості на яровизацію роблять головний вплив на швидкість закладання примордіїв, а гени фотоперіодичної чутливості – на час утворення термінальних колосків і подовження стебла. Вказані ефекти взаємодіють з датами посіву в конкретних місцевостях внаслідок варіювання температурних режимів і тривалості фотоперіоду [23].

У визначенні тривалості періоду сходи-колосіння основну роль відіграють гени, які контролюють фотоперіодичну чутливість, але існують гени, які контролюють скоростиглість у вузькому значенні і їх ефект позначається на темпах проходження окремих етапів онтогенезу [24]. Рослини пшениці до етапу колосіння особливо чутливі до різної довжини дня, температури, вологості. Темп розвитку від проростання до колосіння контролюється багатьма генами з різним ефектом їх взаємодії. Для гібридів F_1 були описані випадки домінування, наддомінування більшої скоростиглості і проміжного типу спадковості [25].

На основі гібридологічного аналізу [26] поколінь гібридів, що розщеплюються, між різними сортами пшениці ярової була висунута концепція про переважно незалежний генетичний контроль тривалості періоду проростання - вихід в трубку і періоду вихід в трубку – колосіння, в контролі

яких беруть участь гени локусів *Vrn* і *Ppd*. Це відкриває можливість прогнозування строків онтогенезу рекомбінантних форм.

Автори висловлюють результати 25-річних досліджень генетичної природи типу і швидкості розвитку рослин пшениці озимої і ярової [27, 203]. Контроль ознаки яровість – озимість контролюється 4 локусами *Vrn* 1-4; повна озима виявляється при умові, коли алелі всіх чотирьох локусів знаходяться в рецесивному стані.

Ефекти генів *Ppd* виявляються за тривалістю проходження III – V етапів органогенезу і відмінності за ними ведуть до відмінностей генотипів за основною ознакою – тривалості періоду «сходи – колосіння». Відмінності за фотоперіодичною чутливістю у пшениці м'якої контролюються трьома локусами *Ppd1*, *Ppd2*, *Ppd3*, на основі яких був створений набір майже ізогенних ліній у генофонді сорту Миронівська 808 і встановлені генотипи 21 сорту пшениці м'якої озимої, серед яких найчастіше зустрічаються моногенно домінантні за локусом *Ppd1* генотипи. Незалежно від тривалості фотоперіоду в оранжереї фітотрону та зміни температурно-світлових умов і умов вологозабезпеченості ізогенні лінії виколошуються в одному і тому ж порядку: *Ppd3* – *Ppd1* – *Ppd2* – Миронівська 808. Слабка або нейтральна фотоперіодична чутливість завжди є домінантною ознакою за відношенням до довгоденності (сильною фотоперіодичною чутливістю). В польових умовах через дію весняного дня, що постійно подовжується, і нівелюючу дію високих температур і засухи ефект генів *Ppd* на тривалість періоду «сходи – колосіння» значно слабшає порівняно з умовами фітотрону. Знання генетичної природи систем генів *Vrn* і *Ppd* дозволило розробити шляхи цілеспрямованого їх використання в селекції, а саме: створення більш скоростиглих сортів і отримання ліній пшениці озимої з високою морозостійкістю від схрещування тільки ярових сортів; для селекції на

скоростиглість в окремих випадках можливо використання домінантних алелей генів *Ppd* [28, 29].

Окрім систем генів *Vrn* і *Ppd* виявлені ще дві генетичні системи, які впливають на швидкість розвитку: скоростиглість «*per se*», яка не пов'язана з періодом яровизації і фотоперіодичною чутливістю і система генів контролю періоду яровизації у пшениці озимої (пізніше названа *Vrd*) [30].

За коефіцієнтом рангової кореляції [31] у вивченому наборі сортів пшениці озимої встановлений зв'язок між яровизаційною потребою і фотоперіодичною чутливістю, тобто послаблення ступеня фотоперіодичної чутливості пов'язане із зниженням потреби генотипу в яровизації або навпаки.

Тип розвитку і тривалість вегетаційного періоду [32] визначається їх реакцією на світло у фазі кущення; чим слабкіше була виражена фотоперіодична чутливість, тим скоростигліше рослина. Довжина вегетаційного періоду рослин визначається їх реакцією на світло і кількістю світлової енергії, необхідної для переходу їх вегетативної фази в генеративну. Чим довша фаза кущення і рослина озиміша і пізньостигліша, тим більше вимагається світлової енергії.

За рідкісним виключенням, ранньо- і пізньостиглість безпосередньо пов'язані з раннім або пізнім колосінням. Виявлений багатогенний домінантний характер спадковості ранньостиглості [33]. В хромосомах 3A, 4B, 4D і 6B знайдені локуси, які в основному впливають на ранньостиглість. Відмінності за тривалістю періоду до колосіння у ранньостиглих ліній не залежали від фотоперіодичної чутливості і періоду яровизації, а пізньостиглі форми були чутливі як на період яровизації, так і на фотоперіодичну чутливість.

Сучасні сорти пшениці [34] мають потенціал врожайності до 110 ц/га, але в умовах виробництва він реалізується лише на 50 % через невідповідність

адаптивного потенціалу сорту умовам вирощування. Тривалість вегетаційного періоду – одна з найважливіших складових частин адаптивного потенціалу.

Темпи росту і розвитку обумовлені тривалістю вегетаційного періоду, яка у великій мірі залежить від періоду яровизації і фотоперіодичної чутливості.

Чим більше тривалість періоду яровизації і фотоперіодичної чутливості, тим повільніше розвиток на початкових стадіях і пізніше спостерігається перехід до формування диференційованої точки росту і зачатків репродуктивних органів, що сприяє кращому протистоянню дії низьких температур і підвищенню рівня морозо-зимостійкості. Проте зниження рівня фотоперіодичної чутливості сприяє підвищенню темпів ранньовесняного відрощування і підвищенню урожаю, але зниження фотоперіодичної чутливості може автоматично відобразитися на частковому скороченні тривалість періоду яровизації, що позначиться негативно на параметрах адаптації до вищезгаданих умов [35] .

Більшість сучасних сортів характеризується слабкою або середньою фотоперіодичною чутливістю і нетривалою яровизацією (період яровизації = 30-40 днів), що сприяє зниженню їх морозостійкості порівняно із стародавніми сортами. У сучасних сортів не виявлено залежності між періодом яровизації і морозостійкістю, а відмінності по фотоперіодичній чутливості позначалися на морозостійкості тільки ранньою весною. Промороження ідентифікованих по генах *Vrd* і *Ppd* сортів свідчить про пряму залежність морозостійкості від періоду яровизації і фотоперіодичної чутливості. Рябчун Н.І. [36] вказував, що морозостійкість прямо пропорційна періоду яровизації, а більш ранні дослідження [37, 38] стверджували, що морозостійкість пов'язана з фотоперіодичною чутливістю.

Проте Лифенко С.П. [39] не виявив залежності між періодом яровизації і морозостійкості, а всі морозостійкі сорти у вивченому наборі були з більш

високою фотоперіодичною чутливістю. Литвиненко М.А. і Козлов В.В. [40] знайшли тісний зв'язок періоду яровизації зі стійкістю до низьких негативних температур, а взаємозв'язок ступеня фотоперіодичної чутливості з морозостійкістю на їх матеріалі не підтвердився. Відзначені факти слабкої морозостійкості у сортів з тривалим періодом яровизації і наявність високої морозостійкості у сортів з коротким періодом яровизації [41,42].

Відмінності за фотоперіодичною чутливістю серед сучасних сортів впливають на рівень морозостійкості тільки весною після відновлення вегетації, а відмінності по періоду яровизації практично не позначаються на морозостійкості. Введення в генотип домінантних алелей генів *Ppd* і *Vrd* приводить до істотного зниження морозостійкості при цьому *Vrd1* і *Vrd2* дещо відрізняються між собою за впливом на морозостійкість [43, 44, 204].

1.4. Селекція на якість зерна

Пшениця відноситься до основних продовольчих культур світу. Тому, не випадково до неї постійно прикута увага дослідників і практиків сільськогосподарського виробництва. Проблема підвищення та стабільності виробництва високоякісного зерна пшениці м'якої озимої була і залишається актуальною.

У підвищенні якості зерна особлива роль належить селекції [45, 46]. Сорт як найбільш надійний і економічно вигідний фактор стійкого збільшення врожайності та поліпшення якості зерна набуває виключно важливого значення [47, 48].

Однак селекція в останні десятиріччя була спрямована на підвищення продуктивності, що не завжди супроводжувалося покращенням якості зерна [49].

Причина низької результативності селекції на якість зерна полягає в тому, що створення високоякісних форм ускладнює завдання одночасного добору генотипів на продуктивність, стійкість до біотичних і абіотичних чинників через існуючі між цими ознаками зворотні кореляційні залежності [50, 51].

До якісних показників зерна пшениці висувають дуже високі вимоги. Необхідно, щоб зерно було крупним, скловидним, мало гарні хлібопекарські властивості. Тому, в якому б напрямі не велась селекційна робота, вона повинна супроводжуватись відповідною оцінкою якості зерна селекційного матеріалу [52].

Одним із головних напрямів у селекції пшениці озимої є поліпшення якості зерна, яка визначається вмістом білків, сирої клейковини, крохмалю, жирів, цукрів, незамінних амінокислот, вітамінів, мінеральних сполук і тісно пов'язана з такими ознаками як продуктивність, тривалість вегетаційного періоду, стійкість до хвороб і шкідників [53, 54].

Лімітуючими ознаками виробництва зерна високої якості залишаються вміст білка та клейковини, рівень яких в значній мірі залежить від мінерального живлення в період їх росту та розвитку [55].

Білки – найважливіші речовини, які входять до складу живої клітини. У зерні білки містяться у меншій кількості, ніж вуглеводи, але в побудові живої матерії і здійсненні процесів життєдіяльності вони відіграють значну роль. Вміст білка і його якість визначають технологічну цінність зерна і, перш за все, макаронну та хлібопекарську.

Провідна роль у визначенні хлібопекарської якості борошна належить білкам зерна. Вміст білка в зерні змінюється в широких межах у середньому від 9 до 15% залежно від сорту пшениці, умов вирощування, наявності в ґрунті доступного азоту тощо [56].

Цінною складовою пшеничного зерна є клейковина, яка визначає його харчові, технологічні та товарні переваги. Вміст клейковини залежить від багатьох чинників: сортової відмінності, кліматичних умов, агротехнічних заходів. Хлібопекарська здатність пшениці визначається не тільки кількістю, а і значною мірою якістю клейковини.

Клейковина – білковий комплекс та адсорбований ним крохмаль, клітковина та інші речовини які утворюють дрібнопористу структуру, що утримує вуглекислий газ, який виділяється в процесі бродіння тіста. При випіканні хліба відбувається денатурація білка і структура закріплюється у вигляді пористого хлібного м'якуша [57]. Клейковина пшениці складається переважно із запасних білків – гліадинів і глютенінів, які називають клейковино-творними білками.

Вміст клейковини і її якість визначають фізичні властивості тіста і хлібопекарські якості борошна. Вона підвищує харчову цінність борошна, покращує якість тіста (воно менше розріджується, краще підходить) і якість хліба. Вміст білка і вміст клейковини змінюються в досить широких межах залежно від умов вирощування.

За хлібопекарськими властивостями сорти пшениці озимої розподіляються на три групи: сорти сильної пшениці (твердозерні), середньої сили (филери), та слабкої [58]. Перший характеризується високим вмістом білка (не менше 14 %) та клейковини (не менше 26%). Клейковина повинна бути високої якості, забезпечувати великий вихід хліба з відмінними якісними показниками. Сорти сильної пшениці (поліпшувачі) мають здатність зберігати високі хлібопекарські властивості при додаванні до їх зерна 20-40% зерна слабкої пшениці. Сорти середньої пшениці також мають гарні хлібопекарські властивості, але вони не можуть бути використані в якості поліпшувача. Сорти слабкої пшениці дають хліб поганої якості (розпливаються, маленького об'єму).

Борошно їх в чистому вигляді використовується в кондитерській промисловості. Селекцію сильної пшениці ведуть в районах, де кліматичні умови забезпечують можливість отримати зерно високої якості. Багатий генофонд сильної пшениці забезпечує успішну селекцію на високі хлібопекарські властивості. В світовій колекції є зразки, які стабільно зберігають високу якість зерна в різних кліматичних умовах. Такі зразки мають особливу цінність для селекції як вихідний матеріал [59].

Якісні показники збираються в цілому по крихтам та залежать від цілого ряду факторів: географічні та ґрунтово-кліматичні умови; погодні умови поточного року; сорт та його генетичні особливості; попередники; застосування азотних добрив; строки сівби та норми висіву; обробіток ґрунту; боротьба з бур'янами; боротьба із шкідниками; строки збирання; післязбиральне дозрівання [60].

У гонитві за великою урожайністю пшениці озимої селекціонери протягом багатьох років створювали екологічно пластичні та посухостійкі сорти, які б були більш толерантними до різких стресів, що, в свою чергу, автоматично знижувало якість зерна, навіть незважаючи на генетично високі, в цьому відношенні, його показники [61].

Складність вирішення проблеми якості зерна полягає в тому, що його показники в значній мірі залежать від кліматичних особливостей регіону і погодних умов року [62].

Водночас збільшення вмісту білка в зерні понад його біологічно оптимальний рівень відбувається завдяки наявності стресових чи екстремальних умов, навіть якщо вони мали місце відразу після відновлення весняної вегетації. Збільшення білковості зерна в цьому випадку може бути реакцією рослин пшениці на відносно високу середньодобову температуру повітря [63, 67].

Але існує такий фактор, який є глобальним – це час відновлення весняної вегетації. Пріоритет у визначенні впливу цього фактора на продуктивність та якість зерна пшениці озимої належить Мединцю В.Д. [64, 65].

За результатами його досліджень відомо, що існує пряма залежність вмісту білка в зерні пшениці від кількості озотистих речовин у вегетативних органах рослин. Зразки, які були відібрані на ділянках з пізнім часом відновлення весняної вегетації, містили більше білка порівняно з контрольними зразками, які були відібрані на посівах з природнім відростанням. Вміст у зерні білка та клейковини був більшим у роки за пізнього відновлення весняної вегетації, а менше – тоді, коли вегетація відновилась у ранній строк. Біологічна суть цього зв'язку полягає в тому, що відновлення весняної вегетації визначає світловий та тепловий режими росту та розвитку рослин в період від початку весняного відростання до колосіння. Температура цього періоду, в свою чергу, обумовлює рівень накопичення азоту в листках перед цвітінням, величина якого прямо пропорційна вмісту білка в спілому зерні. Ще більше значення для білкового обміну ніж температура, має інтенсивність освітлення та спектральний склад світла в період від відновлення весняної вегетації до колосіння, яка діє сильніше, ніж підвищення доз азотних добрив, та досягає максимального для пшениці рівня в роки з пізнім відновленням весняної вегетації [66].

1.5. Використання кластерного аналізу в селекції пшениці м'якої озимої

Вперше кластерний аналіз був застосований в соціології. Назва кластерний аналіз походить від англійського слова cluster – грона, скупчення. Вперше в 1939 році було застосовано предмет кластерного аналізу та зроблено

його опис дослідником Трионом. Головне призначення кластерного аналізу – розбиття багатьох досліджуваних об’єктів та ознак на однорідні у відповідному розумінні групи або кластери. Це означає, що вирішується задача класифікації даних та виявлення відповідних структур у ній. Методи кластерного аналізу можна застосовувати в різних випадках, навіть у тих, коли мова йде про просте групування, в якому все зводиться до утворення груп за кількісною подібністю [68, 69, 70].

Кластерний аналіз – один з напрямків статистичного дослідження [71].

Необхідність розвитку методів кластерного аналізу та їх використання диктується перш за все тим, що вони допомагають побудувати науково обгрунтовані класифікації, виявити внутрішні зв’язки між одиницями досліджуваної сукупності. Крім того, методи кластерного аналізу можуть використовуватися з метою стискання інформації, що є важливим фактором при великій кількості даних [72].

У своїй роботі селекціонер часто стикається з великим об’ємом матеріалу за цілим набором різних за своєю природою ознак, який необхідно певним чином систематизувати, щоби потім виділити кращі форми за комплексом господарсько-корисних ознак [73].

Проблема оцінювання вихідного матеріалу в селекції пов’язана з його мінливістю під впливом умов зовнішнього середовища, тому пошук цінних форм зазвичай є ускладненим [74].

Кластерний аналіз застосовувався на пшениці м’якій для вивчення ступеня генетичної спорідненості [75, 76], інших господарсько-корисних ознак у сортів пшениці [77], взаємозв’язку елементів продуктивності пшениці озимої з морозостійкістю [78].

З метою удосконалення селекційного процесу був застосований метод непрямой оцінки рослин [79].

Ознаки та індекси, які мають близькі генетичні кореляції з ознаками продуктивності, використовуються для добору рослин на ранніх етапах селекції. Добір рослин з бажаними параметрами забезпечується за допомогою кластерного аналізу [80].

Кластерний аналіз використовувався для збільшення ефективності добору в поколінні F_2 [81]. Він дає можливість виділити зразки, з комплексом важливих селекційних ознак, які відіграють важливу роль у формуванні потенціалу врожаю та інших технологічних характеристик генотипу.

За дослідженнями Шиманіна В.П. [82] при використанні кластерного аналізу сорти пшениці групуються залежно від кількісних ознак, структури врожаю і їх взаємодії один з одним. За стабільністю своїх характеристик виділені сорти, які за весь час досліджень мали хороші і високі показники і в усі роки групувалися в один кластер.

Висновок до розділу 1

1. За результатами дослідження відомо, що метод Мединця може бути застосований не тільки для оцінки зимостійкості сортів пшениці озимої, але й безпосередньо в селекційному процесі при проведенні індивідуального й групового добору генотипів із підвищеною зимостійкістю.

2. Зимостійкість пшениці озимої в Україні залежить не тільки від рівня морозостійкості окремих сортів, але і від часу відновлення весняної вегетації рослин. Чим пізніше він настає, тим більше виявляється генетична різниця між випробовуваними сортами.

3. Кластерний аналіз дає можливість виділити зразки, що мають важливі господарсько цінні ознаки, які відіграють важливу роль в селекції на потенціал врожаю та на інші технологічні характеристики генотипу.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Умови проведення досліджень.

Польові дослідження проводились упродовж 2006-2018 рр. на базі Полтавської державної аграрної академії дослідні поля якої знаходяться в селі Бречківка Полтавського району. Господарство знаходиться у східно-степовій зоні Полтавської області, що належить до Південно-східної частини Сумсько-Миргородського агрогрунтового району лівобережної Лісостепової ґрунтово-кліматичної зони України. Рельєф місцевості – рівнинно ґрунтове плато з балками. Ґрунт дослідних ділянок представлений чорноземом опідзоленим на карбонатному лесі, характеризується такими морфологічними ознаками:

- верхній гумусоелювіальний горизонт (Нр 0...40 см) темно-сірого кольору, грудочко-пиловидної структури в орному шарі і зернистої в підорному, важко суглинкового механічного складу, перехід до наступного генетичного чорнозему поступовий.

- верхня частина перехідного горизонту (Нр 20...30) темно-сірого кольору, грудочко-пиловидної структури в орному шарі і зернистої в підорному, важко-суглинкового механічного складу, перехід до наступного чорнозему поступовий.

- нижня частина перехідного горизонту (Нр 30...40) – іллювіальна, брудно-бура, щільна, призмовидної структури з полуторними окисами заліза бурого кольору, перехід до слабоіллювіальної породи помітних.

Материнська порода – лес, пилуватоважкосуглинкового механічного складу, палевого забарвлення.

Орний шар має таку агрохімічну характеристику: рН (сольовий) – 5,7...6,8; гідролітична кислотність – 4,37...9,9 м./екв.; сума поглинутих основ – 242...297 мг./екв. на 100 г ґрунту; ступінь насичення ґрунтів основами –

84-87%; вміст гумусу – 3,07...3,23%; вміст рухомого фосфору – 7...10 мг, калію – 12...18 мг на 100 г ґрунту.

Глибина залягання ґрунтових вод – 20...22 м. Основний тип природної рослинності – луговий степ, який часто перемежовується з масивами лісів та кущів.

Клімат області помірно теплий з нестійким і недостатнім зволоженням. Максимум прямої сонячної радіації припадає на липень; мінімум на грудень. Річні коливання співпадають з коливанням хмарності. Стійкий перехід середньодобових температур повітря через +5 °С спостерігається в середньому 7 квітня та 26 жовтня. Тривалість теплого періоду 237...255 діб. Сума активних температур (вище 10 °С) становить 2600...3000 °С. Безморозний період триває 174 доби у повітрі і 156 на поверхні ґрунту. Середня багаторічна температура складає +7 °С. Максимальна глибина промерзання ґрунту – 135 см, середня – 75 і найменша – 30 см.

За період проведення досліджень 2006-2018 рр. кліматичні умови були не одноманітними, але взагалі сприятливими для вирощування пшениці озимої. Впродовж вегетаційного періоду спостерігались відхилення погодних умов від середьобагаторічних параметрів (додаток А, Б).

Аналіз погодних умов в роки досліджень проведений згідно даних Полтавської метеорологічної станції, що знаходиться в 18 км від місця проведення експерименту. За роки досліджень погодні умови були різними. За даними метеостанції, погодні умови супроводжувалися зменшенням кількості атмосферних опадів та підвищенням температури.

У 2005 р. осінь була досить теплою але дуже посушливою. Середньомісячна температура вересня складала 16,5 °С, що на 1 °С вище середньої багаторічної норми. Сума опадів складала лише 3,1 мм. Погодні умови були несприятливими для сівби пшениці озимої. Дефіцит вологи мав

великий вплив на інтенсивність проростання насіння. Сходи були дуже зріджені та нерівномірні, вони увійшли в зиму недостатньо розвинуті. Зимовий період також був несприятливий, шар снігового покриву був малий, а зниження температури сягало до -20°C . Це призвело до загибелі значних площ посівів пшениці озимої. Середня температура складала $-5,6^{\circ}\text{C}$, що на $1,5^{\circ}\text{C}$ нижче за середньобогаторічну.

Відновлення весняної вегетації у 2006 р. розпочалось з 30 березня, що є пізнім часом. Досить прохолодний весняний період з достатньою кількістю опадів сприяв зміцненню рослин пшениці озимої після важкої перезимівлі. В період формування та наливу зерна спостерігали порівняно низьку температуру та досить велику кількість опадів.

Взагалі, погодні умови 2005/2006 р. мали негативний вплив на формування продуктивності пшениці озимої.

2006/2007 р. характеризуються як досить сприятливими для вирощування пшениці озимої. Осінь 2006 року відмічена теплою і дощовою. Зимовий період був досить теплий $-1,4^{\circ}\text{C}$, що на $2,8^{\circ}\text{C}$ більше середньобогаторічної температури повітря.

Відновлення весняної вегетації почалось 8 березня, що прийнято вважати раннім часом відновлення весняної вегетації. Весняний період можна характеризувати як досить теплий та засушливий. Період наливу зерна відбувався при досить високій температурі, вищій середньобогаторічної на $1,1^{\circ}\text{C}$, та з більшою нормою опадів.

2007/2008 р. Осінь 2007 р. була досить теплою та вологою. Особливо дощовим виявився вересень, кількість опадів перевищувала середньобогаторічну. Температура зимових місяців тривала в межах середньобогаторічної на відміну від опадів, яких випало менше норми.

Відновлення весняної вегетації розпочалось з 28 лютого, що є раннім часом відновлення весняної вегетації. Весна була досить тепла та посушлива. Налив зерна проходив в умовах підвищених температур та нестачі вологи.

2008/2009 р. Осінні місяці характеризувались відносно прохолодними та засушливими. Опадів випало на 11,2 мм менше середньобаторічних. Температура зимового періоду була на 1 °C вище за середньобаторічну. Опадів випало більше норми.

Початок весняної вегетації відмічено 28 березня, це оптимальний час відновлення весняної вегетації. Температура весняних місяців коливалася в межах середньобаторічних, опадів випало менше по відношенню до середньобаторічних. Налив зерна відбувався в межах середніх баторічних даних.

2009/2010 р. Осіння температура повітря 2009 р. відмічена вища за середньобаторічну на 0,8 °C, а опадів на 3,2 мм більше. Зимова температура повітря коливалась в середньому на 1,3 °C нижче середньобаторічних, опади в межах середньобаторічних.

Початок відновлення весняної вегетації зафіксовано 25 березня, що є оптимальним часом відновлення весняної вегетації. Весна 2010 р. була відносно теплою, опадів випало в межах середньобаторічних.

2010/2011 р. В осінній період 2010 р. опадів випало на 5,0 мм більше, а температура повітря була на 0,4 °C вище за середньобаторічні. Температура зимового періоду 2010 року відмічена нище середньобаторічної на 1,5 °C. Опадів випало на 5 мм більше.

Відновлення весняної вегетації розпочалось 30 березня, що прийнято вважати пізнім часом.

Весна була теплою, опадів випало менше на 6,4 мм від середньобагаторічних. Літні місяці відрізнялись дощовою погодою, опадів випало на 49,3 мм більше за середньобагаторічні.

Аналізуючи кліматичні умови, які склалися в період проведення досліджень можна зробити висновок, що роки досліджень дуже різнилися за метеорологічними умовами.

2.2 Матеріали та методика проведення досліджень

Матеріалом для досліджень були сорти та селекційні лінії пшениці озимої селекції ПДАА, а також сорти інших провідних селекційних установ України, таких як: Інститут рослинництва ім. Юр'єва (Харків), Селекційно-генетичний інститут (Одеса) та ін. Ці сорти вирощувалися на селекційних ділянках спеціального дослідження по строках сівби. Суть дослідження за строками сівби полягала у наступному: перший строк сівби проводили 1–3 вересня; це вважається ранній строк; другий строк сівби проводили 1–3 жовтня – пізній строк сівби. В задачу дослідження входило не тільки вивчити врожайність сортів за строками сівби, а й обрати більш оптимальні строки сівби для кожного сорту для забезпечення найбільшого виходу зерна. Крім того, досліджені сорти пшениці озимої селекції за строками сівби запропонувати як вихідний матеріал в гібридизації на адаптивні властивості.

Організацію і техніку селекційного процесу пшениці озимої проводили за загальноприйнятими класичними методиками, які широко використовуються в селекційній практиці у процесі створення сортів пшениці озимої [83, 84] і в дослідній справі [85 - 87].

Висівали касетною сівалкою з міжряддями 15 см, ширина ділянки 1,6 м, 4-х кратна повторність. Через 15 номерів висівали стандартний сорт. Рослини із ділянок після дозрівання збирали вручну і обмолочували на сноповій молотарці.

Перед збиранням зрізали 25 рослин, доводили їх до повітряно-сухого стану і потім у лабораторних умовах проводили структурний аналіз.

У дослідах відмічали основні дати: посів, відхід у зиму, відновлення весняної вегетації, вихід в трубку, колосіння, цвітіння, дозрівання.

Упродовж шести років вирощували сорти та селекційні лінії пшениці озимої, в досліді по строках сівби, які були розподілені на:

- два роки з раннім часом відновлення весняної вегетації – 2007р. (8 березня), 2008р. (28 лютого);
- два роки з пізнім часом відновлення весняної вегетації – 2006р. (30 березня), 2011р. (30 березня);
- два роки з оптимальним часом відновлення весняної вегетації – 2009р. (28 березня), 2010р. (25 березня).

Крім того, до аналізу включені дослідження і більш пізнього періоду – 2012–2018 рр. У 2012 р. зафіксована оптимальна вегетація (25 березня), 2013 рік – пізня (5 квітня), у 2014 та 2015 р. спостерігалася рання весняна вегетація (5 та 13 березня відповідно), 2016 та 2017 р. також рання вегетація (28 лютого та 9 березня відповідно), 2018 р. пізня вегетація (9 квітня).

Проте в розрахунки бралися 2006–2011 рр. так як вони (за методом Мединця В.Д.) краще підходили для характеристики різного часу відновлення весняної вегетації.

Проведено наступні дослідження за темою дисертації:

Перший дослід. Визначення врожайності й рівня формування і мінливості вегетативних та генеративних ознак пшениці озимої за різного початку відновлення весняної вегетації. У задачу досліджень входило вивчити рівень прояву кількісних ознак у сортів пшениці озимої в різних умовах, які склалися протягом 2006 та 2011 рр. Одним із завдань досліджень був пошук

кількісних ознак, які менш мінливі в стресових умовах середовища і в яких генетичне успадкування ознак і генетичний коефіцієнт варіації більш стабільні.

Другий дослід. Проведені дослідження за характеристикою рівня формування і мінливості селекційних індексів на великій вибірці сортів та селекційних ліній пшениці озимої в стресових умовах середовища. Вивчена реакція цілого ряду селекційних індексів на екстремальні умови середовища, які складаються в онтогенезі культури та роками досліджень.

За ознаками обчислювали селекційні індекси, які умовно поділили на дві групи. До першої, так званої, класичної, увійшли індекси, які використовуються не тільки на озимій і ярій пшениці, але й на інших сільськогосподарських культурах – зокрема на горосі, сої, кормових бобах, чині, нуті, соняшнику [208, 209]:

- збиральний (HI) – M_1/M_2 ;
- атракції (AI) – M_3/M_5 ;
- мікророзподілів (Mic) – M_1/M_4 ;
- мексиканський (Mx) – M_1/H ;
- інтенсивності (Si) – M_5/H ;

До другої групи належать нові індекси, розроблені нами і запропоновані для використання в селекційному процесі: продуктивності колоса (SPI) – M_1/M_3 ; полтавський (PI) – $M_1/ДВМ$; щільності колоса (ЩК) – $M_1/ДК$; лінійної щільності колоса (ЛЩК) – $ЧЗ/ДК$; потенційної продуктивності, помножений на число зерна (IPPL) – $M_1 \times ЧЗ / MЗ$.

Третій дослід. Виявлення генетичних зв'язків між урожайністю та ознаками генеративної частини рослини у сортів і селекційних ліній пшениці озимої в стресових умовах середовища (різний час відновлення весняної вегетації).

Четвертий дослід. Паралельно з дослідженням генетичних кореляцій ознаки «урожайність» із генеративними ознаками, які визначають потенціал врожайності, ми вивчали генетичні кореляції урожайності з вегетативними ознаками за ранньої, оптимальної та пізньої дат відновлення весняної вегетації.

П'ятий дослід. Оцінка досліджуваного матеріалу за різних періодів відновлення весняної вегетації пшениці озимої на стабільність параметрів якості зерна, а також визначення зв'язку між часом відновлення весняної вегетації та основними показниками якості зерна пшениці озимої. Вміст білка та клейковини визначали експрес-методом на приладі «Інфраскан – 105».

Шостий дослід. Весь обсяг матеріалу, який підпадав за роками досліджень під ранню та пізню вегетації, був ідентифікований з використанням кластерного аналізу, де в основу кластеризації як за строками сівби, роками досліджень, так і періодам відновлення весняної вегетації (рання та пізня), були взяті групуючі ознаки: маса стебла та індекс лінійної щільності колоса.

Головна ідея використання кластерного аналізу полягала в пошуку сортів та селекційних ліній пшениці озимої адаптованих до стресових умов середовища, які б за раннього чи пізнього відновлення весняної вегетації формували високий рівень продуктивного потенціалу і не втрачали якісні параметри. Поряд з цим, важливо знайти і виділити з великого генетичного різноманіття донори стійкості до стресових умов, тобто, до часу відновлення весняної вегетації і запропонувати їх як батьківські компоненти для гібридизації. Шлях ідентифікації полягав у виділенні, в процесі кластеризації, кращого кластеру і розміщенні на дендрограмах за строками сівби при ранній та пізній датах відновлення вегетації сортів та селекційних ліній пшениці озимої, збалансованих за господарсько-корисними ознаками з високим потенціалом урожайності. Ідентифікований селекційний матеріал пропонуємо

для наступного вивчення, а сорти пшениці озимої використовувати у гібридизації в ролі донорів стійкості до стресів.

Сьомий дослід. Додатково у 2015 р. особисто проведені дослідження на вивчення рівня спорідненості сортів озимої пшениці селекції Полтавської державної аграрної академії, інших селекційних установ України, а також сорти європейської селекції. Дослідження проводили в лабораторії біотехнології CARAH (Бельгія, провінція Ено).

Для виділення ДНК використовували 3-4 добові проростки кожного сорту пшениці. Виділення ДНК з проростків здійснювали за допомогою методики *PickPen 1-M (Bio-Nobile Oy)* з використанням набору екстрактів *Quick-pick sml plant DNA*.

У стерильну мікропробірку (1,5 мл) нарізали 100 мг проростків, подрібнювали їх за допомогою ножиць в пробірці. До підготовленого зразка додавали 150 мкл Lysis Buffer та по 10 мкл Proteinase K, перемішували на міні міксері Merck eurolab 1 хвилину. Потім ставили в термоміксер Comfort на 30 хв при $t\ 65^{\circ}\text{C}$. У цей час готували підставку з пробірками з різними розчинами необхідними для продовження виділення ДНК. Для кожного зразка потрібно по 5 пробірок (6-а з досліджуваним матеріалом).

У першу пробірку додавали 250 мкл Binding Buffer и по 10 мкл Magnetic Particles. Останній препарат перед використанням добре розмішували на міксері. В 2-у, 3-ю, та 4-у пробірки наливали по 500 мкл Wash Buffer. В 5-у пробірку наливали 100 мкл Elution Buffer.

Після того як зразки пробудуть 30 хв у термоміксері переставляли їх у центрифугу Biofuge fresco Bio AL 19-1 на 5 хв. Після того як дістали зразки з центрифуги всю рідину вилучали шприцем та додавали її в першу пробірку з 2-ма екстрактами. Перемішували на міксері 1 хв, потім 5-10 хв на магнітній мішалці (IKA-SCHUTTLER).

Після перемішування на вортексі, магнітним шприцем Quic Pick збирали мікрочастки, які знаходяться в пробірці (під час цього етапу треба слідкувати, щоб усі частинки із стінок пробірки та з кришечки були зняті) вилучали з 1-ї пробірки усі тверді частинки та переносили їх в 2-у пробірку. Ще раз повертались в 1-у пробірку та збирали усі тверді часточки які залишились. Щоб промити мікрочастинки ДНК акуратно шприцем збовтати в пробірці розчин протягом 30 секунд. Потім зібрати мікрочастинки з 2-ї пробірки таким же чином, переносили частинки в 3-ю пробірку, повторювали цю операцію з 3-ї в 4-у пробірку.

Для проведення етапа елюювання необхідно просто зібрати мікрочастинки які знаходяться в 4-й пробірці та перемістити їх у 5-у пробірку з розчином. Останню пробірку ставили на горизонтальну магнітну мішалку на 5 хв при кімнатній температурі. Через 10 хв вилучали із пробірки тяжкі частини магнітним шприцем, рідина, що залишилась в пробірці – це і є ДНК. Вводили назву зразка в маленький принтер Brady, роздруковували та клеїли на пробірки з відповідною назвою.

Ампліфікація 11 локусів була проведена в наборах по 3 праймери з використанням Kapa2G FastHotStart PCR Kit (Kapa Biosystems, Boston USA). 5'-кінець forward-праймера кожної пари був мічений флюорисцентним агентом (Fam, Hex або Ned). Суміш для PCR ампліфікації в об'ємі 25 μ l містила 7.5 μ l Kapa2G BufferA, 0.5 mM KAPA dNTP Mix, 5 μ M суміші праймерів (Sigma-Aldrich), 0.2 unit KAPA2G Fast Hotstart DNA Polymerase та 11.8 ng ДНК. Кожна ампліфікація проводилась при однакових умовах: температура віджигу - 58 °C в ампліфікаторі 9800 Fast Thermal Cycler (Applied Biosystems). Профіль PCR був наступний: початкова денатурація - 2 min при 95 °C, далі 29 циклів по 15 сек. при 95 °C, 30 сек. при 58 °C (T_a), 12 сек. при 72 °C, та один цикл 2 хв.

при 72 °C. Отримані продукти ампліфікації зберігаються при температурі 4 °C до проведення електрофорезу.

Продукти PCR були розведені водою у співвідношенні 1:15. Розведений розчин в об'ємі 2µl додавався в 38µl суміші 1% ROX-labeled molecular weight marker GS-400HD Rox з 99% формаміду. Аналіз фрагментів ДНК після multiplexed-PCR проводився в 8-капілярному електрофорезі Genetic Analysis System GenomeLab GeXP (Beckman Coulter). Довжина фрагментів визначалась з використанням GeneMapper Software 4.0 (Applied Biosystems). Мікросателіти, які відрізнялись по довжині, та відносились до одного фрагменту ДНК з відомою локалізацією в геномі (SSR локусу) враховували як алелі цього локусу. При складанні матриці вихідні дані кодували цифрами 1 та 0, що визначало наявність або відсутність кожного алеля у даного SSR локусу. На основі даних фрагментарного аналізу (матриці) встановлювали генетичну спорідненість досліджуваних сортів та ліній в програмі DarWin для кластеризації сортів. Значення PIC- індексів (Polymorphism information content) розраховували за методикою Botstein D. із співавторами [160].

Восьмий дослід. Характеристика за господарсько-біологічними ознаками та за адаптивними властивостями сортів пшениці озимої Кармелюк та Санжара.

У лабораторних умовах проведені наступні аналізи:

Структура врожайності (продуктивність, г/м²) за ознаками вихід зерна (%), маса 1000 зерен (г), маса рослини (г), маса колоса (г), маса зерна з колоса (г), кількість колосків і зерен у колосі (шт.), кількість продуктивних стебел (шт.); морфологічні: висота рослини (см), довжина колоса (см), довжина верхнього та нижнього міжвузля (см).

Для кожної з цих ознак вираховується середня арифметична ($\bar{x}$), коефіцієнт варіації (V%) та ліміти варіювання (LV). Статистичний аналіз

експериментальних даних проводили за допомогою програми Statistica (вихідні дані додаток В, Г).

Достовірність отриманих даних за результатами досліджень проводили на підставі вибіркової сукупності за допомогою кореляційного, регресійного, дисперсійного, та кластерного аналізів. Використовували програми: Microsoft Excel, модуль Cluster Analysis, Darwin, програм STATISTICA. Теоретична і практична частина виконаних досліджень із визначення адаптивних властивостей сортів пшениці озимої будувалася на особистих наукових дослідженнях та на результатах досліджень провідних селекційних установ України, країн ближнього і далекого зарубіжжя, провідних селекціонерів.

При ідентифікації й оцінці селекційних ліній за господарсько корисними ознаками та адаптивними властивостями, а також при дослідженні мінливості ознак і індексів був застосований кластерний аналіз, який виконувався в модулі Cluster Analysis програм STATISTICA.

Висновки до розділу 2

1. Ґрунтово-кліматичні умови лісостепової зони України є сприятливими для вирощування багатьох сільськогосподарських культур, у тому числі й пшениці озимої.

2. Погодні умови в період проведення досліджень відзначали не завжди типовими. Метеорологічні фактори по-різному впливали на процеси росту та розвитку рослин пшениці озимої та формування врожайності зерна, що дозволило всебічно спостерігати реакцію сортів на фактори зовнішнього середовища.

3. Методи обробки експериментального матеріалу дозволили проаналізувати результати досліджень і зробити обґрунтовані висновки.

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ ТА МІНЛИВІСТЬ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК, СЕЛЕКЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ У СОРТІВ І СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА СТРЕСОВИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА

3.1 Формування та мінливість ознак генеративної частини рослини у сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації

Час відновлення весняної вегетації - одне з важливих біологічних явищ в онтогенезі пшениці озимої, вплив якого на розвиток її рослин вивчав В.Д. Мединець [88]. Зміни клімату, які характерні для умов Лісостепу, Степу та Полісся, підтверджують необхідність врахування цього фактору не тільки в технології вирощування пшениці озимої, але і в технології ведення

селекційного процесу. Відомо, що вегетація пшениці озимої в одній місцевості може відновлюватись у різний час з діапазоном між крайніми можливими строками 45-70 діб [89]. Суть фактора часу відновлення весняної вегетації полягає в тому, що за надто раннього або надто пізнього відновлення вегетації у рослин спостерігається суттєве відхилення від оптимальних темпів росту і розвитку, інтенсивності фотосинтетичної діяльності, стійкості до полягання, структури, якості і величини врожаю [90]. По суті, час відновлення вегетації (ранній чи пізній) пшениці озимої можна кваліфікувати, за вченням видатного канадського фізіолога Ганса Сел'є, як стрес, тобто це реакція організму на сильний негативний вплив середовища.

У селекційному центрі ПДАА багато років ведеться дослідження рівня формування та мінливості кількісних ознак пшениці озимої при штучній затримці часу відновлення весняної вегетації. Досліди спрямовані на вивчення впливу часу відновлення весняної вегетації на формування врожайності та якості зерна, стійкості до вилягання та пошкодження шкідниками і ураження хворобами. Досліджена інформація може бути ефективною у доборах на ранніх етапах селекції для прискорення і розвантаження селекційного процесу зимуючої культури пшениці озимої в просторі і часі [194].

Впродовж багатьох років сплановані досліді та проведений аналіз великої вибірки (1657 сортів та селекційних ліній) пшениці озимої, по яких вивчали врожайність, рівень формування вегетативних та генеративних ознак та їх мінливість.

Роки проведених досліджень (2006–2011 рр.) умовно поділені на групи. Перша група – роки з *раннім* часом відновлення весняної вегетації – 2007, 2008 рр.; друга група – роки з *оптимальним* часом відновлення весняної вегетації – 2009, 2010 рр.; третя група – роки з *пізнім* часом відновлення весняної вегетації – 2006, 2011 рр..

Одним із завдань досліджень є пошук кількісних ознак, які менш мінливі в стресових умовах середовища і в яких генетичне успадкування ознак і генетичний коефіцієнт варіації ($V\%$) більш стабільні. Відомо, що фенотипова структура сорту за кількісними ознаками визначається його генотиповою структурою і умовами розвитку окремих рослин [91]. Час відновлення вегетації є джерелом додаткового варіювання, тобто модифікацій, що можуть маскувати генетичні відмінності між окремими рослинами. Час відновлення весняної вегетації здійснює суттєвий вплив на прояв та мінливість кількісних ознак, маскуючи водночас генетичні відмінності між окремими рослинами. Оптимальний час відновлення весняної вегетації може маскувати генетичні відмінності. Ранній та пізній, або «стресовий» початок відновлення весняної вегетації дає змогу виділити високоадаптивні генотипи.

У таблиці 3.1 наведена інформація про рівень формування і мінливість генеративних ознак сортів і селекційних ліній пшениці озимої за роки досліджень залежно від часу відновлення весняної вегетації.

Таблиця 3.1 – Рівень формування і мінливість генеративних ознак сортів та селекційних ліній пшениці озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації

Ознака	Рання вегетація (2007, 2008 рр. середнє по строках сівби)			Оптимальна вегетація (2009, 2010 рр. середнє по строках сівби)			Пізня вегетація (2006, 2011 рр. середнє по строках сівби)		
	$\bar{x}$	LV	V%	$\bar{x}$	LV	V%	$\bar{x}$	LV	V%
Урожайність, г	476,9±3,6	80,0-1350,0	24,04	241,1±2,8	10,0-650,0	43,4	344,9±4,2	80,0-1050,0	25,3
Маса зерен із колоса, г	2,19±0,02	0,91 - 4,40	26,93	2,11±0,01	0,80-3,35	19,9	1,77±0,04	0,51-3,30	38,8
Число зерен у колосі, шт.	51,3±0,4	20,5 - 81,3	22,1	51,2±0,3	32,1-72,8	13,4	42,6±0,7	17,9-75,1	27,8
Маса колоса з зерном, г	3,1±0,02	1,5 - 5,7	22,2	2,8±0,02	1,3-4,5	17,7	2,8±0,04	1,4-4,6	25,2
К-ть колосків у колосі, шт.	18,7±0,07	14,0 - 23,3	9,3	18,6±0,05	12,3-24,6	8,5	18,7±0,06	15,8-21,2	5,8
Маса 1000 зерен, г	42,5±0,2	29,6 - 58,4	10,8	41,2±0,2	20,2-53,3	14,0	40,2±0,3	27,2-54,3	14,3

Маса зерен із колоса є важливим структурним елементом продуктивності та добору в селекційному процесі. Вона залежить від щільності і довжини колоса, кількості зерен у ньому та їх виповненості, а також від умов вирощування [92, 205].

Маса зерна одного колоса зумовлюється кількістю зерен та індивідуальною масою зернівки. Середня маса зерна з колоса (в залежності від часу відновлення весняної вегетації) за роками досліджень коливалася від $1,77 \pm 0,04$ г у 2006, 2011 рр. до $2,19 \pm 0,02$ г у 2007, 2008 рр. Середній за усіма досліджуваними сортами коефіцієнт варіації (V,%) змінювався від 19,9 % у 2009, 2010 рр. до 38,89 % у 2011, 2006 рр. За ранньої вегетації маса зерна з колоса формувалася у досліді максимально і становила ($\bar{x} = 2,2 \pm 0,02$), за оптимальної вегетації цей показник падав, а за пізньої мав найменше значення і рівень його становив ($\bar{x} = 1,8 \pm 0,04$).

Число зерен у колосі. Відомо, що підвищення продуктивності сортів пшениці озимої, в першу чергу, забезпечується збільшенням кількості зерен у колосі [93]. У нашому експерименті за всіма досліджуваними сортами середня кількість зерен у колосі за роками коливалася в межах від $42,6 \pm 0,7$ шт. у 2009, 2010 рр. до $51,3 \pm 0,4$ шт. у 2007, 2008 рр. Середній по сортах коефіцієнт варіації (V,%) за роками змінювався від 13,4 % у 2009, 2010 рр. до 22,1 % у 2007, 2008 рр. Виявлено, що ознака число зерен у колосі мала найменшу мінливість за роками досліджень, рівень формування якої змінювався тільки за пізнього часу відновлення весняної вегетації.

Кількість колосків у колосі є одним з важливих елементів продуктивності, який формується на третьому-четвертому етапах органогенезу (за Куперман Ф. М.) [94, 95]. Урожайність зернових культур перебуває у прямій залежності від кількості колосків у колосі, та чим їх більше,

тим урожайність вища [96]. У досліді відмічено, що така ознака як кількість колосків у колосі не змінювалась по роках досліджень і не залежала від часу відновлення весняної вегетації. Нами визначено, що як за ранньої, так і за оптимальної та пізньої вегетації ознака мала однакові показники на рівні: рання вегетація – $18,7 \pm 0,07$; оптимальна вегетація – $18,6 \pm 0,05$; пізня вегетація – $18,7 \pm 0,06$ штук колосків у колосі. Одже, слід відмітити, що мінливість цієї ознаки залежала не від часу відновлення весняної вегетації, а від генотипових відмінностей сортів та селекційних ліній. Судячи з біологічних особливостей пшениці озимої, можна зробити висновок, що час відновлення весняної вегетації не впливає на формування ознаки «кількість колосків у колосі».

Маса 1000 зерен є важливим елементом структури врожайності і має велике значення для характеристики посівних якостей насіння польових культур та широко використовується як на практиці, так і в наукових дослідженнях. На завершальних фазах росту та розвитку рослин більший рівень урожайності досягається за рахунок кращої виповненості зерна. Виповненість зерна найкраще характеризується таким показником, як маса 1000 зерен. Вона є однією з багатьох кількісних ознак, що мають складну генетичну структуру. Вважають, що від величини зернівки значною мірою залежать борошномельні й хлібопекарські якості. Чим крупніше зерно, тим більшу частину в ньому займає ендосперм і тим вищий вихід борошна [97].

Стосовно формування ознаки «маса 1000 зерен» у наших дослідях за різного часу відновлення весняної вегетації, спостерігали таку закономірність: за раннього початку вегетації маса 1000 зерен мала найбільше значення – ($\bar{x} = 42,5 \pm 0,2$), за оптимального початку весняної вегетації значення зменшувалось – ($\bar{x} = 41,2 \pm 0,2$), а за пізньої вегетації маса 1000 зерен мала найменше значення – ($\bar{x} = 40,2 \pm 0,3$). Середня маса 1000 зерен по сортах за роками варіювала від

40,2±0,3 г у 2006, 2011 рр. до 42,5±0,2 г у 2007, 2008 рр. Коефіцієнт варіації також змінювався залежно від весняної вегетації і мав значення від 10,8% у 2007, 2008 рр. до 14,3% у 2006, 2011 рр [112].

Маса колоса із зерном. Аналіз структури врожаю пшениці озимої показує, що вагомим резервом збільшення урожайності, поряд із забезпеченням необхідної густоти продуктивного стеблостою, є також підвищення маси зерна з одного колоса [98]. Збільшення продуктивності колоса є одним із головних напрямів селекційного процесу на потенціал врожаю пшениці озимої. При вивченні рівня формування ознаки «маса колоса із зерном» доведено, що за ранньої вегетації ця ознака мала найбільше значення ($\bar{X} = 3,1 \pm 0,02$), за оптимальної та пізньої вегетації – зменшувалася та мала однакове значення на рівні ($\bar{X} = 2,8 \pm 0,02$).

Таким чином, на підставі проведених досліджень щодо вивчення рівня формування і мінливості ознак генеративної частини великої вибірки сортів і селекційних ліній, у різних стресових умовах середовища упродовж шести років, нами виявлено, що головні складові врожайності пшениці озимої мали різний характер рівня їх формування і мінливості. Однак, простежується загальна закономірність, яка може бути використана в технології селекційного процесу, передусім на ранніх її етапах, тобто у доборах як за ранньої, так і пізньої вегетації. Перш за все, у веденні селекції на масу зерна з колоса потрібно враховувати такі особливості, що за ранньої вегетації пшениці озимої формується найвище значення цієї ознаки, за оптимального часу відновлення вегетації рівень формування зменшується, а в разі пізнього – стає мінімальним. Головну увагу в доборах необхідно приділяти за ранньої вегетації, коли здійснюється максимальна реалізація потенціалу генотипу. Слід також враховувати і значення лімітів варіювання як у оптимальні, так і пізні періоди

часу відновлення весняної вегетації. Нашими дослідженнями доведено, що не виключена вірогідність появи особливо цінних генотипів за ознакою «маса колоса з зерном» саме у стресових умовах середовища. Тобто, судячи з результатів досліджень за пізнього часу відновлення вегетації сорти і селекційні лінії мали також достатньо високий рівень формування ознаки, який становив $1,77 \pm 0,04$ г (оптимальний $2,11 \pm 0,01$ г) і кращий шлях визначення цих генотипів може здійснюватися методами регресійного аналізу. Ми можемо передбачати, що поява видатних генотипів за екстремальних умов середовища (пізній час відновлення вегетації) обумовлена високою генотиповою варіансою, а добір таких сортів і селекційних ліній має значну цінність як для формування вихідного матеріалу, так і для створення адаптованих до стресових умов середовища сортів пшениці озимої [113, 114].

3.2 Формування та мінливість ознак вегетативної частини рослини у сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації

Темою дисертації було передбачено вивчення рівня формування і мінливості цілої низки ознак, які відносяться до вегетативної частини рослини і відіграють дуже важливу роль у формотворчих процесах культури пшениця озима, крім того мають генетичну зчепленість з ознаками які визначають продуктивність сорту чи селекційної лінії і які визначають основу, разом із генеративними ознаками. Весь об'єм інформації по рівню формування ознак, їх мінливість, генетичні зв'язки сприяє підвищенню ефективності ведення селекційного процесу, орієнтує на ранніх етапах селекції на пошуки видатних генотипів адаптованих до стресових умов середовища.

Результати досліджень по формуванню та мінливості ознак вегетативної частини рослини у сортів та селекційних ліній пшениці озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації подані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Рівень формування і мінливість вегетативних ознак сортів та селекційних ліній пшениці озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації

Ознака	Рання вегетація (2007, 2008 рр. середнє по строках сівби)			Оптимальна вегетація (2009, 2010 рр. середнє по строках сівби)			Пізня вегетація (2006, 2011 рр. середнє по строках сівби)		
	$\bar{x}$	LV	V%	$\bar{x}$	LV	V%	$\bar{x}$	LV	V%
Урожайність, г	476,9±3,6	80,0-1350,0	24,0	241,1±2,8	10,0-650,0	43,4	344,9±4,2	80,0-1050,0	25,3
Висота рослин, см	75,2± 0,6	47,1-125,1	20,7	68,5±0,4	35,6-101,9	17,8	67,9±0,3	50,4-85,9	8,4
Маса рослини, г	4,5±0,04	2,3-8,3	23,7	4,2±0,02	1,9-6,9	18,1	4,1±0,05	2,5-6,6	20,5
Маса стебла, г	1,4±0,01	0,7-2,8	30,2	1,3±0,01	0,5-2,6	23,4	1,3±0,01	0,7-2,0	16,5
Маса половини, г	0,9±0,06	0,5-1,5	17,8	0,7±0,04	0,4-1,2	18,4	1,1±0,01	0,6-1,7	17,5
Довжина колоса, см	9,6±0,05	6,5-13,5	13,5	8,6±0,03	4,5-12,1	10,7	9,3±0,03	7,8-11,2	7,1
Довжина верхнього міжвузля, см	30,1±0,3	14,5-56,8	26,3	26,5±0,2	12,6-50,0	21,8	26,9±0,2	19,3-38,1	10,8
Довжина нижнього міжвузля, см	4,4±0,04	1,7-9,9	26,3	3,3±0,03	1,5-8,8	26,4	4,6±0,07	1,7-8,5	26,7

Довжина колоса. Розміри колоса і його морфологія різняться чітким фенотиповим проявом, тому можуть бути використані як маркерні ознаки при доборах. Формування колоса починається задовго до того, як він вийде з піхви верхнього листка. Розміри колоса започатковуються з третього етапу оргаогенезу. Важливим елементом продуктивності колоса є його довжина. Проте Лук'яненком П. П. [99] безпосереднього зв'язку цієї ознаки з урожаєм зерна з гектара не було виявлено. Відомо, що довжина колоса є мало мінливою і досить стабільною ознакою. Успадкування довжини колоса вивчалось багатьма дослідниками [100-102]. Генетичні дослідження свідчать про полігенний характер її успадкування, тому висловлюється думка про ефективність добору за цією ознакою на ранніх етапах селекції. У сортів пшениці м'якої довжину колоса розрізняють за такими параметрами: короткий – до 8 см завдовжки; середньої довжини – 8-10 см; довгий – понад 10 см.

За результатами проведених досліджень (див. табл. 3.2.) щодо вивчення рівня формування і мінливості такої ознаки як «довжина колоса», залежно від дії стресових факторів, нами виявлено, що ця ознака за раннього часу відновлення весняної вегетації мала найвище середнє значення $10,4 \pm 0,05$ см. За оптимальної дати відновлення весняної вегетації довжина колоса зменшувалась до $8,6 \pm 0,05$ см, а за пізнього – вона знову збільшувалась і мала значення $9,6 \pm 0,07$ см. За роки досліджень сорти та селекційні лінії пшениці озимої формували колос від $10,4 \pm 0,05$ (рання вегетація) до $8,4 \pm 0,05$ (оптимальна вегетація), тобто, різний початок весняної вегетації мав незначний вплив на формування довжини колоса. Слід підкреслити, що за пізнього відновлення вегетації з'являється можливість пошуку та добору генотипів із збільшеною довжиною колоса.

Висота рослини. Висота рослин виконує важливі господарсько-біологічні функції в онтогенезі рослин і має тісний зв'язок з іншими ознаками і

властивостями [103]. Висота рослин пшениці має генетичну основу і високу спадковість [104, 121].

Стебло відіграє одну з провідних ролей у формуванні врожаю, крім того, від висоти та анатомічних особливостей стебла залежить стійкість рослини до вилягання [105,106].

За раннього часу відновлення весняної вегетації рівень формування висоти рослин був досить великим. Середня висота рослин складала $75,2 \pm 0,6$ см. За оптимальних умов відновлення весняної вегетації значення ознаки зменшувалося та складало $68,5 \pm 0,4$ см. За пізнього часу відновлення весняної вегетації висота рослин була найменша – $67,9 \pm 0,3$ см.

Маса рослини. За результатами досліджень така ознака як «маса рослини» за раннього відновлення весняної вегетації мала середнє значення $4,5 \pm 0,04$ г. У роки з оптимальним відновленням весняної вегетації маса рослин зменшувалася та була на рівні $4,2 \pm 0,02$ г. За пізнього часу відновлення весняної вегетації ця ознака формувала найвищі показники у всі роки досліджень – $4,1 \pm 0,05$ г [107].

Маса стебла. Стебло пшениці належить до найважливіших органів, які постачають до колоса необхідні ресурси від кореневої системи і листкового апарату. Вважають, що стебло також слугує резервом вуглеводів для колоса в період від цвітіння до наливу зерна, особливо в умовах природної посухи, прискореного старіння прапорцевого та підпрапорцевого листків і обумовлює кінцевий врожай пшениці [108,122,123].

У результаті проведених досліджень, виявлено, що час відновлення весняної вегетації несуттєво впливає на таку ознаку, як «маса стебла». За раннього відновлення вегетації середнє значення маси стебла складало $1,4 \pm 0,01$ г, а оптимального та пізнього відновлення вегетації – майже не змінювалося, але спостерігається тенденція до зменшення на рівні $1,3 \pm 0,01$ г [109].

Маса половини. У досліді відмічено, що маса половини за пізнього часу відновлення весняної вегетації збільшувалася і становила $1,1 \pm 0,01$ г, тоді як за раннього – вона формувалася на рівні $0,9 \pm 0,06$ г, а за оптимального – її значення було найменшим – $0,7 \pm 0,04$ г.

Довжина верхнього міжвузля. Нами визначено, що така ознака як «довжина верхнього міжвузля» за раннього відновлення весняної вегетації мала найвищі значення ($30,1 \pm 0,3$ см.). За оптимальної дати відновлення весняної вегетації вона зменшувалася, а в умовах пізнього відновлення вегетації знову збільшувалася, але була менша, ніж за раннього часу відновлення весняної вегетації – $26,9 \pm 0,2$ см [110].

Довжина нижнього міжвузля. Виявлено, що найбільше значення цієї ознаки формувалося за пізнього відновлення вегетації $4,6 \pm 0,07$ см, за раннього – зменшувалося ($4,4 \pm 0,04$ см), а за оптимальних умов вегетації – найменше і складало $3,3 \pm 0,03$ см.

Таким чином, на підставі проведених досліджень упродовж багатьох років, на великій вибірці сортів та селекційних ліній пшениці озимої, в стресових умовах середовища, по визначенню рівня формування та мінливості ознак вегетативної частини нами вивчено тринадцять кількісних ознак, з яких шість віднесені до генеративних і сім до вегетативних ознак. Загальна характеристика особливостей формування і мінливості ознак вегетативної частини говорить про те, що вони, безумовно, змінюють свій рівень формування під дією стресових умов середовища, але у окремих ознак спостерігаються закономірності, які можуть бути використані в технології селекційного процесу, і які можна використовувати у доборах на підвищення продуктивності рослин. Доведено, що різна дата початку весняної вегетації мала незначний вплив на формування довжини колоса, а також несуттєво впливала на таку ознаку, як «маса стебла». Тобто, ці ознаки генетично

детерміновані і за пізнього відновлення вегетації не втрачається можливість пошуку та добору генотипів з більшою довжиною колоса і оптимальним значенням маси стебла. Доведено, що такі ознаки, як «маса рослини», «довжина верхнього міжвузля» і «довжина нижнього міжвузля» за впливом стресового фактора – пізнє відновлення вегетації – різко зменшують свій рівень формування, а маса половини, навпаки, збільшується. Отримана інформація важлива у веденні селекційного процесу, плануванні схрещувань, вивченні вихідного матеріалу та здійсненні гібридологічного аналізу.

3.3 Рівень формування селекційних індексів у сортів і селекційних ліній пшениці озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації

Даний підрозділ дисертаційної роботи спрямований на удосконалення методів пошуку і оцінки рівня формування і мінливості селекційних індексів в технології селекційного процесу пшениці озимої. Відомо, що з усього різноманіття кількісних ознак пшениці озимої складно знайти таку маркерну ознаку, за якою можна було б вести добори продуктивних генотипів. Вірогідність пошуку буде вищою тоді, коли ми досліджуємо відносні величини, які складаються з двох чи трьох ознак, тобто – селекційні індекси. Вони, як відомо, більш інформаційні ніж абсолютні величини і тому в доборах на ранніх етапах селекції (особливо в лімітуючих умовах середовища) більшу перевагу необхідно надавати селекційним індексам [115, 116]. У теорії добору польових культур визначено, що головним принципом пошуку видатних генотипів є генетична варіанса. Тобто, якщо ознака має високий рівень генетичної варіанси та низький рівень екологічної (середовищної), а також має високий кореляційний зв'язок із продуктивністю з одиниці площі, то ця ознака може бути використана в теорії добору як маркерна і ефект добору високопродуктивних генотипів буде дуже високим [124,125,126].

Індексна селекція відкриває широкі можливості аналізу мінливості, успадкування кількісних ознак з використанням кореляційно-регресійного, багатовимірної аналізу, визначаючи шляхи пошуку та добору продуктивних генотипів за непрямыми, маркерними ознаками, даючи змогу знайти такі, які можуть бути використані для індивідуального і групового доборів на ранніх етапах селекції та в первинних ланках насінництва [117, 118].

Ми вивчали класичні селекційні індекси, які використовуються не тільки на пшениці озимій і ярій, але і на інших сільськогосподарських культурах, зокрема на горосі, сої, кормових бобах, чини, нуту, тощо. Це індекси – збиральний (HI) – M_1/M_2 ; атракції (AI) – M_3/M_5 ; мікророзподілів (Mic) – M_1/M_4 ; мексиканський (Mx) – M_1/H ; інтенсивності (Si) – M_5/H . Нові індекси, що були запропоновані селекціонерами ПДАА: полтавський індекс (PI) – $M_1/ДВМ$; лінійної щільності колоса (ILDS) – $ЧЗ/ДК$; індекс потенційної продуктивності (IPP) – $M_1 \times ЧЗ / M_3$ [119].

В таблиці 3.3. наведена характеристика основних селекційних індексів, рівень їх формування і мінливість в залежності від часу відновлення весняної вегетації, тобто в умовах неконтрольованого середовища.

Таблиця 3.3 – Рівень формування і мінливість селекційних індексів у сортів та селекційних ліній пшениці озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації

Селекційні індекси	Рання вегетація (2007, 2008 рр. середнє по строках сівби)			Оптимальна вегетація (2009, 2010 рр. середнє по строках сівби)			Пізня вегетація (2006, 2011 рр. середнє по строках сівби)		
	$\bar{x}$	LV	V%	$\bar{x}$	LV	V%	$\bar{x}$	LV	V%
Збиральний індекс	48,8±0,1	32,1-62, 2	8,0	50,7±0,1	36,0-62, 1	7,3	46,5±0,2	35,0-56, 5	10,0
Індекс атракції	2,3±0,01	1,2-3,5	15,6	2,1±0,01	1,0-3,9	17,3	2,1±0,2	1,0-3,2	24,5
Індекс мікророзподілів	2,5±0,02	1,1-5,0	22,9	3,0±0,02	1,2-5,1	19,4	2,3±0,2	1,2-4,5	22,5
Індекс інтенсивності	1,8±0,01	1,1-3,3	16,7	1,9±0,009	1,2-3,0	13,7	2,0±0,05	1,1-2,8	15,7
Мексиканський індекс	2,9±0,02	1,4-5,1	19,1	3,1±0,01	1,7-5,0	17,2	3,0±0,03	1,7-5,2	30,6
Полтавський індекс	7,4±0,06	2,9-14,0	21,4	8,1±0,06	3,8-17,0	21,1	6,3±0,02	0,05-12, 4	54,0
Індекс потенційної продуктивності	0,7±0,002	0,5-0,8	7,4	0,7±0,001	0,5-0,8	5,3	0,6±0,05	0,5-0,8	6,3

Індекс лінійної щільності колосу	5,3±0,03	2,6-7,7	14,4	5,9±0,02	3,6-10,0	12,5	5,1±0,05	4,0-9,1	17,0
-------------------------------------	----------	---------	------	----------	----------	------	----------	---------	------

На підставі проведених досліджень визначено, що за раннього відновлення вегетації відбувається повна реалізація генотипу, тому мінливість морфологічних ознак різко зменшується, що відповідно відображається на відносних величинах, тобто індексах. Результати досліджень (див. табл.3.3) показують, що мінливість селекційних індексів за раннього початку вегетації зменшується по відношенню до пізнього часу відновлення весняної вегетації. Доведено, що за раннього відновлення вегетації числові значення багатьох індексів збільшується, а мінливість їх зменшується. Ця особливість притаманна збиральному індексу, який за ранньої вегетації мав значення $\bar{x}=48,8\pm0,1$ з коефіцієнтом варіації $V\%=8,0$, а за пізньої вегетації значення його зменшувалося і складало $\bar{x}=46,5\pm0,2$, з варіацією $V\%=10,0$. Така особливість характерна і для інших індексів, таких як мікророзподілів, мексиканський та лінійної щільності колоса. За ранньої вегетації, якщо враховувати надлишок інфрачервоного сонячного випромінювання, створюється стресова ситуація для рослин. З аналізу селекційного матеріалу, який випробовувався протягом багатьох років за різного часу відновлення весняної вегетації, видно, що найбільшу стресову ситуацію для рослин створює пізня дата відновлення весняної вегетації [120].

Селекційний індекс тільки тоді буде мати великий ефект для теорії добору, коли він має низький і стабільний рівень мінливості у будь якому середовищі. Зпоміж усіх вивчених селекційних індексів лише п'ять із них (збиральний, лінійної щільності колоса, індекс потенційної продуктивності, мікророзподілів, інтенсивності) мали за всіма вивченими умовами часу відновлення весняної вегетації, стабільний генетичний коефіцієнт варіації. Аналізуючи результати досліджень можна стверджувати, що ранній і пізній час відновлення вегетації є стресовими факторами для пшениці озимої, тому рівень

формування кількісних ознак і, відповідно, значення селекційних індексів у досліді змінювались.

Таким чином, враховуючи відомі вимоги до індексів, проведений аналіз рівня їх формування в стресових випадках, тобто за самих екстремальних природних умовах. Визначено індекс, який майже не змінюється у різних умовах середовища – це індекс лінійної щільності колоса, значення якого не змінювалося протягом усіх років випробувань.

У доборах видатних генотипів, особливо на ранніх етапах селекції, ефективно використовувати такі селекційні індекси: збиральний, мікророзподілів, полтавський та індекс лінійної щільності колоса, які в різних умовах середовища мали стабільний рівень мінливості. Отже, за різного часу відновлення весняної вегетації в селекційному процесі доцільно використовувати індекс лінійної щільності колоса [137].

На підставі проведених досліджень з характеристики рівня формування і мінливості селекційних індексів на великій вибірці сортів та селекційних ліній пшениці озимої в стресових умовах середовища нами досконало вивчена реакція цілого ряду селекційних індексів на екстремальні умови середовища, які складаються в онтогенезі культури та роками досліджень. Доведено, що з поміж усіх вивчених селекційних індексів тільки п'ять з них (збиральний, лінійної щільності колоса, індекс потенційної продуктивності, мікророзподілів, інтенсивності) мали, по всіх вивчених періодах часу відновлення весняної вегетації, стабільний генетичний коефіцієнт варіації. Заслужовує на увагу індекс лінійної щільності колоса, який за різних умов середовища мав стабільний рівень мінливості. Ми акцентуємо доцільність використання його в селекційному процесі як маркерний індекс.

Висновки до розділу 3

1. На підставі проведених досліджень щодо вивчення рівня формування і мінливості ознак генеративної частини великої вибірки сортів та селекційних ліній, за різних стресових умов середовища, показано, що головні складові врожайності пшениці озимої мали різноманітний характер рівня їх формування і мінливості.

2. Загальна характеристика особливостей формування і мінливості ознак вегетативної частини говорить про те, що вони, безумовно, змінюють свій рівень формування, під дією стресових умов середовища, але за деякими ознаками спостерігаються закономірності, які можуть бути використані в технології селекційного процесу і які безумовно можна використовувати у доборах на підвищення продуктивності пшениці озимої.

3. Доведено, що у доборах видатних генотипів, особливо на ранніх етапах селекції, ефективно використовувати селекційні індекси – збиральний, мікророзподілів, полтавський та індекс лінійної щільності колосу, які за різних умов середовища мали стабільний рівень мінливості. За різного часу відновлення весняної вегетації, в селекційному процесі доцільно використовувати індекс лінійної щільності колоса.

4. Визначений нами рівень інформації дуже важливий у веденні селекційного процесу, плануванні схрещувань, вивченні вихідного матеріалу та здійсненні гібридологічного аналізу.

РОЗДІЛ 4

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК У СОРТІВ ТА СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА СТРЕСОВИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА

4.1 Генетичні кореляції урожайності пшениці м'якої озимої з головними генеративними ознаками в залежності від часу відновлення весняної вегетації.

У практичній селекції вивчення кореляційної залежності між кількісними ознаками є основою для цілеспрямованого добору. Селекціонеру необхідно знати, за якими ознаками добір буде більш ефективний, тому вивчення кореляційних зв'язків між господарсько-цінними ознаками у сортів, як вихідного матеріалу в селекції пшениці, має важливе значення. Добір буде ефективним, якщо його вести за ознаками, що мають істотний позитивний кореляційний зв'язок з продуктивністю [127].

Значний успіх у селекції пшениці озимої на продуктивність буде досягнутий в тих випадках, коли дослідник використовує в доборах ознаку, яка тісно корелює з урожайністю. В літературі є достатньо інформації, в якій наводяться результати використання ознак, що мають тісний позитивний зв'язок з урожайністю. Ці ознаки прийнято називати маркерними. Умова, якій повинна відповідати маркерна ознака, визначена в багатьох публікаціях [128, 129, 130].

Перш за все маркерна ознака повинна мати великий рівень генотипової варіанси та низький рівень фенотипової, тобто в стресових умовах середовища ознака стабільно протидіє скрутним кліматичним умовам і не знижує рівня свого формування. Якщо ця ознака має тісний кореляційний зв'язок з урожайністю то ми можемо за нею вести добори на продуктивність, особливо на ранніх етапах селекції. Суттєві стресові ситуації відмічені на пшениці озимій в роки з різним часом відновлення весняної вегетації, особливо за ранньої та пізньої вегетації [131].

Створюється цілком ймовірна необхідність вивчення питання формування генетичних зв'язків між урожайністю та кількісними ознаками у сортів та селекційних ліній пшениці озимої за різного часу відновлення весняної вегетації.

У наших дослідженнях з вивчення генетичних зв'язків між урожайністю та ознаками генеративної частини рослини у сортів та селекційних ліній пшениці озимої в стресових умовах середовища (різний час відновлення весняної вегетації) з метою пошуку маркерних ознак спостерігається різний прояв генетичних зв'язків (додаток Д).

У дослідженнях на великій вибірці визначено, що більш тісні позитивні зв'язки між урожайністю та генеративними ознаками спостерігаються за оптимальної вегетації. За ранньої та пізньої вегетації генетичні зв'язки між урожайністю та генеративними ознаками не прослідковуються через, так звану, «фенотипову завісу». Так, у разі ранньої вегетації вона обумовлена повною реалізацією ознак, а за пізньої вегетації генеративні ознаки не повністю реалізуються (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Генетичні кореляції урожайності з генеративними ознаками пшениці озимої за різного часу відновлення весняної вегетації

Ознака	Рання вегетація		Оптимальна вегетація		Пізня вегетація	
	перший строк сівби	другий строк сівби	перший строк сівби	другий строк сівби	перший строк сівби	другий строк сівби
	2007 р 2008 р	2007 р 2008 р	2009 р 2010 р	2009 р 2010 р	2006 р 2011 р	2006 р 2011 р
Маса зерен із колоса, г	0.16 0.19*	0.07 0.26*	0.02 0.43*	0.11 0.63*	0.00 0.07	-0.29* 0.21
Число зерен у колосі, шт.	0.17* 0.05	0.00 0.13	0.02 0.18*	-0.01 0.35*	0.00 0.06	-0.16 0.18
Маса колоса з зерном, г	0.08 0.14	0.02 0.17*	-0.03 0.39*	0.10 0.60*	0.00 0.09	-0.27* 0.08
Маса 1000 зерен, г	0.05 0.27*	0.23* 0.28*	0.01 0.47*	0.21* 0.58*	0.00 0.07	-0.27* 0.17
Кількість колосків у колосі, шт	0.10 0.30*	0.12 0.14	0.10 0.29*	0.10 0.57*	0.00 0.01	0.00 0.08

* - r_g – достовірна

Як свідчать результати аналізу за раннього часу відновлення весняної вегетації не відмічено жодного випадку позитивної кореляції урожайності з

головними ознаками генеративної частини рослини такими як «число зерен», «маса зерна з колоса», «кількість колосків у колосі».

Дещо помітна позитивна тенденція генетичних зв'язків між урожайністю та масою 1000 зерен у двох строках сівби та ще два випадки – між урожайністю й масою зерна з колоса у 2008 році за першого строку сівби (0.19*) та другого - (0.26*).

Таким чином, якщо дотримуватись доктрини ефективності добору за генетичними кореляціями між урожайністю та генеративними ознаками, то судячи з результатів досліджень, високих генетичних зв'язків не виявлено за раннього відновлення весняної вегетації у чотирьох варіантах досліду (2007 – перший та другий строки сівби; 2008 – перший та другий строки сівби).

Відсутність генетичних кореляцій між урожайністю і генеративними ознаками, вочевидь, обумовлена в ці роки високим фенотиповим ефектом завдяки комфортним умовам реалізації ознак. Рання вегетація сприяла повній реалізації ознак, за якої пшениця озима забезпечується в достатній кількості вологою, освітленням, температурою. Утворюється в такий період так звана "фенотипова завіса", яка не дає можливості прослідкувати генетичні зв'язки між ознаками.

Пізня вегетація. Аналіз генетичних кореляцій ознаки урожайність з іншими кількісними ознаками генеративної частини рослини за пізньої вегетації показав все, якби навпаки, відносно генетичних зв'язків за ранньої вегетації. Маємо ярко виражену фенотипову завісу обумовлену ситуацією, коли кількісні ознаки не реалізуються. Це підтверджується статистичними параметрами за пізньої вегетації, які показують, що рівень формування ознак зменшується у 1,5-3 рази за пізньої вегетації.

По всьому кореляційному полі, на фоні великої вибірки за пізньої дати відновлення вегетації, генетичних кореляцій r_g між урожайністю і такими

ознаками як «число зерен», «маса 1000 зерен», «кількість колосків», «маса колосу з насінням» не виявлено, рівень їх постійно спрямований до 0 (див. табл. 4.1). Крім того, у 2006 році за другого строку сівби були відмічені слабкі зворотні генетичні кореляції урожайності з ділянки з масою зерен колоса (-0.29*), масою колоса з насінням (-0.27*) та з масою 1000 зерен (-0.27*).

Таким чином, у двох випадках, за ранньої та пізньої вегетації генетичні зв'язки між урожайністю з одиниці площі та генеративними ознаками такими як «маса зерен із колоса», «маса колоса з насінням», «число зерен», «маса 1000 зерен» не проглядаються через так звану «фенотипову завісу». Так, за ранньої вегетації вона обумовлена повною реалізацією ознак, а за пізньої вегетації генеративні ознаки не повністю реалізуються.

Оптимальна вегетація. Викликає велику зацікавленість рівень генетичних зв'язків ознаки «урожайність» з ознаками генеративної частини рослини (масою зерен колоса, масою колоса з насінням, кількість колосків у колосі, масою 1000 зерен) за оптимального часу відновлення весняної вегетації, де зведений до мінімуму фенотиповий ефект. Дані випробувань показують, що за роками досліджень спостерігалася велика різниця щодо рівня генетичних зв'язків (r_g) врожайності та генеративних ознак.

Так, за результатами генетичних зв'язків за першого і другого строків сівби (див. табл. 4.1) в 2009 р. кореляційний зв'язок (r_g) урожайності з генеративними ознаками були майже відсутні. У 2009 р. за першого строку сівби зафіксований лише один випадок між урожайністю та масою 1000 зерен, коли r_g був слабкий позитивний і становив 0.21*. Результати досліджень показують, що достатньо тісний генетичний зв'язок урожайності спостерігався у 2010 р. (перший та другий строк сівби) з масою зерна з колоса – (0.43*; 0.63*), з масою 1000 зерен – (0.47*; 0.58*), з кількістю колосків у колосі – (0.29*; 0.57*) та з масою колоса з насінням – (0.39*; 0.60*).

Це свідчить про те, що головні етапи органогенезу пшениці озимої, які істотно впливають на формування та реалізацію кількісних ознак, проходять не восени, а у весняно-літні періоди.

З усіх ознак, по яких вираховували генетичні кореляції, найменші генетичні зв'язки спостерігались між урожайністю та числом зерен у колосі. Вочевидь, у такої ознаки як «число зерен у колосі» є гени, генетичні системи, які контролюють формування і реалізацію ознаки. Але, як за раннього і пізнього, так і за оптимального часу відновлення весняної вегетації за цією ознакою проявляється дуже високий фенотиповий ефект, який закриває істинну картину генетичних зв'язків.

З усього різноманіття вивчених стресових факторів при вирощуванні сортів та селекційних ліній пшениці озимої в роки з різним часом відновлення весняної вегетації виділений тільки 2010 рік (два строки сівби) коли відмічені тісні позитивні генетичні зв'язки урожайності з генеративними ознаками. Не кожен досліджуваний рік та строк сівби дає змогу орієнтуватись на добір продуктивних генотипів за високим рівнем кореляційних зв'язків між урожайністю та іншими кількісними ознаками.

За результатами проведених досліджень не виявлено стійких генетичних зв'язків між урожайністю та головними ознаками генеративної частини рослин. Тому ці ознаки не можуть бути використані як маркерні у доборі, бо прояв їх не є стабільним як за строками сівби, так і за роками досліджень із різним часом відновлення весняної вегетації.

4.2 Генетичні кореляції урожайності пшениці м'якої озимої з головними вегетативними ознаками в залежності від часу відновлення весняної вегетації.

Поряд з вивченням генетичних кореляцій ознаки «урожайність» з генеративними ознаками, які визначають потенціал врожайності ми досліджували генетичні кореляції урожайності з вегетативними ознаками за ранньої, оптимальної та пізньої дати відновлення весняної вегетації (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Генетичні кореляції урожайності з вегетативними ознаками пшениці м'якої озимої за різного часу відновлення весняної вегетації

Ознака	Рання вегетація		Оптимальна вегетація		Пізня вегетація	
	перший строк сівби	другий строк сівби	перший строк сівби	другий строк сівби	перший строк сівби	другий строк сівби
	2007 р. 2008 р.	2007 р. 2008 р.	2009 р. 2010 р.	2009 р. 2010 р.	2006 р. 2011 р.	2006 р. 2011 р.
Висота рослин, см	0.29* 0.49*	0.47* 0.57*	0.21* 0.68*	0.40* 0.69*	0.00 0.44*	0.18 0.30*
Маса стебла, г	0.07 0.22*	0.05 0.23*	-0.01 0.47*	0.17* 0.62*	0.00 0.25*	-0.15 0.11
Маса рослини, г	0.03 0.33*	0.12 0.28*	0.02 0.52*	0.26* 0.53*	0.00 0.33*	0.13 0.10
Маса половини, г	-0.14	-0.10	-0.14	0.02	0.00	-0.07

	-0.08	-0.20*	0.09	0.28*	0.07	-0.23*
Довжина колоса, см	0.01 0.17*	0.06 0.09	-0.02 0.13	0.11 0.05	0.00 0.05	0.04 0.04
Довжина верхнього міжвузля, см	0.35* 0.34*	0.34* 0.46*	0.18* 0.44*	0.33* 0.54*	0.00 0.20	-0.01 0.34*
Довжина нижнього міжвузля, см	0.21* 0.08	0.31* 0.12	-0.02 0.29*	0.15* 0.22*	0.00 0.04	-0.03 0.06

* - r_g – достовірна

Як свідчать результати досліджень, з усього різноманіття вегетативних ознак стійкі генетичні кореляції спостерігали між урожайністю і висотою, а також урожайністю і довжиною верхнього міжвузля як за першого, так і другого строків сівби в разі ранньої вегетації. Варто зазначити, що у 2007 р. як за першого так і другого строків сівби спостерігали незначні позитивні кореляції між урожайністю та довжиною нижнього міжвузля (0.35 та 0.36 відповідно).

Нами доведено, що незалежно від початку весняної вегетації в досліді спостерігали зворотні кореляції між урожайністю та масою половини, крім оптимальної вегетації у 2010 р. за першого строку сівби (0.28*). За пізньої вегетації був зворотній зв'язок між масою половини та урожайністю, він збільшувався й становив -0,23* (див.табл. 4.2).

У досліді при аналізі генетичних зв'язків урожайності з вегетативними ознаками за пізнього відновлення вегетації виявлено, що достатньо стабільні зв'язки були з висотою рослин (0.44*), масою стебла (0.33*), масою рослини (0.25) та довжиною верхнього міжвузля (0.34*), однак за другого строку сівби зв'язок зменшувався.

Таким чином, стійкі генетичні зв'язки за ранньої, пізньої та оптимальної дати відновлення вегетації спостерігалися між висотою та урожайністю, а також між урожайністю й довжиною верхнього міжвузля.

4.3 Генетичні кореляції врожайності сортів та селекційних ліній пшениці озимої із селекційними індексами в стресових умовах середовища

Під час проведення аналізу та обговорення результатів досліджень з вивчення генетичних кореляцій (r_g) головної ознаки урожайності й кількісними ознаками в дослідженнях також вираховували рівень генетичних зв'язків урожайності (залежно від часу відновлення весняної вегетації) з селекційними індексами. Спираючись на факти особистих досліджень та на інформацію, що наведена у багатьох джерелах [132, 133, 134] відомо, що вірогідність добору видатних генотипів на ранніх етапах селекції за головними ознаками продуктивності буде вищою, якщо ми будемо використовувати селекційні індекси. Селекційний індекс більш інформаційний і він поєднує декілька ознак, які тісно корелюють між собою [135, 136]. Тому в стресових умовах середовища нам необхідно знати рівень генетичних кореляцій між урожайністю та селекційними індексами.

Визнаючи, що селекційний індекс більш інформаційний і менш мінливий, ми провели аналіз рівня формування та мінливості селекційних індексів у зв'язку з різним часом відновлення весняної вегетації. У аналіз залучені головна ознака врожайність та вісім селекційних індексів, з них п'ять відомі як класичні, а три запропоновані для широкого використання в технології селекційного процесу полтавської державної аграрної академії.

Таблиця 4.3 – Генетичні кореляції урожайності з селекційними індексами пшениці м'якої озимої за різного часу відновлення весняної вегетації

Селекційні індекси	Рання вегетація		Оптимальна вегетація		Пізня вегетація	
	перший строк сівби	другий строк сівби	перший строк сівби	другий строк сівби	перший строк сівби	другий строк сівби
Збиральний індекс	0.42*	0.09	0.17*	0.15*	-0.26*	0.48*
Індекс атракції	-0.32*	0.12	-0.21*	-0.35*	-0.29*	0.52*
Індекс мікророзподілів	0.58*	0.14*	0.43*	0.49*	0.01	0.12
Індекс інтенсивності	0.20*	-0.35*	-0.06	-0.09	0.19	0.46*
Мексиканський індекс	0.17*	-0.21*	-0.10	-0.26*	-0.23*	0.66*
Полтавський індекс	-0.08	0.04	-0.10*	-0.22*	0.22	0.42*
Індекс потенційної продуктивності	0.61*	0.04	0.45*	0.52*	0.01	0.13
Індекс лінійної щільності колоса	0.40*	-0.21*	0.25*	0.22*	0.01	0.56*

* - r_g – достовірна

За результатами досліджень збиральний індекс в стресових умовах середовища мав різний рівень генетичних зв'язків від стабільно позитивного 0.42* (2007, 2008 рр. перший строк сівби) – рання вегетація до 0.48* (2006, 2011рр. – другий строк сівби) – пізня вегетація до протилежної зміни плюс на мінус -0.26* (2006, 2011рр. перший строк сівби) – пізня вегетація. Як свідчать результати генетичних зв'язків в умовах різного середовища найбільш ефективні добори селекційного матеріалу за збиральним індексом будуть за ранніх строків сівби (раннього часу відновлення весняної вегетації) та за пізньої вегетації другого строку сівби. За оптимальної вегетації прослідковуються незначні позитивні зв'язки за обома строками сівби (табл. 4.3).

Індекс атрагуючої здатності в дослідженнях на великому об'ємі матеріалу показав, майже у всіх варіантах стресових середовищ, негативні генетичні зв'язки крім другого строку сівби за пізньої вегетації (0.52*).

Аналіз значення індексу мікророзподілів за різного часу відновлення весняної вегетації і різних строків сівби показав, що тісні генетичні зв'язки спостерігались за ранньої та оптимальної вегетації, а за пізньої r_g прагнули до 0. Високе значення генетичних зв'язків пояснюється повною реалізацією ознак за ранньої і оптимальної вегетації не залежно від строків сівби. Стосовно пізнього строку відновлення вегетації, відмічено, що ознака маса половини (входить до індексу мікророзподілів) реалізована повністю за короткий час етапів органогенезу і тому значення r_g спрямовані до 0.

Тобто, один і той досліджуваний матеріал при різних стресових умовах формував різний рівень мінливості й це сприяло зміні генетичних зв'язків.

Майже однаковий тип генетичних зв'язків відмічено між урожайністю й індексом мікророзподілу та індексом потенційної продуктивності. Варто зазначити, що індекс мікророзподілів, це частка зерна колоса у полові, тобто співвідношення маси зерна і маси половини не враховуючи масу стрижня колоса, а індекс продуктивного потенціалу це співвідношення маси зерна колоса і маси половини з масою колоскового стрижня. Збіг значень двох індексів генетичних кореляцій підтверджує достовірність отриманих даних у експерименті з визначенням генетичних зв'язків урожайності з двома, на перший погляд однаковими індексами, але по суті різними.

Викликає особливу зацікавленість рівень генетичних зв'язків урожайності з новим селекційним індексом лінійної щільності колоса, де кореляції були стабільними середніми, як в перший строк сівби (0.40*) – рання вегетація, так і в другому строкові сівби (0.56*) – пізня вегетація. За оптимальної вегетації кореляції були незначними, але достовірними позитивними. Тобто, з шістьох

варіантів аналізу, в чотирьох генетичні зв'язки були позитивними: рання вегетація (перший строк сівби); оптимальна вегетація (перший та другий строки сівби); пізня вегетація (другий строк сівби). В одному випадку за ранньої вегетації в другому строковій сівбі кореляції носили незначний зворотній характер (-0.21^*) та в другому строковій сівбі за пізньої вегетації вони спадали до 0.

Таким чином, за результатами досліджень виявлено, що в стресових умовах середовища у доборах на потенціал урожаю на ранніх етапах селекції можна використовувати такі селекційні індекси як збиральний та лінійної щільності колоса, які можуть бути використані як маркерні ознаки. Добори з використанням вторинних, або маркерних ознак, дають можливість підвищити ефективність пошуку видатних генотипів і прискорити селекційний процес по створенню сортів пшениці озимої з високим потенціалом продуктивності і адаптованих до умов середовища [137, 138].

Загальний аналіз генетичних зв'язків ознаки урожайності і селекційних індексів по всьому кореляційному полі за роки досліджень показує, що тільки в одному випадку (перший строк сівби за пізнього відновлення вегетації) спостерігається не типовий характер генетичних зв'язків. Одже, перший строк сівби та пізній час відновлення весняної вегетації (як стресові фактори) негативно впливають на рівень формування кількісних ознак у сортів та ліній пшениці озимої й відповідно нівелюють справжність генетичних зв'язків. Тому, добір за селекційними індексами, як маркерними ознаками, буде ефективним тільки за такими індексами, як збиральний, лінійної щільності колоса, та індексом потенційної продуктивності колоса, тому що селекційні індекси більш інформаційні ніж окремі кількісні ознаки, які дуже піддаються мінливості в стресових умовах [139, 140].

Висновки до розділу 4

1. За результатами досліджень виявлено, що більш тісні позитивні зв'язки між урожайністю та генеративними ознаками були за оптимального строку відновлення вегетації. За ранньої та пізньої вегетації генетичні зв'язки між урожайністю й генеративними ознаками не проглядаються через так звану «фенотипову завісу». Так, за ранньої вегетації вона обумовлена повною реалізацією ознак, а за пізньої вегетації – генеративні ознаки не повністю реалізуються.

2. Аналізуючи генетичні зв'язки урожайності з вегетативними ознаками виявлені стійкі генетичні зв'язки за ранньої, пізньої та оптимальної вегетації між висотою та урожайністю, а також між урожайністю та довжиною верхнього міжвузля.

3. Добір за селекційними індексами, як маркерними ознаками, буде ефективним тільки за такими з них, як збиральний, лінійної щільності колоса та індексу потенційної продуктивності колоса, тому що селекційні індекси більш інформаційні ніж окремі кількісні ознаки, які дуже піддаються мінливості в стресових умовах.

РОЗДІЛ 5

ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТІВ ТА СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ЗЕРНА СТРЕСОВИХ УМОВАХ СЕРЕДОВИЩА

В

Однією з найважчих проблем селекції пшениці озимої є співвідношення в одному сорті високого потенціалу врожайності, стійкості до комплексу біотичних та абіотичних факторів, з покращеними технологічними властивостями зерна та борошна. Розроблено багато аналітичних засобів оцінки різних сторін якості зерна та борошна. Проте для масової оцінки селекційного матеріалу потрібні експрес методи, які дозволяють проводити жорсткий відбір генотипів з високою якістю зерна вже на ранніх етапах селекції. Селекція на покращення якості зерна погіршується ще й його епігенетичною спадковістю, в основі якої лежить взаємодія генотипу із зовнішнім середовищем. Тому, в селекційних програмах по пшениці озимій слід враховувати особливості генотипу, мінливість середовища, взаємозв'язок генотип-середовище та кореляційно регресійні зв'язки різних параметрів якості між собою і врожайності [141-143].

Якість зерна пшениці озимої є однією з найскладніших генетично обумовлених селекційних ознак, які досліджують вітчизняні та закордонні вчені [144 - 146,].

За результатами багаторічних досліджень Мединця В.Д. [147] вміст білка та клейковини в зерні пшениці озимої в роки з пізнім відновленням весняної вегетації вище, ніж у роки з раннім. Звісно бувають виключення, коли інші фактори (посуха, перезволоження) впливають на формування якості зерна не менше, ніж час відновлення весняної вегетації, але в цілому ця закономірність зберігається.

У дисертаційній роботі нами було передбачено дослідити випробувальний матеріал за різних періодів відновлення весняної вегетації пшениці озимої на стабільність параметрів якості зерна, а також встановити зв'язок між часом відновлення весняної вегетації та основними показниками якості зерна пшениці озимої.

5.1 Формування якісних показників зерна пшениці озимої за раннього відновленні весняної вегетації

Ми вважаємо, що для зменшення показників якості зерна за різної вегетації повинні скластися відповідні критерії метеоданих і органогенезу рослин. Тобто, за раннього відновлення вегетації якісні показники зменшуються тоді коли: в осінній період генотипи перейдуть повний цикл осіннього розвитку 3 етапи органогенезу і тільки в цьому випадку за ранньої вегетації рослини тих чи інших сортів пшениці озимої будуть більш схильні до зайвого нарощування вегетативної маси і відповідно знизиться вміст білка і клейковини. У випадку, коли рослини не пройшли повного циклу осіннього розвитку, то він переноситься на весняний період і цикл весняного розвитку за ранньої вегетації буде стримувати переростання рослин і відповідно параметри якості зерна не змінюватимуться. Таким чином, за пізніх строків сівби та ранньої вегетації матимемо достатньо стабільні показники білка і клейковини, що підтверджується в дослідженнях на великій вибірці сортів та селекційних ліній пшениці озимої.

У дослідях 2007 р. (рання вегетація) виявлено, що суттєвих змін у стабільності якісних параметрах не відбулося (табл.5.1).

Таблиця 5.1 – Показники якості зерна пшениці озимої за раннього відновлення весняної вегетації (2007 р.)

<i>Показник</i>		<i>Строк сівби</i>	
		<i>перший</i>	<i>другий</i>
<i>Вміст білка %</i>	$\bar{x}$	14,8±0,07	14,9±0,09
	LV	12,4–16,2	13,0–16,2
	V	5,03	5,40
<i>Вміст клейковини %</i>	$\bar{x}$	34,5±0,2	34,7±0,3
	LV	26,3–39,0	27,4–39,0
	V	7,24	7,84

Середня арифметична як за раннього, так пізнього строків сівби знаходилися майже на одному рівні, однак спостерігалася тенденція збільшення вмісту білка і клейковини у сортів і ліній, які вирощувалися у другому строкові сівби за раннього відновлення весняної вегетації. Тобто, пізній строк сівби сприяє тому, що в осінній період сорти не повністю пройшли фази осіннього органогенезу і вони проходили їх навесні. При весняному органогенезі у сортів не було часу для максимального нарощування вегетативної маси, яка по даним Мединця В.Д. сприяє зменшенню показників якості зерна.

З-поміж досліджуваних сортів і ліній пшениці озимої (Додаток Е 1) можна виділити ті, що за ранньої вегетації як у першому, так і другому строках сівби формували стабільно високі показники якості зерна. Це сорти: Сонячна, Крижинка, Манжелія, Лорд, С. Ковпак.

5.2. Формування якісних показників зерна пшениці озимої за пізнього відновлення весняної вегетації

Також нами проведений аналіз якості зерна сортів та селекційних ліній пшениці озимої за строками сівби в період коли була пізня вегетація (2011 р.).

Виявлено [148], що за пізнього часу відновлення весняної вегетації рівень формування показників якості зерна був на досить високому рівні за двох строків сівби і становив у середньому по білку $14,1 \pm 0,1\%$, та $29,9 \pm 0,2$ - $30,1 \pm 0,3$ по клейковині (табл.5.2).

Таблиця 5.2 – Показники якості зерна пшениці озимої за пізнього відновлення весняної вегетації (2011 р.)

Різниця в
рівні
формування
показників
якості зерна
спостерігалася
на всій вибірці
по білку від
12,1 до 15,8 у
першому та
другому

<i>Показник</i>		<i>Строк сівби</i>	
		<i>перший</i>	<i>другий</i>
<i>Вміст білка %</i>	$\bar{x}$	$14,1 \pm 0,08$	$14,1 \pm 0,09$
	LV	12,2–15,8	12,1–15,8
	V	5,32	6,13
<i>Вміст клейковини %</i>	$\bar{x}$	$29,9 \pm 0,2$	$30,1 \pm 0,3$
	LV	23,8–34,5	24,6–36,0
	V	7,62	9,02

строках сівби, а по клейковині - від 23,8 до 34,5 за першого строку сівби та від 24,6 до 36,0 – за другого. Розмах варіювання показників якості пояснюється генотиповими особливостями досліджуваних сортів та селекційних ліній. Але

варто підкреслити, що високий рівень формування показників якості зерна як за ранньої, так і пізньої вегетації пояснюється ще тим, що в технології селекційного процесу йшли ціленаправлені добори генотипів (з використанням білкових маркерів ДНК по спектру гліадинів і глютенінів) на високий рівень формування показників якості зерна.

За пізньої вегетації також виділені генотипи (Додаток Е 2), які формували стабільно високі показники якості зерна у першому та другому строках сівби. Це такі сорти та селекційні лінії: Київська остиста, Сонячна, Коломак 3, Коломак 5, Говтва, Диканька, Левада, Лютенька, Л9 / Червона, (Л-14 / Червона) // Єрмак.

Висновки до розділу 5

Таким чином, ми виділяємо, три головних фактори які впливають на рівень формування якості зерна за різного часу відновлення весняної вегетації:

1. Перший фактор – рання вегетація (по Мединцю В.Д.) суттєва різниця в теплових і світлових умовах весняної вегетації за достатнього водного забезпечення вегетуючих рослин.

2. Другий фактор – перенесення вегетуючою рослиною етапів органогенезу з осіннього на весняний період за недостатнього забезпечення вологою в осінній період.

3. Третій фактор – генотипові особливості досліджуваних сортів.

РОЗДІЛ 6

ВИКОРИСТАННЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ТА SSR- МАРКЕРІВ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СОРТІВ ТА СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ СТІЙКИХ ДО СТРЕСОВИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА

6.1. Використання кластерного аналізу для пошуку сортів і селекційних ліній пшениці озимої, адаптованих до стресових умов середовища

Проблема оцінювання вихідного матеріалу в селекції пов'язана з його мінливістю під впливом умов зовнішнього середовища, тому пошук цінних форм, зазвичай, є ускладненим [149]. Кластерний аналіз дозволяє вивчати достатньо велику кількість інформації та різко зменшувати великі масиви інформації, робити їх компактними та наглядними [150].

Кластерний аналіз застосовували на пшениці м'якій озимій для вивчення ступеня генетичної спорідненості [151,152], інших господарсько-корисних ознак у сортів пшениці [153], взаємозв'язку елементів продуктивності озимої пшениці з морозостійкістю [154]. Ознаки та індекси, які мають близькі генетичні кореляції з ознаками продуктивності, використовуються для відбору рослин на ранніх етапах селекції [155]. Добір рослин з бажаними параметрами забезпечується за допомогою кластерного аналізу [156].

У задачу дисертаційної роботи входило відпрацювання шляхів пошуку з використанням комп'ютерних технологій, серед великого різноманіття селекційного матеріалу, видатних генотипів стійких до стресових умов середовища.

Весь обсяг матеріалу, який розподілений за роками досліджень на ранню та пізню вегетації був ідентифікований з використанням кластерного аналізу, де

в основу кластеризації як за строками сівби, роками досліджень, так і періодам відновлення весняної вегетації (рання та пізня) взяті групуючі ознаки – маса стебла та індекс лінійної щільності колоса.

Головна ідея використання кластерного аналізу полягала у пошуку сортів та селекційних ліній адаптованих до стресових умов середовища, які б за раннього чи пізнього відновлення весняної вегетації формували високий рівень продуктивного потенціалу і не втрачали якісних параметрів. Поряд з цим особливо важливо було знайти і виділити з великого генетичного різноманіття донори стійкості до стресових умов, тобто, до часу відновлення весняної вегетації і запропонувати їх як батьківські компоненти для гібридизації. Шлях ідентифікації полягав у виділенні, в процесі кластеризації, кращого кластеру і розміщенні на дендрограмах по строках сівби за ранньої та пізньої датах відновлення вегетації сортів і селекційних ліній пшениці озимої, збалансованих за господарсько-корисними ознаками з високим потенціалом урожайності. Ідентифікований селекційний матеріал пропонувати для подальшого вивчення, а сорти пшениці озимої використовувати в гібридизації як донори стійкості до стресів.

У 2007 р. спостерігали ранній час відновлення весняної вегетації пшениці озимої, в дослідженнях були передбачені два строки сівби. Цього року з першого строку сівби в кластерний аналіз залучено 138 сортів та селекційних ліній пшениці озимої. Весь матеріал згрупований у шести кластерах. За першого строку сівби (Додаток Є1) у кращій четвертій групі шостого кластеру ідентифіковано 10 сортів та селекційних ліній пшениці озимої, які мали достатньо високий рівень формування генеративних ознак і вони значно перевищували за величиною формування аналогічних значень не тільки шостого, але й інших кластерів (K_2 , K_3 , K_4 , K_5). При цьому відсоток перевищення їх був достатньо високим: маса зерна з колоса – на 50 %, маса

колоса з насінням – на 35 %, число зерен – на 47 %, маса 1000 зерен – на 2 %. Це сорти пшениці озимої ZORA, Київська 6, Ростовчанка, Єрмак, Довіра (рис. 6.1).

Рисунок 6.1 – Дендрограма розподілу сортів та селекційних ліній пшениці озимої кращої групи шостого кластеру першого строку сівби (2007 р.)

За результатом ідентифікації сортів з використанням кластерного аналізу всі сорти та селекційних ліній згруповані (принцип групування залишається незмінним, тобто, в якості групуючих величин в багатомірному аналізі постійно використовується одна ознака – маса стебла та індекс лінійної щільності колоса) в кластери та групи. Кращою за другого строку сівби виділена друга група шостого кластеру, в якій сконцентровано 16 сортів та селекційних ліній. Середня врожайність по сортах кращої другої групи шостого кластеру

становила $59,5 \pm 7,3$ ц/га, що на 13,2 ц/га більше, ніж у кращій групі за першого строку сівби. Генеративні ознаки кращої групи за другого строку сівби мали більш високе значення по відношенню до кращої групи першого строку сівби. Рівень їх перевищування становив по масі зерна з колоса – 16 %, по масі колоса з насінням – 19 %, по числу зерен – 11 %, по масі 1000 зерен – 7 % (Додаток Є 2).

За другого строку сівби у 2007 р. випробовували 78 сортів та селекційних ліній пшениці озимої, а в кращу групу шостого кластеру увійшло 9 сортів і 1 селекційна лінія (рис. 6.2).

Рисунок 6.2 – Дендрограма розподілу сортів та селекційних ліній пшениці озимої кращої групи шостого кластеру другого строку сівби (2007 р.).

Таким чином, за результатами ідентифікації великої вибірки сортів та селекційних ліній та аналізу дендрограм за розподілом сортів та селекційних ліній пшениці озимої по кращим групам за першого та за другого строків сівби виявлено, що п'ять сортів пшениці озимої розміщені в кращих групах кластера як в першому, так і в другому строкові сівби. Це сорти - Ростовчанка, Довіра, Київська 6, ZORA та Єрмак. Сорти були кращими як за урожайністю, так і за іншими господарсько-корисними ознаками за обох строків сівби.

У 2008 р. (рання вегетація) за першого строку сівби випробували 175 сортів та селекційних ліній пшениці озимої. Формування ознак по цій групі були на рівні: «маса зерна з колоса» – $3,2 \pm 0,4$ г; «маса колоса із зерном» – $4,2 \pm 0,5$ г; «число зерен» – $66,1 \pm 8,0$ шт.; «маса 1000 зерен» – $48,4 \pm 3,8$ г. Урожайність у кращій групі складала $68,8 \pm 12,4$ ц/га при лімітах варіювання 50,0-94,7 ц/га. У шостому кластері кращою виділена четверта група (28 сортів та селекційних ліній), де значення за основними кількісними ознаками були досить високими (рис. 6.3).

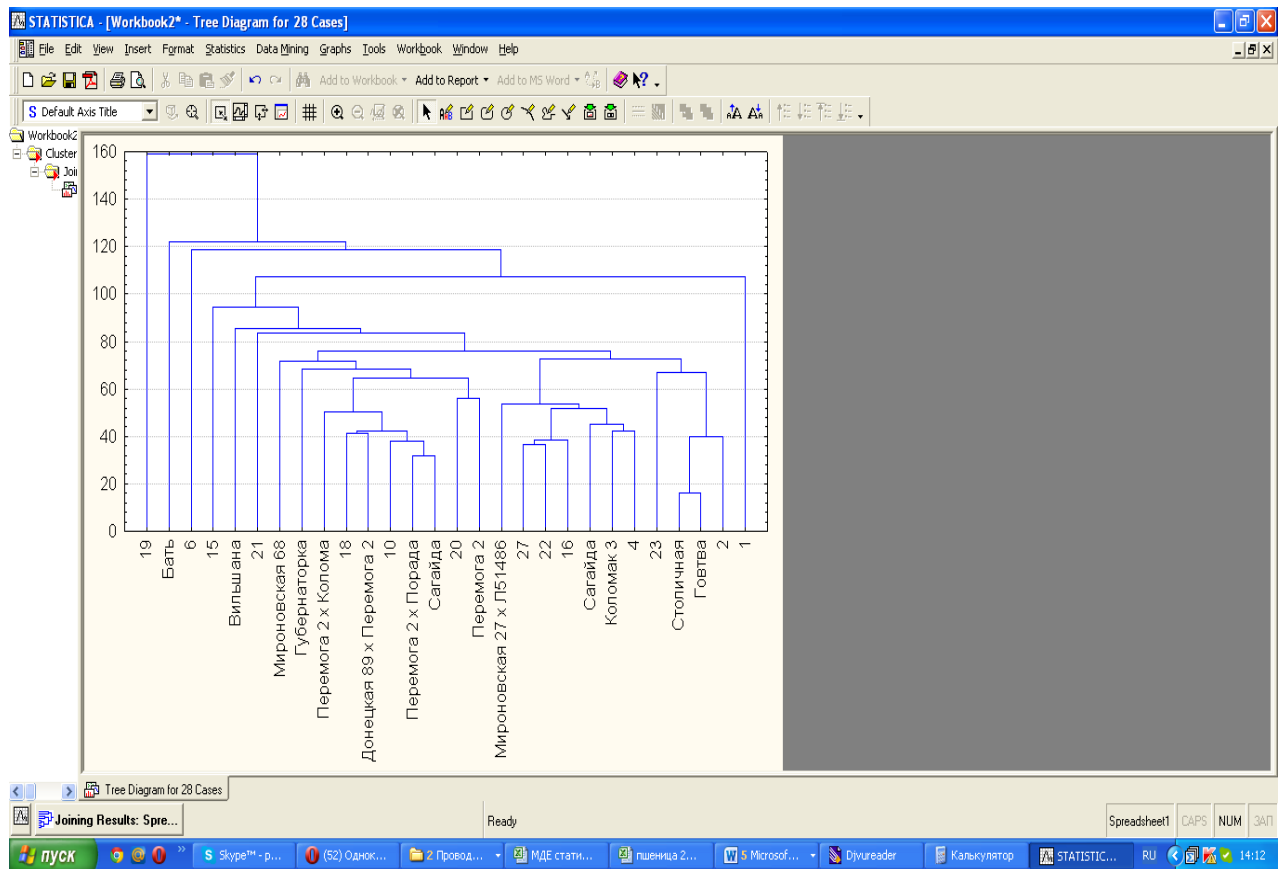


Рисунок 6.3 – Дендрограма розподілу сортів та селекційних ліній пшениці озимої кращої групи шостого кластеру першого строку сівби (2008р.)

У 2008 р. за другого строку сівби кращою виділена друга група шостого кластеру, в якій сконцентровано 31 сорт та селекційні лінії пшениці озимої. Варто зазначити, що рівень групування кількісних ознак кращої групи другого строку сівби поступався першому строковій сівби (рис. 6.4). Ця особливість характерна також і за врожайністю кращої групи шостого кластеру, яка була на рівні $44,1 \pm 10,4$ ц/га з лімітами варіювання 22,7-73,4 ц/га, тобто, нижче кращої групи шостого кластеру на 24,7 ц/га.

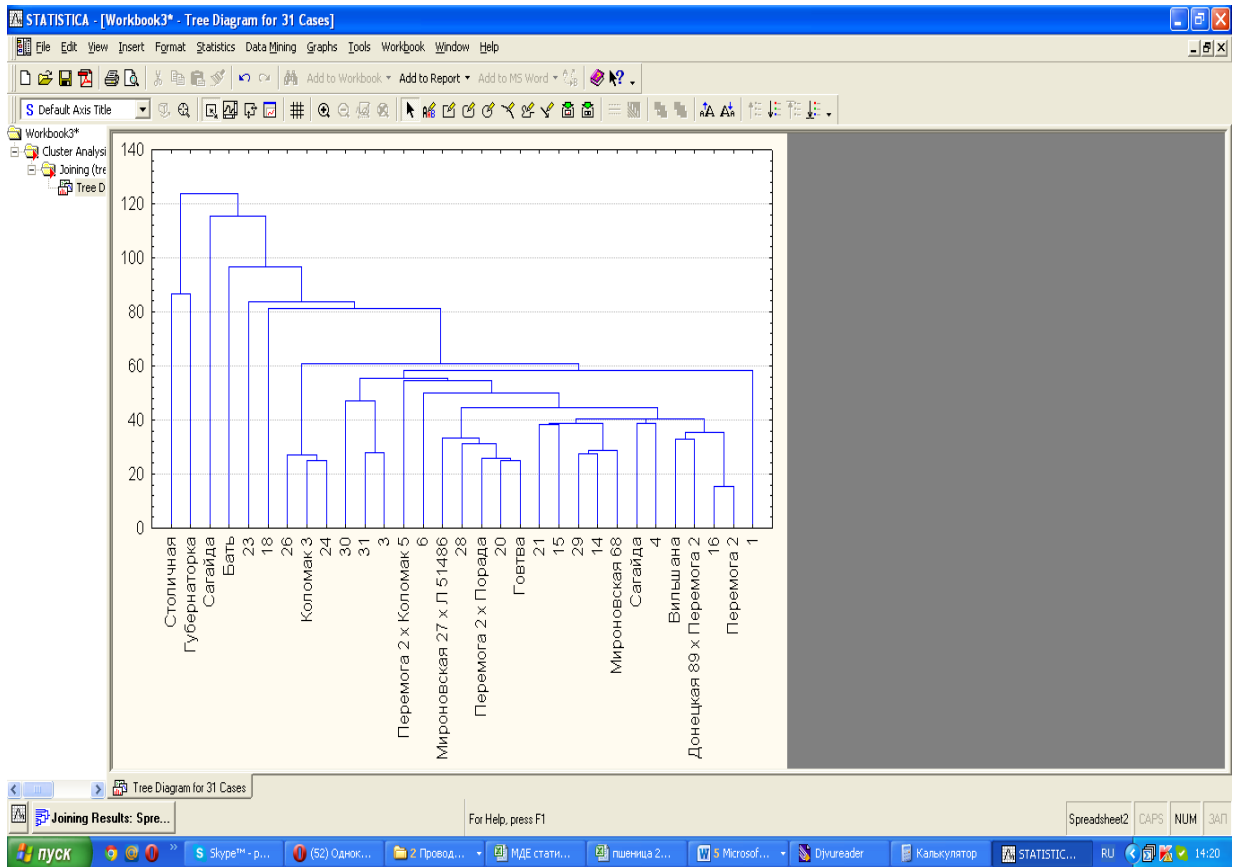


Рисунок 6. 4 – Дендрограма розподілу сортів та селекційних ліній пшениці озимої кращої групи шостого кластеру другого строку сівби (2008р.)

У дослідженнях з усієї сукупності сортів і селекційних ліній за двома строками сівби можна виділити такі, які були кращими за окремими господарсько-корисними ознаками та увійшли в кращу групу шостого кластеру у першому та у другому строкові сівби. Це такі сорти: Перемога 2, Миронівська 68, Губернаторка, Говтва, Сагайда, Лютенька, Батько, Станична, Вільшана, Коломак 3, та селекційні лінії - Перемога 2 / Порада, Перемога 2 / Коломак 5, Миронівська 27 / Лютесценс 51486 (Додаток Є 3).

На основі проведених досліджень по аналізу вирощування великої вибірки сортів та селекційних ліній пшениці озимої за ранньої вегетації в 2008р. та використання кластерного аналізу для ідентифікації отриманого

матеріалу за рівнем адаптивності та збалансованості кількісних ознак у стресових умовах середовища нами встановлено, що за пізніх строків сівби зимої пшениці (рання вегетація) відбувається зменшення значень багатьох кількісних ознак внаслідок їх неповної реалізації через умови середовища.

Виявлено, що значний вклад в органогенез пшениці озимої вносить ранній початок весняної вегетації, який позитивно координує реалізацію генетичного потенціалу кількісних ознак сортів та селекційних ліній на більш високому рівні.

У 2006 р. (пізня вегетація) випробовували тільки один строк сівби – пізній. По першому строкові сівби не були отримані сходи, через сильну осінню посуху 2005 р.

У 2006 р. за другого строку сівби випробували 46 сортів та селекційних ліній пшениці озимої. За результатами кластерного аналізу особливий інтерес представляє третя та шоста групи шостого кластеру де кращі групи визначались за врожайністю. Відповідно і рівень значень головних генеративних ознак таких, як маса зерна з колоса, маса колоса з зерном, число зерен та маса 1000 зерен в цих групах мали достатньо високе значення. Аналіз розподілу сортів та селекційних ліній по групах шостого кластеру показав, що в третій та шостій групах сконцентровані сорти з високими значеннями генеративних ознак. Кращі сорти озимої пшениці за результатами кластерного аналізу в 2006 р. - Д-404 (Перемога 2); Д-421 (24327 Крижинка); Д-423 (Миронівська 68); Д-450 (26443 ENOLA); Д-492 (IR10985 Київська 7) (рис. 6.5).

Рисунок 6.5 – Дендрограма розподілу сортів та селекційних ліній пшениці озимої кращої групи шостого кластеру другого строку сівби (2006 р.) *

*Д-404 - Перемога 2

Д-421 - Крижинка

Д-423 - Миронівська 68

Д-450 - ENOLA

Д-492 - Київська 7

У 2011 р. (пізня вегетація) за першого строку сівби з 80 ідентифікованих сортів і селекційних ліній у кластерному аналізі кращою відмічена шоста група шостого кластеру, в якій сконцентровано 8 сортів та селекційних ліній (рис. 6.6) із кращими показниками генеративних ознак, таких, як «врожайність кластеру», «маса зерна з колоса», «число зерен у колосі», «маса колоса із зерном». Так,

рівень формування маси зерна з колоса по цій групі були на рівні $2,0 \pm 0,3$ г, маси колоса із зерном – $2,8 \pm 0,2$ г, числа зерен із колоса – $45,5 \pm 5,0$ шт., маси 1000 зерен – $44,1 \pm 1,7$ г. Варто зазначити, що весна 2011 р. відрізнялася пізнім часом відновлення весняної вегетації пшениці озимої, що в свою чергу вплинуло на проходження фаз органогенезу та на рівень формування кількісних ознак.

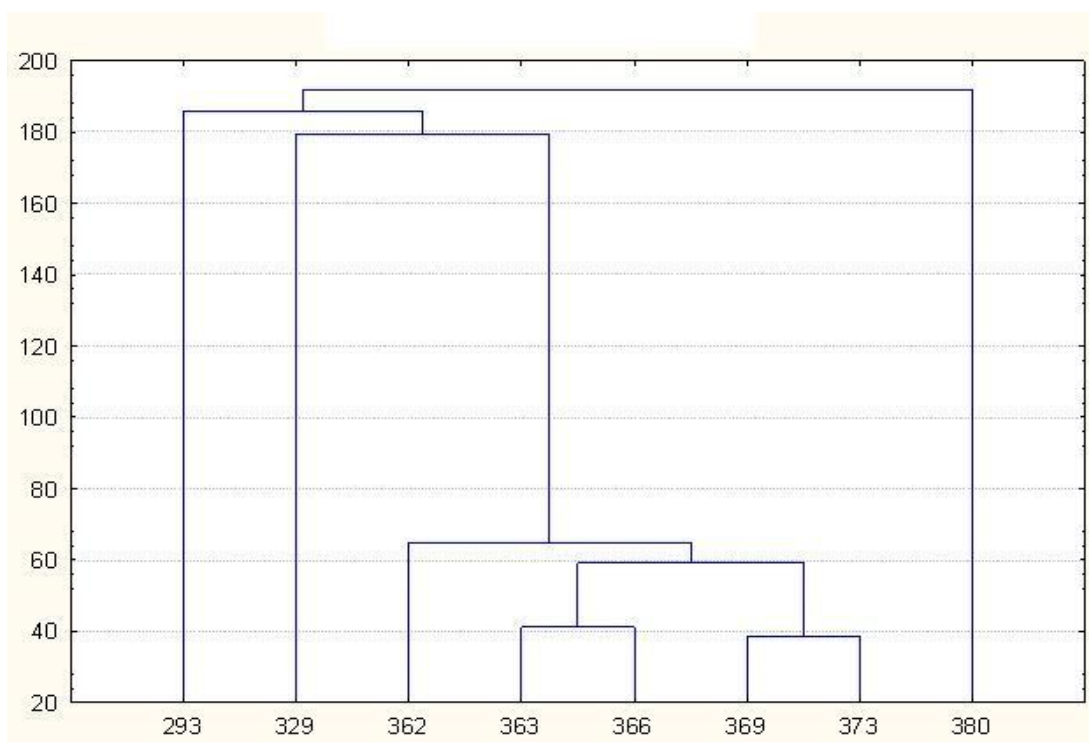


Рисунок 6.6 – Дендрограма розподілу сортів та селекційних ліній пшениці озимої кращої групи шостого кластеру першого строку сівби (2011р.) *

*293 – Дніпровська 277;

329 – Одеська 51;

362 – Л 16 / Червона

363 – Перемога 2 / Коломак 5 // Станична

366 – Перемога 2 / Коломак 3 // Станична

369 – Перемога 2 / Коломак 5 // Станична

373 – Л 9 / Червона // Станична

380 – Одеська 267 / Донецька 46 // Сатанична

У 2011 р. (пізня вегетація) за другого строку сівби з 79 ідентифікованих сортів та селекційних ліній у кластерному аналізі кращою групою кращого шостого кластеру виділена перша група, в якій сконцентровано вісім сортів і селекційних ліній пшениці озимої (рис. 6.7). Слід зазначити, що рівень формування кількісних ознак по кращій групі за другого строку сівби був гіршим, а ніж за першого. Ця особливість характерна також для урожайності кращої групи шостого кластеру. За результатами кластерного аналізу сортів і селекційних ліній та розміщенню їх на дендрограмах за двох строків сівби виявлено, що два сорти й одна селекційна лінія пшениці озимої розміщені в кращих групах кластера як у першому, так і другому строкові сівби. Це сорти: Дніпровська 277, Одеська 51 та селекційна лінія - Одеська 267 / Донецька 46 // Станична (Додаток Є 4). Таке співпадіння не випадкове і воно пояснюється високими адаптивними особливостями випробуваних сортів і селекційних ліній.

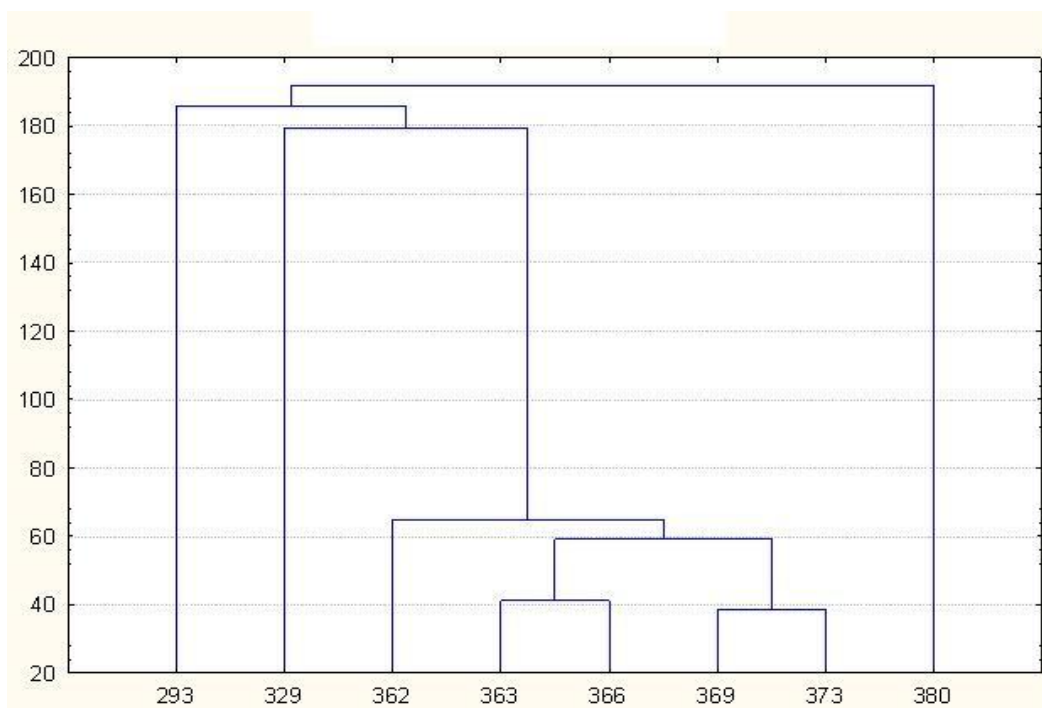


Рисунок 6.7 – Дендрограма розподілу сортів та селекційних ліній пшениці озимої кращої групи шостого кластеру другого строку сівби (2011р.) *

*293 – Дніпровська 277;

329 – Одеська 51;

362 – Л 16 / Червона

363 – Перемога 2 / Коломак 5 // Станична

366 – Перемога 2 / Коломак 3 // Станична

369 – Перемога 2 / Коломак 5 // Станична

373 – Л 9 / Червона // Станична

380 – Одеська 267 / Донецька 46 // Станична.

Таким чином, на підставі проведених досліджень на великому різноманітті сортів та селекційних ліній пшениці озимої, в пошуку донорів стійкості до стресових умов середовища (за раннього та пізнього часу відновлення весняної вегетації) з використанням кластерного аналізу ідентифіковані сорти й селекційні лінії, що формували достатньо високий рівень продуктивного потенціалу і не втрачали якісних параметрів.

Ці сорти з високими адаптивними властивостями доцільно використовувати як перспективний селекційний матеріал і як батьківські компоненти в гібридизації на адаптивність [157].

6.2. Використання молекулярних SSR-маркерів для характеристики сортів та селекційних ліній пшениці озимої за рівнем спорідненості

Пшениця м'яка, *Triticum aestivum* ($2n = 42 ABD$), одна з найбільш важливих культур в світовій економіці. Генетичні карти пшениці були розроблені та розширені із застосуванням різних маркерних систем: RFLP, AFLP, SSR, ISSR, SNR та інші [158,159]. Ці карти можуть бути основою для визначення суттєвих перебудов у геномі та моніторингу чужорідної інтрогресії під час селекційного

процесу, із залученням дикорослих і споріднених видів пшениці. Вони також використовуються для прискорення ідентифікації маркерів, пов'язаних з певними генами [160,161]. Молекулярні маркери є сучасними діагностичними засобами, які дозволяють селекціонерам вирішувати практичні проблеми [163,164]. Вони спрощують сортову ідентифікацію, визначення генетичної подібності серед селекційних зразків. У пшениці, ідентифікований ряд молекулярних маркерів, що асоційовані близько з 40 економічно важливими ознаками. Знання локалізації генів, що контролюють ці ознаки, та специфічних алелей пропонує можливості для застосування селекції на основі молекулярних маркерів (MAS – marker-assisted selection) для зернових культур, так як одне з основних завдань селекції рослин це інтрогресія одного чи більше бажаних генів від донора в геном елітного сорту [165,166].

Нині SSR (simple sequences repeats markers) маркери є найбільш популярними в аналізі зернових культур. Поступове накопичення інформації про структуру геномів логічно призводить до створення нових маркерних систем, таких, як наприклад SSR [167,168]. Молекулярні маркери є корисним доповненням до морфологічної та фізіологічної характеристики сортів та ліній озимої пшениці. Зокрема, SSR маркери пропонують як більш інформативні [161,186], завдяки їх мультиалельності, хромосомної специфічності та розповсюдженню по геному молекулярні маркери широко використовуються в генетиці пшениці для селектування специфічних генів [170,187], ідентифікації QTL локусів [171] та для селекції за допомогою молекулярних маркерів [172]. Молекулярні маркери не змінюються під впливом зовнішнього середовища і можуть бути вивчені на будь якій стадії росту та розвитку рослини [173,188]. ДНК маркери також можуть бути використані для вивчення походження потомства (педігрі) та однорідності.

Молекулярні маркери засновані на ПЛР являють собою швидкий метод аналізу ДНК, так як не потребують застосування радіоактивних міток, а для його проведення достатньо невеликої кількості геномної ДНК [162].

Одним з важливих аспектів генетики і селекції рослин є детальна характеристика досліджуваного матеріалу. Створені в результаті селекції сорти рослин поєднують у собі унікальні комбінації алелей генів, що забезпечують як формування важливих господарсько-корисних ознак, так і адаптацію до біотичних та абіотичних факторів середовища. Генетичний аналіз ознак, їх природи та характеру успадкування є основою успішного ведення селекції будь-якої культури. Сучасні методи молекулярної генетики перевели генетичний аналіз організмів на новий, більш технологічний рівень завдяки можливості дослідження безпосередньо ДНК, її окремих фрагментів, секвенування геномів. Молекулярно-генетичні дослідження дають чітке уявлення про процеси, що відбуваються від гену до ознаки, та про те, як зміна послідовності нуклеотидів ДНК впливає на варіабельність ознак. Інформація, отримана методами молекулярної генетики, суттєво доповнює дані генетичного аналізу [174]. Однак, селекція не може засновуватися лише на даних молекулярно-генетичного аналізу. Найбільшої результативності при веденні селекційного процесу можна досягти лише при поєднанні класичної та молекулярної генетики.

Селекція з використанням маркерів, що тісно зчеплені з бажаною ознакою, дозволяє добирати рослини з необхідною комбінацією генів, що значно підвищує ефективність селекційних програм.

Технологія використання молекулярних маркерів ДНК для дослідження сортів, ліній, гібридів, колекцій вихідного матеріалу вже застосована на багатьох культурах: зернових, бобових та інших [175,185]. Це дозволяє проводити ідентифікацію генотипів, встановлювати генетичну спорідненість та

вивчати генеалогію сортів, навіть в історичному контексті. Для ДНК-маркерів характерна високополіморфна природа, кодомінантне успадкування (можливість відрізнити гомо- і гетерозиготний стан), високий ступінь присутності в геномі, нейтральність до умов оточуючого середовища.

Полтавський селекційний центр разом із Центром агрономічних досліджень CARAH (Бельгія) проводить аналіз сортів та селекційного матеріалу за допомогою молекулярних маркерів ДНК. Для аналізу генетичної спорідненості нами використані AFLP-маркери та SSR-маркери. Це дозволило проаналізувати велику кількість ліній та сортів і виявити відмінності навіть між лініями однієї комбінації схрещування. SSR-маркери є зручним інструментом вивчення генетичної спорідненості сортів та ліній, який дозволяє визначити відмінності навіть між нащадками однієї пари схрещування, визначити відповідність гібридів батьківським формам, дослідити походження сорту. SSR-маркери мають кодомінантну природу, є високополіморфними та високоінформативними маркерами. Зокрема, для пшениці на сьогодні відомо більше 1000 високоспецифічних SSR-маркерів, виявлена їх локалізація в групах зчеплення та асоціація з певними маркерними генами. Відомо, що генетичне різноманіття серед сучасних комерційних сортів пшениці має тенденцію до звуження в порівнянні із застарілими та стародавніми сортами. Внаслідок подібності багатьох сортів за господарсько-корисними ознаками, для їх ідентифікації можна ефективно застосовувати молекулярні маркери ДНК, а саме SSR-маркери.

SSR-маркери є одним із ефективних методів аналізу вихідного та селекційного матеріалу, сортів, ліній, гібридів та колекцій сільськогосподарських культур. Ці маркери є високополіморфними, мають кодомінантне успадкування, широко представлені у геномі, а також асоційовані із генами важливих господарсько-корисних ознак. SSR-маркери широко

використовуються для генетичного аналізу пшениці, що дозволяє встановлювати генетичну спорідненість/віддаленість сортів, їх генеалогічні зв'язки, виявляти унікальний селекційний матеріал, визначати рівень генетичного різноманіття [189,190].

Нами проведений аналіз 42 сортів та ліній пшениці озимої Полтавського селекційного центру за 11 SSR маркерами: *Xgwm11(1B)*, *Xgwm44(7D)*, *Xgwm46(7B)*, *Xgwm135(1A)*, *Xgwm174(5D)*, *Xgwm186(5A)*, *Xgwm194(4D)*, *Xgwm219(6B)*, *Xgwm312(2A)*, *Xgwm372(2A)*, *Xgwm389(3B)*. Найбільш поліморфними в нашому дослідженні виявились *Xgwm174* (PIC – 0.88), *Xgwm389* (PIC – 0.84) і *Xgwm372* (PIC – 0.84).

Геномна ДНК була виділена з проростків з використанням QuickPickPlant DNA kit та Pickpen 1-M (Bio-Nobile, Finland). Концентрація розчину ДНК вимірювали за допомогою ND-3300 NanoDrop spectrofluorimeter (Thermo Scientific; Waltham, MA, USA). Зразок кожного концентрованого розчину ДНК було розведено до 2 ng/μl для одержання оптимальної концентрації для проведення multiplexed-PCR.

Праймери, використані в даному дослідженні, були підібрані на основі літературних даних [169,183,184]. Критеріями добору праймерів були: рівень поліморфізму (PIC), довжина отриманого фрагменту та подібність за температурою віджигу.

Характеристика SSR маркерів. Для дослідження мікросателітних локусів в роботі ми використовували 37 пар олігонуклеотидних праймерів, які були запропоновані в роботі Н.Редер із соавторами.

Кожна з цих пар праймерів дозволяє досліджувати один *Xgwm*-локус (табл.6.1.)

Таблиця 6.1 – Характеристика SSR-маркерів за Н.Редер.

Локус	Хромосома	Базова послідовність	Праймер	Розмір алеля	К-сть алелей	К-сть унікальних алелей	РІС
Xgwm 11	1B	(TA)6CATA(CA)1 9(TA)6	GGATAGTCAGACAATTCTTGTG D3 GTGAATTGTGTCTTGTATGCTTCC	184-211	8	4	0,78
Xgwm 44	7DS	(GA) 28	GTTGAGCTTTTCAGTTCGGC D4 ACTGGCATCCACTGAGCTG	173-184	8	2	0,79
Xgwm 46	7BS	(GA) 2GC(GA) 33	GCACGTGAATGGATTGGAC D3 TGACCCAATAGTGGTGGTCA	144-179	9	3	0,77
Xgwm 135	1A	(GA) 20	TGTCAACATCGTTTTGAAAAGG D3 AACTGTCAACCTGGCAATG	134-195	6	1	0,54
Xgwm 174	5DL	(CT) 22	GGGTTCTATCTGGTAAATCCC D3 GACACACATGTTCTGCCCAC	181-226	15	5	0,87
Xgwm 186	5A	(GA) 26	GCAGAGCCTGGTTCAAAAAG D3 CGCCTCTAGCGAGAGCTATG	91-132	8	2	0,18
Xgwm 194	4DL	(CT) 32imp	GATCTGCTCTACTCTCCTCC D4 CGACGCAGAACTTAAACAAG	129-137	7	1	0,77
Xgwm 219	6B	(GA) 35imp	GATGAGCGACACCTAGCCTC D4 GGGGTCCGAGTCCACAAC	163-189	6	1	0,75
Xgwm 312	2A	(GA) 37	ATCGCATGATGCACGTAGAG D4 ACATGCATGCCTACCTAATGG	189-236	10	3	0,48

Xgwm 372	2A	(GA)> 51	AATAGAGCCCTGGGACTGGG GAAGGACGACATTCCACCTG	D3	284-331	10	1	0,83
Xgwm 389	3B	(CT) 14(GT) 16	ATCATGTCGATCTCCTTGACG TGCCATGCACATTAGCAGAT	D4	115-142	10	2	0,84

Добір праймерів для даного аналізу був здійснений нами на основі попередніх досліджень [176-179] інших авторів про їх інформативність.

Кількість виявлених алелей на один локус варіювало від 6 (Xgwm 135, 219) до 15 у Xgwm 174. Всього для досліджених 11 локусів ідентифіковано 97 алелей, серед них виявлено 25 унікальних алелей, тобто кожна з них була присутня тільки в одному генотипі. Найбільше унікальних алелей виявлено за локусом Xgwm 174 (хромосома 5D, 15 алелей) – 5 унікальних алелей, та за локусом Xgwm 11 (хромосома 1B, 8 алелей) - 4 унікальних алелей. Також нами був розрахований індекс поліморфізму (PIC) який характеризує мінливість даних локусів. Найбільш поліморфними в нашому дослідженні виявились маркери: Xgwm 174 (PIC – 0.88), Xgwm 389 (PIC – 0.84) і Xgwm 372 (PIC – 0.84).

Варто відмітити, що унікальні алелі мали тенденцію до виникнення в певних генотипах. Так, сорт Диканька селекції ПДАА мав у своєму генотипі 4 унікальних алелі досліджених маркерів. Більш мінливі локуси із великою кількістю унікальних алелей дозволяють вивчати сортовий матеріал пшениці за генетичною спорідненістю. Подібна інформація може бути корисною для підбору батьківських пар у гібридизації, ідентифікації сортів та виведенні генетичного різноманіття. В нашому дослідженні ми використовували ці маркери для встановлення рівня генетичної спорідненості сортів та виявлення унікальних генотипів що можуть бути цінними для селекції.

У результаті аналізу молекулярного розміру отриманих фрагментів ДНК (SSR-маркерів) у сортів та ліній пшениці озимої ми отримали розподіл сортів і ліній за генетичною спорідненістю на 8 кластерів (табл. 6.2).

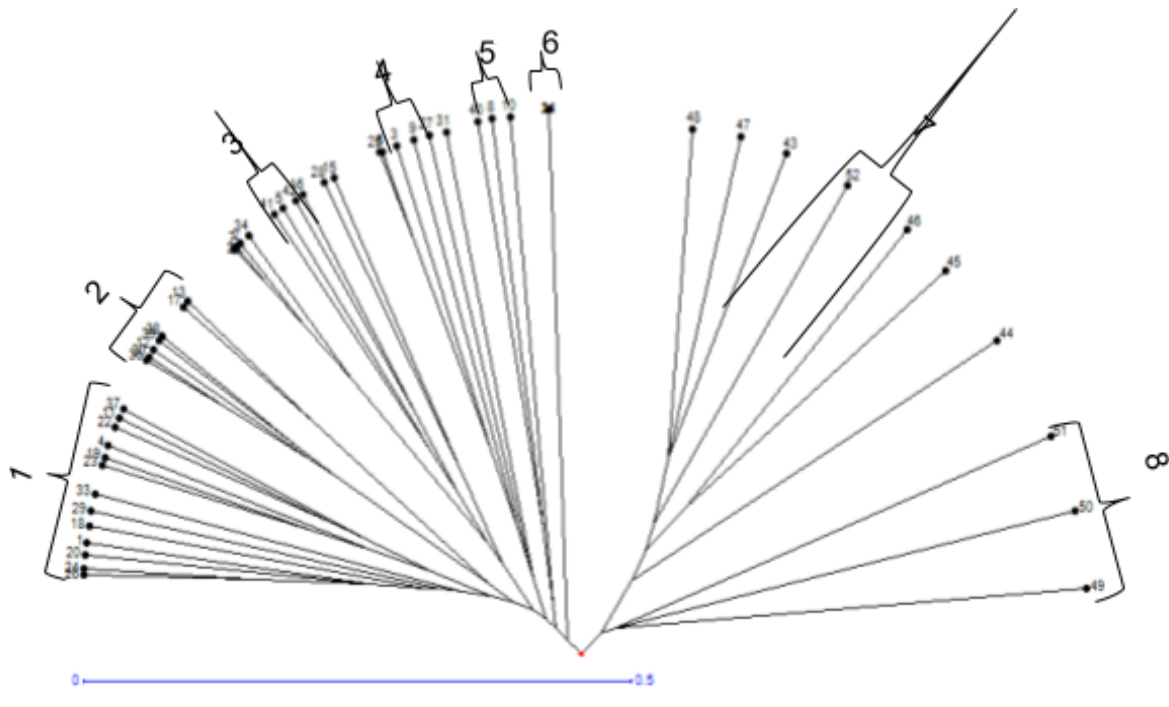
Номер кластера	Назва лінії	Комбінація схрещувань	Номер кластера	Назва лінії	Комбінація схрещувань
1	2	3	4	5	6
<i>Cluster 1</i>			<i>Cluster 4</i>		
26	L-8 - 4	VILSHANA / MANZHELIYA	25	L-7 -77	DONSKAYA-POLUKARLIKOVAYA/ERMAK
4	L-7 -71	MANZHELIYA / SAGAIKAK	6	L-7P	DONSKAYA-POLUKARLIKOVAYA/ERMAK
20	L-7 -35	VILSHANA / MANZHELIYA	3	L-1P	VILSHANA/ERMAK
1	L-13P	VILSHANA / MANZHELIYA	9	Ariivka	DONSKAYA-POLUKARLIKOVAYA/Unknown
18	Levada	ALBATROS-ODESSKII / PLISKA // MIRONOVSKAYA-808	27	L-8 - 8	UKRAINKA POLTAVSKAYA/ERMAK
33	Sagaidak	LUTESCENS-89/Breeding line 50144	31	Prestige	-
23	L-7 -55	VILSHANA / MANZHELIYA			
19	L-7-32	VILSHANA / MANZHELIYA	<i>Cluster 5</i>		
4	L-2P	ERYTHROSPERMUM/NAHODKA 4// STANICHNAYA	40	Vilshana	HADMERSLEBENER-12174-85/ HADMERSLEBENER-11926-85
22	L-7-54	VILSHANA / LEVADA	8	L-9P	YUZHNAJA-ZARYA / CHAIKA // CHERVONA

Таблиця 6.2 – Розподіл сортів і ліній пшениці озимої за генетичною спорідненістю у кластери

1	2	3	4	5	6
11	Ivanov.ostista		10	Dykanka	YUZHNYAYA-ZARYA / CHAIKA
37	Sonyachna		Cluster 6		
Cluster 2			21	L-7 -44	UKRAINKA POLTAVSKAYA / ERMAK
36	Sonata Polt	KOLOMAK-3 / SKIFYANKA	14	Kovpak	YUZHNYAYA-ZARYA / CHAIKA
30	Poltavchanka	KOLOMAK-3 / SKIFYANKA			
12	Karmelyuk	KOLOMAK5 / PARTIZANKA // SKIFYANKA	Cluster 7		
39	Ukrainka polt	DNEPROVSKAYA-782 / PRIBOI	48	Edgar	DRIFTER / NIC97-3061-B
38	Tsarychanka	DONSKAYA-POLUKARLIK / KOLOMAK-3	47	Jb. Diego	3315B / STRU 2374
13	Kolomak-5	DNEPROVSKAYA-782 / PRIBOI	43	Atomic	AADVARK / TRANSIT
17	L-3		52	Goelent	GOYA/TALENT
Cluster 3			46	Bergamo	-
32	Radyvonivka	DONETSKA-4 / LELYA	45	Cellule	AITAMIRA / NOGAL
35	Sanjara	LUTESCENS-89/Breeding line 51486	44	Anapolis	ARDEN / SKAMELJE

7	L-8P	PEREMOGA-2 / KOLOMAK-3 // ZERNOGRADSKAYA-11			
2	L-15P	UKRAINKA POLTAV/ STANICHNAYA			
1	2	3	4	5	6
34	Samara	PEREMOGA-2/KOLOMAK-5	Cluster 8		
41	Vyra		51	Etoile de choisy	MON-DESIR/ARDITO//MOUTON-A-EPI-ROUGE/K-3/3/MOUTON-A-EPI-ROUGE
5	L-3P		50	Dattel	CHIDDAM-D-AUTOMNE-A-EPI-ROUGE/PRINCE-ALBERT
42	Zelenyi gai	KOLOMAK-3/SKIFYANKA	49	Courtot	MEXIQUE-50/B-21-VERSAILLES
16	Kiriya	OBRII/YUZHNAJA-ZARYA//LAN/3/YUBILEINAYA-75			
28	L-8 -10	YUZHNAJA-ZARYA/CHAIKA//KRIZHINKA			
15	Krizhinka	MIRONOVSKAYA-27/MIRONOVSKAYA-28			

У результаті аналізу молекулярного розміру отриманих фрагментів ДНК (SSR-маркерів) у сортів та ліній пшениці озимої ми отримали розподіл сортів і ліній за генетичною спорідненістю на 8 кластерів (рис. 6.8). У найбільший 1-й кластер увійшли сорти Левада, Оржиця, Сагайдак та селекційні лінії полтавської селекції, а також сорти Іванівська остиста та Сонячна загалом 13 ліній та сортів. У дослідженні генеалогії сортів цього кластеру показана присутність сортів одеської селекції, зокрема - Альбатросу одеського, широко відомого та розповсюдженого свого часу в Україні. Інший кластер сформували сорти селекції Полтавського селекційного центру, створені за участі сортів Коломак-3 та Коломак-5, а саме: Соната Полтавська, Полтавчанка, Кармелюк, Українка Полтавська, Царичанка. Третій кластер сформувався з 11 сортів як полтавської (Радивонівка, Санжара, Самара, Зелений гай), так і одеської (Кірія) та миронівської селекції (Крижинка). Для встановлення причин даної подібності за SSR-маркерами необхідно дослідити більш глибоко генеалогію цих сортів. У четвертий кластер увійшло 5 сортів та ліній полтавської селекції та сорт Престиж російської селекції. Всі ці сорти та лінії характеризуються коротким стеблом, успадкованим від сортів Донська напівкарликова та Єрмак, на що вказує їх генеалогія. П'ятий кластер виявився найбільш віддаленим та містив сорти Диканька, Вільшана, С. Ковпак та лінію Л-9. 7-й та 8-й кластери сформували сорти європейської селекції. При цьому до 8-го кластеру увійшли давні сорти (Dattel, Courtot, Etoile de choisy), які більше не вирощуються, але присутні в родоводах багатьох сучасних європейських сортів.



селекційними лініями пшениці озимої за 11 SSR маркерами ДНК

Загалом, розташування сортів і ліній за кластерами на дендрограмі UPGMA відповідає їх походженню, хоча навіть у ліній з однієї комбанації схрещування можна встановити відмінності за допомогою SSR-маркерів.

Використання ДНК-маркерів при аналізі генетичної спорідненості сортів та ліній пшениці озимої селекції Полтавського селекційного центру, інших селекційних установ України та Європи дало можливість нам виявити [180,181,182] наявність рідкісних алелей досліджуваних маркерів та їх комбінації, характерних лише для сортів Полтавської селекції. Це свідчить про унікальність селекційного матеріалу пшениці озимої в Полтавському селекційному центрі, який був створений та відселектований у складних і мінливих умовах нашого регіону.

Висновки до розділу 6

1. Використовуючи кластерний аналіз, та аналізуючи дендрограми за розподілом сортів та селекційних ліній пшениці озимої по кращим групам в двох строках сівби виявлено, що за ранньою та пізньою вегетаціями, які діяли в роки досліджень, як стресові фактори, виділені однакові сорти пшениці озимої, що розміщувалися у кращих групах кластерів як за першого, так і другого строків сівби. Це сорти - Ростовчанка, Довіра, Київська 6, ZORA, Єрмак, Дніпровська 277, Одеська 51, Коломак 2, Диканька, Перемога 2, Крижинка, Миронівська 68, ENOLA, Київська 7, Губернаторка, Говтва, Сагайдак, Лютенська, Батько, Станична, Вільшана, Коломак 3, та селекційні лінії - Перемога 2 / Порада, Перемога 2 / Коломак 5, Миронівська 27 / Л.51486, Одеська 267 / Донецька 46 // Станична.

2. Сорти та селекційні лінії були кращими як за урожайністю, так і за іншими господарсько-корисними ознаками не тільки в стресових умовах середовища, а і за раннього і пізнього строків сівби в роки досліджень. Ідентифікований селекційний матеріал пропонується для подальшого вивчення і передачі до Державного випробування, а також використовувати у гібридизації як джерела стійкості до стресів.

3. З використанням SSR-маркерів виявлені рідкісні алелі досліджуваних маркерів та їх комбінації, характерні лише для сортів Полтавської селекції.

4. За допомогою ДНК-маркерів встановлений рівень генетичної спорідненості між сортами Полтавської селекції та інших селекційних установ.

5. Доведено, що унікальні алелі мали тенденцію до виникнення в певних генотипах. Так, сорт Диканька селекції ПДАА мав у своєму генотипі 4 унікальних алелей досліджених маркерів.

РОЗДІЛ 7

ГОСПОДАРСЬКО БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ СЕЛЕКЦІЇ ПДАА

У селекційному центрі Полтавської державної аграрної академії ведеться селекція пшениці озимої із врахуванням моделі сорту пшениці озимої, яка була розроблена селекціонерами і впроваджена в селекційний процес у 2001-2006 рр. Модель сорту передбачала використання великої кількості господарсько-корисних параметрів, які були визначені в кореляційному, регресійному, кластерному аналізах і, безумовно, враховувались і враховуються при створенні сортів і до нині [191-193]. В інформації щодо адаптивного потенціалу сортів пшениці озимої враховані всі якісні параметри, які були відмічені як при проходженні Державного випробування, так і в післяреєстраційному дослідженні.

7.1. Господарсько біологічна характеристика сорту пшениці озимої Кармелюк

Автори сорту: Дриженко (Криворучко) Л.М., д. с.-г. н. Тищенко В. М. та інші Додаток Ж 4 – Ж 6). Створений в тісній співпраці та на замовлення виробників, які бажали мати високоврожайний сорт пшениці максимально адаптований до змін навколишнього середовища з еректоїдним, або вертикальним, розташуванням прапорцевого листа і вертикальним розташуванням кореня, що ліквідує конкуренцію рослин в популяції рослин сорту. Створено шляхом схрещування сортів пшениці озимої, та з наступним

індивідуальним доббором, з використанням збирального індексу та лінійної щільності колоса елітних рослин, на фоні штучної затримки часу відновлення весняної вегетації. Різновидність - еритроспермум. Кущ - прямостоячий, лист зелений. Колос остистий. Відмінна стійкість до хвороб та шкідників. Має підвищену здатність до кушіння в осінній та весняний періоди.

У таблиці 7.1 представлені результати урожайності сорту пшениці озимої Кармелюк по трьох кліматичних зонах України за три роки випробувань.

Таблиця 7.1 – Урожайність сорту пшениці озимої Кармелюк по кліматичних зонах України, ц/га (за даними інституту експертизи сортів рослин)

Кліматичні зони	Урожайність, ц/га			Середня за 3 роки випробовування
	2012 р.	2013р.	2014 р.	
Полісся	54,6	45,8	56,3	52,2
LV	42,2-66,4	37,9-54,2	40,0-64,9	
Степ	42,3	49,8	49,7	47,3
LV	30,6-62,0	47,4-52,2	32,3-69,9	
Лісостеп	65,1	34,0	59,3	52,8
LV	54,3-79,3	25,3-42,6	42,4-78,5	

Як видно з таблиці сама висока урожайність по Полісся була відмічена в 2014 році, яка становила 56,3 ц/га. По Лісостепу самим врожайним роком досліджуваного сорту був 2012 р., де врожайність по Державним сортовипробувальним станціям та Державним експертним центрам формувалася від 54,3 до 79,3 ц/га. Якщо проаналізувати всі заклади експертизи, то максимальна урожайність по сорту Кармелюк становила 79,3 ц /га.

Враховуючи те, що на сортовипробувальних станціях не використовують мінеральні добрива, а випробовання проводять тільки по паровим попередникам, то потенціал врожаю 79,3 ц/га є дуже добрим показником сорту Кармелюк. За три роки випробувань максимальну урожайність відмічено як у зоні Лісостепу України, так і у зоні Полісся, яка становила 52,8 ц/га. Слід відмітити, що у зоні Степу теж формувалася достатньо стабільна і висока врожайність незважаючи на скрутні кліматичні умови майже упродовж всього періоду кваліфікаційної експертизи (Додаток 3 2). Враховуючи достатньо високий рівень стабільності сорту і високий рівень адаптивності ми пропонуємо сорт пшениці озимої Кармелюк для широкого використання у виробництві.

7.2. Господарсько біологічна характеристика сорту пшениці озимої Санжара

Автори сорту: Дриженко (Криворучко) Л.М., д.с.-г.н. Тищенко В.М., к.б.н. Баташова М.Є., та інші Додаток Ж1 – Ж 3). Створений у тісній співпраці та на замовлення виробників, які бажали мати високоврожайний сорт пшениці максимально адаптований до змін навколишнього середовища. Створено методом гібридизації сортів пшениці озимої м'якої з наступним багаторазовим добором із використанням збирального індексу та лінійної щільності колоса елітних рослин на фоні штучної затримки часу відновлення весняної вегетації. Різновидність - еритроспермум. Кущ - прямостоячий, лист зелений. Колос остистий. Відмінна стійкість до хвороб та шкідників. Має підвищену здатність до кушіння в осінній та весняний періоди. Відноситься до групи з підвищеною фотоперіодичною чутливістю та подовженим періодом яровизації, що дає змогу висівати його в досить ранні строки сівби.

Зимостійкість сорту обумовлена чутливістю до фотоперіоду (не переростає в осінній період) і подовженим періодом яровизації (стійкий до зимових відлиг та до повернення холодів). Ці особливості надають сортові високий рівень адаптивності до стресових умов середовища. Висота рослин 96,1–105,0 см.; маса 1000 насінин 42,1–44,6 г; вміст білка 13,0-14,3%, клейковини 29,0-33,6%. Довжина вегетаційного періоду 276-279 днів. Сорт віднесений до групи сильних пшениць. Досягнутий потенціал урожайності 93,4 ц/га. Внесений до Державного Реєстру сортів рослин, придатних для вирощування в Україні з 2017 року. № заяви в Реєстрі сортів 14012022.

У таблиці 7.2 подані результати урожайності сорту пшениці озимої Санжара по трьох кліматичних зонах України за два роки випробувань. За результатами дворічних випробувань сорт було запропоновано для внесення до Державного Реєстру сортів рослин придатних для вирощування в Україні (Додаток 3 1).

Таблиця 7.2 – Урожайність сорту пшениці озимої Санжара по кліматичним зонам України

Кліматична зона	Урожайність, ц/га		Середня за 2 роки випробування
	2015 р.	2016 р.	
Полісся (7 закладів експертизи)	54,4	54,9	54,7
<i>LV</i>	35,8-72,8	39,4-72,8	
Степ (8 закладів експертизи)	45,7	56,5	51,1
<i>LV</i>	17,9-69,6	22,1-82,4	

Лісостеп (9 закладів експертизи)	61,3	65,0	63,2
<i>LV</i>	<i>29,6-91,3</i>	<i>32,2-91,4</i>	

Слід відмітити, що як при проходженні Державного випробування, так і в умовах виробництва, сорти пшениці озимої Кармелюк та Санжара формували достатньо стабільний і високий урожай, незважаючи на складні кліматичні умови майже впродовж всього періоду кваліфікаційної експертизи. Враховуючи достатньо високий рівень стабільності і високий рівень адаптивності ми пропонуємо сорти пшениці озимої Кармелюк та Санжара для широкого використання у виробництві по всіх кліматичних зонах України.

7.3. Характеристика сортів пшениці озимої Кармелюк та Санжара в роки з різним часом відновлення весняної вегетації

Час відновлення весняної вегетації - одне з важливих біологічних явищ в онтогенезі пшениці озимої, вплив якого на розвиток її рослин вивчався.

Зміни клімату, які характерні для умов Лісостепу, Степу та Полісся, підтверджують необхідність врахування цього фактору не тільки в технології вирощування пшениці озимої, але і в технології ведення селекційного процесу. Відомо, що вегетація пшениці озимої в одній місцевості може відновлюватись у різний час з діапазоном між крайніми можливими строками 45-70 діб.

Впродовж досліджень (2006-2018 рр.) по темі дисертації було проаналізовано різний початок часу відновлення весняної вегетації пшениці озимої (табл. 7.3).

Таблиця 7.3 – Дата початку відновлення весняної вегетації в роки досліджень

Рік	Дата початку вегетації	Вегетація
2006	30 березня	пізня
2007	8 березня	рання
2008	28 лютого	рання
2009	28 березня	оптимальна
2010	25 березня	оптимальна
2011	30 березня	пізня
2012	25 березня	оптимальна
2013	5 квітня	пізня
Продовження табл. 7.3.		
2014	5 березня	рання
2015	13 березня	Рання
2016	28 лютого	рання
2017	9 березня	рання
2018	9 квітня	пізня

Суть фактора часу відновлення весняної вегетації полягає в тому, що за надто раннього або надто пізнього відновлення вегетації у рослин спостерігається суттєве відхилення від оптимальних темпів росту і розвитку, інтенсивності фотосинтетичної діяльності, стійкості до полягання, структури, якості і величини врожаю.

По суті, час відновлення вегетації (ранній чи пізній) пшениці озимої можна кваліфікувати як стрес, тобто це реакція організму на сильний негативний вплив середовища.

За 13 років спостережень рання вегетація пшениці озимої відбувалась 6 разів: 2007, 2008, 2014, 2015, 2016, 2017 рр. Пізній початок відновлення весняної вегетації пшениці озимої відмічено 4 рази, це 2006, 2011, 2013 та 2018 рр. Оптимальний початок відновлення весняної вегетації зафіксовано у 2009, 2010 та 2012 рр.

7.4. Врожайність сортів пшениці озимої Кармелюк та Санжара в роки з різним початком відновлення весняної вегетації

Врожайність пшениці озимої є одним із найважливіших критеріїв у оцінці сорту. Формування врожаю – це складний процес, який визначається генетипом рослини і зовнішніми умовами. Щоб забезпечити високий урожай пшениці озимої, необхідно мати повну інформацію про всю багатогранність дії окремих чинників, що беруть участь у рості і розвитку рослин і їх взаємодію, вміти передбачати реакцію рослин на них [206].

Потенціал врожаю пшениці озимої визначається генетичними складовими в реалізації норми реакції на біотичні і абіотичні чинники середовища і формуванням в онтогенезі кількісних і якісних параметрів вегетативної та генеративної частини рослини [207].

Слід зауважити, що дослідження, проведені в селекційному центрі Полтавської державної аграрної академії, по вивченню мінливості кількісних ознак пшениці озимої, спрямовувалися, насамперед, на вплив стресових умов середовища весняного періоду на різні показники пшениці озимої, коли вона проходить фази органогенезу в умовах ранньої або пізньої вегетації.

Встановлено, що краща реалізація потенціалу врожайності сортів пшениці озимої Кармелюк та Санжара в роки з раннім або оптимальним початком весняної вегетації (табл. 8.4).

Таблиця 7.4 – Врожайність сортів пшениці озимої Кармелюк та Санжара в роки з різним початком відновлення весняної вегетації, ц/га

Вегетація в рік досліджень	Врожайність сортів, ц/га		
	Левада (стандарт)	Кармелюк	Санжара
2012 р. (оптимальна)	59,5	65,1	63,1
2013 р. (пізня)	30,4	34,0	37,0
2014 р. (рання)	50,2	59,3	62,5
2015 р. (рання)	57,4	62,8	61,3
2016 р. (рання)	51,1	60,6	65,0
2017 р. (рання)	53,8	56,0	52,3
2018 р. (пізня)	44,0	43,7	41,0

За ранньої вегетації у 2014, 2015, 2016 та 2017 рр. сорт Кармелюк формував врожайність від 56,0 до 62,8 ц/га, а сорт Санжара – від 61,3 до 65,0 ц/га. За оптимальної вегетації сорт Кармелюк формував найвищу врожайність за всі роки досліджень, яка складала 65,1 ц/га, що перевищувало врожайність сорту стандарту Левада на 5,6 ц/га. Сорт Санжара за оптимальної вегетації мав врожайність 63,1 ц/га, що перевищувало врожайність сорту Левада на 3,6 ц/га.

За пізнього початку весняної вегетації (2013, 2018 рр.) врожайність досліджуваних сортів зменшувалася і становила: Кармелюк – 34,0-43,7 ц/га; Санжара – 37,0-41,0 ц/га.

Затримка весняної вегетації в усіх без винятку роках ускладнювала виживання рослин після перезимівлі. Пізній час відновлення весняної вегетації найбільше впливав на формування густоти продуктивних стебел і висоти рослин, внаслідок чого урожай сухої надземної маси всіх сортів за пізньої вегетації зменшувався.

В аналіз залучався максимальний потенціал врожайності по кожному сорту і ми вважаємо, що ця межа врожайності обумовлена генетичними особливостями. Слід нагадати, що при проведенні кваліфікаційної експертизи у технологію вирощування не залучаються добрива, засоби захисту, регулятори, стимулятори, тобто врожайність формується за рахунок його генетичного потенціалу. Тому рівень врожайності випробуваних сортів наведений в табл. 7.4 є досить об'єктивним.

Також на рівень врожайності значно впливали роки з несприятливими кліматичними умовами за період осіннього росту і розвитку рослин. Головним фактором, який вносив корективи на рівень врожайності, був дефіцит вологи як в осінній, так і в весняно-літні періоди.

Висновки до розділу 7

1. Враховуючи достатньо високий рівень стабільності і високий рівень адаптивності сорти пшениці м'якої озимої Кармелюк та Санжара доцільно використовувати у виробництві за всіма кліматичними зонами України.

2. Виявлено, що краща реалізація потенціалу врожайності сортів пшениці озимої Кармелюк та Санжара в роки з раннім або оптимальним початком весняної вегетації.

3. Затримка весняної вегетації в усіх без винятку роках ускладнювала виживання рослин після перезимівлі. Пізній час відновлення весняної вегетації найбільше впливав на формування густоти продуктивних стебел і висоти рослин, внаслідок чого урожай сухої надземної маси всіх сортів за пізньої вегетації зменшувався.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі теоретично й практично вирішено важливе наукове завдання щодо визначення мінливості господарсько-цінних ознак та особливостей добору на продуктивність пшениці озимої в стресових умовах середовища. Досліджено рівень врожайності, формування і мінливість кількісних ознак сортів пшениці озимої за різних стресових умов середовища у зв'язку з різним часом відновлення весняної вегетації. Застосовані новітні технології пошуку видатних генотипів пшениці озимої з використанням кластерного аналізу та молекулярних маркерів ДНК.

Проведені дослідження дають підставу зробити наступні висновки:

1. Доведено, що рівень формування ознак генеративної частини сортів і селекційних ліній пшениці озимої, викликаних раннім та пізнім строками відновлення весняної вегетації, мали різноманітний характер рівня їх формування та мінливості.

2. Визначено, що для ведення селекції на масу зерна з колоса потрібно враховувати, що за ранньої вегетації пшениці озимої формується найвище значення цієї ознаки, за оптимальної дати відновлення вегетації рівень формування зменшується, а за пізньої – є мінімальним. Головну увагу в доборах необхідно приділяти за ранньої вегетації, коли йде повна реалізація генотипу. Варто враховувати значення лімітів варіювання досліджуваних ознак як в оптимальний, так і пізній час відновлення весняної вегетації.

3. Доведено, що існує вірогідність добору цінних генотипів за ознакою "маса зерна з колоса" в стресових умовах середовища. За пізньої дати відновлення вегетації сорти і селекційні лінії мали достатньо високий рівень формування ознаки, який складав $1,77 \pm 0,04$ г (оптимальний $2,11 \pm 0,01$ г) і кращий шлях визначення цих генотипів може здійснюватися методами регресійного аналізу. Поява видатних генотипів у екстремальних умовах середовища, таких як пізній час відновлення вегетації, обумовлена високою генотиповою варіансою і добір таких сортів та селекційних ліній представляє великий інтерес як для формування вихідного матеріалу, так і для створення адаптованих до стресових умов середовища сортів пшениці озимої.

4. Досліджені особливості формування і мінливості ознак вегетативної частини в тому, що вони змінюють свій рівень формування під дією стресових умов середовища, але за окремими ознаками спостерігаються закономірності, які необхідно використовувати в технології селекційного процесу та у доборах на підвищення продуктивності рослини.

5. Доведено, що різний початок весняної вегетації мав незначний вплив на формування довжини колоса, а також несуттєво діяв на таку ознаку як «маса стебла». Генетично детерміновані ознаки за пізньої дати відновлення вегетації дають можливість пошуку та добору генотипів з більшою довжиною колоса і оптимальним значенням маси стебла.

6. Досліджено, що такі ознаки, як «маса рослини», «довжина верхнього міжвузля» і «довжина нижнього міжвузля» за дії стресового фактора – пізніє відновлення весняної вегетації – різко зменшують свій рівень формування, а маса половини, навпаки, збільшується, що необхідно брати до уваги у веденні селекційного процесу, плануванні схрещувань, вивченні вихідного матеріалу та здійсненні гібридологічного аналізу.

7. Виявлені стійкі генетичні кореляції між урожайністю і висотою, а також урожайністю і довжиною верхнього міжвузля як у першому, так і другому строках сівби за раннього відновлення весняної вегетації.

8. Виявлено, що незалежно від початку весняної вегетації в досліді спостерігалися зворотні кореляції між урожайністю та масою половини, крім оптимальних умов вегетації у 2010 р. за першого строку сівби (0.28*). За пізнього відновлення вегетації спостерігався зворотній зв'язок між масою половини та урожайністю становивлячи -0,23*.

9. Доведено, що в аналізі генетичних зв'язків урожайності з вегетативними ознаками за пізнього відновлення вегетації були достатньо стабільні зв'язки з висотою рослин (0.44*), масою стебла (0.33*), масою рослини (0.25) та довжиною верхнього міжвузля (0.34*), але за другого строку сівби зв'язок зменшувався. Стійкі генетичні зв'язки за ранньої, пізньої та оптимальної вегетації спостерігалися між висотою та урожайністю, а також між урожайністю та довжиною верхнього міжвузля.

10. Встановлено, що серед усіх вивчених селекційних індексів лише п'ять із них (збиральний, лінійної щільності колоса, індекс потенційної продуктивності, мікророзподілів, інтенсивності) мали за всіма вивченими датами відновлення весняної вегетації, стабільний генетичний коефіцієнт варіації. Заслуговує на увагу індекс лінійної щільності колоса, який у різних умовах середовища мав стабільний рівень мінливості, який доцільно використовувати в селекційному процесі.

11. З-поміж досліджуваних сортів та ліній виділяються ті, що в разі ранньої дати відновлення вегетації як за першого, так і другого строків сівби формували стабільно високі показники якості зерна: Сонячна, Крижинка, Л-13 (Манжелія), Лорд, С. Ковпак. За пізнього відновлення вегетації виділені генотипи, які формували стабільно високі показники якості зерна за першого та другого строків сівби, зокрема Київська остиста, Сонячна, Коломак 3, Коломак 5, Говтва, Диканька, Левада, Лютенька, Л9 / Червона, (Л-14 / Червона) // Єрмак.

12. Високий рівень формування показників якості зерна як за ранньої, так і за пізньої дати відновлення вегетації пояснюється тим, що в технології селекційного процесу йшли ціленаправлені добори генотипів (з використанням білкових маркерів ДНК по спектру гліадинів і глютенінів) за цією ознакою.

13. За результатами кластерного аналізу виявлено, що за раннього та пізнього часу відновлення вегетації, які спостерігалися у роки досліджень як стресові фактори, виділені одні й ті самі сорти пшениці озимої, що розміщувалися в кращих групах кластерів як за першого, так і другого строків сівби: Ростовчанка, Довіра, Київська 6, ZORA, Єрмак, Дніпровська 277, Одеська 51, Коломак 2, Диканька, Перемога 2, Крижинка, Миронівська 68, Київська 7, Губернаторка, Говтва, Сагайдак, Лютенька, Батько, Станична, Вільшана, Коломак 3, а також селекційні лінії - Одеська 267 / Донецька 46 // Станична,

Перемога 2 / Порада, Перемога 2 / Коломак 5, Миронівська 27 / Лютесценс 51486).

14. За результатами проведеного аналізу сортів Полтавської селекції за молекулярно-генетичними маркерами ДНК виявлено, що вони поєднують у собі унікальні комбінації алелів генів, які забезпечують як формування важливих господарсько-корисних ознак, так і адаптацію до біотичних та абіотичних факторів середовища.

15. З використанням SSR-маркерів виявлені рідкісні алелі досліджуваних маркерів та їх комбінації, характерні лише для сортів Полтавської селекції.

16. За допомогою ДНК-маркерів встановлений рівень генетичної спорідненості між сортами Полтавської селекції та інших селекційних установ.

17. Створені два новітні сорти пшениці озимої – Кармелюк та Санжара.

18. Встановлено, що краща реалізація потенціалу врожайності сортів пшениці озимої Кармелюк та Санжара в роки з раннім або оптимальним початком весняної вегетації.

19. Доведено, що затримка весняної вегетації в усіх без винятку роках ускладнювала виживання рослин після перезимівлі. Пізній час відновлення весняної вегетації найбільше впливав на формування густоти продуктивних стебел і висоти рослин, внаслідок чого урожай сухої надземної маси всіх сортів за пізньої вегетації зменшувався.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ І ВИРОБНИЦТВА

1. Для ведення селекції на масу зерна з колоса пропонуємо враховувати, що саме за ранньої вегетації пшениці озимої формується найвище значення цієї ознаки, тому головну ставку в доборах варто надавати за ранньої вегетації, коли йде повна реалізація генотипу.

2. Доцільне використання індексу лінійної щільності колоса (який в різних умовах середовища мав стабільний рівень мінливості) в селекційному процесі як маркерного індексу.

3. Рекомендуємо використання кластерного аналізу для пошуку сортів та селекційних ліній пшениці озимої адаптованих до стресових умов середовища, які б формували високий рівень продуктивного потенціалу і не втрачали якісних параметрів. Ідентифікований селекційний матеріал пропонувати для подальшого вивчення, а сорти пшениці озимої використовувати в гібридизації як донори стійкості до стресів.

4. У дослідженнях використовувати SSR-маркери для виявлення рівня генетичної спорідненості сортів та виділення унікальних генотипів, що можуть бути цінними для селекції. Подібна інформація може використовуватися у підборі батьківських пар в гібридизації, ідентифікації сортів та виведенні генетичного різноманіття.

5. Пропонуємо сорти пшениці озимої Кармелюк та Санжара, які внесені до Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні для широкого використання у виробництві по всіх ґрунтово-кліматичних зонах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Селье Г. На уровне целого организма. М. Наука, 1972. 122 с.
2. Кордюм Е.Л. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. К. Наук. думка, 2003. 277 с.
3. Косаківська В.І. Фізіолого-біохімічні основи адаптації рослин до стресів. К. Сталь, 2003. 191 с.
4. Тарчевский И.А. Катаболизм и стресс растений. М.: Наука, 1993. 83 с
5. Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. М. Логос, 2001. 224 с.
6. Тарчевский И.А. Катаболизм и стресс у растений. 52-е Тимирязевское чтение. М. Наука, 1993. 80 с.
7. Кузнецов В.В. Физиология растений. М. Высш. шк., 2005. С. 615-713.
8. Козюкина Ж.Т. Устойчивость растений к отрицательным факторам среды. Уч. пособ. по спецкурсу «Устойчивость растений». Днепропетровск: ДГУ, 1980. 104 с.
9. Мединець В.Д. Управління онтогенезом рослин. Наукові праці, вип. 2. Полтава, 2001. 90 с.
10. Мединець В.Д., Чернявська А.Т., Мединець М.І. Зимостійкість сортів озимої пшениці, визначена експрес-методом. Полтава, 1995. С. 70
11. Мединець В.Д. Нові знання про управління онтогенезом рослин: наукові праці. Полтава, 1997. 85 с.
12. Мединец В.Д. Весеннее развитие и продуктивность озимых хлебов. М.: Колос, 1982. 173 с.
13. Тищенко В.Н., Чекалин Н.М. Генетические основы адаптивной селекции озимой пшеницы. Монография. Полтава, 2005. 243 с.

14. Мединець В.Д., Слепцов В.А., Опара М.М. Ощадна технологія диференційного догляду озимої пшениці. Полтава, 2004 р. 36 с.
15. Тищенко В.Н., Чекалин Н.М., Москаленко В.И. Экологогенетичний подход к оценке зимостойкости озимой пшеницы в условиях Полтавщины. Зерновые и кормовые культуры: Сб. науч. тр. ВНИИ зерн. культур. Зелноград, 2002. С. 270.
16. Звягін А.Ф. Вплив тривалості вегетаційного періоду за датою колосіння на урожайність сортів озимої пшениці. Селекція і насінництво. Випуск 100. Харків, 2011. С. 66-71.
17. Калинин И.Г. Селекция озимой пшеницы. М.-изд. «Родник», 1995. 220 с.
18. Кириченко Ф.Г., Нефедов А.В., Литвиненко Н.А. Роль селекции в повышении потенциала продуктивности и улучшении других признаков и свойств озимой пшеницы в степи УССР. Научн. тр. ВСГИ: Селекция пшеницы на юге Украины. Одесса, 1980. С. 10-18.
19. Литвиненко М.А. Тривалість вегетаційного періоду в зв'язку з урожайністю й посухостійкістю сортів та ліній озимої пшениці на півдні України . Збірник наук. праць селекц.-генет. ін.-ту. Вип. 5(45) Одеса, 2004. С. 91-104
20. Файт В.И. Создание почти изогенных линий мягкой озимой пшеницы по генам контроля продолжительности яровизации – Vrd. Збірник наукових праць СГІ. Вип.2(42). Одеса, 2002. С. 37-45.
21. Файт В.І., Мартинюк В.Р. Фотоперіодична чутливість та яровізаційна потреба сучасних сортів озимої м'кої пшениці селекції СГІ. Збірник наукових праць СГІ, вип.2(42).Одеса, 2002. С.30-35.

22. Стельмах А.Ф., Файт В.И., Мартынюк В.Р. Различия генетических систем контроля фотореакции и яровизационной потребности у озимой мягкой пшеницы. Цитология и генетика. 2001. Т.35, №3, С. 3-9.

23. Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Мутационная селекция пшеницы. К.: Наук. думка. 1995. С. 565.

24. Лыфенко С.Ф., Друзьяк В.В. Рост и развитие различных генотипов озимой пшеницы в зависимости от продолжительности воздействия яровизирующих условий. Науково-технічний бюлетень селекційно-генетичного інституту. Одеса, 1995. №1(86). С. 18–21.

25. Федоров А.К. Особенности онтогенеза, определяющие скороспелость и продуктивность зерновых культур. Вестн. семенов. в СНГ, 2001. №4. С. 40-41.

26. Макарова Г.А. Наследование продолжительности межфазных периодов онтогенеза яровой пшеницы в связи с селекцией на скороспелость. Сельскохозяйственная биология. 1996. №1. С. 72-79.

27. Стельмах А.Ф., Файт В.И., Мартынюк В.Р. Генетические системы типа и скорости развития мягкой пшеницы. Цитология и генетика. 2000. т. 34, №2. С. 37-46

28. Стельмах А.Ф., Мартынюк В.Р. Эффекты доминантных генов Prd по особенностям органогенеза у озимой мягкой пшеницы. Цитология и генетика. 1998. Т. 32, № 6. С. 27-34.

29. Файт В.И. Стельмах А. Ф. Ідентифікація Prd генотипів деяких сортів озимої м'якої пшениці. Агроекологія і біотехнологія. 1998. Вип. 2. С. 189-194.

30. Файт В.И., Попова Н.В. Продолжительность яровизации и фотопериодическая чувствительность почти изогенных по генам Vrd линий озимой мягкой пшеницы. Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: біологія. 2003. № 5. С. 47-53.

31. Стельмах А.Ф., Литвиненко М.А., Файт В.І. Яровизаційна потреба та фоточутливість сучасних генотипів озимої м'якої пшениці. Збірник наукових праць СГІ, вип. 5 (45). Одеса, 2004. С. 118-127.

32. Файт В.И., Федорова В.Р., Нагуляк О.И., Прокопович К.Л., Попова Н.В. Связь фенотипических и генотипических различий по продолжительности яровизации и фотопериодической чувствительности с морозостойкостью озимой пшеницы. Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету (спеціальний випуск). Біологічні науки і проблеми рослинництва. Умань, 2003. С. 359-364.

33. Базалій В. В., Ларченко О. В., Лавриненко Ю. О., Базалій Г. Г. Адаптивний потенціал сортів пшениці м'якої озимої залежно від умов вирощування. Фактори експериментальної еволюції організмів. Київ Логос, 2009. Т. 6. С. 272–276.

34. Литвиненко М.А. Тривалість вегетаційного періоду в зв'язку з урожайністю й посухостійкістю сортів та ліній озимої пшениці на півдні України. Зб. Наук. праць селекц-генет. Ін-ту. вип. 5 (45). Одеса, 2004. С. 91-104.

35. Тищенко В.Н. Продолжительность вегетационного и межфазных периодов и их корреляции с урожайностью в зависимости от условий года и генотипа озимой мягкой пшеницы. Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава. 2005. № 3. С. 97-102.

36. Рябчун Н.И. и др. Выделение источников зимостойкости у озимой пшеницы. Методологические основы формирования, ведения и использования коллекций генетических ресурсов растений. Харьков. 1996. С. 71.

37. Мусич В.Н. Фотопериодическая чувствительность и морозостойкость современных сортов озимой пшеницы. НТБ ВСГИ.-№2(48). 1983. С. 21-24.

38. Федоров А.К. Фотопериодизм и зимостойкость растений. Методы и проблемы повышения зимостойкости озимых зерновых культур. М.: Колос. 1975. С. 419-423.

39. Лыфенко С.Ф. Эффективность использования установок искусственного климата в селекции озимой пшеницы. Исп. искусст. климата в селекц.-генет. исслед. Одесса. 1988. С. 12-21.

40. Литвиненко Н.А., Козлов В.В. Связь темпов осеннего и весеннего роста и развития растений с продуктивностью и морозостойкостью у озимой пшеницы. Технологии возд. зерн. культур и проблемы их селекции. Мироновка. 1990. С. 24-31.

41. Норган Т.П., Лифенко С.П. Врожайність та морозозимостійкість сортів і селекційних ліній озимої м'якої пшениці в залежності від особливостей їх онтогенетичного розвитку. Збірник наукових праць селекційно-генетичного інституту-національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. Одеса, 2004. Випуск 5 (45). С. 57-67.

42. Файт В.И. Изогенные линии озимой пшеницы по генам контроля продолжительности яровизации. Вестник ВОГС, том 10, № 3. 2006. С. 580-586.

43. Worland A.J. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats. Selec. EWAC Conf. Cereal Aneuploids Genet, Anal. And Mol. Techn. Gatersleben. Euphytica. 1996. Vol. 89, P. 49-57.

44. Butterworth K.J., Worland A.J. Influence of the Ppd –D1 photoperiod gene of the adaptability in European wheats. Prog. 9th IWGS. Saskatoon (Canada). 1998. Vol. 2. P. 173-175.

45. Вавилов Н. И. Селекция на химический состав и молекулярно-хлебопекарские качества. Н. И. Вавилов М. Колос, 1966. С. 112-118.

46. Ремесло В. Н., Блохин Н. И. Селекция озимой пшеницы на повышение качества зерна. Проблема повышения качества зерна. М. Колос, 1977. С. 11-18.
47. Созинов А. А., Хохлов А. Н., Попереля Ф. А. Проблемы увеличения белковости зерна пшеницы. Проблема повышения качества зерна. М.: Колос, 1977. С. 19-30.
48. Жемела Г. П. Селекция озимой пшеницы на улучшение качества зерна. Улучшение качества зерна озимой пшеницы. М. Колос, 1983. С. 36-67
49. Жемела Г. П. Проблеми селекції озимої пшениці на якість зерна Наук. пр. Полтавської державної аграр. академії. 2005. Т. 4 (23). С. 3-7
50. Жогин А. Р. Об улучшении качества зерна озимой мягкой пшеницы Селекция и семеноводство. 1991. № 5. С. 31-33.
51. Абакуменко А. В. Селекция низкорослых мягких пшениц на повышение качества зерна научн. техн. бюл. ВСГИ. Одесса, 1990. № 1(75). С. 9.
52. Созинов А.А., Козлов В.Г. Повышение качества зерна озимой пшеницы. Москва: Колос, 1999. С. 88–93.
53. К.А. Ларченко, Б.В. Моргун ознаки якості зерна пшениці та методи їх поліпшення. Физиология и биохимия культурных растений. 2010. Т. 42. № 6
54. Попереля Ф.О. Склоподібність і твердозерність пшениці озимої. Наукові праці Селекційно-генетичного інституту. Одеса, 2000. С. 73–77.
55. Шевелуха В.С. Важнейшие проблемы повышения качества зерна в РФ. Решение проблем. Краснодар, 1998. С. 89-97.
56. Рибалка О.І. Якість пшениці та її поліпшення К. Логос, 2011. С. 9.
57. Лучной В.В., Панченко І.А., Лук'яненко Л.М. Амінокислотний склад білка і якість зерна озимої пшениці. Селекція і насінництво. Харків. вип.88. 2004. С. 98-107.

58. Шелепов В.В., Маласай В.М., Пензев А.Ф., Кочмарский В.С., Шелепов А.В. Качество зерна пшеницы. В кн. Морфология, биология, хозяйственная ценность пшеницы. Мироновка 2004. С. 360-426.

59. Коновалов Ю. Б., Долгодворова Л. И., Степанова Л. В. и др. Частная селекция полевых культур, М.: Колос, 1990.

60. Созинов А.А., Жемела Г.П. Улучшение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы. М.: Колос, 1983. 270 с.

61. Ларченко К.А., Моргун Б.В. Ознаки якості зерна пшениці та методи їх поліпшення. Физиология и биохимия культурных растений. Т. 42. № 6. 2010. С 464-472.

62. Гангур В.В., Сидоренко А.В., Бондарь П.І. Принцип визначення придатності сорту чи гібриду для конкретного регіону вирощування. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2010. №2. С. 51-53

63. Сидоренко А.В., Снігир В.П., Міненко О.В. Екологічний фактор і якість зерна пшениці озимої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2011. №2. С. 45-47.

64. Мединець В.Д. Могучий творец качества зерна пшеницы. Зерно, 2009, № 6 (38). С. 80-83.

65. Мединец В.Д., Слепцов В.А. Экология весеннего развития озимой пшеницы. Полтава, АСМИ, 2006. 260 с.

66. Мединець В.Д. Могучий творец качества зерна пшеницы. Зерно, 2009, № 3 (35). С. 46-48.

67. Токаренко В.Н., Соколова Н.А., Мартинова Г.О., Калегина С.Р. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от времени возобновления весенней вегетации. Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Луганськ 2010 р. №12. С. 188-191.

68. Романов В.Н. Кластерный анализ на основе нечетких моделей. Альманах современной науки и образования. 2013. №10 (77). С.147–151.
69. Бардина Н.Ю., Федюшин Н.А. Сегментация потребителей с помощью кластерного анализа. Новый университет. Сер. Эконом. и право. 2015. № 5 (51). С. 25–27.
70. Россеева Л.П., Белан И.А., Ложникова Л.Ф., Блохина Н.П. Повышение эффективности отбора по элементам продуктивности в гибридных популяциях с использованием кластерного анализа. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 7 (93). С.5–8.
71. Корнева С.П. Использование кластерного анализа для повышения эффективности отборов в расщепляющихся гибридных популяциях. Молодые ученые сибирского региона. материалы межрегион. конф. молодых ученых, посвященная 50-летию освоения целинных и залежных земель, г. Омск, 15-16 апр. 2004г. РАСХН, Сиб. отд-ние, СибНИИСХ. Омск, 2004. Вып. 4. С. 127-131.
72. Казыдуб Н.Г., Маракаева Т.В., Коробейникова М.М., Епанчинцев М.В. Отбор перспективных образцов для селекции фасоли с использованием кластерного анализа в условиях южной Лесостепи Западной Сибири. Сельскохозяйственные науки. 2014. С.8–14
73. Суслов С.А. Кластерный анализ: сущность, преимущества и недостатки. Вестник НГЭИ. 2010. № 1. С. 51–57.
74. Буховец А.Г., Русанов И.А., Голева Г.Г. Модель классификации озимой пшеницы по селекционно-ценным признакам. Селекция и семеноводство. 2005. №4. с. 26-29.
75. Мартынов С.П. Кластерный анализ саратовских сортов яровой пшеницы по коэффициентам юродства. Цитолог и генетика, 1989. № 4. с.37–43.
76. Kuruvadi S. Multivariate analysis of genetic divergence in wheat. Turrialba, 1989. № 4. P. 267–271.

77. Yau S.K., Ortis-Ferrara G., Srivastava J.P. Cluster analysis of bread wheat lines grown in diverse rainfed environment. RACHIS, 1989. № 2. P. 31–35.

78. Перуанский Ю.В., Тажибаева Т.В. Кластеризация по элементам продуктивности перспективных форм озимой пшеницы различной морозостойкости. Селекция и урожай. Алма-Ата, 1988. с. 143–153

79. Тищенко В.М. Кластерний аналіз як метод індивідуального добору високопродуктивних рослин озимої пшениці в F2. Селекція і насінництво.— Харків, 2005. № 89. С.125–137.

80. Vladimir Tishchenko, Mariia Batashova, Nikolay Chekalin. Main directions of adaptive breeding of winter wheat for forest-steppe conditions in Ukraine. Materials of 8th international wheat conference. 1-4 June 2010. St. Petersburg, Russia.

81. Тищенко В.Н., Чекалин Н.М., Зюков М.Е. Использование кластерного анализа для идентификации и отбора высокопродуктивных генотипов озимой пшеницы на ранних этапах селекции. Зб. наук. праць „Фактори експериментальної еволюції організмів”. Т. 2. Аграрна наука, 2004. с. 270–278.

82. Шаманин В.П., Петуховский С.Л., Краснова Ю.С. Кластерный анализ сортов мягкой яровой пшеницы по элементам структуры урожая в южной лесостепи Западной Сибири. Вестник Крас ГАУ. 2016. №4. 147с.

83. Гуляев Г.В., Дубинин А.П. Селекция и семеноводство полевых культур с основами генетики. М. Колос. 1974. 464 с.

84. Шлехубер А.М., Такер Б.Т. Выращивание пшеницы. В кн.: Пшеница и её улучшение. Изд. «Колос», М. 1970. с. 140-194.

85. Молотов А.С. Методика полевого опыта. М. Колос. 1966. 236 с.

86. Мойсейченко В.Ф., Ещенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ. Вища школа. 1994. 425 с.

87. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М. Агропромиздат. 1985. 351 с.
88. Мединец В.Д., Слепцов В.А. Экология весеннего развития озимой пшеницы. Полтава, АСМИ, 2006. 260 с.;
89. Мединець В.Д. Нові знання про управління онтогенезом рослин. Наукові праці, вип. 1. Полтава. 1997. 79с.
90. Мединець В.Д. Управління онтогенезом рослин. Наукові праці, вип. 2. Полтава. 2001. 90 с.
91. Тищенко В.Н., Чекалин Н.М. Генетические основы адаптивной селекции озимой пшеницы в зоне Лесостепи. Полтава, 2005. 270 с.
92. Михеев Л. А. О корреляции массы зерна с колоса с элементами его структуры у гибридов пшеницы. Селекция и семеноводство. М. 1992. № 2-3. С. 17-21.
93. Лукьяненко П. П. Селекция низкостебельных сортов озимой пшеницы для условий орошения. Вестник сельскохозяйственный. 1973. № 1. С. 8-15.
94. Куперман Ф. М. Морфология растений. Москва, 1977. 228 с.
95. Куперман Ф.М., Меренкулова Р.Н., Мурашов В.В., Быкова М.С. Особенности морфогенеза и формирование потенциальной и реальной продуктивности пшеницы. Физиологические основы повышения продуктивности зерновых культур. Москва: Колос, 1975. С. 43–53.
96. В. Лихочвор Продуктивність колоса озимої пшениці. Журнал Агробізнес сьогодні №14 (213) липень 2011.
97. Пыльнев В.В., Нефедов А.В. Изменчивость урожайности и элементов структуры урожая мягкой пшеницы в результате селекции. Известия ТСХА. М.: Колос, 1987. № 2. С. 50–57.

98. Накладашвили П.П., Абдуллаев А.М. Наследование и изменчивость некоторых количественных признаков у сложных гибридов озимой мягкой пшеницы. Доклады ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1986. № 6. С. 6–7.

99. Лукьяненко П.П. Избранные труды . М.: Агропромиздат, 1990. 428 с.

100. Чекалин Н. М., Беляева Е. Г. Изменчивость признаков в популяциях озимой пшеницы в зависимости от типа и направления добора. Селекция и семеноводство. М., 1986. № 2. С. 15-16.

101. Ауземус Э. Р., Мак-Нил, Ю.У. Генетика и наследование. Пшеница и ее улучшение: пер. с англ. М.: Колос, 1970. с. 250-295.

102. Власенко В. А. Показники стабільності сортів пшениці твердої ярої в умовах центрального Лісостепу України. Зб. наук. праць, СГІ – НЦНІС. 100-річчю від дня нар. акад. Ф. Г. Кириченка присвяч. Одеса : СГІ – НЦНІС, 2004. Вип. 5. (45). Ч. 1. С. 175-183.

103. Орлюк А.П., Колеснікова Н.Д. Мінливість висоти рослин озимої пшениці у нащадків в різноспрямованих доборів. Современные проблемы генетики, биотехнологии и селекции растений. Х.: 2001, С. 231.

104. Орлюк А.П., Гончар О.М., Усик Л.О. Генетичні маркери пшениці. К: Алефа, 2006. 144 с.

105. Уліч Л. І., Уліч О.Л. Вплив висоти рослин сортів пшениці озимої на стійкість до вилягання і продуктивність посівів. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. К.: Алефа, 2006. С. 55– 63.

106. Blum A. Improving wheat grain filling under stress by stem mobilization. Euphytica. 1998. 100. P. 77–83.

107. Дриженко Л.М., Тищенко В.М. Мінливість кількісних ознак пшениці озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації. *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету*. Серія «С/г науки». Луганськ, 2012. Вип. № 45. С. 110-113.

108. Дриженко Л.М., Тищенко В.М. Рівень формування вегетативних та генеративних ознак пшениці озимої та їх мінливість залежно від часу відновлення весняної вегетації. Збірник тез доповідей конференції професорсько-викладацького складу аграрно-інженерного інституту за підсумками наукової роботи 2011-12 рр. Вип.1. Полтава, 2012. С.101-103.

109. Дриженко Л.М. Изменчивость количественных признаков озимой пшеницы в зависимости от времени возобновления весенней вегетации. Збірник тез V-ої Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених. Харьков, ИР им. В.Я. Юрьева НААН. 2012. С.32-33.

110. Дриженко Л.М., Тищенко В.Н., Баташова М.Е. Основные пути оценки адаптивности у озимой пшеницы по количественным признакам. *Селекція та генетика сільськогосподарських рослин: традиції та перспективи, до 100-річчя Селекційно-генетичного інституту*: матеріали міжнародної наукової конференції Одеса, 2012. С.105-106.

111. Дриженко Л.М., Тищенко В.М., Палій Ю.Г. Рівень формування та мінливість головних ознак насінневої продуктивності сортів та селекційних ліній пшениці озимої залежно від часу відновлення весняної вегетації. *Конкурентно-спроможне насіння – стабільний урожай*: матеріали міжнародн. наук.-практ. конф. Полтава, 2013. С. 122-124.

112. Дриженко Л.М. Коэффициент вариации основных признаков продуктивности озимой пшеницы в зависимости от времени возобновления весенней вегетации. *Генетичні ресурси рослин і селекція*: матеріали всеукраїнської наук.-практичн. конф. присвяченої 125 річчю М.І. Вавілова та 75-річчю заснування кафедри генетики, селекції та насінництва ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Харків, 2012. С.132-135.

113. Дриженко Л.М., Тищенко В.М., Палій Ю.Г. Формирование продуктивности озимой пшеницы при изменчивости межфазных периодов

начальных этапов органогенеза. *Вестник Курганский ГСХА*. с. Лесниково, 2014. Вип. №1. С. 25-29.

114. Дриженко Л.М., Тищенко В.М., Палій Ю.Г. Рівень формування та мінливість ознак насінневої продуктивності пшениці озимої залежно від часу відновлення весняної вегетації. *Журнал «Насінництво»*. 2013. Вип. №5. С.

115. Тищенко В. Н., Чекалин Н.М. Характеристика селекционных индексов у линий озимой пшеницы по коэффициентам детерминации, вариации и генетическим корреляциям с продуктивностью. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2005. №1. С.10-16

116. Чекалин Н.М., Алпатьев В.Н. Оценка образцов мировой коллекции сои по показателям аттрагирующей способности и микрораспределений. *Сб. трудов ВИР*, 1988. №117. С. 20-25.

117. Тищенко В.М. Мінливість кількісних ознак та індексів у різних генотипів озимої пшениці залежно від часу відновлення весняної вегетації. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2005. №40. С. 62-74.

118. Тищенко В.Н. Использование индекса линейной плотности колоса в технологии селекционного процесса озимой пшеницы. *Генетичні ресурси для адаптивного рослинництва. Мобілізація, інвентаризація, збереження, використання: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 29 червня – 1 липня 2005 р. Оброшино, 2005. С. 186-189.*

119. Тищенко В.М. Мінливість кількісних ознак та індексів у різних генотипів озимої пшениці залежно від часу відновлення весняної вегетації. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2005. № 40. С. 62-74.

120. Дриженко Л.М., Тищенко В.М. Мінливість селекційних індексів у пшениці озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації. *Селекція, насінництво та генетика сільськогосподарських культур, матеріали*

міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 50-річчю селекції рослин в ПДАА. Полтава, 22-23 травня 2013 р., С 18.

121. Blum A., Sinmena B., Mayer J., Golan G., Shipiler L. Stem reserve mobilization supports wheat grain filling under heat stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 1994. 21. P. 771–781.

122. Ehdaie B., Whitkus R. W., Waines J. G. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Res.* 2008. 106. P. 34–43.

123. Bancal P. Early development and enlargement of wheat floret primordial suggest a role of partitioning within spike to grain set. *Field Crop Res.* 2009. P.44–53

124. Базалій В.В. Морфологічні особливості формування продуктивності пшениці озимої в залежності від умов вирощування. *Таврійський наук. вісник: Зб. наук. праць. Херсон: Айлант, 1999. Вип. 11, ч. 1. С. 30-33.*

125. Дьяков А.Б. Методика оценки продуктивности растений подсолнечника при отборе их по фенотипам. Применение физиологических методов при оценке селекционного материала и моделирование новых сортов сельскохозяйственных культур. *Сб.науч. тр. М., 1983. С. 250-254.*

126. Ведмедева Е.В., Толмачев В.В. Наследование некоторых вегетативных маркерных признаков подсолнечника. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Полтава. 2002. Т. 1(20). С. 48-50.*

127. Кадыров М. А., Гриб С. И., Батуро Ф. Н. Некоторые аспекты селекции сртов с широкой экологической адаптацией. *Селекция и семеноводство. 1984. № 7. С. 8-11.*

128. Чекалин Н.М., Тищенко В.Н., Зюков М.Е. Простые и частные коэффициенты генетической корреляции между урожаем и признаками продуктивности колоса у линий и сортов озимой пшеницы. *Одеса, Збірник наукових праць селекційно-генетичного інституту, вип. 6(46), 2004. с. 103-110.*

129. Тищенко В.Н. Продолжительность вегетационного и межфазных периодов и их корреляции с урожайностью в зависимости от условий года и генотипа озимой мягкой пшеницы. Вісник Полтавської державної аграрної академії, № 3, 2005 рік. С. 97-102.

130. Русанов И.А., Буховецкий А.Г., и др. Селекционная оценка озимой пшеницы методом ранговой корреляции. Вестник Воронежского национального университета, № 4, 2010 г. С.15-20.

131. Орлюк А.П., Гончарова К.В. Адаптивний і продуктивний потенціал пшениці: монографія. Херсон, 2002. 276с.

132. Чекалин Н.М., Тищенко В.Н., Зюков М.Е. Простые и частные коэффициенты генетической корреляции между урожаем и признаками продуктивности колоса у линий и сортов озимой пшеницы. Одеса, Збірник наук. праць селекц.-генетич. інституту, вип. 6(46), 2004. с. 103-110.

133. Русанов И.А., Буховецкий А.Г. Селекционная оценка озимой пшеницы методом ранговой корреляции. Вестник Воронежского национального университета, № 4, 2010. С. 15-20.

134. Тищенко В. Н., Чекалин Н.М. Изменчивость генетических и средовых корреляций между продуктивностью и различными индексами у гибридных линий и сортов озимой пшеницы. Збірник наук. праць Уманського державного аграрного університету. Умань, 2003. С. 410-414.

135. Власенко В. А., Лозінська Т.П. Характер прояву збирального індексу у міжсортівних гібридів пшениці м'якої ярої. Вісник Сумського національного аграрного університету. Суми, 2012р. № 9 (24) С. 152-154.

136. Орлюк А.П., Козакова О.В. Еколого - генетична мінливість і зв'язок урожайного індексу з ознаками продуктивності озимої пшениці. Таврійський наук. вісник: зб. наук. праць ХДАУ. Херсон: Айлант, 2006. 44 с.

137. Дриженко Л.М., Тищенко В.М., Рівень формування селекційних

індексів у сортів та селекційних ліній пшениці озимої в залежності від часу відновлення весняної вегетації. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Агрономія. Львів, 2013. Вип. № 18. С.179-183.

138. Дриженко Л.М., Тищенко В.М. Генетичні кореляції урожайності сортів та селекційних ліній пшениці озимої залежно від часу відновлення весняної вегетації. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Агрономія. Суми, 2013. Вип. № 11 (26). С.177-180.

139. Дриженко Л.М., Тищенко В.М., Чернишева О.П. Генетичні кореляції врожайності озимої пшениці з селекційними індексами в стресових умовах середовища. *Науково-практичний журнал «Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин»*. Київ, 2014. Вип. № 3 (24). С.32-35.

140. Дриженко Л.М. Генетичні кореляції врожайності озимої пшениці із селекційними індексами залежно від часу відновлення весняної вегетації. *Роль часу відновлення весняної вегетації в житті зимуючих рослин*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річному ювілею доктора с-г. наук Мединця В. Д. Полтава, 2014. С. 55-58

141. Тищенко В.Н. Направление селекции озимой пшеницы на улучшение технологических свойств зерна. *Вісник ПДАА* № 2, 2005р., с. 29-36.

142. Бурденюк-Тарасевич Л. А. Главные направления селекции озимой пшеницы с повышенным потенциалом в условиях Лесостепи и Полесья Украины. *Вісник Білоцерківського ДАУ*. 2008. Вип. 52. С. 12–18.

143. Ларченко К. А., Моргун В. В. Ознаки якості зерна пшениці та методи їх поліпшення. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2010. Т. 42, № 6. С. 463–474.

144. Pena E., Bernardo A., Soler C., Jouve N. Relationship between common wheat (*Triticum aestivum* L.) gluten proteins and dough rheological properties. *Euphytica*. 2005, v. 143, p. 169-177.

145. Charun E., Morel M. Quelles caractéristiques pour une farine biscuitière. Industries de Céréales 2001, v. 125, p. 2.
146. Blanco I., Rajaram S., Kronstad W. Acronomic potential of synthetic hexaploid wheat-derived populations. Crop Sci. 2001, v. 41, p. 670.
147. Мединець В.Д. Могучий творець качества зерна пшеницы. Зерно, 2009, № 6 (38). С. 80-83.
148. Тищенко В.М., Гусенкова О.В., Криворучко Л.М. Формування і мінливість якості зерна сортів та селекційних ліній пшениці озимої в залежності від року вирощування та строків сівби. *Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин*. Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 100-річчю Національної академії аграрних наук України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В.Я. Юрєва НААН. Харків, 2018. С. 140-141.
149. Буховец А.Г., Русанов И.А., Голева Г.Г. Модель классификации озимой пшеницы по селекционно ценным признакам. Селекция и семеноводство. 2005. №4. С. 26-29.
150. Мартынов С.П. Кластерный анализ саратовских сортов яровой пшеницы по коэффициентам юродства. 1989. № 4. С. 37–43.
151. Kuruvadi S. Multivariate analysis of genetic divergence in wheat. Turrialba, 1989. № 4. P. 267–271
152. Yau S.K., Ortis-Ferrara G., Srivastava J.P. Cluster analysis of bread wheat lines grown in diverse rainfed environment. RACHIS, 1989. № 2. P. 31–35
153. Перуанский Ю.В., Тажибаева Т.В. Кластеризация по элементам продуктивности перспективных форм озимой пшеницы различной морозостойкости. Селекция и урожай. Алма-Ата, 1988. С. 143–153.

154. Тищенко В.М. Кластерний аналіз як метод індивідуального добору високопродуктивних рослин озимої пшениці в F₂. Селекція і насінництво. Харків, 2005. № 89. С. 125–137.

155. Vladimir Tishchenko, Mariia Batashova, Nikolay Chekalin. Main directions of adaptive breeding of winter wheat for forest-steppe conditions in Ukraine. Materials of 8th international wheat conference. 1-4 June 2010. St. Petersburg, Russia

156. Тищенко В.Н., Чекалин Н.М., Зюков М.Е. Использование кластерного анализа для идентификации и отбора высокопродуктивных генотипов озимой пшеницы на ранних этапах селекции. Зб. наук. праць «Фактори експериментальної еволюції організмів». Аграрна наука, 2004. С. 270–278.

157. Дриженко Л.М., Тищенко В.М., Чернишова О.П., Іщенко А.Г. Використання кластерного аналізу для виділення сортів та ліній пшениці озимої в стресових умовах середовища. *Генофонд рослин та його використання в сучасній селекції*. Матеріали міжнародн. наук.-практ. конф. присвяченої пам'яті професора М.М. Чекаліна. Полтава, 2015 р., С 75-79.

158. Shuster I. et al. "Genetic variability in Brazilian wheat cultivars assessed by microsatellite markers" *Genetics and Molecular Biology*, 32, 3, 557-563 (2009) Copyright 2009, Sociedade Brasileira de Genetica.

159. Bohn M., H.F. Utz, Melchinger A.E. Genetic similarities among winter wheat cultivars determined on the basis of RFLPs, AFLPs, and SSRs and their use for predicting progeny variance. *Crop science*. 1999. 39. P.228-237.

160. Botstein D., Raymond L., White L., et al. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *Am J Hum. Genet.* 1980. V. 32. P. 314-331.

161. Blaszczyk L., Tyrka M., Chelkowski J. PstI AFLP based markers for leaf rust resistance genes in common wheat. *J. Appl. Genet.* 2005. 46(4). P.357-364.

162. Breyne P., Boerjan W., Gerats T., Van Montagu M., Van Gysel A. Applications of AFLP in plant breeding, molecular biology and genetics. Belg. Journ. Bot. 1997. 129(2). P.107-117.
163. Gupta P.K., Varshney R.K., Sharma P.C., Ramesh B. Molecular markers and their applications in wheat breeding. Plant Breed. 1999. 118. P. 369-390.
164. Korzun V. Use of molecular markers in cereal breeding. Cellular and molecular biology letters. 7. 2002. P.811-820.
165. Mueller U.G., Wolfenbarger L.R. AFLP genotyping and fingerprinting Tree. -1999. 14, 10. P.389-394.
166. Savelkoul P.H.M. et al. Minireview AFLP analysis: the state of art. 1999. J. of Clinical Microbiol. 37, 10. P. 3083-3091.
167. Tyrka M. Fingerprinting of common wheat cultivars with an Alw44I-based AFLP method. J.Appl.Genet. -2004. -45(4). P. 405-410.
168. Yan L., Loukoianov A., Tranquilli G., Helguera M., Fahima T., Dubcovsky J. Positional cloning of the wheat vernalization gene VRN1. 2003. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 100. P.6263-6268.
169. Röder M.S., Korzun V., Wendehake K., Plaschke J., Tixier M.H., Leroy P., Ganal M.W. A microsatellite map of wheat. Genetics. 1998. 149. P. 2007-2023.
170. Börner A, Röder MS, Unger O and Meinel A (2000) The detection and molecular mapping of a major gene for non-specific adult plant disease resistance against stripe rust (*Puccinia striiformis*) in wheat. Theor Appl Genet 100:1095-1099.
171. Parker GD, Chalmers KJ, Rathjen AJ and Langridge P (1998) Mapping loci associated with flour colour in wheat (*Triticum aestivum* L.). Theor Appl Genet 97:238. P. 245.
172. Korzun V, Röder MS, Ganal MW, Worland AJ, and Law CN (1998) Genetic analysis of the dwarfing gene (*Rht8*) in wheat. Part I. Molecular mapping of

Rht8 on the short arm of chromosome 2D of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Theor Appl Genet 96:1104-1109.

173. Huang XQ, Hsam SLK, Zeller FJ, Wenzel G and Mohler V (2000) Molecular mapping of wheat powdery mildew resistance gene *Pm24* and marker validation for molecular breeding. Theor Appl Genet 101:407-414.

174. Сиволап Ю.М., Кожухова Н.Э., Календарь Р.Н. Вариабельность и специфичность геномов сельскохозяйственных растений. Одесса «Астропринт», 2011. 335 с.

175. Чесноков Ю.В. Генетические ресурсы растений и современные методы ДНК-типирования. Санкт-Петербург, 2007. 80 с.

176. J.Bányai, P.Szücs, I.Karsai, K.Mészáros, Cs.Kuti, L.Láng, Z.Bedő (2006) Identification of winter wheat cultivars by Simple Sequence Repeats (SSRs) Cereal Research Communications 01. 34(2). S.865–870.

177. Roussel V., Leisova L., Exbrayat F., Stehno Z., Balfourier F. SSR allelic diversity changes in 480 European bread wheat varieties released from 1840 to 2000. TheorAppl Genet. 2005 Jun. 111(1). 162–70.

178. Tams S.H., Melchinger A.E., Bauer E. Genetic similarity among European winter triticales Elite germplasms assessed with AFLP and comparisons with SSR and pedigree data. Plant Breeding. 2005.124:154–160.

179. Kuleung C., Baezinger P.S., Kachman S.D., Dweikat I. Evaluating the genetic diversity of triticales with wheat and rye SSR markers. Crop Science. 2006.46:1692–1700.

180. Криворучко Л.М., Баташова М.Є. Використання мікросателітних SSR-маркерів для ідентифікації сортів та ліній озимої пшениці полтавського селекційного центру. Сучасні напрями селекційного удосконалення пшениці: матеріали міжнародн.наук.-практ. конф. присвяченої 100-річчю селекції пшениці в інституті Селекційно-генетичний інститут – Національному центрі

насіннєзнавства та сортовивчення (1-3 червня 2016 р., м. Одеса), Вінниця, 2016. С. 90-91.

181. Криворучко Л.М., Баташова М.Є., *Оцінка генетичного різноманіття гороху за допомогою SSR- маркерів. Генетичне та сортове різноманіття рослин для покращення якості життя людей. Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 25-річчю Національного ген банку рослин України. Київ, 2016. С. 204-205.*

182. Krivoruchko L., Batashova M., Spanogne M., Tishchenko V. Use of SSR markers in local winter wheat breeding program of Poltava plant breeding centre. *Ecological and genetic aspects in field crops breeding under climate changes. Abstracts of the International Conference devoted to the 90th anniversary of geneticist, plant breeder, Professor Nikolai Chekalin. Poltava, 2019. P. 93-94.*

183. Song Q.J., Fickus E.W., Cregan P.B. Characteristics of trinucleotidemarkers in wheat. *Theoretical and Applied Genetics. 2002. P. 286–293.*

184. Song Q., Shi J., Singh S., Fickus E., etall Development and mapping of microsatellite (SSR) markers in wheat. *Theoretical and Applied Genetics. 2005. P. 550–560.*

185. Khlestkina E.K., Than M.H.M., Pestsova E.G., Röder M.S., etall Mapping of 99 new microsatellite-derived loci in rye (*Secale cereale L.*) including 39 expressed sequence tags. *Theoretical and Applied Genetics. 2004. 109. 725–732.*

186. Rampling L.R., Harker N., Shariflou M.R., Morrel M.K. Detection and analysis systems for microsatellite markers in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research. 2001. 52:1131–1141.*

187. Zhang L.Y., Bernard M., Raveli C., Balfourier F., etall. Wheat EST-SSRs for tracing chromosome segments from a wide range of grass species. *Plant Breeding. 2007. 126:251–258.*

188. Kong L., Ohm H.W., Cambron S.E., Williams C.E. Molecular

mapping determines that Hessian fly resistance gene H9 is located on chromosome 1A of wheat. *Plant Breeding*. 2005. 124:525–531.

189. Somers D., Isaac P., Edwards K. A. high-density microsatellite consensus map for bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2004. 109:1105–1114.

190. Mitrofanova O.P., P.P. Strelchenko, A.V. Konarev, F. Balfourier (2009) Genetic differentiation of hexaploid wheat inferred from analysis of microsatellite loci *Russian Journal of Genetics*, Vol. 45. P. 1351–1359.

191. Чекалін М.М., Тищенко В.М., Баташова М.Є. Селекція та генетика окремих культур: навчальний посібник. Полтава, 2008. 368 с.

192. Тищенко В.Н., Чекалин Н.М. Генетические основы адаптивной селекции озимой пшеницы: Монографія. Полтава. 2005. 243 с.

193. Чекалин Н.М., Тищенко В.Н. Оригинальный способ оценки селекционного материала озимой пшеницы на зимостойкость. Управління онтогенезом рослин. Агроєкологічний напрямок. *Наукові праці*. Полтава: Верстка, 2001. Вип. 2. С. 57–59.

194. Ludmila Drigenko, Mariia Batashova. Using indirect methods for winter resistance estimation of winter wheat lines and cultivars» *Наукова конференція «Agrisafe final conference»*. Будапешт, 2011. С. 21-23.

195. Мартыненко А.И., Сергеева Л.Е. Адаптация озимой пшеницы к низкотемпературному стрессу. 4-й Съезд О-ва физиологов раст. России. Междунар. конф. «Физиол. раст.- наука 3-го тысячелетия». Москва, 4-9 окт. 1999 : Тез. докл. Т. 1. М., 1999. С. 416-417.

196. Литвиненко М.А. Тривалість вегетаційного періоду в зв'язку з урожайністю й посухостійкістю сортів та ліній озимої пшениці на півдні України. зб. наук. праць селекц-генет. інст-ту. Одеса. 2004. вип. 5(45). С. 91-104.

197. Гончаров Н.П., Гончаров П.Л. Методические основы селекции растений. Новосибирск. Изд. «Гео», 2009. 423 с.

198. Рябчун Н.І. Стійкість нових сортів озимої м'якої пшениці до несприятливих умов зимівлі. Сб. тез. міждун. конференції 11-14 ноября 2002 г. Харьков. 2002. С. 28-29.

199. Файт В.І., Мокану Н.В., Чоботар С.В., Пилипенко М.В. Спеціальна генетика зимо-морозостійкості озимої м'якої пшениці. Зб. тез міжн. наук. симпозіуму 7-8 липня 2004 р. Харків. 2004. С. 63-64

200. Маренич М.М. Характеристика ознак продуктивності озимої пшениці. Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту. Полтава, 1999. № 3. С. 7–8.

201. Рябчун Н.И. и др. Выделение источников зимостойкости у озимой пшеницы. Методологические основы формирования, ведения и использования коллекций генетических ресурсов растений. Харьков. 1996. С. 71.

202. Орлюк А.П., Гончарова К.В. Адаптивний і продуктивний потенціал пшениці: монографія. Херсон: Айлант, 2002. 276 с.

203. Норган Т.П., Лифенко С.П. Врожайність та морозозимостійкість сортів і селекційних ліній озимої м'якої пшениці в залежності від особливостей їх онтогенетичного розвитку. Збірник наукових праць. Селекційно-генетичного інституту – національного центру насінництва та сортовивчення. Одеса, 2004. 5 (45). С. 57–67.

204. Рябчун Н.І., Іванова В.М., Долгополова В.І. Методи оцінки стійкості пшениці озимої до лімітуючих чинників зимового періоду. Тези доповідей міжнародної конференції, присвяченої 90-річчю заснування інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН. Харків: 1999. С. 200–201.

205. Бебякин В.М. Экологическая устойчивость сортов и форм яровой твердой пшеницы по массе зерна с растения и зерновому уборочному индексу. Селекция и семеноводство. 1993. №1. С. 28–31.

206. Животков.Л.А.,МорозоваЗ.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю«Урожайность». *Селекцияи семеноводство*. 1994. №2. С. 3–6.

207. Дубенець М. В. Тищенко В. М., Гусенкова О. П., Баташова М. Є. Рівень формування та генетичні кореляції структурних елементів урожайності сортів і селекційних ліній пшениці озимої залежно від року вирощування та строків сівби. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Львів, 2018. Вип. №22 (1). С. 308–312.

208. Чекалин Н.М., Алпатьев В.Н. Оценка образцов мировой коллекции сои по показателям аттрагирующей способности и микрораспределений. *Сб. трудов ВИР*. 1988. №117. С. 20–25.

209. Дьяков А.Б. Методика оценки продуктивности растений подсолнечника при отборе их по фенотипам. Применение физиологических методов при оценке селекционного материала и моделирование новых сортов сельскохозяйственных культур. *Сб.науч. тр.* Москва, 1983. С. 250–254.

