

МИРОНІВСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПШЕНИЦІ ІМЕНІ В. М. РЕМЕСЛА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

БУНЯК НАТАЛІЯ МИХАЙЛІВНА

УДК 633.16:631.527:575

ДИСЕРТАЦІЯ

СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО
МАТЕРІАЛУ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО

201 – Агрономія

(Аграрні науки та продовольство)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____ Н.М. Буняк

Науковий керівник: Демидов Олександр Анатолійович
доктор сільськогосподарських наук, професор,
академік НААН України

с. Центральне – 2023

АНОТАЦІЯ

Буняк Н.М. Селекційно-генетичні особливості створення вихідного матеріалу для селекції сортів ячменю ярого голозерного. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – «Агрономія», галузь знань – 20 (Аграрні науки та продовольство). – Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН, с. Центральне, Обухівський район, Київська область, 2023 р.

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і практичне вирішення наукового завдання зі створенні нового вихідного матеріалу для селекції ячменю ярого голозерного на продуктивність, стійкість до вилягання та збудників хвороб. Це досягнуто шляхом селекційно-генетичної оцінки колекційних зразків ячменю ярого за урожайністю і кількісними ознаками з врахуванням взаємодії «генотип-середовище» в різних екологічних умовах та визначенням успадковування елементів структури урожайності в гібридних популяціях ячменю ярого голозерного в умовах північного Лісостепу України.

Впроваджено в селекційний процес нові лінії та створено нові сорти ячменю з поєднанням високої врожайності, стабільності, і стійкості до найбільш поширених хвороб.

Уперше встановлено морфологічні та біохімічні особливості колекційних зразків ячменю ярого голозерного і півчастого, та виділено нові джерела за продуктивністю, стійкістю до абіотичних та біотичних чинників із визначенням їх селекційної цінності. Сорт-стандарт *Взірець* та зразок CDC McGwire є цінним вихідним матеріалом для селекції на стійкість до листових хвороб. За високим показником вмісту білка ($\geq 16,0$ %) виділено зразки *Діантус*, *Ли-1059*, *Ли-1096*, *Ли-1089*, *Erie* та *Gateway*; з високим вмістом крохмалю ($\geq 60,0$ %) виділено зразки голозерного ячменю: *CDC ExPlus*, *Roseland*, *CDC Lophy-1*, *CDC McGwire*, *CDC Gainer*, *CDC Clear*.

Для селекції інтенсивних сортів ячменю ярого виокремили зразки з стабільно низькими показниками довжини стебла: *Clipper*, *Polygena*, *Trebon*, *Danielle*, *Arthur* та сорт-стандарт *Взірець*, серед голозерних – *Целинний*

голозерний та CDC Lophy-1. У селекції на високе продуктивне кушіння – голозерні зразки CDC Nilose та CDC ExPlus. У селекції на збільшення кількості зерен у колосі перспективними є зразки CDC Gainer та CDC Lophy-1, які відзначаються високою гомеостатичністю, селекційною цінністю та стабільністю прояву ознаки в різноманітних середовищах. За максимальним проявом маси зерна з колоса та продуктивності рослини виділено зразок Shuffle з високими гомеостатичністю і селекційною цінністю ($Hom = 9,1$; $Sc = 0,88$). Серед голозерних форм виокремили зразок CDC Clear ($X = 1,19$ г), який переважав плівчастий сорт-стандарт Взирець за масою зерна з колоса. У селекції на збільшення маси 1000 зерен виділи джерела крупності зерна ($\geq 50,1$ г): Гарант Преміум, Ли-1110, Ли-1114, Ли-1059, Ли-1078, Ли-1096, Великан, Shuffle, з високими показниками гомеостатичності та селекційної цінності ($Hom = 300,3$ – $669,8$; $Sc = 29,5$ – $40,6$).

Методом К-середніх виділено зразки з комплексом цінних господарських ознак – висока маса зерна з рослини ($X = 3,81$ г), крупне зерно ($X = 50,1$ г), висока маса зерна з головного колоса ($X = 1,13$ г): Стимул, Гарант Преміум, Ли-1110, Ли-1114, Ли-1120, Ли-1059, Ли-1078, Ли-1091, Ли-1096, Великан, Монолит, Ранний, Arthur, Danielle, Inari та Shuffle.

В різних агрокліматичних умовах (північний Лісостеп, центральний Лісостеп, північний Степ) встановлено істотну високу пряму кореляцію маси зерна з рослини з продуктивністю колоса, крупністю зерна та довжиною колоса. У досліджуваних умовах, формування продуктивності, залежало від різних ознак: в північному Лісостепу (Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України) найбільший прямий позитивний ефект на продуктивність виявили кількість зерен в головному колосі (1,148), потім крупність зерна (0,934) та кількість продуктивних стебел (0,589); в центральному Лісостепу (Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України) високий прямий позитивний ефект на продуктивність визначили за кількістю продуктивних стебел (0,593) та крупністю зерна (0,583); в північному Степу (Інститут сільського господарства Степу НААН України) прямий

позитивний ефект на продуктивність встановлено за кількістю продуктивних стебел (0,571) та масою зерна з колоса (0,476).

Виявлено, що рівень урожайності зразків ячменю ярого суттєво варіював залежно від екологічних умов і років випробування. Зміна рангів урожайності вказувала на сильну взаємодію генотип-середовище у більшості зразків, як в окремих середовищах, так і у різні роки. Встановлено, що взаємодія генотип-середовище була достовірно вищою при аналізі рангів урожайності в різних агрокліматичних зонах і за три роки разом.

Встановлено, що в умовах північного Лісостепу (Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України) є більша можливість ідентифікації генотипів з підвищеним продуктивним потенціалом. Умови центрального Лісостепу (Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України) та північного Степу (Інститут сільського господарства Степу НААН України) дають більше можливостей для виділення генотипів із вищою толерантністю до комплексу стресових факторів середовища.

За допомогою статистичних обрахунків та графічних способів відібрано зразки ячменю ярого із поєднанням підвищеної врожайності та її стабільності в різних екологічних умовах у різні роки дослідження. В північному Лісостепу – Стимул, Ли-1064, Ранній та сорт-стандарт Взірець. В умовах центрального Лісостепу – Аміль, Шедевр, Стимул, Gateway. В умовах північного Степу – Ли-1064 і Arthur. Зразки Ли-1064, Стимул, Arthur, Ранній і Ли-1059 виділили за відносно вищою широкою адаптивністю в різних середовищах впродовж трьох років вивчення. Практичний інтерес становлять зразки Danielle, Ли-1120, Діантус, Ли-1110, Шедевр, які за широкою адаптивністю поступалися вищезгаданим зразкам, але переважали за результатами графічного аналізу та статистичними показниками.

Установлено, що зразки ячменю голозерного мали нижчий потенціал урожайності, ніж плівчасті, але окремі з них (CDC ExPlus, CDC Gainer і Roseland) виявили високе значення індексу гомеостатичності в умовах північного

Лісостепу. Зразки CDC McGwire і CDC ExPlus виділили, як відносно кращі за широкою адаптивністю серед досліджуваних зразків ячменю голозерного.

Відмічено, що у ряді зразків характеристики стабільності за графічним (GGE biplot, АММІ) та статистичним (Hom, Sc) методами певною мірою відрізнялися. Тому, для всебічної оцінки взаємодії генотип-середовище та вибору генотипів із оптимальним поєднанням урожайності та стабільності, доцільно комбінувати статистичні та графічні моделі, що відрізняються математичними принципами розрахунку.

Виявлені особливості взаємодії генотип-середовище доповнюють наявні дані про показники врожайності колекційних зразків ячменю ярого залежно від просторових (екологічні місця) і часових (роки) градієнтів та їх комбінації. Їх можна використовувати для створення моделей сортів ячменю ярого зі специфічною або широкою адаптацією до умов різних агрокліматичних зон України.

Встановлено характер успадкування довжини стебла та елементів продуктивності ячменю ярого голозерного, який досить складний і проявляється в різних взаємодіях генотип-середовище. У селекції на стійкість до вилягання можливе використання в якості компоненту схрещування низькорослого сорту Натаір, – на підвищення крупності зерна сорт Козацький.

Виділено сорти з достовірно високими позитивними ефектами загальної комбінаційної здатності: продуктивна кущистість – Roseland, Натаір; кількість зерен у головному колосі – CDC Hilose, CDC ExPlus, Roseland; маса 1000 зерен – Alamo, Козацький; маса зерен із рослини – Roseland, які є цінними джерелами для поліпшення відповідних ознак ячменю ярого голозерного.

Виокремлено популяції другого покоління ячменю ярого голозерного які проявили високі позитивні трансгресії за продуктивним кушінням: Alamo / CDC ExPlus, Roseland / Alamo, Alamo / Натаір та Козацький / Alamo; за кількістю зерен в колосі – Alamo / Козацький; за масою зерна з рослини – Козацький / Alamo; за масою 1000 зерен із рослини – CDC Gainer / CDC ExPlus.

У співавторстві створено сорти ячменю ярого Світоч Носівський та Носівчанин (частка авторства в кожному сорті – 15 %), які внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Передано до Українського інституту експертизи сортів рослин для проходження державної кваліфікаційної експертизи сорти ячменю ярого Губернаторський та Диво Носівщини.

Ключові слова: ячмінь ярий, ячмінь голозерний, ячмінь плівчастий, сорт, селекційна цінність, діалельні схрещування, гібриди F_1 та F_2 , успадкування, комбінаційна здатність, урожайність, стабільність, адаптивність, взаємодія генотип–середовище.

ABSTRACT

Buniak N. M. Breeding and genetic features of creating source material for hulless spring barley variety development.

The dissertation for scientific degree of Philosophy Doctor by specialty 201 – “Agronomy”, branch of knowledge – 20 (Agricultural Sciences and Food). – The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Tsentralne village, Obukhiv district, Kyiv region, 2023.

The dissertation provides theoretical generalization and practical solution to the scientific task of creating new source material in hulless spring barley breeding for productivity, lodging resistance, and disease resistance. This was achieved by establishing breeding and genetic evaluation of spring barley collection samples in terms of productivity and quantitative traits when taking into account the "genotype–environment" interaction in various ecological niches and determining the inheritance of yield components in hybrid populations of hulless spring barley in the conditions of the northern Forest Steppe of Ukraine.

New barley lines were introduced into the breeding process, and new barley varieties with a combination of high yield, stability, and resistance to the most common diseases were created.

For the first time, the morphological and biochemical features of collection samples of hulless and covered spring barley were determined, and new sources were identified in terms of productivity, resistance to abiotic and biotic factors, and their breeding value was determined. The varieties Vzirets` and CDC McGwire were identified as valuable source material in breeding for resistance to foliar diseases. The samples Dianthus, Li-1059, Li-1096, Li-1089, Erie, and Gateway were identified for their high protein content ($\geq 16.0\%$), while the hulless barley samples CDC ExPlus, Roseland, CDC Lophy-1, CDC McGwire, CDC Gainer, and CDC Clear were for high starch content ($\geq 60.0\%$).

To breed intensive varieties of spring barley, the covered samples Clipper, Polygena, Trebon, Danielle, Arthur, and the standard variety Vzirets` as well as the hulless varieties Tselinny golozerny and CDC Lophy-1 were singled out with consistently low stem length indicators. The hulless samples CDC Hilose and CDC ExPlus were singled out for highly productive tillering. The samples CDC Gainer and CDC Lophy-1 are promising in breeding for increasing grain number per spike, they are characterized by high homeostaticity, breeding value and stability of the trait manifestation in various environments. The sample Shuffle was identified for the maximum level of grain weight per spike and plant productivity with high homeostaticity and breeding value ($Hom = 9.1$; $Sc = 0.88$). Among the hulless forms the sample CDC Clear was singled out, which was superior to the covered standard in terms of grain weight per spike ($X = 1.19$ g). In breeding for increasing 1000 kernel weight there were selected the samples Harant Premium, Li-1110, Li-1114, Li-1059, Li-1078, Li-1096, Velikan, and Shuffle as the sources of grain size (≥ 50.1 g) with high homeostatic indicators and breeding value ($Hom = 300.3-669.8$; $Sc = 29.5-40.6$).

Using the K-means method, there were identified the samples Stimul, Harant Premium, Li-1110, Li-1114, Li-1120, Li-1059, Li-1078, Li-1091, Li-1096, Velikan, Monolit, Ranniy, Arthur, Danielle, Inari, and Shuffle with a complex of valuable economic characteristics: high grain weight per plant ($X = 3.81$ g), large grain ($X = 50.1$ g), high grain weight per main spike ($X = 1.13$ g).

In different agro-climatic conditions (northern Forest-Steppe, central Forest-Steppe, northern Steppe), a significant high positive correlation of grain weight per plant with spike productivity, grain size, and spike length was established. In the studied conditions, the plant productivity formation depended on various traits: in the northern Forest Steppe (Nosivka Plant Breeding and Experimental Station The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine) the most direct positive effect on productivity was revealed for grain number per main spike (1.148), followed by grain size (0.934) and number of productive stems (0.589); in the central Forest Steppe (The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine), a high direct positive effect on productivity was determined for number of productive stems (0.593) and grain size (0.583); in the northern Steppe (Institute of Agriculture of the Steppe of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine) a direct positive effect on productivity was established for number of productive stems (0.571) and grain weight per spike (0.476).

It was found that yield level of spring barley samples varied significantly depending on different environmental conditions and years of testing. The change in productivity ranks indicated the strong genotype–environment interaction in the most samples in both separate ecological conditions and different years. It was found that genotype–environment interaction was significantly higher when analyzing the productivity ranks in different agro-climatic zones and for three years together.

It was established that in the conditions of the northern Forest Steppe (Nosivka Plant Breeding and Experimental Station The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine) there is a more opportunity of identifying genotypes with increased productive potential. The conditions of the central Forest-Steppe (The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine) and the northern Steppe (Institute of Agriculture of the Steppe of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine) provide more opportunities to select genotypes with a higher tolerance to a complex of stress environmental factors.

Using statistical calculations and graphic methods, spring barley samples with a combination of increased yield and its stability in different ecological conditions in different years of the study were selected. These are Stimul, Li-1064, Ranniy and the standard variety Vzirets` in the northern Forest Steppe; Amil, Shedevr, Stimul, Gateway in the conditions of the Central Forest Steppe; Li-1064 and Arthur in the conditions of the northern Steppe. The samples Li-1064, Stimul, Arthur, Ranniy, and Li-1059 were distinguished by their relatively higher wide adaptability in three ecological niches during the three years of the study. The samples Danielle, Li-1120, Diantus, Li-1110, Shedevr, which were inferior to the mentioned above samples in terms of wide adaptability, but prevailed according to the results of graphic analysis and statistical indicators are of practical interest.

It was established that hullless barley samples had a lower yield potential than covered ones, but some of them (CDC ExPlus, CDC Gainer, and Roseland) showed a high value of the homeostatic index in the conditions of the Northern Forest Steppe. The samples CDC McGwire and CDC ExPlus were singled out as rather better in terms of wide adaptability among the studied samples of hullless barley.

It was noted that in a number of samples the stability characteristics according to graphic (GGE biplot, AMMI) and statistical (Hom, Sc) methods differed to some extent. Therefore, for a comprehensive assessment of the genotype–environment interaction and selection of genotypes with an optimal combination of productivity and stability, it is advisable to combine statistical and graphic models that differ in mathematical principles of calculation.

The identified features of the interaction of genotype with environment complement the available data on the yield indicators of spring barley collection samples depending on spatial (ecological sites) and temporal (years) gradients and their combinations. They can be used to create models of spring barley varieties with specific or broad adaptation to the conditions of different agro-climatic zones of Ukraine.

The inheritance patterns of stem length and yield components of hullless spring barley being quite complex and manifested in various genotype–environment interactions were established. It is possible to use the short height variety Natair as a

crossing component in breeding for lodging resistance and the variety Kozats`kyi to increase grain size.

Varieties with reliably high positive effects of general combining ability were singled out. These are Roseland and Natair for productive tillering; CDC Hilose, CDC ExPlus, and Roseland for grain number per main spike; Alamo and Kozats`kyi for 1000 kernel weigh; Roseland for grain weight per plant. They are valuable sources for improving the respective traits of hulless spring barley.

The populations of the second generation of hulless spring barley that showed high positive transgressions were singled out, namely Alamo / CDC ExPlus, Roseland / Alamo, Alamo / Natair, and Kozats`kyi / Alamo in terms of productive tillering; Alamo / Kozats`kyi according to grain number per spike; Kozats`kyi / Alamo by grain weight per plant; CDC Gainer / CDC ExPlus by 1000 kernel weight and grain weight per plant.

In co-authorship, were created the barley varieties Svitoch Nosivskyi and Nosivchany (the share of authorship in each variety is 15%) which were put on the State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine. Spring barley varieties Dyvo Nosivshchyny, and Hubernatorskyi were developed and submitted for the state qualification examination to the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination.

Key words: *spring barley, hulless barley, covered barley, variety, breeding value, diallel crosses, F_1 and F_2 hybrids, inheritance, combining ability, productivity, stability, adaptability, genotype–environment interaction.*

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Буняк Н. М. Ступінь фенотипового домінування кількісних ознак у гібридних популяцій F₁ голозерного ячменю. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 127–133. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.20>
2. Буняк Н. М. Оцінка колекційних зразків ячменю ярого за комплексом цінних господарських ознак в умовах Носівської селекційно-дослідної станції. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. №1. С. 7–17. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-1-7-17>

Стаття в науковому виданні, що індексується в Scopus та Web of Science

3. Hudzenko V. M., Buniak N. M., Tsentylo L. V., Demydov O. A., Fedorenko I. V., Fedorenko M. V., Ishchenko V. A., Kozelets H. M., Khudolii L. V., Lashuk S. O., & Syplyva N. O. Evaluation of grain yield performance and its stability in various spring barley accessions under condition of different agroclimatic zones of Ukraine. *Biosystems Diversity*. 2022. Vol. 30, Iss. 4. P. 406–422. DOI: <https://doi.org/10.15421/012240> (60 % авторства: проведення експерименту, обробка і аналіз даних, написання статті).

Стаття в іноземному науковому виданні, що індексується в Scopus та Web of Science

4. Hudzenko V., Tsentylo L., Demydov O., Khudolii L., Buniak N., Fedorenko I., Fedorenko M., Kozelets H., Syplyva N., Lashuk S., Gaidai A., Petrenko V., Rybalko Y., Suddenko Y. GGE biplot elucidation of spring barley yield performance under multivarious conditions of Ukraine. *Romanian agricultural research*. 2023. No. 40. P. 177–188. DOI: doi.org/10.59665/rar4017 (40 % авторства: обробка і аналіз даних, написання статті).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

5. Буняк Н. М., Гудзенко В. М. Оцінювання зразків генофонду ячменю ярого за рівнем прояву врожайності в умовах різних природних зон України. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку: тези міжнародної науково-практичної конференції присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції і насінництва пшениці і картоплі та 100-річчю з часу заснування Агробіотехнологічного (Агрономічного) факультету.* (м. Біла Церква, 4, 5 березня 2021 р.). Біла Церква. С. 113–114. (70 % авторства: проведення експерименту, аналіз даних, написання тез).
6. Буняк Н. М. Селекційна цінність колекційних зразків ячменю ярого в умовах Носівської СДС МПП ім. В. М. Ремесла НААН України. *Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво): матеріали V-ї Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 110-річчю з дня народження видатного вченого, селекціонера, заслуженого працівника вищої школи, доктора сільськогосподарських наук, професора Зеленського Михайла Олексійовича (Київ, 24, 25 травня 2022 р.) / НУБІП України. 2022.* С. 46–48.
7. Буняк Н. М. Прояв висоти рослин колекційних зразків ячменю ярого в різних екологічних умовах. *«Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети»:* збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції. м. Одеса, 2023. С. 111–113.
8. Буняк Н. М. Рівень прояву продуктивної куцистості у колекційних зразків ячменю ярого в умовах Носівської селекційно-дослідної станції МПП ім. В. М. Ремесла НААН. *Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України:* збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої до Дня науки в Україні (м. Одеса, 18, 19 травня 2023 року). С. 95–97.

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації

9. Hudzenko V. M., Polishchuk T. P., Sardak M. O., **Buniak N. M.**, Ishchenko V. A. Multi-environment trials of spring barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) in the final stage of breeding process. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2019. Vol. 10, No. 4. P. 1435–1440. DOI:10.5958/0975-928X.2019.00183.2. (40 % авторства: обробка і аналіз даних, написання статті).
10. Hudzenko V., Polishchuk T., Demydov O., Sardak M., **Buniak N.**, Ishchenko V. Identification of Spring Barley Breeding Lines With Superior Yield Performance and Stability. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2020. Vol. 68, N.6. P. 947–958. DOI: <https://doi.org/10.11118/actaun202068060947> (40 % авторства: обробка і аналіз даних, написання статті).

Свідоцтво про авторство на сорт рослини

11. Свідоцтво про авторство на сорт рослини №210748. Ячмінь звичайний (ярий) Світоч Носівський. Сардак М. О, Сардак М. І., Буняк Н. М., **Буняк Н. Мих.**, Дворська С. В.; Заявка № 19020004 (частка авторства 15 %: проведення селекційних досліджень, обробка результатів, узагальнення даних).
12. Свідоцтво про авторство на сорт рослини №220526. Ячмінь звичайний (ярий) голозерний Носівчанин. Сардак М. О, Сардак М. І., Буняк Н. М., **Буняк Н. Мих.**, Дворська С. В.; Заявка № 20020019 (частка авторства 15 %: проведення селекційних досліджень, обробка результатів, узагальнення даних).

ЗМІСТ

	Стор.
АНОТАЦІЯ	2
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	16
ВСТУП	17
РОЗДІЛ 1 НАПРЯМИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ТА СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО (ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ)	22
1.1 Народно-господарське значення ячменю ярого голозерного	22
1.2 Походження та поширення голозерного ячменю	26
1.3 Напрями та результати селекції голозерного ячменю	28
1.4 Вихідний матеріал та особливості успадкування ознак у селекції ячменю ярого голозерного	32
Висновки до розділу 1	38
РОЗДІЛ 2 УМОВИ, ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	39
2.1 Характеристика місця та умов проведення досліджень	39
2.2 Агротехнічні умови проведення досліджень	44
2.3 Вихідний матеріал і методика проведення досліджень	45
Висновки до розділу 2	49
РОЗДІЛ 3 СЕЛЕКЦІЙНА ЦІННІСТЬ КОЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В РІЗНИХ ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНИХ ЗОНАХ	50
3.1 Особливості прояву та варіювання цінних господарських ознак колекційних зразків ячменю ярого в умовах північного Лісостепу	51
3.2 Характеристика колекційних зразків за проявом та варіабельністю структурних ознак продуктивності в багатосередовищних випробуваннях	64
3.3 Кореляційний і шляховий аналіз продуктивності та її компонентів у ячменю ярого в різних середовищах	92

Висновки до розділу 3	101
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ТА ЇЇ СТАБІЛЬНОСТІ ЗРАЗКІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В РІЗНИХ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ	105
Висновки до розділу 4	131
РОЗДІЛ 5 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЯВУ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК У ГІБРИДІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО	134
5.1 Ступінь фенотипового домінування кількісних ознак у гібридів F_1 ячменю ярого голозерного	134
5.2 Результати селекційно-генетичного оцінювання сортів ячменю ярого голозерного	143
5.3 Ступінь та частота трансгресії у гібридів F_2 ячменю ярого голозерного	148
5.4 Характеристика новостворених сортів ячменю ярого півчастих та голозерного	151
Висновки до розділу 5	153
ВИСНОВКИ	155
РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ	160
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	161
ДОДАТКИ	189

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

СБП –	середній багаторічний показник;
НСДС –	Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України;
МІП –	Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України;
ІСГС –	Інститут сільського господарства Степу Національної академії аграрних наук України;
X –	середнє арифметичне;
Min	мінімальне значення
Max	максимальне значення
V –	коефіцієнт варіації;
b_i –	пластичність;
S_i –	варіанса стабільності;
σ –	стандартне (середньоквадратичне) відхилення;
Sc –	селекційна цінність
Ном –	гомеостатичність,
ЗКЗ –	загальна комбінаційна здатність;
Тс –	ступінь трансгресії;
Тч –	частота трансгресії;
ПН –	позитивне наддомінування;
ПД –	позитивне домінування;
ПУ –	проміжне успадкування;
НД –	негативне домінування;
НН –	негативне наддомінування (депресія);
F_1, F_2 –	гібридні покоління;
h_p –	ступінь фенотипового домінування.

ВСТУП

Актуальність теми. Ячмінь голозерний набуває стратегічного значення у світі як культура здорового харчування, зокрема значно поширений у Канаді, Японії, США, Швеції та Китаї. Винятковість ячменю голозерного пояснюється важливими характеристиками його зерна, зокрема: підвищений вміст білка й незамінних амінокислот у порівнянні з плівчастим ячменем, склоподібність, високі натура та інші біохімічні та технологічні показники, які підвищують кормові і харчові властивості [1].

Враховуючи зростаючий запит до використання зерна ячменю голозерного в харчових цілях, насамперед через його заявлену користь для здоров'я, в Україні істотно поживлено селекційну роботу зі створення та впровадження нових сортів голозерного типу. Однак створені сорти дотепер не набули значного поширення у виробництві, оскільки відмічена дещо нижча врожайність порівняно з плівчастим ячменем, та недостатня стійкість до біотичних та абіотичних чинників зовнішнього середовища.

Вагомий внесок у розвиток селекції і вирішення проблем виробництва зерна ячменю голозерного присвячено науковій праці Рибалки О. І., Лінчевського А. А., Васько Н. І., Поліщука С. С., Сардака М. О. та ін. Однак, враховуючи наукові та практичні здобутки вказаних авторів, питання створення нових сортів голозерного ячменю ярого, які б відповідали вимогам виробництва стосовно врожайності культури, стійкості щодо найбільш поширених збудників хвороб, шкідників та адаптованих до умов вирощування в північному Лісостепу України для використання їх в харчовій, кормовиробничій та технічній промисловості є надзвичайно актуальним завданням вітчизняної селекційної науки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Експериментальні дослідження виконуються у рамках програм наукових досліджень Національної академії аграрних наук України на 2019–2020 рр. та 2021–2023 рр., відповідно до завдання другого рівня на Носівській селекційно-дослідній станції Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН

України: ПНД НААН «Селекція зернових і зернобобових культур» 13.00.01.75.П «Створити, вивчити і передати до Державного сортовипробування України високопродуктивні селекційні лінії плівчастого та голозерного ячменю ярого з крохмалем типу waxy» (номер держреєстрації 0119U100207). 13.00.05.09.П «Дослідження та оцінка на завершальних етапах селекції ліній плівчастого та голозерного ячменю ярого з різним типом крохмалю (номер держреєстрації 0121U108654).

Мета і завдання досліджень – створити новий вихідний матеріал для селекції ячменю ярого голозерного за продуктивністю, стійкістю щодо вилягання та збудників хвороб. Встановити селекційно-генетичні особливості формування і успадкування елементів структури урожайності в гібридних поколіннях ячменю ярого голозерного в умовах північного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети вирішували наступні завдання:

- встановити особливості прояву кількісних ознак у колекційних зразків ячменю ярого в різних середовищах;
- виділити нові джерела за продуктивністю, стійкістю до абіотичних та біотичних чинників та визначити їх селекційну цінність;
- встановити закономірності кореляції між кількісними ознаками рослин ячменю ярого та їх зв'язок з продуктивністю в різних середовищах;
- визначити взаємодію генотип-середовище, її вплив на формування врожайності зразків ячменю ярого, в тому числі голозерного, в різних умовах вирощування;
- виявити особливості формування та успадкування кількісних ознак у гібридів F_1 і F_2 від міжсорткових схрещувань ячменю ярого голозерного.

Об'єкт дослідження – формування селекційно-генетичних особливостей батьківських форм та нового гібридного матеріалу для селекції ячменю ярого голозерного за продуктивністю, стійкістю щодо вилягання та збудників хвороб.

Предмет дослідження – вихідний матеріал, батьківські компоненти схрещування, новий гібридний матеріал ячменю ярого голозерного, елементи

продуктивності, успадкування, кореляція між кількісними та якісними ознаками, стійкість до вилягання та збудників хвороб.

Методи дослідження. При виконанні досліджень застосовували такі методи: 1) польовий (внутрішньовидова гібридизація, фенологічні спостереження); 2) лабораторний (вимірювально-ваговий для проведення структурного аналізу та обліку врожаю); 3) статистичний (дисперсійний, кореляційний та варіаційний аналіз, графічні моделі GGE biplot та АММІ).

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше досліджено та визначено селекційну цінність колекційних зразків світового генофонду за продуктивністю, стійкістю до абіотичних і біотичних чинників в різних середовищах та виділено нові джерела цих ознак. Установлено селекційно-генетичні особливості виділених джерел за компонентами варіації, комбінаційною здатністю і успадкуванням кількісних ознак пов'язаних із продуктивністю. Встановлено закономірності кореляції між кількісними ознаками рослин ячменю ярого та їх зв'язок з продуктивністю в різних середовищах. Виявлено характер успадкування кількісних ознак у гібридів F_1 та F_2 ячменю ярого голозерного від міжсорткових схрещувань нових джерел цінних ознак. Визначено взаємодію генотип-середовище та її вплив на формування продуктивності та кількісних ознак зразків ячменю ярого голозерного в різних умовах вирощування.

Практичне значення одержаних результатів. Виділено джерела цінних господарських ознак та створено новий вихідний матеріал які впроваджено в селекційний процес Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (додаток А.1) та Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України (додаток А.2). Створено сорти ячменю ярого Світоч Носівський (додаток Б.1), Носівчанин (додаток Б.2), які внесено до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні. Передано до Українського інституту експертизи сортів

рослин для проходження державної кваліфікаційної експертизи сорти ячменю ярого Губернаторський та Диво Носівщини (додаток Б.3).

Особистий внесок здобувача. Автором особисто проведено інформаційний пошук, аналіз літературних джерел, визначено мету та завдання досліджень, виконано польові і лабораторні дослідження, аналіз експериментальних даних, здійснено узагальнення одержаних результатів і формулювання основних положень та висновків. У дисертації використано спільні із науковими співробітниками дослідження, які викладені в публікаціях з часткою авторства 40–100 %, у створених сортах ячменю ярого – 15 %.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень оприлюднено і обговорено на засіданнях Вченої ради Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (2021–2023 рр.), а також на різного рівня конференціях: Міжнародній науково-практичній конференції присвяченій видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції і насінництва пшениці і картоплі та 100-річчю з часу заснування Агробіотехнологічного (Агрономічного) факультету. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку*: (м. Біла Церква, 4, 5 березня 2021 р.); V Міжнародній науково-практичній конференції присвяченій 110-річчю з дня народження видатного вченого, селекціонера, заслуженого працівника вищої школи, доктора сільськогосподарських наук, професора Зеленського Михайла Олексійовича «Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво)» (м. Київ, 24, 25 травня 2022 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети» (м. Одеса, 24 березня 2023); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, присвяченій до Дня науки в Україні «Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України» (м. Одеса, 18, 19 травня 2023 року).

Публікації. Основні результати досліджень опубліковано в 12 наукових працях, з них три статі у наукових фахових виданнях України (одна з них індексується в Scopus та Web of Science), одна стаття у періодичному науковому виданні іншої держави (Румунія), що індексується в Scopus та Web of Science, чотири тези конференцій; дві статті, що додатково відображають результати дисертації, два свідоцтва про авторство на сорт рослини.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертацію викладено на 203 сторінках комп'ютерного тексту, включає анотації, зміст, вступ п'ять розділів, висновки, практичні рекомендації для селекції, список використаних джерел, додатки. Список використаних джерел налічує 265 найменувань, зокрема 207 латиницею. Робота містить 30 таблиць і 15 рисунків.

РОЗДІЛ 1

НАПРЯМИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ТА СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО

(ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Народно-господарське значення ячменю ярого голозерного

Серед усіх глобальних проблем, що виникають у процесі розвитку суспільства, сьогодні на першому місці знаходиться продовольча проблема. Збільшення чисельності населення приводить до збільшення споживання продуктів харчування. Поряд з хлібом, крупи та продукти з них є основними продуктами харчування і складають значну частину раціону населення України. Важливість цих продуктів зумовлена традиціями харчування та тим, що виробництво зернових є одним з найдешевших способів виробництва продуктів харчування [2].

Відзначають тенденцію до розширення асортименту круп'яних продуктів за рахунок використання нових зернових культур, які ще 10-15 років тому не розглядалися як перспективні для виробництва круп і використовувалися в основному на корм [3]. Серед таких культур особливе місце посідає голозерний ячмінь, увага до якого особливо посилена в останні роки у зв'язку з новітніми клінічними, дієтологічними і біохімічними дослідженнями продуктів із його зерна, які довели винятково високу харчову цінність ячмінного зерна [4, 5].

Взагалі культура ячменю звичайного (*Hordeum vulgare* L.) є однією з найпоширеніших зернових культур у світі, за посівними площами займає четверте місце після пшениці, рису та кукурудзи [6]. Це одна з перших одомашнених культур і сьогодні посідає п'яте місце за виробництвом сухої речовини у світі, після кукурудзи, пшениці, рису та сої [7].

Ячмінь майже однаковий за харчовою цінністю з пшеницею та кукурудзою. Через наявність більшої кількості білка та крохмалю, менший вміст клітковини та адаптації до короткого вегетаційного періоду, ця культура може

бути альтернативою кукурудзі в згодовуванні домашній птиці та іншим одношлунковим тваринам [8, 9]. Враховуючи кількість білка (10–17 %), крохмалю (65–68%), вміст лізину та β -глюканів (4–9 %), жирів (2–3%) ячмінь також підходить для харчування людини [10]. Сьогодні зерно ячменю визнане функціональною їжею, оскільки в нього наявний високий рівень харчових волокон (головним чином β -глюканів), мінералів і фітохімічних речовин [11], які можуть сприятливо впливати на здоров'я споживача та зменшувати ризик розвитку різних захворювань [12]. Зокрема регулювати рівень холестерину та тригліцеридів у сироватці крові [13, 14], знижувати ризик серцевих захворювань і раку товстої кишки [15], запобігати цукровому діабету [16], усувати шлунково-кишкові розлади, а також регулювати масу тіла за рахунок відчуття ситості [17, 18].

Висока генетична різноманітність ячменю дозволяє вирощувати його в різних кліматичних умовах для різноманітного використання. Ячмінь в основному використовують як корм домашніх тварин і у виробництві пива, а також у виробництві алкоголю, продуктів харчування, фармацевтики та текстилю. У харчовій промисловості придатний для виробництва солоду, кексів, печива, коржів та ін. Зерно використовують для виробництва манної крупи, ячмінних пластівців і як заміник кави [19]. Приблизно 65% виробленого ячменю використовується як корм для тварин, 33% для солоду [20], однак лише 2% – безпосередньо для споживання людиною як компонент різноманітних харчових продуктів [7, 20].

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) за типом зерна поділяють на плівчастий та голозерний. Ячмінь голозерний є формою культурного ячменю з плівкою, яка легко відділяється. Прояв голозерності контролюється одним рецесивним геном (*nud*), який регулює відсутність утворення цементуючого шару між околоплідником і леммою та палеєю, який спричиняє зчеплення плівки з насінневою оболонкою [21]. Однак молекулярний механізм, що лежить в основі цієї ознаки, досі залишається невідомим [22].

Дослідження з голозерним ячменем вказували на переваги при виробництві кормів, продуктів харчування та промислового використання. Так додавання в раціон тварин зерна голозерних сортів ячменю підвищується середньодобовий приріст у свиней [23] включення ячменю в раціони бройлерів підвищило ефективність корму [24] та є рівноцінним зерну кукурудзи, за енергетичною цінністю, при складанні раціонів для високопродуктивних молочних корів [25]. Щодо промислового використання, то досліджено ефективність біохімічної трансформації крохмалю зерна в спирт у селекційних ліній голозерного ячменю та встановлено більший (на 28 л) вихід етанолу з 1 т зерна порівняно з плівчастим [4]. Голозерний ячмінь, за рахунок більшої насипної щільності (об'ємної ваги) приблизно на 25%, має перевагу перед звичайним ячменем при транспортуванні, переробці та зберіганні [26, 27] та не потребує процесу обрушення плівки при промисловому використанні [28].

Незаперечне значення голозерний ячмінь здобув саме як основа для виробництва продуктів харчування. Ця культура є важливим джерелом водорозчинних клітин клітковини, необхідних в раціоні людини для зниження рівня холестерину в сироватці крові [29, 30]. Порівняно до плівчастих сортів ячменю голозерні мають нижчий вміст клітковини та більшу кількість крохмалю через відсутність плівок. Сирий протеїн голозерного ячменю перевищує показники плівчастого переважно на 1-3% і більше [31, 32]. Додавання ячмінного борошна до пшеничного при випічці хліба знижує його об'ємну вагу та пористість, хоча деякі автори вважають, що борошно з ячменю можна самостійно використовувати у виробництві хліба, без домішок пшеничного борошна [33]. Вино з голозерного ячменю – це традиційний ферментований напій із низьким вмістом алкоголю, також це найважливіший алкогольний напій у повсякденному житті тибетців завдяки унікальному смаку та функціональним компонентам, включаючи β -глюкан і антиоксиданти [34]. Отже, голозерний ячмінь може стати альтернативою для найбільш вживаних злаків у харчуванні людини і це може сприяти розширенню різноманітності продуктів харчування, які люди щодня споживають [18]. Ячмінь голозерний найкраще вживати в їжу, оскільки його

можна використовувати без обробки. Перлова крупа має меншу харчову цінність, оскільки в процесі шліфування видаляється також частина алейронового шару і зародку а отже втрачаються багато вітамінів і мінералів [35]. Цільне зерно голозерного ячменю зазвичай містить більше білка та крохмалю, загальні та розчинні β -глюкани [36–38]. Також вказують що для круп'яного ячменю бажаною є висока скловидність, так як при луценні і шліфуванні зерен з твердою текстурою втрачається значно менше ендосперму, ніж у борошнистих зерен, і крупа є більш поживною [39], а голозерні дворядні зразки ячменю є високоскловидними [40]. Дослідження Рибалки О. І. та ін. [4] вказують, що гени ячменю *nud* (голозерність) і *wax* (ваксі) є одними з найважливіших досліджених генетичних чинників, які істотно впливають на показники харчової (біологічної) цінності зерна ячменю. Однак в Україні, до останніх років, не велася селекція сортів ячменю ваксі. В той же час селекція ячменів ваксі активно розвивається за кордоном [41]. Незважаючи на унікальну харчову цінність ячмінного зерна, наукові дослідження в Україні у цьому напрямку практично відсутні, а ячменів спеціального харчового використання (перш за все голозерного) в Україні не достатньо [42].

Голозерний ячмінь не набув поширення за рахунок формування на 15–20% нижчої врожайності, порівняно з звичайними плівчастими формами ячменю [43], пшениці та кукурудзи [35] та слабкої соломини [44]. Дослідники вказують, що в останні роки селекція рослин створила більш врожайні сорти ячменю голозерного [45], однак і відмічають їх не достатню кількість для сучасного європейського та північноамериканського сільськогосподарського виробництва [46]. Зразки ярого голозерного ячменю достовірно перевершують зразки плівчастого ячменю (ярі і озимі) за такими важливими характеристиками харчової цінності зерна ячменю як вміст у зерні білка, олії, β -глюканів та загальна АОА. Це свідчить про те, що селекція ячменю харчового напряму технологічного використання зерна має бути спрямована на створення перш за все сортів ярого голозерного ячменю [5, 47].

1.2 Походження та поширення голозерного ячменю

Рід *Hordeum* L. відноситься до триби *Triticeae*, яка містить 45 видів і підвидів [48]. За іншими даними, у роді *Hordeum* систематики налічують 32 види [цит. за 49]. Величезний ареал і тисячоліття вирощування ячменю визначили велику міжвидову і внутрішньовидову різноманітність роду *Hordeum* L. До складу *H. vulgare* L. входять підвиди багаторядного голозерного *convar. coeleste* – найбільш поширений в Південно-Східній Азії: Китаї, Японії і в Північно-Східній Африці: Ефіопії, Еритреї, а також в Середній Азії – в гірських районах (Памір, Тибет, Таджикистан, Монголія і частково Індія) [50, 51] та дворядного голозерного *convar. nudum* ячменю – зустрічається в усіх зонах вирощування дворядного ячменю [52].

Найбільш ранні згадки про голозерний ячмінь відомі в документах, виявлених в Хузестані (Ali Kosh і Jarmo), де поряд з плівчастими ячменями знайдені шестирядні голозерні форми (7000–8000 р. до н.е.) [48, 53]. Одомашнений ячмінь знайдено в долині Інду в Мехргарх (на території сучасного Пакистану) 7000 років до н.е. Також в передгірній зоні між гірським хребтом Копет Даг і Пустеля Кара-Кум (сьогодні на схід від Каспійського моря Туркменістан), культурний ячмінь був 6000 років до н.е. [54]. В порівняння потрібно відмітити що плівчастий ячмінь вирощувався ще 9000 років до нашої ери [55]. Розроблений М.І. Вавиловим диференційно-географічний метод дозволив встановити, що центром формування голозерних ячменів є Східна і Південно-Східна Азія, Китай і країни що прилягають до нього [52]. Плівчасті та голозерні ячмені з Гімалаїв суттєво відрізняються один від одного багатоваріантністю [56]. В подальшому, з використанням ДНК-маркерів було встановлено, що Гімалаї можна вважати за можливий центр доместикації голозерного ячменю [57], тоді як існує припущення що тибетський ячмінь був предком китайського доместикованого ячменю [58, 59]. Багатофакторний аналіз ознак дозволив згрупувати зразки за регіоном походження. Лінії гімалайських старовинних сортів утворювали східні та західні кластери, тоді як японські та

корейські лінії місцевих сортів відрізнялися від них. Європейський голозерний ячмінь виявився найближчим до європейського плівчастого ячменю, що свідчить про те, що відмінність ліній азіатського голозерного ячменю була пов'язана з походженням, а не голозерністю як такою [60].

Щоб з'ясувати походження голозерного ячменю, досліджували молекулярну варіацію маркера *sKT7*, що тісно пов'язаний з *nud*-локусом. Рестрикційний аналіз ПЛР-ампліфікованого продукту *sKT7* виявив алелі I, II, III і IV. Усі чотири алелі були знайдені в дикому ячмені, але алель IV була знайдена лише в одному зразку з південно-західного Ірану. Плівчасті зразки виявили алелі I, II або III, але всі голозерні зразки мали алель IV. Поширення алеля IV у дикому ячмені та його повсюдна присутність у голозерних доместикованих лініях надають висновок, що голозерний ячмінь має монофілетичне походження, ймовірно, з південно-західного Ірану. Наявні результати пропонують два сценарії походження голозерного ячменю: або безпосередньо від дикого ячменю з алелем IV, або від плівчастої доместикованої лінії з алелем IV, яка пізніше вимерла [61].

Ще майже 70 років тому у своїх дослідженнях Takahashi (1955) відмічав, що голозерний ячмінь широко поширений, проте його частота суттєво різниться залежно від місцевості. Поширення голозерного ячменю зміщене в напрямку Східної Азії, оскільки 95% його вирощується на плато Японії, Кореї, Непалу, Тибету Китаю та Бутану. Генетична колекція голозерного ячменю в Китаї є найбагатшою у світі, і він володіє 77% сукупного спадкового активу голозерного ячменю в світі. Пізніше Assefa і Labuschagne (2004) вказують про незначне вирощування голозерного ячменю в Ефіопії та практичну відсутність в Австралії разом із західним світом. [цит. за 62].

В Індії ячмінь вирощується на площі близько 3 мільйонів га, головним чином на рівнинах Північної Індії, а також у горбистих районах Гімалаїв, на висоті біля 4000 м. У Гімалаях поширені шестирядні плівчасті види, а дворядні, як плівчасті, так і голозерні, вирощуються лише в обмеженій мірі. Шестирядні голозерні форми вирощуються на вищих хребтах Гімалаїв [62].

В Ірані голозерний ячмінь має потенціал для отримання врожаю, подібного до пшениці, завдяки поєднанню позитивних харчових якостей півчастого ячменю та пшениці [63].

Генетична мінливість генотипів ячменю голозерного важлива для його генетичного вдосконалення та й старовинні сорти є більш різноманітними, ніж сучасні, за низкою ознак [65]. Знання генетичної мінливості, потенційної врожайності а також пов'язаних з урожайністю ознак у голозерного ячменю, важливе для його подальшого використання в селекційних програмах.

1.3 Напрями та результати селекції голозерного ячменю

Інтрогресія голозерного фенотипу в даний час є цікавою метою селекції в розробці голозерних ліній ячменю для звичайних [66] і органічних [67] систем землеробства. Генетичне вдосконалення ячменю було спрямоване майже виключно на створення сортів з високим і стабільним урожаєм зерна [68]. Для селекціонерів дуже важливо розвивати ефективні селекційні програми, шляхом цілеспрямованого генетичного схрещування, для створення ліній голозерного ячменю багатого антиоксидантними властивостями та біоактивними сполуками [69]. Проводять дослідження з вивчення кількісних ознак та харчового складу цього виду ячменю [70]. Зокрема проводять оцінку перспективних селекційних ліній голозерних ячменів: вивчають продуктивність та кількісні ознаки ліній, визначають залежність між урожаєм насіння та його якісними показниками, виділяють кращі генотипи для використання в ланці виробництво-переробка функціональних харчових продуктів [41, 47, 49]. Отримують лінії голозерного ячменю з забарвленим насінням в поєднанні з хорошими урожайними та харчовими якостями. Такі лінії є хорошим джерелом фенольних сполук, β -глюканів та антиоксидантів [71].

Застосовують оцінку стабільності, адаптивності та врожайності. Вивчення 20 генотипів голозерного ячменю в Ірані встановило, що індекс продуктивності (коефіцієнт регресії) та інші параметри стабільності є зручними методами добору

сортів, які є стабільно високоврожайними та пластичними. Крім того, показано, що коефіцієнт регресії є найбільш корисним статистичним показником стабільності, який можна застосувати для відбору генотипів голозерного ячменю, адаптованих до широкого діапазону середовищ або адаптованих до обмежених середовищ [72].

Вивчають селекційні індекси для підвищення врожайності зерна та його компонентів голозерного ячменю. Оцінка семи різних селекційних індексів на основі індексів Сміта-Хейзела та Бріма-Вільямса показала, що генетичне зрушення врожайності зерна та ознак продуктивне кушіння і висота рослин, було досягнуте за допомогою індексу, заснованому на множенні показників прямих ефектів, які були отримані в результаті аналізу генетичного шляху та показників спадковості [35].

Визначають взаємодію генотип-середовище. Щоб оцінити взаємодію та визначити стабільні генотипи, аналіз стабільності проводять за допомогою регресійного аналізу, непараметричного та АММІ методів. Також метод *Biplot* використовують для розпізнавання тих генотипів, які адаптовані до специфічного середовища [73].

Значна частина голозерних ліній погано пристосована до різних агроєкологічних регіонів. Тому ставлять завдання розробити голозерні сорти, які порівнюють до адаптованих півчастих сортів. Зокрема, в Австралії було створено сорт *Torgens* для розвитку ринку голозерного ячменю, з вищим потенціалом врожайності, який однак становить лише 92 % порівняно до півчастого стандарту [74].

У Лакомбі (Канада) почали розробляти голозерні сорти ячменю ще у 70-х роках ХХ століття. У той час селекціонери Західної Канади були в захваті від потенціалу фуражного голозерного ячменю. Першими сортами були *Scout* (1982), *Tupper* (1984) та *Condor* (1988). Селекціонери продовжують працювати над покращенням багатоцільового голозерного ячменю, для використання в годівлі тварин та виробництві продуктів харчування [75].

Розробляють сорти зі зміненим типом крохмалю, що містять на 32–41% більше β -глюканів в порівнянні зі звичайним ячменем. Нові голозерні ваксі сорти забезпечать харчову промисловість альтернативним інгредієнтом, пов'язаним зі здоров'ям, і принесуть користь фермерам, пропонуючи зерно з доданою вартістю на продовольчому ринку. Голозерний ваксі ячмінь також стане поживним, універсальним харчовим продуктом, спрямованим на покращення дієтичного харчування [75].

В Україні посіви цієї культури поки незначні, перші сорти голозерного ячменю внесені в Державний реєстр сортів придатних для поширення в Україні відносно недавно. Носівська селекційно-дослідна станція в 90-х роках минулого століття започаткувала селекційну роботу щодо створення голозерних сортів ячменю ярого. Використавши голозерний зразок ячменю мексиканського походження як батьківську форму та сорт власної селекції Шанс як материнську, створили сорт ярого голозерного ячменю Козацький, який занесено до Держреєстру у 2010 році [77]. На даний час селекціонерами установи створено і внесено в Реєстр сортів придатних для поширення в Україні чотири сорти голозерного ячменю.

Сорт ярого голозерного ячменю Ахіллес, селекції Селекційно-генетичного інституту Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення (СГІ–НЦНС), внесено до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні з 2014 р. [78]. Перший сорт озимого ячменю дворучки голозерного типу Презент, одержаний від схрещування сорту Достойний з БРЛ-5GR, створений у відділі селекції та насінництва ячменю СГІ–НЦНС. З 2017 року в державному сортовипробуванні було розпочато вивчення нового сорту-дворучки Гордість Пальміри [79, 80]. Взагалі, у Селекційно-генетичному інституті Національному центрі насіннєзнавства та сортовивчення (СГІ–НЦНС) розгорнута одна з найбільших в Україні програм зі створення вихідного матеріалу для селекції сортів голозерного ячменю харчового використання. Дослідженнями наголошується важливість вивчення за ознаками харчової цінності як колекційного вихідного матеріалу ячменю, що використовується у схрещуваннях,

так і перспективних селекційних ліній, як імовірного вихідного матеріалу для створення сортів голозерного ячменю харчового напрямку [5]. Тут створений перспективний генетичний та селекційний рослинний матеріал, який покладено в основу методології виведення в Україні сортів голозерного ячменю [4]. Також першими в Україні ініціювали створення сортів голозерного ячменю з кольоровим (фіолетовим, синім, чорним) зерном, та передбачають радикальне поліпшення харчового і функціонального статусу голозерного ячменю та продуктів його переробки [81]. Розгорнута селекційна програма зі створення, на основі високоамілозних сортів голозерного ячменю з мутацією в локусі *sexb*, унікальних за біологічною цінністю функціональних харчових продуктів [82].

В Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН створені лінії голозерного ячменю з вищою, ніж у батьківських форм, АОА та випробувані сорти голозерного ячменю зі зміненим типом крохмалю [83]. Однак, на даний час відсутні сорти, які могли б формувати врожайність на рівні кращих півчастих сортів та з високою стійкістю до посухи, вилягання та хвороб, що також обмежує широке впровадження культури голозерного ячменю на поля України [79]. Більшість сортів голозерного ячменю мають ряд недоліків, які потребують вдосконалення [80]:

- низька адаптивна здатність до змінних умов середовища, що спричиняє нестабільність врожайності;
- низька посухостійкість і стійкість до вилягання;
- низька стійкість до грибних захворювань;
- слабка стійкість зародка зернівки, який виступає за овал зернівки, до механічного ушкодження при обмолоті, що є причиною підвищеного травматизму насіння при обмолоті і, як наслідок, зниженої польової схожості. Однак, за умов технічно грамотного обмолоту зерна, між генотипами голозерного і півчастого ячменю не виявлено істотної відмінності за польовою схожістю насіння [84].

Селекція голозерного ячменю повинна бути спрямована, перш за все, на усунення вказаних недоліків і збільшення його позитивних властивостей. Для досягнення цих цілей в селекційних установах створюються програми з селекції

голозерного ячменю, в яких розробляються моделі сортів залежно від їх господарського використання (харчове, кормове), визначаються основні вимоги до майбутніх сортів.

1.4 Вихідний матеріал та особливості успадкування ознак у селекції ячменю ярого голозерного

Вивчення вихідного матеріалу та виділення зразків із господарсько-цінними властивостями є основою для виведення сортів ячменю ярого, що відповідають вимогам сучасного сільськогосподарського виробництва. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва вимагає прискореного створення та впровадження нових сортів стійких до біотичних та абіотичних факторів середовища, з різними показниками якості та вимогами до технологій вирощування. Враховуючи, що на створення сорту потрібно близько дванадцяти років, селекціонери повинні володіти максимально повною інформацією про вихідний матеріал [85]. Для широкого впровадження нові сорти сільськогосподарських культур потребують удосконалення для отримання високої врожайності та якості [86]. Однак вузька генетична основа та генетична ерозія може бути перешкодою для подальшого зростання врожайності та якості с.-г. культур, що контрастує зі збільшенням населення до 9,6 мільярдів до 2050 року, як прогнозує ООН. Основними засобами вирішення цієї проблеми є вивчення, збереження та використання різноманітності ресурсів зародкової плазми [87]. Генетичне різноманіття є важливим в селекції як запобіжник від непередбачуваних змін у навколишньому середовищі та підтримка генетичного прогресу [88].

Вихідний матеріал є основою успіху селекції і закладає параметри нових генетичних систем, якими є синтетичні сорти. Пошуку вихідного матеріалу, його вивченню та включенню в гібридизацію приділяється особливе місце в селекційному процесі [7, 23, 29, 49–51, 53]. Сучасний рівень різноманітності селекційних завдань висуває принципово нові вимоги до підбору вихідного

матеріалу. Для включення в схрещування дослідники вивчають морфологічні [89] та біохімічні [90] показники голозерного ячменю. Також необхідно мати інформацію про генетичну структуру сортів і зразків, фітопатологічні характеристики, рекомбінаційну і сортоутворюючу здатність [91].

Сутність підходу до роботи з вихідним матеріалом полягає в кумулятивному підборі позитивного комплексу адаптованих до конкретних агрометеорологічних умов ознак і властивостей. До схрещувань слід включати зразки походженням тієї установи, де проводиться селекція, так як саме ці зразки є найбільш адаптованими до місцевих умов вирощування. Іншою складовою схрещування слід визначати зразок з властивостями, які бажано ввести або підсилити у майбутньому сорті [85].

Кількісні ознаки впливають на ріст і розвиток рослин, а також на формування врожайності. З ХХ століття вивчення кількісних ознак широко використовується через легкість вимірювання та високу інформативність. Сучасні дослідження побудовані на виявленні локусів кількісних ознак (QTL) і, отже, до перспективних інструментів для оптимізації врожайності [92–94]. Широкомасштабний аналіз кількісних ознак залишається основним рушійним фактором в процесі покращення врожаю, а тому відіграє вирішальну роль у сільськогосподарському виробництві [95, 96]. Саме тому важливо провести повну оцінку і використовувати важливі кількісні ознаки, що формують продуктивність.

Отримання нових генотипів ярого ячменю, що перевершують існуючі за якістю та продуктивністю, значною мірою зумовлена мінливістю біологічного селекційного матеріалу, колекцією зародкової плазми та підбором батьківських форм. Прояв трансгресивної мінливості можливий шляхом гібридизації, що призводить до отримання корисних генотипів. Тому потрібна періодична оцінка мінливості колекційного матеріалу, з метою виявлення генотипів з цінними морфологічними ознаками. Зокрема, зниження висоти рослин є пріоритетною програмою селекції ярого ячменю в Turda, для обмеження кількісних та якісних втрат, що можуть бути спричинені виляганням рослин [97].

Застосовують різні молекулярні маркери для ідентифікації генетичної різноманітності ресурсів зародкової плазми рослин [98, 99]. За допомогою кластерного аналізу встановлено значне генетичне різноманіття серед 208 зразків ячменю з коефіцієнтом відстані від 0,28 до 75,86. Селекційний матеріал, залучений до вивчення, включав місцеві сорти, лінії, дикі форми та сучасні сорти, зібрані з Тибету, Сичуань, Цинхай і Ганьсу в провінціях Китаю, з широкою варіацією за різними якісними ознаками. Такі дослідження допомагають поглибити розуміння генетичних механізмів контролю адаптивних ознак і проводити добір за маркерами цінних ознак у селекції голозерного ячменю [100].

Дослідження Zeng [101] свідчать, що голозерний ячмінь проявляє значну різноманітність кількісних ознак, і це різноманіття буде цінним для селекції в наступні десятиліття.

Ключове місце в програмах зі створення нових сортів голозерного ячменю займають також методи селекції. Переважно застосовують внутрішньовидову гібридизацію з залученням плівчастих сортів, оскільки багато генів, які контролюють цінні господарські ознаки, знаходяться в їх геномах [49, 102].

На Носівській селекційно-дослідній станції Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України були отримані рекомбінантні голозерні форми ярих зернових культур, використання яких в формотворчому процесі дозволить більш повно реалізувати біологічний потенціал культури ячменю ярого. У зв'язку з цим, необхідно детальне вивчення нового вихідного матеріалу за адаптивними і біохімічними властивостями, відбір нових генотипів з метою використання їх в селекційному процесі.

Урожайність зерна є комплексною ознакою, яка складається із взаємодії між різними компонентами врожайності та впливом навколишнього середовища [103]. Також врожайність є результатом комплексу взаємозалежних фізіологічних процесів, які послідовно проходять протягом онтогенезу [104]. Фенотиповий прояв ознак зумовлений генетичними і екологічними факторами, тому середні значення ознак досліджуваних ліній, сортів чи гібридних популяцій можуть змінюватись залежно від умов вирощування. Отже, взаємодія генотипу та

середовища може значно впливати на прояв показників генетичних параметрів які було встановлено в досліджах у різних поколіннях чи умовах [105–107]. Успадковуваність виражає надійність фенотипового значення ознаки як орієнтир для генетичної цінності та важливість ознаки в процесі відбору [108]. Для проведення ефективної програми селекції визначають ступінь мінливості, характер успадкування кількісних ознак [109–112], ідентифікують генотипи з бажаними ознаками [113], вивчають та виділяють морфологічні компоненти урожайності [114]. Відмічають пряму залежність між успадкуванням та відповіддю на добір, який називають генетичним зрушенням [115, 116].

Щоб оцінити ефекти генів, що беруть участь у спадкуванні кількісних ознак, запропонована модель генетичного аналізу Науман [117]. Для оцінки дії генів на врожайність та її компоненти, в ячмені використовують різні комбінації схрещувань та оцінок: середнє значення покоління, тестерні і діалельні аналізи. Серед цих методів діалельний аналіз дає можливість отримати швидко і загальну картину генетичного контролю ознак у групі батьків в ранніх поколіннях [118].

У схрещуваннях з плівчастими сортами вивчали вплив гена голозерності (*nud*) на прояв різних кількісних ознак та встановили, що голозерність була пов'язана зі зниженням висоти рослини, меншою крупністю зерна, більшою натурною масою та зниженням врожайності. З кількістю днів до сходів, повною стиглістю, стійкістю до сажки, посухостійкістю а також щільністю колоса та голозерністю кореляцій не встановлено [119]. У гібридних популяціях плівчастого та голозерного ячменю є можливість отримати плівчасті лінії з підвищеним вмістом β -глюкану та голозерні зі зниженим вмістом β -глюкану [120].

В Пенджабському сільськогосподарському університеті встановлено що голозерні лінії були низьковрожайними порівняно з плівчастими лініями ячменю. Так найвища врожайність зерна голозерного ячменю становила 31,25 ц/га, порівняно з плівчастим 43,50 ц/га. Аналіз 26 маркерів, пов'язаних з урожайністю, на генотипах голозерних та плівчастих ліній виявив неістотні залежності врожайності та її складових ознак [121].

У дослідженнях Eshghi, Akhundova [118, 122] адитивні ефекти були істотні для висоти рослин і кількості продуктивних стебел. Таким чином, генетичне збільшення врожайності передбачається через непрямий добір компонентних ознак, таких як висота рослини та кількість продуктивних стебел, а не прямий відбір на врожайність зерна.

Baghizadeh et al. (2003) [123], Islam and Darrah [124] встановили неадитивний тип успадкування кількості зерен у колосі та урожайності зерна в плівчастих та голозерних зразків ячменю, а Verma et al. [125] повідомили про адитивні ефекти генів для цих ознак.

Russu et al. [126] встановили, що маса 1000 зерен і кількість зерен у колосі мають високе успадкування та генетичне зрушення, тому ці ознаки слід враховувати, при проведенні селекційної та насінницької роботи з ярим ячменем.

Відносну ефективність добору елітних рослин було оцінено Chandramony and Sharma [127] у п'яти популяціях F_2 голозерного ячменю. Вони встановили, що найефективнішим є добір окремих рослин у поколінні F_2 на основі кількості продуктивних стебел, а потім за врожайністю зерна.

Проводять добір і на основі вивчення кореляцій між ознаками продуктивності. Дослідженнями Huang and Pan [128] встановлені кореляції між врожайністю та кількістю зерен з рослини й масою зерен з рослини. Li [129] встановив, що довжина колоса має істотну кореляцію з кількістю зерен у колосі. Chen et al. [130] відмітили, що продуктивне кушіння та крупність зерна, є основою для ефективного добору. Однак встановлена й зворотня кореляція між довжиною колоса та крупністю зерна, а також між продуктивним кушінням та кількістю зерен з колоса в голозерного ячменю.

Zeng [101] встановив істотну зворотню кореляцію маси тисячі зерен, кількості зерен в колосі з тривалістю вегетаційного періоду, отже ранньостиглість може бути пов'язаною з більшою врожайністю. Відмічена істотна пряма кореляція між тривалістю вегетаційного періоду і кількістю продуктивних стебел.

У інших дослідженнях [67] кореляційний аналіз вказав на існування прямих і сильних кореляцій між індексом урожаю та масою зерна в колосі, тоді як

регресійний аналіз визначив сильну залежність кількості колосків і кількість зерен у колосі від довжини колоса, вихід зерна з одиниці площі від маси зерна з колоса.

Компанець та ін. [131] встановили істотну кореляцію між наступними ознаками рослин: продуктивність (маса зерна) рослини і продуктивна кущистість, маса 1000 зерен і висота рослини, кількість зерен з колосу і кількість колосків з колосу, кількість колосків з колосу і висота рослини, маса 1000 зерен і маса зерна з колосу. Mohammad [132] повідомив про зворотню кореляцію між висотою рослин і врожайністю. Пряма кореляція відмічена між висотою рослини і кількістю зерен в головному колосі. Tofiq та ін. [133] в своїх дослідженнях підтверджують наявність істотних прямих кореляцій між урожайністю зерна та кількістю продуктивних стебел, масою 1000 зерен та, на противагу іншим дослідникам, з висотою рослини. Що стосується аналізу коефіцієнту шляху врожайності, то встановлено максимальний позитивний прямий вплив на врожайність зерна від кількості продуктивних стебел 0,538. Максимальний позитивний опосередкований вплив на врожайність зерна, зафіксований за масою продуктивних стебел через їх кількість 0,331. У дослідженнях з ячменем ярим в різних середовищах [134] урожайність зерна мала прямі, високі фенотипові та генотипові кореляції з масою 1000 зерен і біологічною врожайністю в усіх середовищах, крім індексу врожаю в Of1a. Шляховий аналіз встановив що перш за все біологічна врожайність виявляла максимальний позитивний прямий вплив на врожайність зерна в різних місцях досліджень, а потім індекс врожаю, за винятком Of1a. За даними Martin et al. [135] кількість зерен у колосі мала найвищий позитивний прямий вплив (5,65) на врожайність, потім вага 1000 насінин (4,65), довжина колоса (1,26). Відзначаючи неоднозначність результатів вказаних досліджень, актуальним є визначення характеру кореляцій та аналізу шляху продуктивності в ячменю ярого.

Відзначаючи недостатнє вивчення питання прояву кореляцій ячменю плівчастого та голозерного та неоднозначність результатів вказаних досліджень, актуальним є визначення характеру кореляцій між кількісними ознаками та продуктивністю.

Висновки до розділу 1

1. Враховуючи розширення асортименту круп'яних продуктів у світі, новітні клінічні, дієтологічні і біохімічні дослідженнями продуктів із зерна голозерного ячменю, які встановили його винятково високу харчову цінність, селекційні дослідження з вивчення та створення нових сортів даної культури є беззаперечно актуальними.

2. Генетична мінливість генотипів ячменю голозерного важлива для його генетичного вдосконалення. Знання генетичної мінливості, потенційної врожайності а також пов'язаних з урожайністю ознак у голозерного ячменю, важливе для його подальшого використання в селекційних програмах.

3. Існуючі сорти голозерного ячменю не в повній мірі задовольняють потреби виробництва та мають ряд недоліків, які потребують вдосконалення. Для їх подолання в селекційних установах формуються програми з селекції голозерного ячменю, в яких розробляються моделі сортів для різноманітного використання (харчове, кормове).

4. Вихідний матеріал є основою успіху селекції і закладає параметри нових генетичних систем, якими є синтетичні сорти. Пошуку вихідного матеріалу, його вивченню та включенню в гібридизацію приділяється особливе місце в селекційному процесі.

5. Відзначаючи недостатнє вивчення питання прояву кореляцій ячменю голозерного та плівчастого й неоднозначність результатів вказаних досліджень, актуальним є визначення характеру кореляцій між кількісними ознаками та продуктивністю.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристика місця та умов проведення досліджень

Дослідження за темою, згідно наукових програм, виконано впродовж 2020–2022 рр. Закладання, польові та лабораторні оцінки, добір та збирання врожаю в дослідках проведено на полях селекційної сівозміни та в лабораторії селекції зернових культур Носівської селекційно дослідної станції Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України. Носівська селекційно-дослідна станція (НСДС) – один із перших осередків культурного землеробства в Україні, розташована в північному Лісостепу (широта 50°93', довгота 31°69', висота 126 м над рівнем моря). Ґрунти модальні, малогумусні, чорноземи вилугувані. Вміст гумусу 2,6%, N – 85,0 мг/кг, P₂O₅ – 122,0 мг/кг, K₂O – 75,0 мг/кг, рН = 4,6. Клімат зони помірно теплий, м'який, з достатнім зволоженням. Переважаючі західні і північно – західні вітри приносять до 500–550 мм опадів на рік.

Випробування селекційних зразків в мультисередовищах проводили впродовж 2020–2022 рр. у трьох наукових установах Національної академії аграрних наук України, які розташовані в різних агрокліматичних зонах. Носівська селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла НААН України – характеристика наведена вище. Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП) розташований в центральній частині Лісостепу України (широта 49°64', довгота 31°08', висота 153 м). Ґрунти глибокі, малогумусні, слабовилугувані чорноземи. Вміст гумусу 3,8 %, азоту лужно гідролізованого (N) – 59,0 мг/кг, P₂O₅ – 220,1 мг/кг, K₂O – 96,0 мг/кг, рН = 5,8. Інститут сільського господарства степу НААН України (ІСГС) розташований у північному Степу України (широта 48°56', довгота 32°32', висота

171 м). Ґрунти глибокі, середньогумусні, чорноземи глинисті суглинисті. Вміст гумусу 4,6%, N – 120,0 мг/кг, P₂O₅ – 116,0 мг/кг, K₂O – 118,0 мг/кг, рН = 5,4.

Погодні умови в 2020–2022 рр. в період вегетації ячменю ярого різнилися як за температурою повітря, так і за кількістю опадів в різних ґрунтово-кліматичних зонах, де проходило випробування зразків (табл. 2.1). Також, для зручності сприйняття гідротермічних умов у процесі дослідження, табличний матеріал інтерпретовано в вигляді діаграм (рис. 2.1).

Погодні умови років досліджень в північному Лісостепу були досить контрастними. Перша половина вегетації 2021 р. і 2022 р. характеризувалась прохолодною (на 0,3–0,5°C нижче порівняно із середнім багаторічним показником (СБП)) температурою повітря та більшою за СБП кількістю опадів у квітні (на 16,0 мм у 2021 р. і 41,2 мм у 2022 р.). Умови травня у 2021 р. і 2022 р. також виявилися прохолоднішими (на 0,7–1,8°C) порівняно до СБП і досить зволеними (130 % до СБП) у 2021 р., але посушливішими (70,0 % до СБП) у 2022 р.

У 2020 р. температурний режим квітня–травня встановлений на рівні СБП, а от забезпечення вологою було контрастним (69 % опадів до СБП у квітні та 210 % у травні). Друга половина вегетації ячменю ярого в 2020–2022 рр. характеризувалась підвищеним температурним режимом (більше на 1,4–5,0°C у червні та 2,0–3,1°C у липні, окрім 2022 р. коли відмічали на 0,5°C меншу порівняно до СБП температуру липня). Щодо забезпечення вологою, то в червні 2020 р. опадів було 193 % до СБП, а в липні лише 53 % до СБП. 2021 р. за опадами в червні-липні має нижчі покази за СБП – 79–86 %, а в червні-липні 2022 р. рівень зволоження становив 124–98 % до СБП.

Таблиця 2.1

Гідротермічні умови вегетації ярого ячменю в різних агрокліматичних зонах України

Установа (агроклі- матична зона)	Рік	Код середовища	Середньомісячна температура повітря, °С				Сума опадів, мм			
			Квітень	Травень	Червень	Липень	Квітень	Травень	Червень	Липень
НСДС (північний Лісостеп)	2020	N20	8,9	13,6	23,4	22,2	24,2	94,9	124,3	38,3
	2021	N21	7,6	14,3	20,0	23,3	51,6	58,6	51,1	62,8
	2022	N22	7,4	13,2	19,8	19,7	76,8	31,6	79,6	71,8
	СБП	-	7,9	15,0	18,4	20,2	35,6	45,1	64,5	73,0
МІП (центральний Лісостеп)	2020	M20	9,5	12,8	21,7	21,7	47,5	91,6	57,1	21,4
	2021	M21	7,7	14,5	20,2	23,3	47,2	87,0	100,4	111,2
	2022	M22	8,4	14,6	20,7	20,4	86,0	29,3	20,7	20,4
	СБП	-	8,8	15,0	18,0	19,7	42,1	51,2	85,2	86,5
ІСГС (північний Степ)	2020	K20	10,8	14,8	23,7	25,3	6,0	91,6	20,0	41,2
	2021	K21	9,2	16,7	21,6	26,4	52,0	86,7	109,0	78,2
	2022	K22	10,2	15,3	23,2	23,0	37,5	49,1	53,7	15,9
	СБП	-	8,9	15,3	18,6	20,0	36,0	45,0	66,0	72,0

Примітка: СБП – середні багаторічні показники за 40 років.

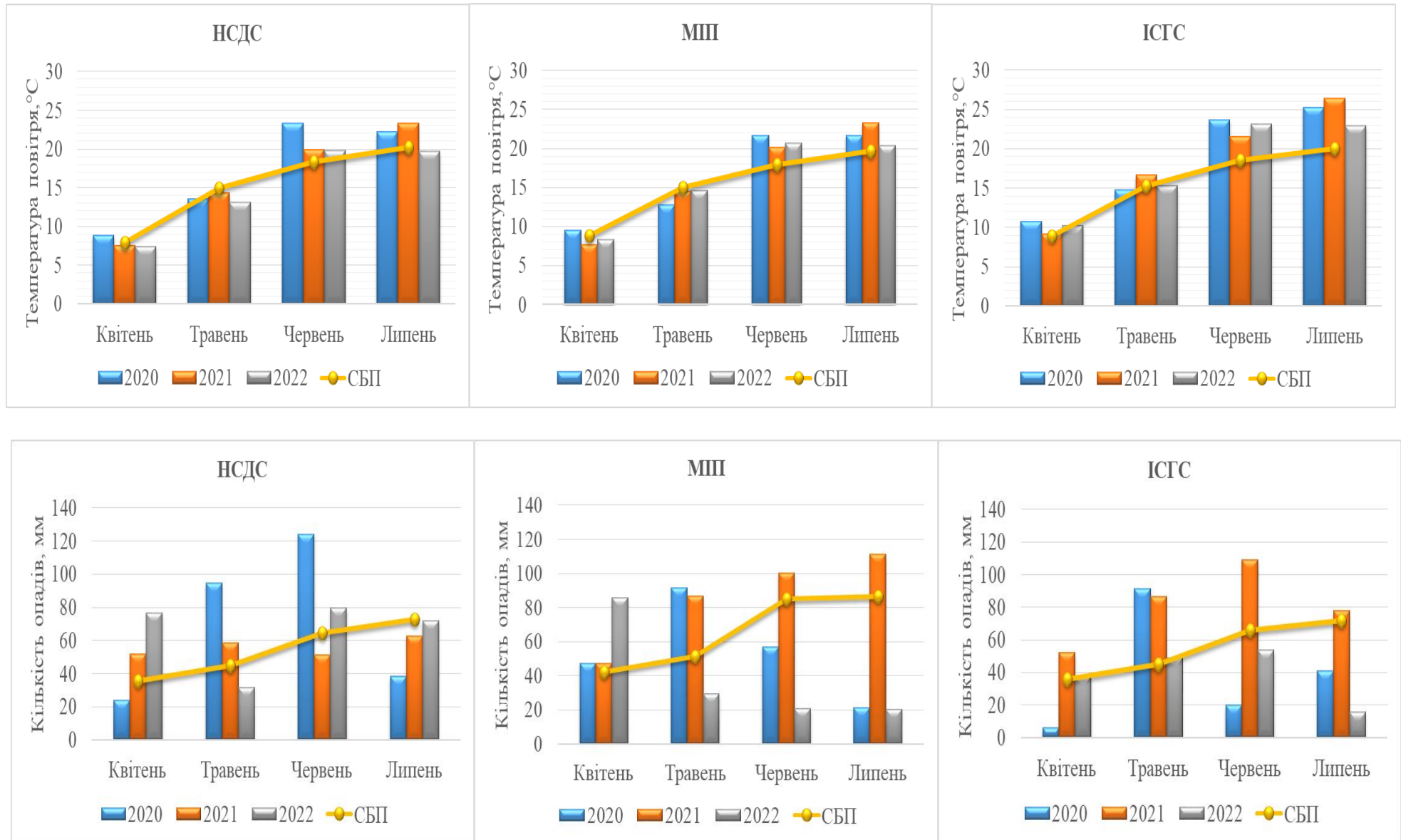


Рис. 2.1 – Середньомісячна температура повітря та кількість опадів в період вегетації ячменю ярого за роками і середовищами (2020–2022 рр.).

Вегетаційні періоди 2020–2022 рр. у центральному Лісостепу характеризувалися різноманітним проявом погодних умов. Так, середньомісячна температура повітря у травні 2020 р. (+12,8 °С) встановлена з суттєво нижчими показниками відносно середнього багаторічного значення (+15,0 °С). Нижчими показниками температури повітря (від -0,4 до -1,1) порівняно до СБП характеризувався і квітень-травень 2021 р. та 2022 р. Істотно вищі показники середньомісячної температури до СБП спостерігали у квітні, червні та липні 2020 р. та червні – липні 2021 р. та 2022 р. Щодо забезпечення вологою, то СБП за чотири місяці становив 265 мм. У 2020 р. за цей період випало 217,6 мм опадів (82,1 % від СБП), у 2021 р. – 345,8 мм (130,5 %) а у 2022 р. – 156,4 мм (59,0 %). Істотним дефіцитом вологозабезпечення характеризувався червень-липень 2020 р. (67,0–24,7 % від СБП відповідно) та травень-червень-липень 2022 р. (57,2 %, 24,3 %, 23,6 % від СБП відповідно). Відносно рівномірний розподіл опадів, з істотним переважанням СБП, встановлено в умовах 2021 р. (квітень – 112,1 %, травень – 169,9 %, червень – 117,8 %, липень – 128,6 % від СБП).

Вегетаційні періоди ячменю ярого 2020–2022 рр. в умовах північного Степу також значно відрізнялися за проявом погодних умов. Відмітили перевищення позитивних температур в період вегетації ячменю, окрім травня 2020 р. та 2022 р. Найбільш істотне зростання температурного режиму відмічали зокрема у червні-липні від 3 °С до 6,4 °С відносно СБП. Сума опадів за чотири місяці середнього багаторічного показника (СБП) становила 265 мм. У 2020 р. за цей період випало 158,8 мм опадів (72,5 % від СБП), у 2021 р. – 325,9 мм (148,8 %) а у 2022 р. – 156,2 мм (71,3 %). Істотним дефіцитом вологозабезпечення характеризувався квітень, червень та липень 2020 р. (16,7 %, 30,3 % та 57,2 % від СБП відповідно) та липень 2022 р. (22,1 % від СБП). Трохи поступався середньому багаторічному показнику червень 2022 р. – 53,7 мм проти 66,0 мм СБП. Істотне переважання СБП за кількістю опадів та їх відносно рівномірний розподіл по місяцях спостерігали в умовах 2021 р. (квітень – 144,4 %, травень – 192,7 %, червень – 165,2 %, липень – 108,6 % від СБП).

В загальному в усіх екологічних середовищах виявлено підвищення місячної температури повітря у червні та липні порівняно з багаторічними даними, за винятком північного Лісостепу у липні 2022 р. Місячна кількість опадів у різних агрокліматичних умовах суттєво коливалася в різні роки та місяці. Отже, мінливість за температурою повітря й кількістю опадів впродовж вегетаційного періоду ячменю ярого та ґрунтовою відміною в різних середовищах сприяла можливості надати об'єктивну оцінку селекційної цінності досліджуваних зразків.

2.2 Агротехнічні умови проведення досліджень

Одержання достовірних даних під час проведення дослідження залежить від проведення агротехнічних робіт. Агротехнічні заходи включали науково-обґрунтований осінньо-літній обробіток ґрунту – від луцення стерні після збирання попередника до передпосівної культивуації.

Селекційні посіви ячменю ярого за темою дисертації в умовах північного Лісостепу розміщувались у сівозміні після люпину. Мінеральні добрива вносили під оранку в нормі $N_{32}P_{32}K_{32}$. У фазі кушення проводили обробку гербіцидом Квелекс (60 г/га) + Тренд 90 (0,3 л/га).

Колекційні зразки висівали в оптимальні строки селекційною сівалкою СКС-6–10 в трьох повтореннях із рендомізованим розміщенням ділянок, обліковою площею $1,8 \text{ м}^2$, нормою висіву 130 зерен на 1 м^2 , на глибину 3–4 см. Ширина міжряддя 30 см. Сорт-стандарт Взірець (UKR) – висівали через 10 зразків колекції.

Створений вихідний матеріал (гібридні комбінації F_1 та F_2) висівали в оптимальні строки вручну за схемою: материнська форма – F_1 – F_2 – батьківська форма, довжина ділянки – 1 м, ширина міжряддя 30 см, кількість гібридних зерен на метр погонний – не більше 20, кількість рядків – залежно від наявності насіння, глибина сівби 3–4 см. Впродовж вегетації проводили рихлення міжрядь, фенологічні спостереження та обліки. У фазу повної стиглості рослини

(колекційних зразків та гібридних комбінацій) виривали з корінням, збирали в снопи для проведення аналізу структури продуктивності.

2.3. Вихідний матеріал і методика проведення досліджень

З метою виділення джерел цінних господарських ознак та підвищеної адаптивності, проведено багатосередовищні випробування у трьох наукових установах НААН, розміщених в різних агрокліматичних зонах України. Досліджували 44 колекційні зразки різного походження (таблиця 2.2). Стандарт – сорт ячменю ярого Взірець.

Таблиця 2.2

Колекційні зразки ячменю ярого залучені до багатосередовищних випробувань,
(2020–2022 рр.)

Шифр	Назва зразка	Країна походження	Різновидність	Тип колоса	Тип зернівки
1	2	3	4	5	6
G1	Взірець – стандарт	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G2	Стимул	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G3	Контраст	UKR	<i>inerme</i> Koern.	дворядний	плівчаста
G4	Шедевр	UKR	<i>rikotense</i> Regel	шестирядний	плівчаста
G5	Гарант Преміум	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G6	Беркут	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G7	Аміл	UKR	<i>pallidum</i> Ser.	шестирядний	плівчаста
G8	Діантус	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G9	Красень	UKR	<i>inerme</i> Koern.	дворядний	плівчаста
G10	Ли-1110	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G11	Ли-1114	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G12	Ли-1120	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G13	Ли-1059	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G14	Ли-1064	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G15	Ли-1078	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G16	Ли-1089	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G17	Ли-1091	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
G18	Ли-1096	UKR	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G19	Polygena	SRB	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G20	Trebon	SRB	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G21	Тобол	KAZ	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G22	Великан	KAZ	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G23	Монолит	KAZ	<i>parallelum</i>	дворядний	плівчаста
G24	Ранний	KAZ	<i>submedicum</i>	дворядний	плівчаста
G25	Карабаликский 85	KAZ	<i>medicum</i> Koern.	дворядний	плівчаста
G26	Целинный голозерний	KAZ	<i>nudum</i> L.	дворядний	голозерна
G27	Arthur	CZE	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G28	Danielle	CZE	<i>deficiens</i> (Steud.)	дворядний	плівчаста
G29	Inari	CZE	<i>deficiens</i> (Steud.)	дворядний	плівчаста
G30	Shuffle	CZE	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста
G31	Gateway	CAN	<i>rikotense</i> Regel	шестирядний	плівчаста
G32	Hysky	CAN	<i>rikotense</i> Regel	шестирядний	плівчаста
G33	Trail	CAN	<i>pallidum</i> Ser.	шестирядний	плівчаста
G34	CDC Hilose	CAN	<i>nudum</i> L.	дворядний	голозерна
G35	Roseland	CAN	<i>nudum</i> L.	дворядний	голозерна
G36	CDC ExPlus	CAN	<i>nudum</i> L.	дворядний	голозерна
G37	CDC Gainer	CAN	<i>nudum</i> L.	дворядний	голозерна
G38	CDC Freedom	CAN	<i>nudum</i> L.	дворядний	голозерна
G39	Lico	CAN	<i>pallidum</i> Ser.	шестирядний	плівчаста
G40	Erie	CAN	<i>medicum</i> Koern.	дворядний	плівчаста
G41	CDC Clear	CAN	<i>nudum</i> L.	дворядний	голозерна
G42	CDC Lophy-1	CAN	<i>nudum</i> L.	дворядний	голозерна
G43	CDC McGwire	CAN	<i>nudum</i> L.	дворядний	голозерна
G44	Clipper	AUS	<i>nutans</i> Schübl.	дворядний	плівчаста

Більшість (18 зразків) походять з України (UKR), 13 – Канади (CAN), 6 – Казахстану (KAZ), 4 – Чехії (CZE), 2 – Сербії (SRB) і один зразок з Австрії (AUS), що охоплюють дев'ять різновидностей (*var. nutans*, *var. inerne*, *var. ricotense*, *var. submedicum*, *var. parallelum*, *var. pallidum*, *var. nudum*, *var. medicum*, *var. deficiens*) (рис. 2.2).

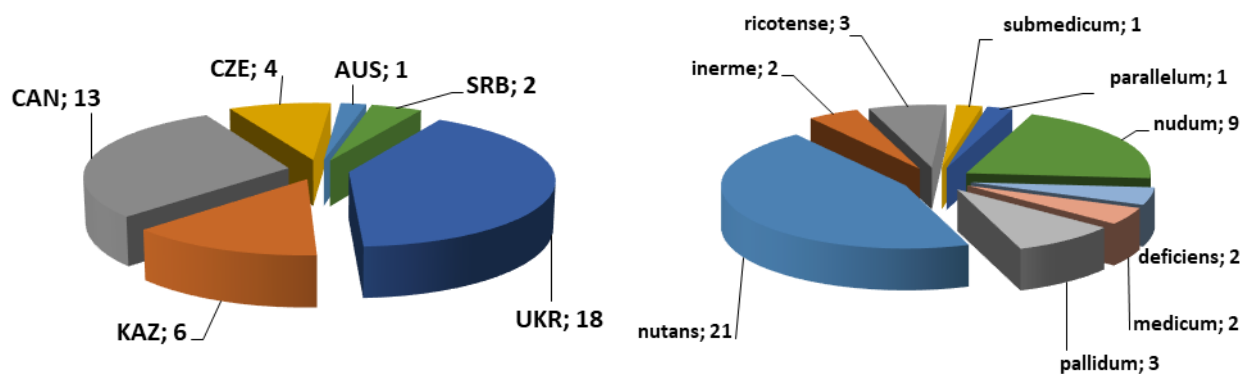


Рис. 2.2 – Склад колекції ячменю ярого за країнами походження та різновидностями (шт.).

У період 2020–2022 рр. проведено дослідження зі створення та вивчення гібридних комбінацій F₁ семи сортів ячменю ярого голозерного вітчизняної та зарубіжної селекції в системі діалельних схрещувань. Сорти залучені до схрещувань походять з України (UKR) – 2, та Канади (CAN) – 5, належать до голозерної різновидності (*nudum* L.) (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Схема гібридизації ячменю ярого голозерного

	Натаір	Козацький	Alamo	CDC Hilose	CDC ExPlus	CDC Gainer	Roselend
Натаір	-	+	+	+	+	+	+
Козацький	+	-	+	+	+	+	+
Alamo	+	+	-	+	+	+	+
CDC Hilose	+	+	+	-	+	+	+
CDC ExPlus	+	+	+	+	-	+	+
CDC Gainer	+	+	+	+	+	-	+
Roselend	+	+	+	+	+	+	-

Для встановлення особливостей прояву цінних господарських ознак у гібридних комбінаціях проаналізовано 42 гібриди F_1 . З метою добору трансгресивних рослин із гібридних популяцій, вивчено їх друге покоління (F_2).

У фазу повної стиглості рослини виривали з корінням, збирали в снопи та провели аналіз за основними показниками продуктивності: довжина стебла, загальна кущистість, продуктивна кущистість, довжина колоса основного стебла, кількість зерен із колосу, маса зерна з колосу, маса зерен із рослини, маса 1000 зерен. Також визначали врожайність зерна з ділянки. Вміст білка та крохмалю в зерні визначали на Infratec ТМ.

Статистичну обробку результатів дослідження проведено в редакторі Microsoft Excel. Розраховували показники: Eberhart, Russel [136] – коефіцієнт регресії (b_i) і середньоквадратичне відхилення від регресії (S^2_i); Хангільдін В. В., Литвиненко М. А. [137] – гомеостатичність (Hom) і селекційна цінність (Sc); дисперсійний, кореляційний, варіаційний аналіз здійснювали за Доспєховим [138]; коефіцієнти шляхового аналізу за методикою Wright [139] за допомогою онлайн програмного забезпечення OPSTAT [140], комбінаційну здатність й параметри генетичної варіації відповідно до Nauman та Griffing [141–144].

Для наочної інтерпретації взаємодії генотип–середовище і диференціації генотипів за врожайністю та стабільністю використали AMMI і GGE biplot [145, 146]. Для AMMI і GGE biplot моделей використали пакет некомерційних програм на основі R-програмування [147].

Ступінь фенотипового домінування визначали за формулою Griffing [148]:

$$h_p = \frac{F_1 - MP}{P - MP}$$

де, F_1 – середня арифметична ознаки для гібридів першого покоління;

MP – середня арифметична ознак двох батьківських форм;

P – середня арифметична батьківської форми з більшим рівнем ознаки.

Групування отриманих даних проводили за класифікацією Veil, Atkins [149]: позитивне наддомінування ($h_p > +1$); позитивне домінування ($+0,5 < h_p \leq +1$);

проміжне успадкування ($-0,5 \leq h_p \leq 0,5$); негативне домінування ($-1 \leq h_p < -0,5$); негативне наддомінування ($h_p < -1$).

Істотність генетико – статистичних показників проводили за критерієм Ст'юдента t . Порівнюючи фактично отримані дані до теоретичних на рівнях значущості P з умовними позначеннями * – істотно при $P < 0,05$ відповідно.

Висновки до розділу 2

1. Погодні умови в 2020–2022 рр. в період вегетації ячменю ярого різнилися як за температурою повітря, так і за кількістю опадів в різних ґрунтово-кліматичних зонах, де проходило випробування зразків. Мінливість за температурою повітря й кількістю опадів впродовж вегетаційного періоду ячменю ярого та ґрунтовою відміною в різних середовищах сприяла можливості провести оцінку селекційної цінності досліджуваних зразків.

2. У загальному в усіх екологічних нішах виявлено підвищення місячної температури повітря у червні та липні порівняно з багаторічними даними, за винятком північного Лісостепу у липні 2022 р. Місячна кількість опадів у різних агрокліматичних зонах суттєво варіювала в різні роки досліджень.

3. Досліджували 44 колекційні зразки різного походження, що охоплюють дев'ять різновидностей (*var. nutans*, *var. inerme*, *var. ricotense*, *var. submedicum*, *var. parallelum*, *var. pallidum*, *var. nudum*, *var. medicum*, *var. deficiens*).

4. Використання загальноприйнятих методик дозволило провести дослідження зі створення та вивчення гібридних комбінацій F_1 та F_2 семи сортів ячменю ярого голозерного вітчизняної та зарубіжної селекції в системі діалельних схрещувань, що є важливим для встановлення особливостей успадкування цінних господарських ознак та виділення продуктивних генотипів, як основу майбутніх сортів.

5. При виконанні досліджень використано загальноприйняті методи дослідження та аналізу експериментальних матеріалів, та статистична обробка даних.

РОЗДІЛ 3

СЕЛЕКЦІЙНА ЦІННІСТЬ КОЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В РІЗНИХ ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНИХ ЗОНАХ

Для розширення генетичної основи нових сортів, практичне значення має комплексна оцінка та залучення до селекційного процесу колекційних зразків не лише різних ботанічних сортів, а й різного екологічного походження [150]. Через кліматичні та погодні коливання існує дуже нагальна потреба у створення пластичних сортів [151–153]. Основою для виведення таких сортів є генетичні джерела підвищеного адаптивного потенціалу [154]. Слід зазначити, що в різних умовах навколишнього середовища одні й ті самі генотипи можуть мати різну цінність, яка залежить від забезпеченості природними ресурсами (родючість ґрунту, температура повітря, кількість опадів, сонячна інсоляція тощо) і прояву ряду абіотичних та біотичних стресових факторів. Це пов'язано з тим, що різні зразки відрізняються своєю здатністю використовувати ресурси та протистояти стресам [155, 156]. Враховуючи вищевикладене, вивчення колекційних зразків різного походження, різних підвидів і ботанічних сортів є актуальним для відбору як генотипів, специфічно пристосованих до певних умов середовища, так і генотипів з відносно широкою адаптивністю, які забезпечують формування стабільного врожаю за різних екологічних умов. Залучення виділених генотипів до селекційного процесу сприятиме розширенню генетичної бази сортів ячменю ярого та підвищенню їх адаптаційного потенціалу. Отримані експериментальні дані сприятимуть поглибленню існуючих уявлень про взаємодію генотипу із середовищем та особливостей рівня прояву врожайності різних генотипів ячменю в різних умовах середовища [157].

3.1 Особливості прояву та варіювання цінних господарських ознак колекційних зразків ячменю ярого в умовах північного Лісостепу

Період сходи–колосіння включає в себе важливі проміжки у формуванні майбутньої продуктивності рослин ячменю ярого [158]. А саме: «сходи-кущіння-вихід в трубку» – коли поряд з утворенням бічних пагонів формується вторинна коренева система та закладаються колоскові горбики; «вихід у трубку-колосіння» – що є критичним у житті рослин зернових культур за рахунок найбільшого приросту вегетативної маси та, відповідно, значного споживання води [159]. Музафарова В.А. та ін. [160] провівши дослідження з ячменем ярим вказують про не сильний, або не тісний зв'язок між періодом сходи-колосіння та врожайністю. Виокремлюють, що лише за умов достатнього вологозабезпечення в період вегетації сорти з тривалим періодом сходи-колосіння формували переважно вищу урожайність.

Тривалість періоду сходи–колосіння всіх досліджених сортів і ліній в середньому протягом 2020–2022 рр. становила від 54 до 60 діб. Також встановлено варіювання тривалості даного періоду залежно від умов року. У 2020 р. – 55–61 доба, у 2021 р. тривалість періоду була найменшою – 50–56 діб, умови 2022 р. сприяли подовженню цього періоду – 52–66 діб, у середньому 59, 54 і 60 діб відповідно (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Тривалість періоду сходи-колосіння ячменю ярого (НСДС)

Шифр	Назва зразка	Тривалість періоду сходи – колосіння, діб			
		2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середнє значення
1	2	3	4	5	6
G1	Взірець – стандарт	59	54	59	57
G2	Стимул	57	52	59	56
G3	Контраст	58	53	60	57
G4	Шедевр	55	50	59	55
G5	Гарант Преміум	55	50	59	55
G6	Беркут	58	53	56	56
G7	Аміл	56	51	58	55

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
G8	Діантус	60	55	61	59
G9	Красень (Оріон)	61	56	61	59
G10	Ли-1110	58	53	55	55
G11	Ли-1114	59	54	55	56
G12	Ли-1120	59	54	60	58
G13	Ли-1059	58	53	59	57
G14	Ли-1064	59	54	58	57
G15	Ли-1078	57	52	59	56
G16	Ли-1089	58	53	60	57
G17	Ли-1091	59	54	60	58
G18	Ли-1096	57	52	59	56
G19	Polygena	59	54	66	60
G20	Trebon	59	54	60	58
G21	Тобол	59	54	61	58
G22	Великан	59	54	61	58
G23	Монолит	58	53	59	57
G24	Ранний	55	50	58	54
G25	Карабаликский 85	61	56	61	59
G26	Целинный голозерный	59	54	60	58
G27	Arthur	59	54	60	58
G28	Danielle	58	53	59	57
G29	Inari	61	56	61	59
G30	Shuffle	59	54	60	58
G31	Gateway	60	55	60	58
G32	Hysky	59	54	60	58
G33	Trail	58	53	56	56
G34	CDC Hilose	59	54	61	58
G35	Roseland	59	54	60	58
G36	CDC ExPlus	60	55	65	60
G37	CDC Gainer	59	54	60	58
G38	CDC Freedom	59	54	60	58
G39	Lico	60	55	61	59
G40	Erie	60	55	61	59
G41	CDC Clear	59	54	63	59
G42	CDC Lophy-1	60	55	63	59
G43	CDC McGwire	59	54	60	58
G44	Clipper	59	54	52	55
Середнє значення		59	54	60	57

У середньому за роки досліджень у стандарту Взірець цей період становив 57 діб, така ж кількість діб була і в середньому по розсаднику. На рівні стандарту були зразки Контраст, Ли-1059, Ли-1064, Ли-1089 (UKR); Монолит (KAZ); Danielle (CZE). Найбільш раннім періодом колосіння відзначався сорт Ранний (KAZ), в якого від сходів до появи $\frac{3}{4}$ колосу з піхви листа проходило 54 доби. 55–56 діб від сходів до колосіння мали сорти та зразки: Clipper, Trail (CAN); Ли-1096 Ли-1078, Ли-1114, Ли-1110, Аміл, Гарант Преміум, Беркут, Шедевр, Стимул (UKR).

Потрібно зауважити, що контрастні умови років досліджень істотно впливали на прояв висоти рослин досліджуваних зразків в умовах північного Лісостепу (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Висота рослин зразків ячменю ярого (НСДС)

Шифр	Назва зразка	Висота рослин, см			
		2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середнє значення
1	2	3	4	5	6
G1	Взірець – стандарт	65,2	84,9	73,3	74,5
G2	Стимул	74,9	97,5	74,1	82,2
G3	Контраст	73,7	93,2	73,0	79,9
G4	Шедевр	71,6	86,5	74,3	77,5
G5	Гарант Преміум	76,4	96,2	73,8	82,1
G6	Беркут	75,2	93,7	77,6	82,2
G7	Аміл	71,1	88,9	73,7	77,9
G8	Діантус	66,8	96,2	69,7	77,6
G9	Красень (Оріон)	71,2	91,5	75,2	79,3
G10	Ли-1110	72,4	88,2	76,3	79,0
G11	Ли-1114	81,9	104,2	81,9	89,3
G12	Ли-1120	75,9	91,8	72,9	80,2
G13	Ли-1059	77,8	96,4	80,2	84,8
G14	Ли-1064	73,9	101,0	75,7	83,5
G15	Ли-1078	84,4	97,1	80,9	87,5
G16	Ли-1089	76,9	98,1	71,7	82,2
G17	Ли-1091	77,1	100,6	70,3	82,7
G18	Ли-1096	81,0	91,6	75,8	82,8
G19	Polygena	67,3	78,2	68,4	71,3

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
G20	Trebon	69,8	82,3	66,4	72,8
G21	Тобол	75,8	85,0	70,8	77,2
G22	Великан	97,2	106,9	82,4	95,5
G23	Монолит	83,1	106,6	93,5	94,4
G24	Ранний	82,1	101,2	87,4	90,2
G25	Карабаликский 85	76,4	97,4	80,6	84,8
G26	Целинный голозерный	78,7	95,3	81,2	85,0
G27	Arthur	66,9	85,0	68,9	73,6
G28	Danielle	68,7	84,4	68,4	73,8
G29	Inari	69,0	92,4	74,8	78,7
G30	Shuffle	66,5	89,2	65,7	73,8
G31	Gateway	78,9	85,7	70,5	78,4
G32	Hysky	77,2	108,7	83,9	89,9
G33	Trail	80,8	107,8	79,2	89,2
G34	CDC Hilose	83,6	100,2	78,6	87,4
G35	Roseland	79,7	95,2	80,2	85,0
G36	CDC ExPlus	77,0	96,2	79,4	84,2
G37	CDC Gainer	78,7	99,6	75,8	84,7
G38	CDC Freedom	82,3	99,5	69,8	83,9
G39	Lico	90,3	105,1	81,9	92,4
G40	Erie	96,5	115,5	94,8	102,3
G41	CDC Clear	74,4	105,7	81,9	87,3
G42	CDC Lophy-1	75,0	90,2	75,8	80,3
G43	CDC McGwire	78,2	93,4	79,2	83,6
G44	Clipper	63,9	76,1	58,6	66,2
Середнє значення		76,5	95,0	76,1	82,5

Зокрема група наднизьких (< 60 см) була представлена одним зразком Clipper (AUS) лише у 2022 р. та відсутня група середньовисоких зразків (95,0–110,0 см). У 2021 р. була відсутня група низьких зразків (61,0–70,0 см) та лише в цьому році було виділено групу високих зразків (111,0–120,0 см) представлену одним сортом Erie (CAN). За середнім показником висоти рослин у 2020–2022 рр. зразки розподілились на чотири групи: низькі (61–70 см) – 1 зразок; середньонизькі (71–80 см) – 15 зразків; середньостеблові (81–95 см) – 26 зразків; та середньовисокі (96–110 см) – 2 зразки. Для селекції інтенсивних сортів ячменю

ярого передбачається створення сортів з низьким габітусом, тому особливу увагу було приділено вивченню та виділенню низькостеблових форм.

За три роки досліджень виділили групу зразків з стабільно низькими показниками довжини стебла: в першу чергу це зразок Clipper (AUS) з довжиною від 58,6 до 76,1 см. Також відмічено зразки: Polygena, Trebon (SRB), Danielle (CZE), Arthur (CZE) та сорт-стандарт Взірець (UKR). За результатами двох років досліджень низьким стеблом вирізнялися зразки Shuffle (CZE) та Діантус (UKR).

Висота рослин є складовою стійкості до вилягання зернових колосових культур, зокрема, ячменю ярого. Стійкість до вилягання в середньому за три роки була середньою (5,1–7,0 балів) у 32 зразків та високою (7,0–8,9 балів) у 12 зразків. Сорт-стандарт Взірець мав найбільший середній показник стійкості до вилягання – 7,7 балів (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Стійкість до вилягання зразків ячменю ярого (НСДС)

Шифр	Назва зразка	Стійкість до вилягання за роками, бал			
		2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середнє значення
1	2	3	4	5	6
G1	Взірець – стандарт	9,0	5,0	9,0	7,7
G2	Стимул	8,3	2,7	8,7	6,6
G3	Контраст	8,3	2,7	8,7	6,6
G4	Шедевр	8,3	3,0	9,0	6,8
G5	Гарант Преміум	8,7	2,3	8,7	6,6
G6	Беркут	9,0	3,0	8,7	6,9
G7	Аміл	8,7	3,3	8,7	6,9
G8	Діантус	9,0	2,7	9,0	6,9
G9	Красень (Оріон)	9,0	3,3	9,0	7,1
G10	Ли-1110	9,0	3,7	9,0	7,2
G11	Ли-1114	8,0	3,7	8,3	6,7
G12	Ли-1120	8,3	3,3	8,7	6,8
G13	Ли-1059	8,7	3,3	8,3	6,8
G14	Ли-1064	8,7	3,3	8,7	6,9
G15	Ли-1078	8,7	3,7	8,3	6,9
G16	Ли-1089	8,7	3,7	9,0	7,1
G17	Ли-1091	8,3	3,3	8,3	6,7
G18	Ли-1096	8,3	2,7	8,0	6,3

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
G19	Polygena	9,0	4,3	9,0	7,4
G20	Trebon	9,0	3,3	9,0	7,1
G21	Тобол	8,3	2,7	9,0	6,7
G22	Великан	8,7	2,0	8,3	6,3
G23	Монолит	9,0	2,3	8,3	6,6
G24	Ранний	8,7	2,0	8,3	6,3
G25	Карабаликский 85	9,0	3,0	8,7	6,9
G26	Целинный голозерный	9,0	3,0	8,7	6,9
G27	Arthur	9,0	3,3	9,0	7,1
G28	Danielle	9,0	3,7	9,0	7,2
G29	Inari	9,0	3,3	9,0	7,1
G30	Shuffle	9,0	4,0	8,7	7,2
G31	Gateway	9,0	3,3	9,0	7,1
G32	Husky	9,0	2,0	8,7	6,6
G33	Trail	8,3	2,3	8,7	6,4
G34	CDC Hilose	7,3	2,7	8,0	6,0
G35	Roseland	8,3	3,3	8,3	6,7
G36	CDC ExPlus	9,0	3,3	8,7	7,0
G37	CDC Gainer	8,7	2,3	8,7	6,6
G38	CDC Freedom	8,3	2,3	9,0	6,6
G39	Lico	7,7	2,7	8,0	6,1
G40	Erie	7,3	2,0	7,7	5,7
G41	CDC Clear	8,7	2,7	8,7	6,7
G42	CDC Lophy-1	8,3	3,0	8,7	6,7
G43	CDC McGwire	9,0	3,0	8,7	6,9
G44	Clipper	8,7	4,3	9,0	7,3

Обрахувавши коефіцієнт кореляції встановлено високу залежність стійкості до вилягання від довжини стебла ($r = -0,79$, $P < 0,05$), тобто генотипові особливості сорту сильно впливали на прояв ознаки. Також зауважимо значний вплив погодних умов на прояв стійкості до вилягання. Варіювання за стійкістю до вилягання у зразків по роках була: в 2020 р. – від 7,3 до 9,0; в 2021 р. – від 2,0 до 5,0; в 2022 р. – від 7,7 до 9,0 балів. Як бачимо з таблиці 3.2, в умовах 2021 р. відзначали значний розвиток рослин, середня висота ($X = 95,0$ см) була значно більша порівняно з іншими роками (76,1–76,5 см), що призвело до сильного

вилягання. Вищу стійкість до вилягання у 2021 р. визначили у стандарту Взірець (UKR), Polygena (SRB) та Clipper (AUS) (5,0–4,3 бал) .

Стійкість колекційних зразків до збудників найбільш поширених хвороб ячменю ярого визначали в польових умовах та характеризували в балах [161], 9–8 – високостійкий, 7–6 – стійкий, 5 – середньостійкий, 4–3 – слабкосприйнятливий, 2 – сприйнятливий, 1 – дуже сприйнятливий. Оцінку середньої стійкості зразків ячменю до прояву збудників хвороб проводили за допомогою індексів індивідуальної стійкості (ІС), який визначали шляхом відношення середнього бала стійкості до хвороби до показника середньої стійкості для всіх зразків.

Борошниста роса (*Blumeria graminis f. sp. hordei*) та інші збудники листових хвороб ячменю ярого є основними хворобами ячменю, що спричиняють значні втрати врожаю та якості. Велика різноманітність патогенів і одночасна еволюція нових вірулентних штамів, зумовлює складний процес лікування цих захворювань [162]. У досліджуваних зразків стійкість до борошнистої роси за індексом індивідуальної стійкості варіювала від 0,81 до 1,11 (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Стійкість зразків ячменю ярого до ураження борошнистою росою (НСДС)

Шифр	Назва зразка	Стійкість до борошнистої роси, бал			Індекс стійкості
		2020 р.	2021 р.	2022 р.	
1	2	3	4	5	6
G1	Взірець – стандарт	8,0	8,0	8,7	1,11
G2	Стимул	7,3	6,3	8,0	0,98
G3	Контраст	7,7	7,0	7,7	1,00
G4	Шедевр	7,7	6,3	7,7	0,98
G5	Гарант Преміум	7,7	6,0	8,3	0,99
G6	Беркут	7,7	6,7	7,7	0,99
G7	Аміл	8,0	6,3	7,3	0,98
G8	Діантус	8,0	7,3	8,3	1,07
G9	Красень (Оріон)	6,7	4,7	6,7	0,81
G10	Ли-1110	7,7	6,7	8,3	1,03
G11	Ли-1114	7,7	6,7	7,7	0,99
G12	Ли-1120	8,0	7,0	8,0	1,05
G13	Ли-1059	8,0	7,0	8,0	1,05
G14	Ли-1064	8,0	5,7	7,7	0,96

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
G15	Ли-1078	8,0	6,7	7,7	1,00
G16	Ли-1089	7,0	6,3	7,3	0,94
G17	Ли-1091	8,0	6,7	8,3	1,05
G18	Ли-1096	8,0	6,7	8,7	1,06
G19	Polygena	7,0	5,7	7,7	0,92
G20	Trebon	7,7	5,7	7,7	0,95
G21	Тобол	7,7	7,0	8,0	1,03
G22	Великан	7,7	6,7	7,7	0,99
G23	Монолит	7,7	6,3	7,3	0,96
G24	Ранний	7,7	5,7	7,7	0,95
G25	Карабаликский 85	6,7	4,7	7,7	0,86
G26	Целинный голозерный	7,7	6,7	7,7	0,99
G27	Arthur	8,0	7,0	8,3	1,06
G28	Danielle	7,7	7,3	8,3	1,06
G29	Inari	7,7	6,7	8,7	1,05
G30	Shuffle	7,7	7,3	8,3	1,06
G31	Gateway	7,7	6,3	8,3	1,00
G32	Hysky	7,7	6,3	7,3	0,96
G33	Trail	7,3	6,7	8,0	0,99
G34	CDC Hilose	8,0	7,3	8,3	1,07
G35	Roseland	8,0	6,7	7,7	1,00
G36	CDC ExPlus	7,3	5,7	8,7	0,98
G37	CDC Gainer	7,3	7,0	8,3	1,03
G38	CDC Freedom	7,7	7,3	8,3	1,06
G39	Lico	7,7	5,7	7,7	0,95
G40	Erie	7,7	4,3	8,0	0,91
G41	CDC Clear	7,7	6,3	7,7	0,98
G42	CDC Lophy-1	7,3	6,3	8,7	1,00
G43	CDC McGwire	7,7	7,7	8,7	1,09
G44	Clipper	7,7	7,3	8,3	1,06
X					1,00
min					0,81
max					1,11

Сорт-стандарт Взірець – мав найвищий індекс стійкості до борошністої роси (1,11) за період вивчення. Разом з ним зразок CDC McGwire (1,09) був віднесений до високостійких до борошністої роси. Зразки Красень (Оріон) (UKR), Карабаликский 85 (KAZ) та Erie (CAN) виявили слабку сприйнятливність

до борошністої роси (4,3–4,7 балів, ІС = 0,81–0,91). Інші зразки були середньостійкими та стійкими.

Відповідно до індексів стійкості (ІС = 1,07–1,10), вищу стійкість до враження сітчастою плямистістю визначили у стандарту Взірець та зразків Беркут (UKR); CDC Clear, CDC McGwire, CDC Freedom (CAN). Вказані зразки також виявили вищі бали стійкості до сітчастої плямистості у 2021 р. (7,0–7,7 балів) коли спостерігали найвищий її прояв (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Стійкість зразків ячменю ярого до ураження сітчастою плямистістю (НСДС)

Шифр	Назва зразка	Стійкість до сітчастої плямистості, бал			Індекс стійкості
		2020 р.	2021 р.	2022 р.	
1	2	3	4	5	6
G1	Взірець – стандарт	8,0	7,0	8,7	1,10
G2	Стимул	8,0	6,7	7,7	1,03
G3	Контраст	7,7	6,3	8,0	1,01
G4	Шедевр	7,7	6,7	8,0	1,03
G5	Гарант Преміум	7,7	6,7	8,3	1,05
G6	Беркут	7,7	7,3	8,3	1,08
G7	Аміл	7,3	5,3	7,3	0,93
G8	Діантус	7,7	6,7	8,0	1,03
G9	Красень (Оріон)	7,7	6,3	8,0	1,01
G10	Ли-1110	8,0	6,3	7,7	1,01
G11	Ли-1114	8,0	6,7	7,7	1,03
G12	Ли-1120	8,0	6,7	7,7	1,03
G13	Ли-1059	8,0	6,7	7,7	1,03
G14	Ли-1064	8,0	6,3	7,7	1,01
G15	Ли-1078	7,7	5,7	8,0	0,98
G16	Ли-1089	7,7	6,3	8,3	1,03
G17	Ли-1091	7,3	6,3	7,7	0,98
G18	Ли-1096	7,7	6,0	7,0	0,96
G19	Polygena	6,7	4,3	7,0	0,83
G20	Trebop	6,3	4,7	6,7	0,82
G21	Тобол	7,7	6,7	6,7	0,97
G22	Великан	7,7	6,3	8,3	1,03
G23	Монолит	7,7	6,3	8,0	1,01
G24	Ранний	7,7	6,7	7,3	1,00
G25	Карабаликский 85	7,7	6,7	7,3	1,00

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6
G26	Целинный голозерный	7,7	7,0	7,7	1,03
G27	Arthur	7,3	5,7	7,7	0,96
G28	Danielle	7,7	7,0	8,0	1,05
G29	Inari	7,7	6,7	6,7	0,97
G30	Shuffle	6,3	4,3	7,0	0,82
G31	Gateway	7,3	5,7	6,7	0,92
G32	Hysky	7,7	7,0	7,7	1,03
G33	Trail	8,0	7,7	6,7	1,03
G34	CDC Hilose	7,7	6,7	7,7	1,01
G35	Roseland	7,7	7,3	7,7	1,05
G36	CDC ExPlus	7,7	4,7	7,7	0,93
G37	CDC Gainer	8,0	5,3	6,7	0,93
G38	CDC Freedom	8,0	6,7	8,3	1,07
G39	Lico	7,7	7,0	7,7	1,03
G40	Erie	7,7	6,0	7,7	0,98
G41	CDC Clear	8,0	7,7	8,0	1,10
G42	CDC Lophy-1	7,7	6,3	7,7	1,00
G43	CDC McGwire	7,7	7,7	7,7	1,07
G44	Clipper	8,0	6,7	8,0	1,05
X					1,00
min					0,82
max					1,10

Варіювання за індексом стійкості до сітчастої плямистості у зразків визначено від 0,82 до 1,10. Середньою стійкістю до сітчастої плямистості (4,3–5,7 балів) відзначалися: Аміль (UKR); Trebon, Polygena (SRB); Shuffle, Arthur (CZE); Gateway, CDC ExPlus та CDC Gainer (CAN).

Встановлено варіювання за індексом стійкості до темно-бурої плямистості у зразків від 0,96 до 1,12. До збудників темно-бурої плямистості висока стійкість була лише у зразка CDC McGwire (IC = 1,12; 7,7 бал). Середню стійкість до вказаної хвороби встановили у зразків Erie (CAN), Arthur (CZE), Карабаликский 85 (KAZ) (IC= 0,96–0,98; 5,0–5,6 бал). Інші досліджувані сорти та лінії були стійкими (7–6 балів) (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Стійкість зразків ячменю ярого до ураження темно-бурою плямистістю (НСДС)

Шифр	Назва зразка	Стійкість до темно-бурої плямистості, бал			Індекс стійкості
		2020 р.	2021 р.	2022 р.	
1	2	3	4	5	6
G1	Взірець – стандарт	8,0	7,0	7,3	1,03
G2	Стимул	8,0	6,7	8,3	1,07
G3	Контраст	8,0	6,7	8,3	1,07
G4	Шедевр	8,0	6,7	8,3	1,07
G5	Гарант Преміум	8,0	6,7	8,3	1,07
G6	Беркут	7,7	7,3	8,3	1,08
G7	Аміл	7,7	6,3	8,3	1,03
G8	Діантус	8,0	6,7	8,3	1,07
G9	Красень (Оріон)	7,7	6,7	8,3	1,05
G10	Ли-1110	7,7	6,7	8,3	1,05
G11	Ли-1114	7,7	6,7	8,3	1,05
G12	Ли-1120	7,7	6,7	8,3	1,05
G13	Ли-1059	7,7	6,7	7,7	1,01
G14	Ли-1064	7,7	6,7	8,3	1,05
G15	Ли-1078	7,7	7,0	8,3	1,07
G16	Ли-1089	7,7	6,7	6,7	0,97
G17	Ли-1091	7,7	6,7	7,0	0,98
G18	Ли-1096	7,7	6,7	8,3	1,05
G19	Polygena	7,3	6,3	8,3	1,01
G20	Trebon	7,7	6,7	8,3	1,05
G21	Тобол	7,7	6,7	7,7	1,01
G22	Великан	7,7	6,0	8,3	1,01
G23	Монолит	8,0	7,3	7,3	1,05
G24	Ранний	8,0	7,7	7,3	1,07
G25	Карабалікський 85	7,7	5,7	7,3	0,96
G26	Целинний голозерний	8,0	6,7	8,3	1,07
G27	Arthur	7,7	5,7	8,0	0,98
G28	Danielle	8,0	7,3	8,3	1,10
G29	Inari	7,7	6,7	8,0	1,03
G30	Shuffle	7,7	6,7	8,0	1,03
G31	Gateway	7,7	6,7	7,0	0,98
G32	Husky	8,0	7,0	8,3	1,08
G33	Trail	8,0	7,0	8,3	1,08
G34	CDC Hilose	7,7	7,3	8,3	1,08
G35	Roseland	8,0	6,3	8,3	1,05

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
G36	CDC ExPlus	7,7	6,7	8,3	1,05
G37	CDC Gainer	8,0	7,3	8,3	1,10
G38	CDC Freedom	7,7	7,7	7,3	1,05
G39	Lico	8,0	6,3	8,3	1,05
G40	Erie	7,7	5,0	8,3	0,97
G41	CDC Clear	8,0	6,7	8,0	1,05
G42	CDC Lophy-1	8,0	6,7	8,3	1,07
G43	CDC McGwire	8,0	7,7	8,7	1,12
G44	Clipper	8,0	6,7	8,7	1,08
X					1,05
min					0,96
max					1,12

Порівнюючи стійкість голозерних форм ячменю з плівчастими, в проведених дослідженнях, відмітимо їх не значну відмінність. Зокрема, варіювання індексу індивідуальної стійкості у голозерних зразків до збудників борошнистої роси визначили в межах 0,98–1,07, середнє значення у вибірці сортів ($X=1,00$), до збудників сітчастої плямистості ($IC=0,93-1,10$, $X=1,00$), до збудників темно-бурої плямистості ($IC=1,05-1,12$, $X=1,05$).

Отже, за вищими індексами індивідуальної стійкості до борошнистої роси, сітчастої та темно-бурої плямистості в умовах північного Лісостепу виділили CDC McGwire а сорт-стандарт Взірець за стійкістю до борошнистої роси та сітчастої плямистості. Вони є цінним вихідним матеріалом для селекції на стійкість до цих хвороб. За індексом комплексної стійкості (ІКС) визначеним, як середній показник індексів індивідуальної стійкості до збудників хвороб, перевагу встановлено у зразка CDC McGwire та сорту-стандарту Взірець (1,09 та 1,08 відповідно).

Якість зерна ячменю перш за все визначається за кількісним вмістом білка та крохмалю. В наших дослідженнях вміст білка та крохмалю визначали в зразків урожаю 2021–2022 рр. Зразки ячменю ярого згрупували відповідно до типу колоса (дворядний, шестирядний) та зернівки (плівчаста, голозерна). Відмітимо, що показники варіювання вмісту білка ($V = 4,4-9,7 \%$) у досліджуваних

генотипів були значно вищі порівняно з варіюванням вмісту крохмалю у зерні ($V = 1,5\text{--}2,9\%$). (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Вміст білка і крохмалю в зерні зразків ячменю ярого залежно від типу колоса та типу зернівки (НСДС)

Параметри	Вміст білка, %			Вміст крохмалю, %		
	2021 р.	2022 р.	X	2021 р.	2022 р.	X
Дворядний колос, плівчате зерно						
X	15,5	14,7	15,1	56,9	57,7	57,4
min	13,1	12,7	13,1	55,6	56,1	56,0
max	17,6	17,0	17,0	58,6	60,4	59,5
V, %	7,4	6,3	6,2	1,3	2,0	1,5
Дворядний колос, голозерне зерно						
X	14,9	14,3	14,6	59,4	60,7	60,1
min	13,7	13,7	13,8	55,8	57,3	56,6
max	16,8	15,0	15,9	62,4	62,7	62,2
V, %	6,5	2,9	4,4	3,5	2,6	2,9
Шестирядний колос, плівчате зерно						
X	14,6	13,6	14,1	57,4	58,6	58,0
min	12,7	11,9	12,6	56,2	56,7	56,8
max	16,6	15,9	16,3	58,7	60,2	59,3
V, %	9,0	11,7	9,7	1,8	2,1	1,7

Дослідженнями вчених [163] відмічається порівняно чіткий розподіл лімітів вмісту білка у голозерних і плівчастих зразків. Зазвичай, істотно вищі показники білковості зерна голозерних зразків. В наших дослідженнях таких відмінностей не встановлено. Можливо це пояснюється не однаковою кількістю голозерних і плівчастих зразків у дослідженнях та набором досліджуваних генотипів. Зокрема можна відмітити дещо нижчі показники вмісту білка у зерні шестирядних ячменів ($Lim = 12,6\text{--}16,3$; $X = 14,1\%$) порівняно з дворядними ($Lim = 13,1\text{--}17,0$; $X = 15,1\%$) та голозерними ($lim = 13,8\text{--}15,9$; $X = 14,6\%$), що відмічали й інші дослідники [164]. В загальному за середнім вмістом білка в зерні, плівчасті зразки ($X = 14,94\%$) переважали голозерні ($X = 14,61\%$). За вмістом крохмалю голозерні зразки ($X = 60,1\%$) переважали плівчасті дворядні ($X = 57,4\%$) та шестирядні ($X = 58,0\%$). Вміст крохмалю в зерні виявив істотну зворотню

кореляцію ($r = -0,51$, $P < 0,05$) з вмістом білка у досліджуваних зразків. Найбільш сильною ($r = -0,73$, $P < 0,05$) зворотня кореляція між вмістом білка і крохмалю в зерні визначена у групі дворядних голозерних ячменів. Тобто зростання вмісту білка призводило до зменшення вмісту крохмалю у зерні досліджуваних зразків.

За високими показниками вмісту білка ($\geq 16,0$ %) у вибірці виділили зразки: Діантус, Ли-1059, Ли-1096, Ли-1089 (UKR); Erie та Gateway (CAN). Високі показники вмісту крохмалю ($\geq 60,0$ %) встановили в зразків голозерного ячменю канадського походження CDC ExPlus, Roseland, CDC Lophy-1, CDC McGwire, CDC Gainer, CDC Clear.

Отже, в умовах північного Лісостепу, впродовж 2020–2022 рр. встановлено прояв цінних господарських ознак в зразків ячменю ярого різного еколого-географічного походження. Для селекції інтенсивних сортів ячменю ярого виділили зразки з стабільно низькими показниками довжини стебла: Clipper (AUS), Polygena, Trebon (SRB), Danielle (CZE), Arthur (CZE) та сорт-стандарт Взірець (UKR). За результатами двох років досліджень низьким стеблом вирізнялися зразки Shuffle (CZE) та Діантус (UKR). Сорт-стандарт Взірець та зразок CDC McGwire є цінним вихідним матеріалом для селекції на стійкість до збудників листових хвороб. Високим показником вмісту білка ($\geq 16,0$ %) вирізнялися зразки Діантус, Ли-1059, Ли-1096, Ли-1089 (UKR); Erie та Gateway (CAN).

3.2. Характеристика колекційних зразків за проявом та варіабельністю структурних ознак продуктивності в багатосередовищних випробуваннях

Дослідження вихідного матеріалу в різних середовищах сприяє створенню нових сортів з підвищеною екологічною пластичністю та стабільністю, які покликані максимально реалізувати свій потенціал продуктивності [165].

У 2020–2022 рр. провели структурний аналіз колекційних зразків ячменю ярого в різних середовищах за висотою рослин, продуктивним куцінням,

довжиною колоса, кількістю зерен з колоса, масою зерна з колоса, масою зерна з рослини та масою 1000 зерен.

Із введенням у зерновиробництво короткостеблових сортів злакових культур істотно збільшилася їх продуктивність. Головною особливістю цих сортів є добрий ріст, стійкість до вилягання і значна прибавка врожаю за високих норм азотного живлення. Архітектура рослин істотно впливає на використання світла і розподіл поживних речовин між вегетативними та генеративними органами, опосередковано впливає на формування продуктивності. Довжина головного стебла і формування продуктивного кущіння є основними архітектурними компонентами злакових рослин. Положення в просторі куща та довжина стебел впливають на покриття та простір що займають зернові рослини [166]. Довжина стебла привертає постійну увагу селекціонерів оскільки є одним з елементів стійкості до вилягання та досить зручна кількісна ознака для генетичного аналізу. При проведенні доборів переважно обирають ознаки з найменшою варіабельністю. Дослідженню варіювання ознак що впливають на формування продуктивності рослин ячменю присвячено багато робіт. Зокрема, дослідженнями як в Україні [167] так і за кордоном [97, 168], встановлено, що низькою варіабельністю характеризувалася висота рослин.

В наших дослідженнях, за висотою рослин зразки у різних середовищах виявили низьке та середнє варіювання ($V = 8,7-18,1 \%$) (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

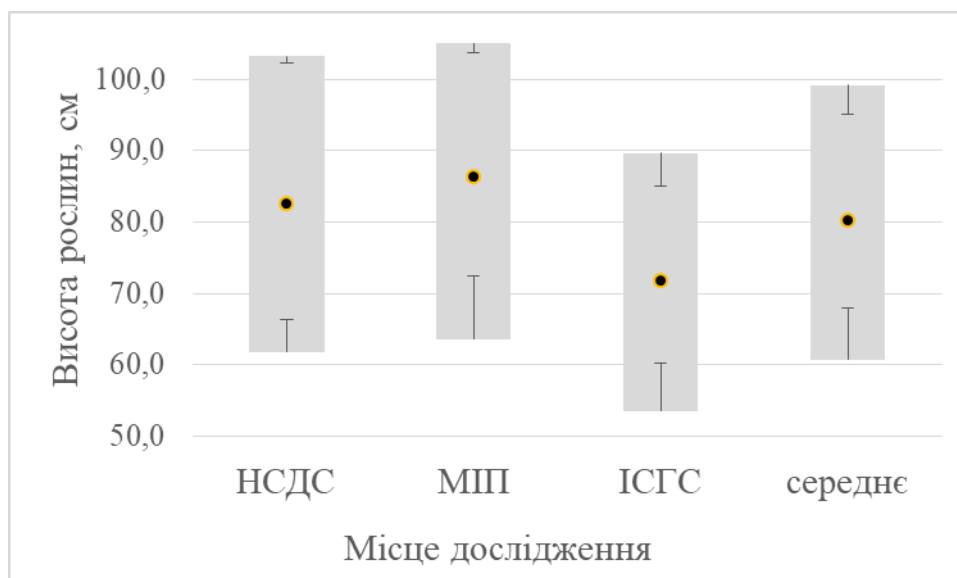
Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за висотою рослин в багатосередовищних випробуваннях (середнє за 2020–2022 рр.)

Шифр	Висота рослин, см				V, %	Коефіцієнт регресії (b_i)	Варіанса стабільності (S_i^2)
	НСДС	МП	ІГС	X			
1	2	3	4	5	6	7	8
G1	74,5	79,9	66,9	73,8	12,5	0,89	11,3
G2	82,2	88,6	71,6	80,8	14,7	1,16	13,9
G3	79,9	86,2	69,3	78,5	13,5	1,06	4,8
G4	77,5	86,7	68,5	77,6	13,6	1,00	17,3
G5	82,1	88,7	70,1	80,3	14,3	1,13	10,8

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8
G6	82,2	80,4	69,3	77,3	12,1	0,92	7,7
G7	77,9	80,3	71,0	76,4	11,8	0,85	13,5
G8	77,6	79,4	70,6	75,8	14,1	1,01	19,7
G9	79,3	83,5	69,7	77,5	12,6	0,98	3,3
G10	79,0	84,9	72,0	78,6	10,3	0,75	12,9
G11	89,3	95,2	73,9	86,1	15,6	1,36	2,4
G12	80,2	83,7	68,2	77,4	13,1	1,02	3,7
G13	84,8	91,6	75,4	83,9	12,4	1,04	6,6
G14	83,5	83,4	72,9	80,0	13,7	1,06	14,0
G15	87,5	92,4	77,2	85,7	10,9	0,93	4,4
G16	82,2	84,9	71,0	79,4	13,7	1,07	9,0
G17	82,7	83,3	79,4	81,8	13,0	0,89	42,5
G18	82,8	86,9	76,1	81,9	9,5	0,74	9,3
G19	71,3	74,3	61,1	68,9	12,1	0,81	7,2
G20	72,8	73,9	60,3	69,0	13,9	0,91	15,5
G21	77,2	81,1	62,9	73,7	14,4	1,02	15,8
G22	95,5	104,8	85,2	95,2	12,6	1,12	27,2
G23	94,4	97,9	83,8	92,0	11,3	1,00	14,8
G24	90,2	96,9	78,9	88,7	12,5	1,10	6,2
G25	84,8	90,2	73,1	82,7	12,9	1,06	5,7
G26	85,0	80,0	71,5	78,9	11,4	0,80	22,0
G27	73,6	79,9	67,4	73,6	11,3	0,80	8,8
G28	73,8	77,4	63,6	71,6	12,6	0,89	5,1
G29	78,7	80,9	68,2	75,9	11,7	0,83	14,9
G30	73,8	80,8	62,5	72,4	15,3	1,11	7,0
G31	78,4	86,5	71,1	78,7	15,7	1,08	44,8
G32	89,9	100,0	72,7	87,5	18,1	1,53	29,6
G33	89,2	102,3	85,6	92,4	14,1	1,23	28,9
G34	87,4	87,8	74,3	83,2	12,5	1,04	6,2
G35	85,0	85,3	78,3	82,9	8,7	0,62	17,0
G36	84,2	84,6	63,8	77,5	16,6	1,20	33,1
G37	84,7	88,9	75,7	83,1	12,4	1,04	2,9
G38	83,9	86,2	72,0	80,7	13,8	1,08	14,5
G39	92,4	90,3	77,8	86,8	14,8	1,14	45,0
G40	102,3	102,1	82,4	95,6	12,4	1,13	20,0
G41	87,3	85,1	70,1	80,8	16,1	1,24	24,2
G42	80,3	80,4	69,8	76,9	9,6	0,73	4,1
G43	83,6	86,2	71,8	80,5	11,4	0,88	12,9
G44	66,3	72,5	65,2	68,0	13,0	0,75	27,5
HIP _{0,5}	6,1	5,5	6,8	3,8			

Рівень прояву висоти рослин істотно варіював залежно від генотипу та місця випробування зразків. Проаналізувавши діаграму (рис. 3.1) можна відмітити істотну різницю середніх висоти рослин зразків у різних місцях досліджень ($X=82,5, 86,3, 71,9$ см у НСДС, МПП та ІСГС відповідно).



Примітка: точка (•) – середнє значення висоти рослин у вибірці сортів; стовпчик – розмах варіювання в межах $\pm 3S$; \perp – межі варіювання середніх висоти рослин сортів у вибірці.

Рис. 3.1 Рівень прояву висоти рослин зразків ячменю ярого у різних середовищах

Також встановлено різний прояв лімітів (мах, min) та розмаху варіювання (R) висоти рослин в залежності від середовища. Так в умовах північного Лісостепу середній показник розмаху варіювання висоти рослин становив 35,9 см, в умовах центрального Лісостепу – 32,4 см а в північному Степу – 25,3 см. Не менш інформативним є ліміти, так у північному Лісостепу вони були – 66,3–102,3 см, у центральному Лісостепу – 72,5–104,8 см, в північному Степу – 60,3–85,6 см. Тобто, можна стверджувати, що умови середовища, особливо з недостатнім вологозабезпеченням (північний Степ) негативно впливали на прояв висоти рослин досліджуваних зразків. Найбільш сприятливі для формування довгого стебла у рослин були умови центрального Лісостепу.

В умовах північного Лісостепу за середнім показником висоти рослин у 2020–2022 рр., як було вказано вище (підрозділ 3.1), зразки розподілились на низькі (61–70 см) – 1 зразок; середньонизькі (71–80 см) – 15 зразків;

середньостеблові (81–95 см) – 26 зразків; та середньовисокі (96–110 см) – 2 зразки. В умовах центрального Лісостепу за середнім показником висоти рослин у 2020–2022 рр. зразки розподілились на три групи: середньонизькі (71–80 см) – 10 зразків; середньостеблові (81–95 см) – 28 зразків; та середньовисокі (96–110 см) – 6 зразків. В умовах північного Степу за середнім показником висоти рослин у 2020–2022 рр. зразки розподілились на дуже низькі (41–60 см) – 1 зразок, низькі (61–70 см) – 17 зразків; середньонизькі (71–80 см) – 22 зразки; середньостеблові (81–95 см) – 4 зразки.

Як відмічають Козаченко М. Р. та ін. [169] коефіцієнти регресії (b_i) характеризують середню реакцію селекційної ознаки зразків на зміну умов середовища і показують пластичність селекційної ознаки, що дає можливість прогнозувати зміну досліджуваної ознаки залежно від умов років. Варіанса стабільності пластичності (Si^2), в свою чергу, вказує надійність оцінки пластичності, визначеної за коефіцієнтом регресії (b_i).

За показниками пластичності та стабільності висоти рослин з досліджуваних зразків можна виділили та умовно розділили на групи (напівжирним шрифтом виділені голозерні зразки): з високою чутливістю на мінливість умов середовища: G2 ($b_i = 1,16$, $Si^2 = 13,9$), G3 ($b_i = 1,06$, $Si^2 = 4,8$), G5 ($b_i = 1,13$, $Si^2 = 10,8$), G11 ($b_i = 1,36$, $Si^2 = 2,4$), G14 ($b_i = 1,06$, $Si^2 = 14,0$), G16 ($b_i = 1,07$, $Si^2 = 9,0$), G22 ($b_i = 1,12$, $Si^2 = 27,2$), G24 ($b_i = 1,10$, $Si^2 = 6,2$), G30 ($b_i = 1,11$, $Si^2 = 7,0$), G32 ($b_i = 1,53$, $Si^2 = 29,6$), G33 ($b_i = 1,23$, $Si^2 = 28,9$), **G34** ($b_i = 1,04$, $Si^2 = 6,2$), **G36** ($b_i = 1,20$, $Si^2 = 33,1$), **G37** ($b_i = 1,04$, $Si^2 = 2,9$), **G38** ($b_i = 1,08$, $Si^2 = 14,5$), G39 ($b_i = 1,14$, $Si^2 = 45,0$), G40 ($b_i = 1,13$, $Si^2 = 20,0$), **G41** ($b_i = 1,24$, $Si^2 = 24,2$); оптимальною реакцією на зміну умов середовища: G4 ($b_i = 1,00$, $Si^2 = 17,3$), G9 ($b_i = 0,98$, $Si^2 = 3,3$), G23 ($b_i = 1,00$, $Si^2 = 14,8$); зі стабільним проявом ознаки в різних середовищах: G1 ($b_i = 0,89$, $Si^2 = 11,3$), G6 ($b_i = 0,92$, $Si^2 = 7,7$), G7 ($b_i = 0,85$, $Si^2 = 13,5$), G15 ($b_i = 0,93$, $Si^2 = 4,4$), G18 ($b_i = 0,74$, $Si^2 = 9,3$), G19 ($b_i = 0,81$, $Si^2 = 7,2$), G20 ($b_i = 0,91$, $Si^2 = 15,5$), **G26** ($b_i = 0,80$, $Si^2 = 22,0$), G27 ($b_i = 0,80$, $Si^2 = 8,8$), G28 ($b_i = 0,89$, $Si^2 = 5,1$), **G35** ($b_i = 0,62$, $Si^2 = 17,0$), **G42** ($b_i = 0,73$, $Si^2 = 4,1$), **G43** ($b_i = 0,88$, $Si^2 = 12,9$), G44 ($b_i = 0,75$, $Si^2 = 27,5$).

Потрібно вказати на високі показники варіанси стабільності ознаки (середньоквадратичного відхилення) в усіх досліджуваних зразків, що можна пояснити істотною варіабельністю умов вирощування.

Виокремлюючи голозерні зразки, потрібно відмітити, що за проявом висоти рослин в різних середовищах вони належали до середньонизьких (71–80 см) – 3 зразки: Целинний голозерний (G26), CDC ExPlus (G36), CDC Lophy-1 (G42), та середньостеблових – 6 зразків. Стабільним проявом висоти рослин, за коефіцієнтом регресії, відзначалися зразки Целинний голозерний (G26), Roseland (G35), CDC Lophy-1 (G42), CDC McGwire (G43). Отже в селекції на короткостебловість, як вихідний матеріал, можна використовувати зразки Целинний голозерний (G26) та CDC Lophy-1 (G42) з стабільно середньонизькою висотою рослин.

Продуктивність посівів зернових колосових культур, зокрема ячменю (*Hordeum vulgare* L.), є складовою низки структурних елементів. Однією з ключових серед них є продуктивна куцистість. Як і інші елементи структури врожайності продуктивна куцистість – складна кількісна ознака, кінцевий рівень прояву якої визначається низкою мажорних генів, локусів кількісних ознак та ендегенних і екзогенних чинників [170].

У процесі вивчення вихідного матеріалу визначають селекційну цінність генотипів. Характеристика параметрів гомеостатичності (Ном) та селекційної цінності (Sc) вказує, що вищий рівень їх прояву визначає вищу міру стабільності і значущості вихідного матеріалу у різноманітних середовищах.

У середньому за 2020–2022 рр. в умовах північного Лісостепу за продуктивною куцистістю сорт-стандарт Взірець (G1) ($X = 4,7$ шт.) перевищували 25 зразків. Серед них істотне перевищення (5,7–5,8 шт.) визначили у: Контраст (G3) (UKR), Красень (Оріон) (G9) (UKR), CDC ExPlus (G36) (CAN), CDC Nilose (G34) (CAN) (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за продуктивною куцистістю в багатосередовищних випробуваннях (середнє за 2020-2022 рр.)

Шифр	НСДС			МІП			ІСГС			Середнє значення		
	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc	X	Но	Sc	X	Ном	Sc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G1	4,7	24,9	3,2	4,8	19,6	2,9	2,2	8,9	1,4	3,9	10,3	1,2
G2	5,1	27,9	3,8	4,5	14,6	2,4	2,3	26,6	1,9	3,9	10,2	1,4
G3	5,7	25,5	3,6	4,4	17,2	2,6	2,3	14,6	1,7	4,1	9,8	1,1
G4	3,9	15,0	2,4	3,3	15,9	2,2	1,6	4,9	0,8	2,9	7,0	0,6
G5	5,4	20,1	3,1	4,5	10,9	1,8	2,6	16,1	1,9	4,2	9,9	1,4
G6	5,1	17,9	3,1	3,5	7,9	1,4	2,2	43,9	2,0	3,6	7,9	1,0
G7	3,3	49,8	2,9	3,7	12,7	2,0	1,6	5,8	1,0	2,9	7,2	0,8
G8	4,9	22,3	3,2	4,2	13,0	2,2	1,8	5,7	0,9	3,6	7,8	0,7
G9	5,7	23,4	3,7	5,0	10,5	2,0	2,3	33,5	2,0	4,3	9,1	1,2
G10	5,4	30,4	3,8	4,3	11,5	1,9	2,6	25,0	2,1	4,1	10,7	1,5
G11	4,8	26,3	3,4	3,7	6,9	1,1	2,3	19,9	1,8	3,6	8,4	1,1
G12	4,5	45,2	3,8	4,2	16,9	2,5	2,4	24,7	2,0	3,7	11,9	1,5
G13	4,7	28,6	3,4	3,7	10,6	1,8	2,0	7,7	1,2	3,5	8,4	0,9
G14	5,4	18,1	3,0	4,6	16,4	2,6	2,0	10,9	1,4	4,0	8,6	0,9
G15	5,0	42,4	4,0	3,7	10,3	1,7	2,2	38,0	1,9	3,6	9,1	1,4
G16	5,3	25,1	3,5	4,2	9,0	1,5	2,4	19,5	1,9	4,0	9,2	1,4
G17	5,5	18,1	3,2	3,6	12,0	2,0	1,9	17,2	1,5	3,7	7,4	0,9
G18	5,4	21,2	3,2	4,2	10,9	1,9	2,1	57,1	2,0	3,9	8,5	1,2
G19	5,2	15,6	2,7	4,8	43,8	3,9	2,4	52,6	2,2	4,1	10,7	1,3
G20	5,1	22,6	3,4	4,5	11,2	2,1	2,2	14,9	1,7	3,9	8,9	1,2
G21	4,8	25,3	3,4	3,7	10,9	1,8	2,0	13,2	1,5	3,5	8,4	1,0
G22	4,7	15,5	2,5	3,8	16,7	2,4	2,1	18,1	1,7	3,5	8,7	1,1
G23	4,5	84,1	4,1	3,9	7,2	1,2	2,3	14,6	1,7	3,6	8,6	1,1
G24	5,3	17,7	2,9	4,1	8,5	1,4	2,5	50,0	2,3	3,9	8,9	1,2
G25	4,8	29,0	3,4	4,1	9,6	1,6	2,2	32,8	2,0	3,7	9,2	1,3
G26	4,6	33,6	3,5	3,3	10,7	1,8	2,2	31,5	1,9	3,3	9,3	1,3
G27	5,1	35,6	3,8	3,5	6,6	1,1	2,2	6,6	1,1	3,6	7,8	0,9
G28	4,5	36,3	3,5	4,2	18,3	2,8	1,9	8,2	1,2	3,5	9,0	0,9
G29	4,6	18,0	2,7	4,3	26,1	3,1	2,1	19,0	1,7	3,7	9,7	1,2
G30	5,2	14,2	2,6	4,6	26,2	3,2	2,2	29,8	1,9	4,0	9,4	1,1
G31	5,0	14,4	2,4	3,1	7,1	1,3	1,5	9,5	1,2	3,2	5,5	0,7
G32	3,2	11,5	1,8	3,0	6,0	1,0	1,6	4,4	0,8	2,6	5,6	0,7
G33	2,9	6,3	1,1	2,7	6,2	1,1	1,6	7,7	1,1	2,4	5,4	0,8
G34	5,8	33,7	4,1	4,4	10,5	2,0	1,9	18,0	1,6	4,0	8,2	1,1

Продовження таблиці 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G35	5,5	31,9	4,0	3,9	12,2	2,0	1,9	12,5	1,4	3,8	8,0	1,0
G36	5,8	21,5	3,4	4,4	10,7	2,0	2,1	23,0	1,8	4,1	8,4	1,1
G37	5,3	16,6	2,8	3,7	7,8	1,3	2,7	15,7	2,0	3,9	9,2	1,1
G38	5,2	45,1	4,2	4,0	9,6	1,6	2,3	31,4	2,0	3,8	9,5	1,4
G39	2,9	10,7	1,7	3,6	4,8	1,0	1,6	5,5	1,0	2,7	4,5	0,5
G40	4,1	38,8	3,3	3,5	10,6	1,8	2,1	11,4	1,5	3,2	9,7	1,3
G41	5,4	20,8	3,3	4,3	12,8	2,1	2,3	16,4	1,7	4,0	9,3	1,1
G42	5,3	24,6	3,5	3,9	8,2	1,5	2,2	25,8	1,8	3,8	8,2	1,1
G43	4,8	26,0	3,3	4,3	8,0	1,4	1,7	6,2	1,0	3,6	6,8	0,6
G44	5,5	25,6	3,6	4,4	9,5	1,6	2,0	8,3	1,2	4,0	7,9	0,9
НІР _{0,5}	0,9			0,9			0,6			0,5		

За показниками гомеостатичності, селекційної цінності та продуктивної куцистості кращими за стандарт (Ном = 24,9; Sc = 3,2) визначили десять зразків: Стимул (G2), Контраст (G3), Ли-1110 (G10), Ли-1078 (G15), Ли-1089 (G16), Arthur (G27), CDC Nilose (G34), Roseland (G35), CDC Freedom (G38), Clipper (G44) (Ном = 25,1–45,1; Sc = 3,5–4,1). Дані зразки є цінними для використання в селекційному процесі на поліпшення даної ознаки в умовах північного Лісостепу.

В умовах центрального Лісостепу істотної переваги за продуктивною куцистістю в абсолютних величинах над стандартом Взірець (G1) (4,8 шт.) не встановлено. На рівні стандарту Взірець визначили зразки Красень (Оріон) (G9) (UKR) та Polygena (G19) (SRB). За показниками гомеостатичності та селекційної цінності стандарт (Ном = 19,6; Sc = 2,9) переважали три зразки: Polygena (G19) Inari (CZE) (G29), Shuffle (CZE) (G30), (Ном = 26,1–43,8; Sc = 3,1–3,9).

В умовах північного Степу відмічали істотне зниження продуктивного куціння зразків порівняно з умовами північного Лісостепу та центрального Лісостепу. Варіювання середньої величини продуктивного куціння у зразків в умовах північного Степу становило від 1,5 до 2,7 шт. Тобто максимальне значення продуктивного куціння 2,7 шт. в умовах північного Степу відповідало мінімальному значенню середньої куцистості в центральному Лісостепу, а в умовах північного Лісостепу мінімальний показник продуктивного куціння серед зразків становив 2,9 шт. Сорт-стандарт Взірець (G1) (Ном = 8,9; Sc = 1,4)

переважали за показниками гомеостатичності та селекційної цінності й були на рівні середньої продуктивного кушіння ($X = 2,2$) шістнадцять зразків. З них, максимальним вираженням показників ($Hom = 31,4-52,6$; $Sc = 2,0-2,3$) володіли п'ять зразків: Красень (Оріон) (G9) (UKR), Polygena (G19) (SRB), Ранний (G24) (KAZ), Карабаликский 85 (G25) (KAZ), CDC Freedom (G38) (CAN).

Вищу за сорт-стандарт Взірець (UKR) (G1) ($X = 3,9$ шт.) продуктивну кущистість загалом у досліді встановили у дванадцяти зразків, однак перевага була не істотною. Перевищували сорт-стандарт Взірець ($Hom = 10,3$; $Sc = 1,2$) за показниками гомеостатичності та селекційної цінності три сортозразки: Ли-1110 (G10), Ли-1120 (G12) (UKR) та Polygena (G19) (SRB) ($Hom = 10,7-11,9$; $Sc = 1,3-1,5$).

За показником стабільності продуктивної кущистості в різноманітних середовищах виділили дев'ять зразків: Шедевр (G4) (UKR), Амил (G7) (UKR), Ли-1120 (G12) (UKR), Ли-1059 (G13) (UKR), Ли-1078 (G15) (UKR), Целинный голозерний (G26) (KAZ), Hysky (G32) (CAN), Trail (G33) (CAN), Erie (G40) (CAN) ($b_i = 0,64-0,92$, $Si^2 = 0,06-0,42$) (Додаток В.1). Сильно реагували на умови вирощування та мали кращу адаптивність до більш сприятливих умов ($b_i = 1,10-1,28$, $Si^2 = 0,10-0,52$) серед інших, більшість зразків голозерного ячменю канадського походження (CAN): CDC Hilose (G34), Roseland (G35), CDC ExPlus (G36), CDC Clear (G41), CDC Lophy-1 (G42) та CDC McGwire (G43). У селекції на високе продуктивне кушіння до схрещувань можна залучати зразки CDC Hilose (G34) та CDC ExPlus (G36), які в умовах північного Лісостепу істотно переважали сорт-стандарт Взірець за цим показником, однак потрібно врахувати, що прояв продуктивного кушіння сильно залежав від умов вирощування.

Середня величина довжини головного колоса у зразків у північному Лісостепу варіювала від 5,6 до 11,0 см. Довжина головного колоса стандарту Взірець (UKR) (G1) становила 9,0 см. Вибірку досліджуваних зразків умовно розділили на дві частини: 22 зразки з середньою довжиною головного колоса від 5,6 до 9,0 см та 22 зразки – від 9,1 до 11,0 см. Кращі зразки за довжиною головного колоса (10,3–11,0 см): Erie (G40) (CAN), CDC Clear (G41) (CAN), CDC

Lophy-1 (G42) (CAN), які також мали високі показники гомеостатичності та селекційної цінності (Ном = 171,8–364,2; Sc = 9,4–10,0) За показниками гомеостатичності, селекційної цінності та довжиною головного колоса істотно переважали сорт-стандарт Взірець (Ном = 164,3; Sc = 8,0; X = 9,0) окрім вказаних вище, зразки: Стимул (G2) (UKR); Великан (G22), Монолит (G23), Карабаликский 85 (G25) (KAZ); CDC Gainer (G37) (CAN) (Ном = 168,2–508,5; Sc = 8,7–9,5; X = 9,8–9,9 см). (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за довжиною головного колоса в багатосередовищних випробуваннях (середнє за 2020–2022 рр.)

Шифр	НСДС			МІП			ІСГС			Середнє значення		
	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G1	9,0	164,3	8,0	8,1	312,6	7,7	7,4	59,7	5,8	8,1	76,9	5,5
G2	9,8	433,8	9,4	8,9	181,4	8,1	8,7	55,9	6,4	9,2	95,0	6,7
G3	8,3	207,3	7,7	7,2	457,4	7,0	6,5	93,8	5,7	7,3	64,9	5,2
G4	7,5	110,4	6,6	6,0	62,6	5,0	6,0	68,0	5,1	6,5	47,4	4,3
G5	8,0	243,9	7,5	6,6	164,6	6,1	7,6	38,5	5,1	7,4	55,3	5,0
G6	8,8	153,3	7,9	8,0	99,9	7,0	7,8	58,0	6,0	8,2	82,1	5,9
G7	7,6	645,6	7,5	6,5	64,4	5,3	6,4	73,6	5,4	6,8	64,3	5,1
G8	8,2	189,4	7,5	6,2	192,2	5,8	7,5	47,7	5,4	7,3	49,4	5,1
G9	9,0	143,2	8,0	6,8	34,1	4,7	7,7	64,2	6,1	7,9	46,9	4,8
G10	8,7	231,4	8,1	7,3	37,8	5,3	7,2	45,2	5,3	7,7	50,7	5,4
G11	8,4	171,8	7,6	7,5	106,3	6,6	8,0	33,3	5,1	8,0	58,0	5,0
G12	8,6	394,9	8,3	8,0	422,5	7,7	8,7	99,0	7,4	8,4	141,4	7,2
G13	8,6	572,2	8,4	7,9	250,1	7,4	8,2	57,9	6,2	8,3	101,3	6,2
G14	8,4	640,8	8,2	6,8	82,1	5,8	8,1	46,6	5,7	7,8	57,2	5,1
G15	9,4	142,8	8,3	8,8	310,1	8,3	8,4	74,0	6,7	8,9	107,9	6,6
G16	8,8	379,0	8,4	7,0	128,2	6,3	8,3	71,6	6,6	8,0	66,6	5,9
G17	9,2	113,2	7,9	8,0	115,2	7,0	8,3	133,2	7,3	8,5	94,6	6,4
G18	9,1	223,6	8,4	8,6	311,9	8,2	8,8	66,8	6,8	8,8	119,9	6,8
G19	8,5	163,0	7,6	6,8	149,9	6,2	7,0	50,0	5,3	7,4	55,7	5,1
G20	8,6	140,1	7,7	7,8	72,4	6,5	7,6	43,9	5,3	8,0	67,8	5,6
G21	9,0	158,5	8,1	8,2	210,9	7,7	7,5	25,0	4,2	8,3	50,8	4,3
G22	9,8	345,1	9,3	9,3	130,8	8,2	8,8	90,5	7,3	9,3	122,2	7,3
G23	9,9	168,2	8,7	7,6	53,3	5,9	8,4	57,6	6,4	8,6	55,0	5,7
G24	9,5	1441	9,4	8,2	165,0	7,4	8,4	56,9	6,3	8,7	84,3	6,5

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G25	9,8	205,1	8,9	8,4	134,6	7,5	8,3	146,9	7,5	8,8	94,0	6,8
G26	9,4	130,1	8,1	6,9	72,2	5,9	7,5	61,4	5,9	7,9	49,2	5,2
G27	9,5	247,6	8,8	7,6	30,9	4,7	8,9	136,2	7,9	8,7	57,9	5,3
G28	8,7	384,1	8,3	8,3	197,7	7,7	7,7	51,4	5,7	8,2	91,1	6,0
G29	9,5	152,4	8,5	8,4	202,8	7,7	8,8	82,2	7,1	8,9	103,1	6,9
G30	9,6	176,9	8,6	9,0	94,8	7,5	8,4	49,0	5,9	9,0	79,3	6,0
G31	9,1	119,9	7,8	6,3	108,1	5,6	6,5	26,4	3,9	7,3	33,0	3,6
G32	8,2	300,7	7,8	7,3	258,3	6,9	6,8	29,5	4,3	7,4	55,6	4,5
G33	7,9	101,4	6,8	6,5	110,5	5,8	6,6	37,6	4,6	7,0	50,0	4,4
G34	9,7	151,5	8,6	7,4	361,7	7,1	8,9	64,6	6,8	8,7	62,8	6,1
G35	9,5	128,4	8,2	7,5	31,7	5,0	8,5	174,9	7,8	8,5	55,8	5,4
G36	9,7	167,4	8,7	7,8	80,7	6,5	8,2	44,4	5,7	8,6	59,5	5,4
G37	9,9	508,5	9,5	9,1	313,0	8,6	8,5	88,2	7,1	9,2	114,6	7,0
G38	9,2	297,8	8,7	7,6	61,6	6,1	7,6	66,3	6,2	8,1	63,5	6,0
G39	7,8	106,4	6,7	6,3	45,9	4,8	6,3	38,7	4,5	6,8	43,7	4,2
G40	11,0	229,0	10,0	8,7	94,6	7,2	8,8	47,5	6,2	9,5	61,0	5,7
G41	10,7	171,8	9,4	10,0	210,2	9,1	9,2	59,2	6,8	10,0	94,6	7,1
G42	10,3	364,1	9,7	8,7	147,7	7,7	8,5	63,4	6,5	9,2	79,0	6,4
G43	9,3	94,8	7,8	8,3	82,8	6,9	8,4	52,2	6,1	8,7	72,1	5,9
G44	5,6	69,5	4,8	4,4	23,1	3,0	5,7	39,9	4,5	5,3	31,2	2,8
НІР _{0,5}	0,7			0,8			1,0			0,6		

В умовах центрального Лісостепу, середня величина довжини головного колоса у зразків варіювала від 4,4 до 10,0 см. Довжина головного колоса сорту стандарту Взірець (UKR) (G1) становила 8,1 см. Істотно більшу величину довжини головного колоса відносно стандарту встановили у п'яти зразків: Стимул (G2) (UKR), Великан (G22) (KAZ), Shuffle (G30) (CZE), CDC Gainer (G37) (CAN) та CDC Clear (G41) (CAN). Сполучення вищих показників гомеостатичності та селекційної цінності відносно стандарту ($H_{om} = 312,6$; $S_c = 7,7$) визначено у Ли-1120 (G12) (UKR) ($H_{om} = 422,5$; $S_c = 7,7$) та CDC Gainer (G37) (CAN) ($H_{om} = 313,0$; $S_c = 8,6$).

В умовах північного Степу, середня величина довжини головного колоса у зразків варіювала від 5,7 до 9,2 см. Довжина головного колоса сорту-стандарту Взірець (UKR) (G1) становила 7,4 см. Істотно довший колос визначений у дванадцяти зразків, істотно менший – у двох зразків з вибірки, інші були в межах

похибки. Довгий колос ($\geq 9,0$ см) встановлений лише в зразка CDC Clear (G41) (CAN). Сполучення вищих показників гомеостатичності, селекційної цінності та істотно довший головний колос відносно стандарту Взірець ($Hom = 59,7$; $Sc = 5,8$) встановлено у дев'яти зразків: Стимул (G2), Ли-1120 (G12), Ли-1096 (G18) (UKR); Великан (G22) (KAZ), Arthur (G27), Inari (G29) (CZE); Roseland (G35), CDC Gainer (G37), CDC Lophy-1 (G42) (CAN).

Істотно довший колос відносно стандарту Взірець (UKR) (G1) (8,1 см) загалом у досліді встановили у шістнадцяти зразків. Із них, переважали стандарт Взірець ($Hom = 76,9$; $Sc = 5,5$) за показниками гомеостатичності та селекційної цінності одинадцять зразків. Поєднання довгого колоса ($\geq 9,0$ см) та високих показників гомеостатичності і селекційної цінності ($Hom = 78,0-122,2$; $Sc = 6,0-7,3$) встановлено у шести сортозразків: Стимул (G2) (UKR), Великан (G22) (KAZ), Shuffle (G30) (CZE), CDC Gainer (G37) (CAN) та CDC Clear (G41) (CAN) та CDC Lophy-1 (G42) (CAN). З них Стимул (G2) (UKR), Великан (G22) (KAZ), CDC Gainer (G37) (CAN) виявили стабільність за довжиною колоса в різноманітних середовищах ($b_i = 0,58-0,78$, $Si^2 = 0,16-0,43$) а отже їх можливо використати в синтетичній селекції як джерело ознаки довгого колоса. Зразки Shuffle (G30) (CZE), CDC Clear (G41) (CAN) та CDC Lophy-1 (G42) (CAN) мали оптимальну та сильну реакцію на умови вирощування та мали кращу адаптивність до більш сприятливих умов ($b_i = 1,01-1,21$ $Si^2 = 0,17-0,45$) (Додаток В.2).

Середня кількість зерен з головного колоса в зразків ячменю ярого в умовах північного Лісостепу варіювала в межах 15,4–29,2 шт. у дворядних та 46,9–56,0 шт. у шестирядних. Високе число зерен у колосі ($\geq 25,0$ шт.) у дворядних форм сформували 19 зразків. Істотно переважали сорт-стандарт Взірець за кількістю зерен з головного колоса ($X = 24,4$ шт.) голозерні зразки канадського походження (27,5–29,2 шт.): CDC Hilose (G34), Roseland (G35), CDC ExPlus (G36), CDC Gainer (G37), CDC Clear (G41), CDC Lophy-1 (G42), CDC McGwire (G43) які відзначалися високими показниками гомеостатичності та селекційної цінності ($Hom = 282-1296$; $Sc = 23,3-27,0$). У шестирядних зразків високе число зерен в колосі ($\geq 53,0$ шт.) встановлено у Trail (G33) (CAN) (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за кількістю зерен з головного колоса в багатосередовищних випробуваннях (середнє за 2020–2022 рр.)

Шифр	НСДС			МПП			ІГС			Середнє значення		
	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G1	24,4	248	20,4	21,8	414	19,7	20,6	265	17,7	22,3	217	16,2
G2	26,6	226	21,5	22,5	356	20,0	23,5	265	20,1	24,2	214	17,2
G3	19,6	1462	19,1	18,2	249	15,8	15,1	377	13,9	17,6	146	12,9
G4	48,6	618	41,6	36,7	1075	34,3	40,4	575	35,5	41,9	301	28,5
G5	20,0	596	18,7	14,9	142	12,1	18,4	139	14,1	17,8	116	11,4
G6	22,5	638	21,1	19,3	148	14,9	20,7	152	15,8	20,8	182	15,3
G7	47,5	1424	44,4	40,3	344	32,5	37,3	505	32,3	41,7	326	29,2
G8	24,6	2034	24,0	20,8	253	17,7	22,0	178	17,2	22,5	218	17,2
G9	21,5	201	17,6	18,3	157	14,9	22,5	295	19,4	20,8	166	14,7
G10	22,8	402	20,6	19,6	163	15,7	18,3	108	13,2	20,2	143	13,4
G11	22,5	424	20,4	19,1	220	16,1	20,7	93	13,6	20,8	149	13,6
G12	23,9	1091	22,9	21,2	441	19,3	22,3	140	16,6	22,5	228	16,7
G13	23,0	529	21,1	20,5	347	18,2	20,9	343	18,7	21,4	301	17,3
G14	25,5	619	23,6	20,2	291	17,6	21,6	132	15,5	22,5	163	15,1
G15	22,8	219	18,7	18,2	194	15,3	18,8	102	13,3	19,9	126	11,6
G16	22,7	1029	21,8	19,3	459	17,7	22,8	249	19,1	21,6	224	16,3
G17	23,0	390	20,4	22,1	641	20,7	21,5	318	18,9	22,2	398	18,2
G18	23,6	460	21,3	21,2	948	20,3	23,1	367	20,3	22,6	348	18,9
G19	25,4	232	20,7	19,0	126	14,4	18,8	197	15,5	21,1	113	13,0
G20	24,6	1062	23,6	21,8	246	18,3	19,1	89	12,7	21,8	144	12,4
G21	25,8	276	21,8	22,5	335	19,7	17,9	94	12,9	22,1	119	12,8
G22	24,3	3501	24,0	23,5	351	20,6	21,5	1518	20,9	23,1	360	19,5
G23	25,9	208	20,4	20,5	270	17,7	22,7	313	20,0	23,0	173	15,7
G24	24,0	196	19,2	21,8	384	19,5	22,8	229	18,8	22,9	239	18,1
G25	22,8	201	18,3	18,5	264	16,0	19,5	98	13,1	20,2	131	11,9
G26	26,0	671	24,2	22,4	440	20,3	22,7	488	20,7	23,7	288	18,4
G27	26,0	677	24,1	21,7	121	15,8	21,7	170	17,1	23,1	164	15,8
G28	26,0	559	23,8	25,4	348	21,9	22,1	369	19,8	24,5	269	19,0
G29	26,8	312	22,6	23,3	173	18,1	22,1	136	15,9	24,1	171	15,5
G30	27,1	618	24,8	24,9	377	21,9	23,8	263	19,8	25,3	309	19,3
G31	46,9	1958	44,7	38,5	509	33,3	39,5	131	21,7	41,6	236	22,4
G32	52,4	356	39,0	40,0	491	34,2	38,9	122	22,8	43,8	193	23,1
G33	56,0	895	49,5	45,0	399	36,3	51,0	285	35,5	50,7	353	34,7
G34	28,4	282	23,3	23,6	381	21,0	25,5	802	23,9	25,8	248	18,4

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G35	28,5	344	24,2	25,1	236	20,6	22,7	148	17,3	25,4	182	17,0
G36	28,4	1156	27,0	23,9	376	21,1	23,6	229	19,5	25,3	234	18,9
G37	27,7	522	25,1	24,6	255	20,3	26,3	295	22,5	26,2	301	20,2
G38	25,7	1924	25,0	22,5	306	19,4	20,8	123	14,8	23,0	181	14,8
G39	52,0	1142	47,5	46,3	1381	43,3	38,4	277	29,0	45,6	313	27,5
G40	27,5	1296	26,4	21,7	408	19,6	23,0	666	21,6	24,1	210	17,5
G41	29,2	367	25,1	25,7	449	23,1	19,5	255	16,9	24,8	136	14,8
G42	27,5	322	23,8	26,1	715	24,2	24,3	588	22,4	26,0	348	20,1
G43	27,8	368	24,1	25,9	417	22,9	22,2	121	15,3	25,3	185	14,9
G44	15,4	208	13,3	12,7	83	9,5	17,0	120	13,0	15,1	91	8,5
НІР _{0,5}	3,0			2,6			3,1			2,6		

В умовах центрального Лісостепу відмічали зменшення лімітів (12,7–26,1 шт. у дворядних та 36,7–46,3 шт. у шестирядних) середньої кількості зерен з головного колоса в зразків ячменю порівняно з НСДС. Високе число зерен у головному колосі ($\geq 25,0$ шт.), що істотно переважало показник у стандарту Взірець (G1) (UKR) ($X = 21,8$ шт.) у форм з дворядним колосом сформували п'ять зразків (25,1–26,1 шт.): Danielle (G28) (CZE), Roseland (G35) (CAN), CDC Clear (G41) (CAN), CDC Lophy-1 (G42) (CAN), CDC McGwire (G43) (CAN), останні три переважали стандарт за показниками гомеостатичності та селекційної цінності ($Ном = 417,3-714,9$; $Sc = 22,9-24,2$).

В умовах північного Степу середня кількість зерен у колосі в зразків ячменю варіювала в межах 15,1–26,3 шт. у дворядних та 37,3–51,0 шт. у шестирядних форм, що займало проміжне положення між НСДС та МП. Високе число зерен у колосі ($\geq 25,0$ шт.) у дворядних форм визначили у зразків голозерного ячменю CDC Nilose (G34) та CDC Gainer (G37) (CAN). Наведені вище голозерні зразки разом з CDC Lophy-1 (G42) (CAN) істотно переважали плівчастий сорт-стандарт Взірець (G1) (UKR) за кількістю зерен з головного колоса, показником гомеостатичності та селекційною цінністю. У шестирядних зразків вище середнього число зерен в колосі (47–52 шт.) встановлено у Trail (G33) (CAN).

Високе число зерен у колосі ($\geq 25,0$ шт.) у форм з дворядним типом колоса загалом у досліді встановили у семи зразків, які істотно переважали сорт-стандарт Взірець (G1) ($X = 22,3$ шт.) за показником. З виділених зразків, перевагу над стандартом Взірець (G1) за показниками гомеостатичності та селекційної цінності ($Hom = 217,3$; $Sc = 16,2$) визначили у п'яти зразків: Shuffle (G30) (CZE), CDC Hilose (G34) (CAN), CDC ExPlus (G36) (CAN), CDC Gainer (G37) (CAN), CDC Lophy-1 (G42) (CAN) ($Hom = 234,3\text{--}347,8$; $Sc = 18,4\text{--}20,2$). За реакцією генотипів на зміну умов середовища (b_i) (Додаток В.3) зразки з високим числом зерен в колосі ($\geq 25,0$ шт.) розділили на групи: з сильним впливом (висока пластичність): CDC Hilose (G34) (CAN), Roseland (G35) (CAN), CDC ExPlus (G36); слабка реакція на зміну умов середовища (стабільність): Shuffle (G30) (CZE), CDC Gainer (G37) (CAN), CDC Lophy-1 (G42) (CAN); оптимальна реакція: CDC McGwire (G43) (CAN).

Зазначимо, що ознака кількість зерен з головного колоса характеризувалася високим показником варіанси стабільності незалежно від рівня пластичності ($Si^2 = 0,72\text{--}7,88$). Схожі висновки встановлені і в дослідженнях з вівсом [171].

Зі зразків з шестирядним типом колоса, за середньою величиною кількості зерен у головному колосі, в мультисередовищі виділили зразок Trail (G33) (CAN) – 50,7 шт. Також укажемо на високий показник пластичності ($b_i=2,3$) в даного зразка та високу нестабільність прояву пластичності ($Si^2 = 26,6$).

Таким чином, голозерні зразки виділили за істотно вищою відносно плівчастого сорту-стандарту Взірець (G1) кількістю зерен з головного колоса. Варто зазначити, що в селекції на поліпшення даної ознаки можна залучати до схрещувань зокрема зразки CDC Gainer (G37) (CAN) та CDC Lophy-1 (G42) (CAN) які сполучають високу кількість зерен у головному колосі, виокремлюються високою гомеостатичністю, селекційною цінністю та стабільністю прояву ознаки в різноманітних середовищах.

Маса зерна з головного колоса в умовах північного Лісостепу у сорту-стандарту Взірець (G1) (UKR) становила 1,28 г. У ячменів з дворядним колосом,

маса зерна з головного колоса варіювала від 0,76 до 1,57 г, у зразків з шестирядним колосом – 1,54–2,42 г (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за масою зерна з головного колоса в багатосередовищних випробуваннях (середнє за 2020–2022 рр.)

Шифр	НСДС			МІП			ІСГС			Середнє значення		
	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G1	1,3	7,6	0,9	1,0	4,9	0,7	0,9	39,6	0,9	1,1	4,9	0,6
G2	1,4	37,6	1,3	1,1	5,6	0,8	1,0	22,2	0,9	1,2	6,5	0,7
G3	0,9	31,9	0,9	0,7	3,1	0,5	0,6	3,4	0,4	0,8	3,1	0,4
G4	2,3	17,4	1,7	1,5	18,4	1,3	1,5	6,0	0,9	1,8	6,9	0,8
G5	1,0	33,0	1,0	0,8	3,7	0,5	0,9	11,2	0,8	0,9	5,5	0,6
G6	1,2	5,8	0,8	0,9	28,0	0,8	0,9	9,5	0,8	1,0	5,4	0,6
G7	2,1	8,9	1,3	1,6	28,1	1,4	1,2	3,7	0,6	1,6	5,5	0,5
G8	1,2	10,9	1,0	0,9	15,5	0,8	1,0	9,3	0,8	1,0	6,0	0,6
G9	1,1	7,4	0,8	0,9	12,0	0,8	1,0	9,8	0,8	1,0	7,5	0,6
G10	1,3	18,1	1,2	1,1	32,4	1,0	0,9	3,8	0,5	1,1	5,1	0,5
G11	1,2	8,7	0,9	1,0	33,0	1,0	1,0	6,0	0,7	1,1	7,0	0,6
G12	1,3	66,0	1,2	1,0	9,1	0,8	1,0	9,6	0,8	1,1	7,2	0,7
G13	1,3	11,5	1,1	1,1	7,5	0,8	1,1	14,1	0,9	1,2	7,7	0,7
G14	1,2	22,4	1,1	1,0	20,7	0,9	1,0	28,9	1,0	1,1	9,1	0,8
G15	1,3	7,0	0,9	0,9	5,6	0,7	0,9	5,1	0,6	1,0	4,3	0,5
G16	1,1	20,6	1,0	0,9	6,2	0,7	1,0	11,2	0,8	1,0	7,4	0,7
G17	1,2	8,1	0,9	1,0	11,7	0,9	1,0	9,8	0,8	1,1	8,2	0,7
G18	1,3	18,4	1,1	1,1	9,4	0,9	1,1	33,1	1,0	1,1	10,5	0,8
G19	1,1	9,2	0,9	0,8	2,8	0,5	0,7	1,8	0,3	0,8	2,9	0,3
G20	1,2	19,6	1,0	1,0	14,9	0,8	0,8	4,3	0,6	1,0	5,3	0,5
G21	1,3	16,7	1,1	1,0	7,4	0,8	0,7	3,2	0,5	1,0	3,7	0,4
G22	1,4	6,8	0,9	1,2	8,0	0,9	1,0	5,0	0,7	1,2	5,5	0,6
G23	1,4	14,5	1,1	1,0	38,7	1,0	1,1	25,0	1,0	1,2	7,4	0,7
G24	1,3	11,4	1,1	1,1	7,4	0,8	1,0	42,7	1,0	1,1	7,3	0,7
G25	1,2	5,2	0,7	0,8	4,8	0,6	0,9	5,1	0,6	1,0	4,0	0,5
G26	1,3	9,7	1,0	0,9	8,9	0,7	0,9	10,4	0,8	1,0	4,6	0,5
G27	1,4	36,1	1,3	1,1	11,3	0,9	0,9	3,0	0,5	1,1	5,0	0,5
G28	1,4	11,4	1,1	1,3	14,3	1,1	1,0	6,7	0,7	1,2	6,3	0,6
G29	1,5	7,2	1,0	1,2	5,9	0,8	1,0	2,4	0,4	1,2	4,4	0,4
G30	1,5	19,8	1,3	1,3	13,4	1,1	1,1	50,4	1,1	1,3	9,1	0,9
G31	1,5	3,9	0,8	1,7	28,0	1,5	1,6	7,1	1,0	1,6	7,1	0,8

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G32	2,1	7,2	1,3	1,5	18,1	1,3	1,0	7,7	0,8	1,5	4,0	0,5
G33	2,3	23,3	1,9	1,6	61,9	1,5	1,8	17,2	1,5	1,9	10,7	1,2
G34	1,3	7,7	0,9	0,8	6,5	0,7	0,9	3,1	0,5	1,0	3,5	0,4
G35	1,3	7,1	0,9	0,9	2,2	0,5	0,8	26,7	0,8	1,0	3,3	0,4
G36	1,3	54,8	1,3	0,9	7,2	0,7	0,9	6,4	0,7	1,1	5,0	0,6
G37	1,2	17,7	1,1	1,0	6,2	0,8	1,0	37,0	0,9	1,1	8,1	0,8
G38	1,2	30,1	1,1	0,9	7,3	0,7	0,8	4,9	0,6	1,0	4,8	0,5
G39	2,4	20,7	1,9	1,4	4,1	0,7	1,5	26,7	1,4	1,8	5,7	0,6
G40	1,3	10,3	1,0	0,9	15,2	0,8	1,0	30,7	0,9	1,1	5,7	0,6
G41	1,6	9,1	1,1	1,1	22,4	1,0	0,9	4,0	0,6	1,2	4,0	0,5
G42	1,4	6,6	1,0	0,9	9,5	0,7	0,8	4,3	0,6	1,1	3,3	0,4
G43	1,3	6,1	0,8	0,9	3,8	0,6	0,9	4,5	0,6	1,0	3,9	0,5
G44	0,8	23,0	0,7	0,7	5,4	0,5	0,8	7,8	0,6	0,7	6,6	0,5
HIP _{0,5}	0,22			0,20			0,25			0,17		

За результатами аналізу виділили два зразки ячменю ярого з дворядним типом колосу з істотно високою масою зерна з головного колоса ($\geq 1,50$ г): Shuffle (G30) (CZE) та голозерний CDC Clear (G41) (CAN) в поєднанні з вищими, відносно сорту-стандарту Взірець, показниками гомеостатичності та селекційної цінності (Ном = 9,1–19,8; Sc = 1,1–1,3). Ще 13 зразків виділили за продуктивністю колоса не істотно більшою за стандарт, із них десять переважали сорт-стандарт Взірець за показниками гомеостатичності та селекційної цінності, кращі з них: Стимул (G2) (UKR), Arthur (G27) (CZE) та CDC ExPlus (G36) (Ном = 36,1–54,8; Sc = 1,3). Із зразків ячменю ярого зі шестирядним типом колоса не виділено високопродуктивних за масою зерна з головного колоса.

В умовах центрального Лісостепу, маса зерна з головного колоса у сорту-стандарту Взірець (G1) становила 1,01 г. У ячменів з дворядним типом колоса маса зерна з головного колоса варіювала від 0,66 до 1,34 г, у зразків з шестирядним колосом – 1,43–1,71 г. Отже, в умовах центрального Лісостепу, серед досліджуваних зразків не визначено високопродуктивних за масою зерна з колоса ($\geq 1,50$ г; $\geq 2,6$ г). Істотно вищу, порівняно до стандарту Взірець, масу зерна з головного колоса встановили у дворядних зразків: Danielle (G28) (CZE), Inari (G29) (CZE) та Shuffle (G30) (CZE) (1,22–1,34 г). Ці ж зразки переважали

сорт-стандарт Взірець (G1) ($H_{om} = 4,9$; $S_c = 0,70$) за показниками гомеостатичності та селекційної цінності ($H_{om} = 5,9-14,3$; $S_c = 0,84-1,11$).

В умовах північного Степу, маса зерна з колоса у сорту-стандарту Взірець (G1) становила 0,89 г. У зразків ячменю з дворядним колосом, маса зерна з головного колоса варіювала від 0,59 до 1,13 г, у зразків з шестирядним колосом – 1,24–1,80 г. Отже, з досліджуваного матеріалу дворядного та шестирядного ячменю в північному Степу як і в центральному Лісостепу, зразків з високими показниками маси зерна з головного колоса ($\geq 1,50$ г; $\geq 2,6$ г) не виділили. Істотно вищу, за сорт-стандарт Взірець, масу зерна з головного колоса серед форм з дворядним колосом не виділено. В абсолютних величинах (1,02–1,13 г) перевага над стандартом Взірець (не істотна) визначена в дев'яти зразків. З них сім зразків переважали сорт-стандарт Взірець за селекційною цінністю: Стимул (G2), Ли-1059 (G13), Ли-1064 (G14), Ли-1096 (G18) – всі українського походження, Монолит (G23), Ранний (G24) (KAZ) та Shuffle (G30) (CZE). Останні два перевищували сорт-стандарт Взірець за показником гомеостатичності.

Середній показник маси зерна з колоса в мультисередовищному вивченні серед 44 зразків різного генетичного та еколого-географічного походження, не виявив зразків із високими показниками маси зерна з колоса ($\geq 1,50$ г для дворядкових та $\geq 2,6$ г для шестирядкових). У порівнянні до стандарту Взірець (G1) (UKR) ($X = 1,06$ г) істотно переважали за продуктивністю головного колоса два зразки дворядного ячменю: Inari (G29) (CZE) та Shuffle (G30) (CZE). Середню масу найбільш ваговитого колоса встановили у зразка Shuffle (G30) (CZE) ($X = 1,33$ г), він також перевищував сорт-стандарт Взірець за гомеостатичністю і селекційною цінністю ($H_{om} = 9,1$; $S_c = 0,88$). Серед голозерних форм, найбільшу масу зерна з головного колоса визначено у зразка CDC Clear (G41) (CAN) – 1,19 г, однак перевага над плівчастим стандартом Взірець була не істотною. Вищі показники гомеостатичності та селекційної цінності порівняно до стандарту Взірець (G1) (UKR) ($H_{om} = 4,9$; $S_c = 0,61$) встановлено в зразка CDC Gainer (G37) (CAN) ($H_{om} = 8,7$; $S_c = 0,75$).

У зразків із вищим за сорт-стандарт Взірець показником продуктивності колоса спостерігали різну реакцію на зміну умов середовища (b_i). Переважна більшість зразків виявила стабільність прояву маси зерна з колоса ($b_i = 0,57-0,96$; $Si^2 = 0,00-0,03$): Стимул (G2) (UKR), Ли-1059 (G13) (UKR), Ли-1096 (G18) (UKR), Великан (G22) (KAZ), Монолит (G23) (KAZ), Ранний (G24) (KAZ) та Shuffle (G30) (CZE). Зразки Arthur (G27) (CZE) та Danielle (G28) (CZE) сформували оптимальну реакцію зміни показника продуктивності колоса на зміну умов середовища ($b_i = 1,00-1,04$; $Si^2 = 0,02-0,03$). Високу пластичність маси зерна з колоса ($b_i = 1,42-1,60$; $Si^2 = 0,03-0,05$) встановили у Inari (G29) (CZE) та голозерного зразка CDC Clear (G41) (CAN). Потрібно зауважити, що переважна більшість голозерних зразків (шість) розкрили високий показник пластичності за продуктивністю головного колоса ($b_i = 1,07-1,67$; $Si^2 = 0,01-0,03$) (Додаток В.4).

Маса 1000 зерен у стандарту Взірець (G1) за середнім в досліді становила 44,9 г і залежно від зони вирощування варіювала від 36,9 до 52,4 г. Розмах варіювання ознаки у шестирядних ячменів був вужчий (36,1–45,0 г) порівняно з дворядними (38,1–53,8 г) (табл. 3.13). Всі досліджувані зразки розділили на чотири групи: дрібнозерні ($\leq 40,0$ г), середньозерні (40,1–45,0 г), крупнозерні (45,1–50,0 г) та дуже крупні ($\geq 50,1$ г).

Таблиця 3.13

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за масою 1000 зерен у багатосередовищних випробуваннях (середнє за 2020–2022 рр.)

Шифр	НСДС			МП			ІСГС			Середнє значення		
	X	Hom	Sc	X	Hom	Sc	X	Hom	Sc	X	Hom	Sc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G1	52,4	470	43	45,3	262	34	36,9	253	28	44,9	231	24
G2	52,8	645	45	48,1	500	40	43,1	240	30	48,0	354	30
G3	47,4	1578	45	43,8	559	38	37,0	214	26	42,7	310	26
G4	46,2	600	40	41,3	646	37	37,5	560	33	41,7	381	30
G5	52,5	904	47	54,0	814	48	49,3	365	38	51,9	590	37
G6	51,6	271	36	44,9	759	40	46,5	346	36	47,7	340	30
G7	43,3	199	28	39,0	420	33	38,5	2230	37	40,3	293	26
G8	48,9	494	41	41,3	570	36	43,6	745	39	44,6	432	32

Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G9	50,3	784	45	45,5	1326	42	41,7	1191	39	45,8	496	34
G10	59,5	797	52	54,3	1095	49	47,3	461	39	53,7	452	36
G11	54,1	535	45	52,8	841	47	44,5	379	36	50,5	417	33
G12	52,5	1297	49	46,9	680	41	44,1	453	36	47,8	485	35
G13	58,4	741	51	51,6	524	43	51,5	844	46	53,8	569	41
G14	48,8	861	44	49,0	889	44	44,1	797	40	47,3	676	38
G15	55,6	748	49	51,6	2475	50	48,4	869	44	51,9	670	40
G16	47,9	1290	45	42,2	298	33	43,1	223	30	44,4	338	31
G17	51,7	570	43	46,3	1152	43	45,5	447	37	47,8	509	34
G18	53,2	1098	48	51,1	584	43	46,6	494	39	50,3	567	38
G19	41,4	447	35	42,1	286	32	34,5	217	25	39,4	265	24
G20	47,7	1065	44	42,8	440	36	40,5	1206	38	43,7	472	34
G21	48,7	1917	46	44,8	1168	41	39,4	363	32	44,3	416	32
G22	56,2	273	37	49,7	505	42	45,7	302	34	50,5	300	30
G23	53,2	677	45	47,3	699	42	44,4	554	38	48,3	465	34
G24	55,7	957	50	48,8	436	40	45,6	748	41	50,0	442	38
G25	50,2	415	40	46,4	776	41	43,8	485	37	46,8	457	34
G26	49,8	511	41	36,2	324	30	40,9	1336	39	42,3	263	26
G27	54,0	1344	50	47,4	1362	44	42,5	216	30	47,9	345	32
G28	54,8	628	47	49,9	549	42	42,2	634	37	49,0	364	32
G29	55,2	348	40	50,8	599	43	42,9	189	27	49,6	282	25
G30	56,2	1317	52	51,5	426	41	44,3	477	37	50,7	396	34
G31	46,3	688	41	43,6	449	37	45,0	314	34	45,0	469	34
G32	38,9	227	28	36,2	300	29	33,2	248	25	36,1	251	22
G33	41,0	313	32	35,4	975	33	36,1	287	29	37,5	315	27
G34	45,1	647	39	32,1	191	24	37,1	750	34	38,1	222	23
G35	44,6	451	37	32,1	104	19	38,7	401	32	38,5	188	20
G36	46,5	7261	46	36,1	291	29	40,3	1399	38	41,0	328	29
G37	44,2	506	37	38,7	287	30	39,3	3543	39	40,7	399	30
G38	46,3	1109	43	37,6	359	31	36,4	1264	34	40,1	310	29
G39	47,0	313	36	42,3	191	29	38,7	785	35	42,7	262	28
G40	48,0	368	37	41,7	650	37	42,9	1265	40	44,2	431	32
G41	53,8	528	44	42,1	400	35	43,7	763	39	46,5	326	31
G42	51,9	404	41	34,0	391	29	36,3	220	26	40,7	171	21
G43	45,3	332	34	34,1	158	24	38,1	430	32	39,2	216	22
G44	48,9	953	45	49,5	1358	46	48,1	778	43	48,8	1073	42
HIP ₀	6,8			3,3			6,7			3,6		

До групи дрібнозерних ($\leq 40,0$ г) віднесено шестирядні форми Husky (G32), Trail (G33), голозерні зразки: CDC Hilose (G34), Roseland (G35), CDC McGwire (G43) та плівчастий дворядний зразок Polygena (G19).

Середні за масою зерна (40,1–45,0 г) визначено шістнадцять зразків, серед них: сорт-стандарт Взірець (G1), шестирядні форми: Шедевр (G4), Аміль (G7), Gateway (G31) Lico (G39); голозерні форми: Целинный голозерний (G26), CDC ExPlus (G36), CDC Gainer (G37), CDC Freedom (G38), CDC Lophy-1 (G42). Чотирнадцять досліджуваних зразків відноситься до крупнозерної групи, маса 1000 зерен якої в межах 45,1–50,0 г. Серед них відзначимо голозерний зразок CDC Clear (G41) ($X = 46,5$; $\text{Hom} = 325,9$; $S_c = 31,2$), як потенційне джерело крупнозерності серед голозерних зразків.

До кращих за крупністю зерна ($\geq 50,1$ г) ввійшли зразки: Гарант Преміум (G5), Ли-1110 (G10), Ли-1114 (G11), Ли-1059 (G13), Ли-1078 (G15), Ли-1096 (G18), Великан (G22), Shuffle (G30), які можна використовувати в селекції на збільшення маси 1000 зерен. Вказані зразки виділили за високими показниками гомеостатичності та селекційної цінності за масою 1000 зерен ($\text{Hom} = 300,3$ – $669,8$; $S_c = 29,5$ – $40,6$).

Зразки з високою масою 1000 зерен виявили різну реакцію на зміну умов середовища (b_i), чотири зразки сформували стабільність прояву маси 1000 зерен ($b_i = 0,50$ – $0,94$; $S_i^2 = 6,6$ – $22,4$): Гарант Преміум (G5), Ли-1114 (G11), Ли-1078 (G15), Ли-1096 (G18). Зразок Ли-1059 (G13) виявив оптимальну реакцію зміни показника крупності зерна на зміну умов середовища ($b_i=0,97$; $S_i^2 = 8,2$). Високу пластичність за масою 1000 зерен ($b_i = 1,14$ – $1,50$; $S_i^2 = 12,6$ – $31,0$) встановили у Ли-1110 (G10), Великан (G22), Shuffle (G30) (Додаток В.5).

В умова північного Лісостепу, маса зерна з рослини у сорту-стандарту Взірець (G1) становила 5,26 г. У дворядних форм ячменю продуктивність рослини варіювала від 3,90 до 7,48 г, у шестирядних – 5,76–7,86 г. За результатами аналізу встановлено, що одинадцять зразків дворядного ячменю сформували високу масу зерна з рослини ($\geq 115,1\%$ до St), з них десять переважали сорт-стандарт Взірець

(G1) (UKR) за показником гомеостатичності та всі зразки за селекційною цінністю (Ном = 18,4–32,8; Sc = 3,0–4,5) (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

Характеристика колекційних зразків за масою зерна з рослини в багатосередовищних випробуваннях (середнє за 2020–2022 рр.)

Шифр	НСДС			МІП			ІСГС			Середнє значення		
	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc	X	Ном	Sc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G1	5,3	18,3	2,9	4,1	9,4	1,7	1,6	4,9	0,8	3,6	6,6	0,6
G2	6,2	32,8	4,5	3,9	7,9	1,4	1,8	22,5	1,5	3,9	7,0	0,9
G3	4,9	22,1	3,1	2,8	7,0	1,2	1,1	4,6	0,7	2,9	4,7	0,4
G4	7,9	23,2	3,9	4,1	17,9	2,6	2,1	5,1	0,9	4,7	7,5	0,5
G5	5,1	22,2	3,2	3,4	5,7	0,9	1,9	7,0	1,1	3,4	6,5	0,8
G6	5,3	33,2	3,9	2,6	6,4	1,1	1,7	8,6	1,1	3,2	5,7	0,7
G7	6,0	19,9	3,3	4,9	17,1	2,7	1,7	3,3	0,6	4,2	7,7	0,5
G8	5,2	21,3	3,2	2,9	9,1	1,5	1,4	5,3	0,8	3,2	5,4	0,5
G9	5,5	21,6	3,3	4,0	9,1	1,7	1,8	14,2	1,5	3,8	7,2	0,9
G10	6,8	31,1	4,5	3,8	10,6	1,8	1,8	5,8	1,0	4,1	7,1	0,7
G11	5,6	20,4	3,2	3,2	5,9	0,9	1,8	7,5	1,1	3,5	6,1	0,7
G12	5,2	29,7	3,6	3,6	12,7	2,0	1,8	22,1	1,5	3,5	7,6	0,9
G13	6,1	24,7	3,7	3,6	7,5	1,3	1,9	4,6	0,8	3,9	6,8	0,6
G14	6,4	18,5	3,1	3,9	11,9	2,0	1,7	37,4	1,6	4,0	6,6	0,8
G15	6,0	24,1	3,6	3,1	6,6	1,2	1,6	13,7	1,3	3,6	5,9	0,7
G16	5,5	21,8	3,3	2,9	5,4	0,8	1,8	14,8	1,4	3,4	6,0	0,7
G17	6,2	14,7	3,0	3,2	8,0	1,5	1,6	19,9	1,4	3,7	5,5	0,6
G18	6,2	24,4	3,7	3,9	10,3	1,7	1,8	15,2	1,5	4,0	7,3	0,8
G19	4,7	15,2	2,5	3,0	9,4	1,6	1,3	4,4	0,8	3,0	5,1	0,5
G20	5,4	19,9	3,2	3,5	7,5	1,4	1,5	10,4	1,1	3,5	5,9	0,6
G21	5,4	24,6	3,5	3,1	7,3	1,2	1,2	3,2	0,6	3,2	5,0	0,4
G22	5,4	17,3	2,9	3,6	9,2	1,6	1,7	10,6	1,2	3,6	6,4	0,7
G23	5,5	32,2	4,0	3,2	6,0	1,0	2,0	18,7	1,6	3,6	6,9	0,8
G24	6,2	18,7	3,1	3,6	6,5	1,1	2,1	17,1	1,7	4,0	6,8	0,8
G25	4,7	11,8	2,1	2,9	5,4	0,9	1,6	12,4	1,2	3,1	5,1	0,6
G26	5,5	20,1	3,1	2,1	5,0	0,8	1,6	8,2	1,1	3,1	4,7	0,5
G27	6,2	31,3	4,3	2,9	5,9	1,0	1,7	3,6	0,6	3,6	5,7	0,4
G28	5,7	29,1	3,8	4,3	11,7	2,3	1,5	6,7	1,0	3,8	7,1	0,7
G29	6,0	20,9	3,4	4,4	13,0	2,2	1,7	4,2	0,7	4,1	7,4	0,6
G30	7,5	15,7	3,0	4,6	14,3	2,4	1,8	22,2	1,6	4,6	6,9	0,7
G31	6,0	27,6	3,9	4,1	8,5	1,5	2,0	4,6	0,9	4,0	7,6	0,7

Продовження таблиці 3.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G32	5,7	12,4	2,3	3,7	6,8	1,1	1,3	2,9	0,6	3,6	5,0	0,4
G33	5,9	13,6	2,2	3,5	5,7	0,7	2,5	7,1	1,2	4,0	6,8	0,6
G34	6,3	20,5	3,3	2,9	5,9	1,2	1,4	4,0	0,7	3,5	4,9	0,4
G35	6,0	26,2	3,8	2,7	4,1	0,7	1,3	4,8	0,7	3,4	4,7	0,4
G36	6,6	23,4	3,7	3,3	6,9	1,3	1,7	11,7	1,3	3,9	6,1	0,8
G37	5,9	16,5	2,9	3,3	5,3	0,8	2,1	14,1	1,6	3,8	6,4	0,6
G38	5,4	46,7	4,4	3,0	5,5	0,9	1,5	14,7	1,2	3,3	5,6	0,7
G39	6,0	19,4	3,2	3,2	6,6	1,1	2,1	5,9	1,0	3,8	6,6	0,7
G40	5,0	31,8	3,7	2,5	7,1	1,2	1,7	9,5	1,2	3,1	6,0	0,8
G41	7,3	20,2	3,5	3,5	9,3	1,6	1,6	6,4	1,0	4,1	5,8	0,5
G42	6,4	23,0	3,6	2,8	5,5	1,0	1,5	7,8	1,0	3,5	5,0	0,5
G43	5,5	17,0	2,9	3,3	4,3	0,7	1,3	3,9	0,6	3,4	4,7	0,4
G44	3,9	19,6	2,6	2,5	6,2	1,0	1,3	24,7	1,2	2,6	5,2	0,7
HIP _{0,5}	0,88			0,52			0,61			0,64		

Дуже високу продуктивність рослин ($\geq 135,0$ % до St) встановлено у двох зразків, це плівчаста форма Shuffle (G30) (CZE) – 7,48 г та голозерна CDC Clear (G41) (CAN) – 7,27 г. Голозерний зразок CDC Clear (G41) (CAN) також переважав стандарт за показниками гомеостатичності та селекційної цінності (Nom = 20,2; Sc = 3,6).

В умовах центрального Лісостепу, маса зерна з рослини у сорту-стандарту Взірець (G1) становила 4,06 г. Визначено істотно менші абсолютні показники та амплітуди варіювання маси зерна з рослини порівняно з умовами в північному Лісостепу: у дворядних форм ячменів – 2,15–4,63 г, у шестирядних – 3,24–4,93 г. За результатами аналізу виділено один зразок дворядкового ячменю Shuffle (G30) (CZE) – 4,63 г, який сформував високу масу зерна з рослини ($\geq 115,1$ % над St), та перевищував сорт-стандарт Взірець (G1) (UKR) за гомеостатичністю й селекційною цінністю (Nom = 14,3; Sc = 2,4).

В умовах північного Степу, середня маса зерна з рослини в сорту-стандарту Взірець (G1) становила 1,61 г. У дворядних форм ячменів продуктивність рослини варіювала від 1,08 до 2,11 г, у шестирядних – 1,67–2,47 г. За результатами аналізу виділено п'ять зразків ячменю ярого з дворядним типом

колосу з високою масою зерна з рослини ($\geq 115,1$ % над стандартом Взірець, в межах похибки стандарту), з них чотири – переважали сорт-стандарт Взірець (G1) (UKR) за показником гомеостатичності та селекційною цінністю (Ном = 7,0–18,7; Sc = 1,1–1,7). Варто зазначити, що це плівчасті зразки: Гарант Преміум (G5) (UKR), Ли-1059 (G13) (UKR), Монолит (G23) (KAZ), Ранний (G24) (KAZ) та голозерний зразок CDC Gainer (G37) (CAN). Лінія Ли-1059 (G13) (UKR) поступалася стандарту Взірець за показником гомеостатичності та селекційною цінністю.

Середній показник маси зерна з рослини сорту-стандарту Взірець (G1) (UKR) в середньому в досліді в різних середовищах становив 3,64 г. Найбільшу середню продуктивність рослини встановили у зразка Shuffle (G30) (CZE) – 4,64 г. Він також переважав сорт-стандарт Взірець за гомеостатичністю і селекційною цінністю (Ном = 6,9; Sc = 0,7). Серед шестирядних форм перевищення над стандартом Взірець за масою зерна з рослини встановлено в зразка Шедевр (G4) (UKR) – 4,68 г. Вищі показники гомеостатичності та селекційної цінності (Ном = 6,8–7,6; Sc = 0,7–0,9) порівняно до сорту-стандарту Взірець (G1) (UKR) (Ном = 6,6; Sc = 0,6) встановлено в зразків: Стимул (G2) (UKR), Красень (G9) (UKR), Ли-1110 (G10) (UKR), Ли-1120 (G12) (UKR), Ли-1096 (G18) (UKR), Монолит (G23) (KAZ), Ранний (G24) (KAZ). Серед голозерних зразків перевагу над стандартом Взірець за селекційною цінністю (Sc = 0,7–0,8) встановлено у зразків CDC ExPlus (G36) (CAN) та CDC Freedom (G38) (CAN), а їх продуктивність була на рівні з плівчастим стандартом.

За коефіцієнтом регресії (Додаток В.6) зразки були розподілені на групи: сильніше реагували на умови вирощування та з кращою адаптованістю до більш сприятливих умов ($b_i > 1$), плівчасті – Шедевр (G4), Ли-1110 (G10), Ли-1059 (G13), Ли-1064 (G14), Ли-1091 (G17) всі (UKR), Ранний (G24) (KAZ), Shuffle (G30) (CZE), Hysky (G32) (CAN), голозерні – CDC Hilose (G34), Roseland (G35), CDC ExPlus (G36), CDC Clear (G41), CDC Lophy-1 (G42), CDC McGwire (G43) всі (CAN); з оптимальною реакцією на умови вирощування ($b_i = 1$), плівчасті – Стимул (G2), Ли-1078 (G15), Ли-1096 (G18) – всі (UKR), Arthur (G27) (CZE), Inari

(G29) (CZE), Trail (G33) (CAN), Lico (G39) (CAN), голозерні – CDC Gainer (G37) (CAN); з слабкою реакцією ($b_i < 1$), та кращою адаптованістю до гірших умов, плівчасті – сорт-стандарт Взірець (G1), Контраст (G3), Гарант Преміум (G5), Беркут (G6), Аміл (G7), Діантус (G8), Красень (G9), Ли-1114 (G11), Ли-1120 (G12), Ли-1089 (G16) всі (UKR), Polygena (G19) (SRB), Trebon (G20) (SRB), Тобол (G21), Великан (G22), Монолит (G23), Карабаликский 85 (G25) всі (KAZ), Danielle (G28) (CZE), Clipper (G44) (AUS), Erie (G40) (CAN), голозерні – Целинный голозерний (G26) (KAZ), CDC Freedom (G38) (CAN).

Більш стабільними з низьким абсолютним значенням $Si^2 = 0,04-0,45$ була переважна більшість зразків – 28 шт. До найбільш нестабільних ($Si^2 = 0,50-2,13$) за масою зерна з рослини віднесли шістнадцять зразків: плівчасті – сорт-стандарт Взірець (G1), Стимул (G2), Шедевр (G4), Аміл (G7), Ли-1091 (G17) всі (UKR), Карабаликский 85 (G25) (KAZ), Arthur (G27), Danielle (G28), Shuffle (G30) всі (CZE), Hysky (G32) (CAN), Trail (G33) (CAN), Lico (G39) (CAN) та голозерні – Целинный голозерний (G26) (KAZ), CDC Gainer (G37), CDC Clear (G41), CDC McGwire (G43) всі (CAN). Найбільше варіювання ознаки (за індексом умов I_j), відмічали в умовах північного Степу: 2020 р. ($I_j = -1,74$), 2021 р. ($I_j = -2,06$), 2022 р. ($I_j = -2,05$), та в умовах 2021 р. ($I_j = -1,68$) у центральному Лісостепу.

З метою групування генотипів за продуктивністю, гомеостатичністю та селекційною цінністю, провели кластерний аналіз методом К-середніх за комплексом кількісних ознак. За результатами аналізу в кожній екологічній зоні виділили по 4 кластери.

До 4 кластеру в кожному середовищі увійшли всі зразки шестирядного ячменю, на їх аналізі ми не будемо загострювати увагу. До 1 кластеру у центральному Лісостепу, північному Степу та середньої по трьох середовищах увійшли практично всі зразки голозерного ячменю (виділені напівжирним шрифтом). У північному Лісостепу (НСДС) голозерні зразки переважно згруповані до 2-го кластеру (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

Належність зразків до певного кластера

Номер кластера	Шифр зразка, середовище
північний Лісостеп	
1	G1, G2, G10, G11, G12, G13, G15, G18, G22, G23, G24, G27, G28, G29, G30, G41, G42
2	G14, G19, G20, G21, G26, G34, G35, G36, G37, G38 , G40, G43
3	G3, G5, G6, G8, G9, G16, G17, G25, G44
4	G4, G7, G31, G32, G33, G39
центральний Лісостеп	
1	G26, G34, G35, G36, G37, G38, G42, G43
2	G2, G5, G10, G11, G13, G14, G15, G18, G22, G24, G28, G29, G30, G44
3	G1, G3, G6, G8, G9, G12, G16, G17, G19, G20, G21, G23, G25, G27, G40, G41
4	G4, G7, G31, G32, G33, G39
північний Степ	
1	G9, G26, G34, G35, G36, G37, G42, G43
2	G2, G5, G6, G8, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G18, G22, G23, G24, G25, G27, G28, G29, G30, G40, G41 , G44
3	G1, G3, G19, G20, G21, G38
4	G4, G7, G31, G32, G33, G39
середнє по трьох середовищах	
1	G19, G26, G34, G35, G36, G37, G38, G42, G43
2	G2, G5, G10, G11, G12, G13, G15, G17, G18, G22, G23, G24, G27, G28, G29, G30
3	G1, G3, G6, G8, G9, G14, G16, G20, G21, G25, G40, G41 , G44
4	G4, G7, G31, G32, G33, G39

Показники середніх величин кількісних ознак, гомеостатичності та селекційної цінності зразків та їх кількість у певному кластері наведені в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16

Середні, для кластерів, значення кількісних ознак, гомеостатичності та селекційної цінності ячменю ярого в різних середовищах (середнє за 2020–2022 рр.)

№ клас-тера	Кількісні ознаки							Кількість зразків у кластері, шт.
	показник	кількість стебел, шт.	довжина колоса, см	кількість зерен, шт.	маса зерна з колоса, г	маса 1000 зерен, г	маса зерна з рослини, г	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
північний Лісостеп								
1	X	5,0	9,4	25,1	1,37	54,7	6,09	17
	Hom	30,2	338,7	609,3	17,5	753,3	24,4	
	Sc	3,4	8,7	22,0	1,1	46,3	3,6	
2	X	5,1	9,4	27,2	1,27	46,4	5,70	12
	Hom	27,4	234,2	729,2	17,6	1289,7	23,4	
	Sc	3,4	8,4	24,1	1,0	40,3	3,3	
3	X	5,3	8,4	21,3	1,08	49,9	5,14	9
	Hom	23,0	189,4	751,1	16,2	806,6	20,9	
	Sc	3,4	7,6	19,4	0,9	43,0	3,1	
4	X	3,5	7,8	51,3	2,24	43,3	6,30	6
	Hom	18,0	230,8	1065,6	13,6	390,0	19,3	
	Sc	2,0	7,2	44,4	1,5	34,2	3,1	
центральний Лісостеп								
1	X	4,0	7,9	24,2	0,90	35,1	2,93	8
	Hom	9,7	143,9	390,7	6,5	263,1	5,3	
	Sc	1,7	6,7	21,2	0,7	27,0	0,9	
2	X	4,2	7,9	20,6	1,05	50,9	3,71	14
	Hom	14,1	161,3	312,6	12,3	828,3	9,1	
	Sc	2,1	7,0	17,6	0,8	44,2	1,6	
3	X	4,1	7,8	20,8	0,94	44,4	3,16	16
	Hom	13,7	169,9	311,3	13,0	711,6	7,8	
	Sc	2,0	6,8	17,8	0,8	38,5	1,3	
4	X	3,2	6,5	41,1	1,55	39,6	3,93	6
	Hom	8,8	108,3	699,9	26,4	496,9	10,4	
	Sc	1,4	5,6	35,6	1,3	32,9	1,6	
північний Степ								
1	Mean	2,1	8,3	23,7	0,90	39,1	1,59	8
	Hom	208	76,7	370,9	12,8	1158,7	8,6	
	Sc	1,7	6,5	20,1	0,7	34,9	1,1	

Продовження табл. 3.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Mean	2,2	8,2	21,3	0,98	45,2	1,72	24
	Hom	22,0	68,5	280,1	14,9	544,8	13,4	
	Sc	1,7	6,3	17,2	0,8	37,2	1,2	
3	Mean	2,2	7,3	18,7	0,75	37,5	1,37	6
	Hom	22,6	56,5	190,8	9,5	586,1	7,0	
	Sc	1,7	5,4	14,6	0,5	30,6	0,9	
4	Mean	1,6	6,4	40,2	1,43	38,2	1,95	6
	Hom	6,3	45,6	315,7	11,4	737,5	4,8	
	Sc	1,0	4,6	29,5	1,0	32,4	0,9	
середня по трьох середовищах								
1	Mean	3,8	8,5	24,6	1,01	40,0	3,43	9
	Hom	8,7	68,0	231,2	4,4	262,5	5,2	
	Sc	1,1	5,8	17,3	0,5	24,9	0,5	
2	Mean	3,8	8,5	22,4	1,13	50,1	3,81	16
	Hom	9,2	88,6	231,8	6,7	450,5	6,7	
	Sc	1,2	6,2	16,3	0,6	34,3	0,7	
3	Mean	3,8	8,0	21,2	1,00	45,5	3,36	13
	Hom	9,0	66,2	160,7	5,6	463,8	5,8	
	Sc	1,1	5,4	14,0	0,6	32,4	0,6	
4	Mean	2,8	7,0	43,2	1,70	40,6	4,05	6
	Hom	5,9	49,0	287,0	6,6	328,6	6,8	
	Sc	0,7	4,4	27,5	0,7	27,8	0,6	

В умовах північного Лісостепу найбільш продуктивним (за середньою масою зерна з рослини) зі сполученням цінних господарських ознак які її формують, виявився 1-й кластер (не беручи до уваги 4-й кластер шестирядних зразків). До нього, серед інших, увійшли високопродуктивні зразки голозерного ячменю CDC Clear (G41) та CDC Lophy-1 (G42).

В умовах центрального Лісостепу найвищу середню продуктивність рослин ($X = 3,71$ г), яка формувалася за рахунок високої маси зерна з колоса ($X = 1,05$ г) та крупного зерна ($X = 50,9$ г) відмічено в 2-му кластері. Високопродуктивним був також і 3-й кластер, в який входило 16 зразків, зокрема сорт-стандарт Взірець (G1) та голозерний зразок CDC Clear (G41).

В умовах північного Степу виділявся 2-й кластер – за середньою продуктивністю рослин ($X = 1,72$ г), масою 1000 зерен ($X = 45,2$ г) та масою зерна

з головного колоса ($X = 0,98$ г), до нього увійшло 24 зразки, серед них і голозерний зразок CDC Clear (G41).

Кластерний аналіз за середніми показниками зразків в трьох середовищах досліджень, дозволив виділити 2-й кластер, в якому сполучалася висока маса зерна з рослини ($X = 3,81$ г), крупне зерно ($X = 50,1$ г), висока маса зерна з головного колоса ($X = 1,13$ г) та переважно найвищі показники гомеостатичності та селекційної цінності ознак. До кластеру увійшли 16 зразків, переважно це сорти та селекційні лінії українського походження з комплексом цінних господарських ознак, які можна використовувати в комбінаційній селекції: Стимул (G2), Гарант Преміум (G5), Ли-1110 (G10), Ли-1114 (G11), Ли-1120 (G12), Ли-1059 (G13), Ли-1078 (G15), Ли-1091 (G17), Ли-1096 (G18) – всі UKR; Великан (G22), Монолит (G23), Ранний (G24) – всі KAZ; Arthur (G27), Danielle (G28), Inari (G29) та Shuffle (G30) – всі CZE.

3.3 Кореляційний і шляховий аналіз продуктивності та її компонентів у ячменю ярого в різних середовищах

У селекційних програмах зі створення нових сортів багатьох сільськогосподарських культур, селекціонерами широко використовується кореляційний і шляховий аналіз коефіцієнтів, який встановлює характер складних взаємозв'язків між урожайністю та її компонентами [172–178]. Кількісне визначення кореляцій між ознаками дозволяє проводити добір за однією або одночасно декількома ознаками, що важливо для успішної селекційної роботи. Кореляції дають уяву про характер успадкування ознак, про наявність або відсутність зчеплення генів які контролюють ці ознаки.

Шляховий аналіз був розроблений та впроваджений Wright [139], який вказує на чіткішу картину відносної величини компонентів врожаю, має першочергове значення для ефективною селекційної програми [179, 180]. Шляховий аналіз допомагає розділити загальну кореляцію на прямі та непрямі ефекти, що корисно при доборі високоврожайних генотипів [181–183].

Для успішної селекції ячменю ярого важливо знати залежність основної ознаки, за якою проводять добір, від інших кількісних ознак рослин. Особливе значення мають закономірності взаємозв'язку таких кількісних ознак як продуктивність (маса зерна) рослини та її структурні елементи [131, 184]. Коефіцієнти кореляції залежать від виду культури, сорту, ознаки яка досліджується та умов вирощування [185].

Провели структурний аналіз за основними показниками продуктивності: довжина стебла, продуктивна куцистість, довжина колоса основного стебла, кількість зерен з колосу, маса зерна з колосу, маса зерен з рослини, маса 1000 зерен. Визначали парні коефіцієнти кореляції та шляховий аналіз продуктивності за допомогою програмного забезпечення OPSTAT [140].

В умовах північного Лісостепу пряму істотну кореляцію маси зерна з рослини встановлено в усі три роки досліджень з довжиною колоса ($r = 0,47; 0,42; 0,53$), кількістю зерен у колосі ($r = 0,47; 0,47; 0,51$), масою зерна з колоса ($r = 0,67; 0,73; 0,71$) та масою 1000 зерен ($r = 0,38; 0,52; 0,45$). При цьому кореляції за силою зв'язку були середніми, лише з продуктивністю колоса у 2021 р. та 2022 р. – сильною. Також прямий середній зв'язок продуктивності рослин встановлено з висотою рослин ($r = 0,43$, 2022 р.) та кількістю продуктивних стебел ($r = 0,65$, 2021 р. $0,41$, 2022 р.). Отже, кожна кількісна ознака в тій чи іншій мірі в розрізі років позитивно впливала на прояв продуктивності рослин ячменю ярого. Довжина колоса за три роки спостережень виявила істотну середню кореляцію з висотою рослин ($r = 0,47; 0,58; 0,69$), тобто збільшення довжини стебла на 22,1–47,6 % визначало довший колос у рослин. Істотну пряму кореляцію (середню та сильну) протягом років досліджень відзначили між кількістю зерен в колосі та довжиною колоса ($r = 0,70; 0,68; 0,83$). Отже, добір рослин з довгим колосом може призвести до збільшення кількості зерен в колосі (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

Кореляції між кількісними ознаками у ячменю ярого (північний Лісостеп)

Ознака	Рік	Висота рослин	Кількість стебел	Довжина колоса	Кількість зерен у колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
Кількість стебел	2020	-0,24					
	2021	-0,19					
	2022	-0,06					
Довжина колоса	2020	0,47*	-0,17				
	2021	0,58*	-0,08				
	2022	0,69*	-0,09				
Кількість зерен у колосі	2020	0,21	-0,16	0,70*			
	2021	0,29	-0,05	0,68*			
	2022	0,41*	-0,05	0,83*			
Маса зерна з колоса	2020	0,23	-0,31	0,63*	0,63*		
	2021	0,26	0,00	0,70*	0,76*		
	2022	0,44*	-0,16	0,71*	0,72*		
Маса 1000 зерен	2020	0,11	-0,21	0,07	-0,24	0,60*	
	2021	0,05	0,04	0,22	-0,09	0,58*	
	2022	0,20	-0,18	0,08	-0,09	0,62*	
Маса зерна з рослини	2020	0,15	0,02	0,47*	0,47*	0,67*	0,38*
	2021	0,07	0,65*	0,42*	0,47*	0,73*	0,52*
	2022	0,43*	0,41*	0,53*	0,51*	0,71*	0,45*

Примітка. * – достовірно при $P < 0,05$

Оскільки маса зерна з колоса істотно залежала від довжини колоса ($r = 0,63; 0,70; 0,71$) та кількості зерен у колосі ($r = 0,63; 0,76; 0,72$) передбачається істотне зростання продуктивності головного колоса на рослині. Кількість зерен в колосі ($r = 0,41$) та маса зерна з колоса ($r = 0,44$) виявила прямий істотний зв'язок з висотою рослин в 2022 р. Дана кореляція не є сприятливою оскільки добір за елементами продуктивності (кількість зерен та маса зерна з колоса) може призвести до зростання довжини рослини та відповідно вилягання, що спричинятиме недобір врожаю ячменю ярого. Селекція повинна бути спрямована на добір рослин зі сполученням короткого стебла з довгим продуктивним колосом. Встановлено істотну пряму середню кореляцію між масою зерна з колоса та крупністю зерна протягом трьох років ($r = 0,60; 0,58; 0,62$), що дозволяє

добирати високопродуктивні генотипи з крупним вирівняним зерном ячменю ярого.

В умовах центрального Лісостепу (табл. 3.18) пряму істотну кореляцію маси зерна з рослини протягом трьох років відмічали з кількістю продуктивних стебел ($r = 0,33; 0,81; 0,39$), масою 1000 зерен ($r = 0,68; 0,37; 0,45$) та масою зерна з колоса ($r = 0,72; 0,58; 0,66$).

Таблиця 3.18

Кореляції між кількісними ознаками у ячменю ярого (центрального Лісостепу)

Ознака	Рік	Висота рослин	Кількість стебел	Довжина колоса	Кількість зерен у колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
Кількість стебел	2020	-0,34*					
	2021	-0,37*					
	2022	-0,24					
Довжина колоса	2020	0,15	-0,22				
	2021	0,33*	0,02				
	2022	0,64*	-0,30				
Кількість зерен у колосі	2020	-0,14	-0,19	0,55*			
	2021	-0,03	0,11	0,63*			
	2022	0,35*	-0,29	0,79*			
Маса зерна з колоса	2020	0,05	-0,11	0,69*	0,57*		
	2021	0,10	0,07	0,44*	0,35*		
	2022	0,37*	-0,36*	0,70*	0,71*		
Маса 1000 зерен	2020	0,17	0,04	0,22	-0,41*	0,47*	
	2021	0,23	0,03	0,03	-0,53*	0,47*	
	2022	0,08	-0,10	-0,06	-0,32	0,43*	
Маса зерна з рослини	2020	-0,04	0,33*	0,39*	0,09	0,72*	0,68*
	2021	-0,23	0,81*	0,26	0,22	0,58*	0,37*
	2022	0,17	0,39*	0,36*	0,35*	0,66*	0,45*

Примітка. * – достовірно при $P < 0,05$

Два роки (2020 р. та 2022 р.) фіксували істотній середній зв'язок продуктивності рослини з довжиною колоса ($r = 0,39$ та $0,36$ відповідно) та один рік (2022 р.) з кількістю зерен у колосі ($r = 0,35$).

Зворотню кореляцію встановлено між висотою рослин і кількістю продуктивних стебел, яка виявилася істотною в умовах 2020 р. та 2021 р. ($r = -0,34$

та -0,37 відповідно). Отже зростання довжини стебла зменшувало кількість продуктивних стебел у 11,6–13,7 % випадків. Істотну пряму кореляцію висоти рослин визначено з довжиною колоса ($r = 0,33, 0,54, 2021$ р. та 2022 р. відповідно), кількістю зерен у колосі ($r = 0,35, 2022$ р.).

Маса зерна з колоса виявила істотну пряму кореляцію впродовж трьох років з довжиною колоса ($r = 0,69; 0,44; 0,70$), кількістю зерен в колосі ($r = 0,57; 0,35; 0,71$) та крупністю зерна ($r = 0,47; 0,47; 0,43$). При цьому крупність зерна мала зворотню кореляцію з кількістю зерен у колосі ($r = -0,41; -0,53; -0,32$), яка була істотною в 2020 р. та 2021 р. Тобто зростання кількості зерен у колосі призводило до зменшення його крупності.

В умовах північного Степу пряму істотну кореляцію маси зерна з рослини впродовж трьох років досліджень встановлено з кількістю зерен у колосі ($r = 0,37; 0,53; 0,55$), масою зерна з колоса ($r = 0,83; 0,78; 0,76$) (табл. 3.19).

Таблиця 3.19

Кореляції між кількісними ознаками у ячменю ярого (північний Степ)

Ознака	Рік	Висота рослин	Кількість стебел	Довжина колоса	Кількість зерен у колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
Кількість стебел	2020	-0,04					
	2021	0,07					
	2022	0,07					
Довжина колоса	2020	0,39*	-0,11				
	2021	0,29	0,19				
	2022	0,47*	0,11				
Кількість зерен у колосі	2020	0,21	-0,21	0,60*			
	2021	0,26	0,23	0,54*			
	2022	0,22	0,13	0,71*			
Маса зерна з колоса	2020	0,34*	-0,02	0,44*	0,60*		
	2021	0,46*	0,26	0,50*	0,71*		
	2022	0,29	0,11	0,67*	0,67*		
Маса 1000 зерен	2020	0,16	0,20	-0,24	-0,42*	0,23	
	2021	0,33*	0,05	0,27	0,21	0,69*	
	2022	0,23	0,01	0,16	-0,16	0,42*	
Маса зерна з рослини	2020	0,32*	0,23	0,22	0,37*	0,83*	0,46*
	2021	0,37*	0,73*	0,44*	0,53*	0,78*	0,54*
	2022	0,23	0,72*	0,53*	0,55*	0,76*	0,31

Примітка. * – достовірно при $P < 0,05$

Продуктивність рослин також виявила істотну пряму кореляцію з висотою рослини ($r = 0,32; 0,37$, 2020 р. та 2021 р.), кількістю продуктивних стебел ($r = 0,73; 0,72$, 2021 р. та 2022 р. відповідно), довжиною колоса ($r = 0,44; 0,53$, 2021 р. та 2022 р.) та масою 1000 зерен ($r = 0,46; 0,54$, 2020 р. та 2021 р.). Істотну пряму кореляцію висоти рослин встановлено з довжиною колоса ($r = 0,39; 0,47$, 2020 р. та 2022 р. відповідно), масою зерна з колоса ($r = 0,34; 0,46$, 2020 р. та 2021 р.) та масою 1000 зерен ($r = 0,33$, 2021 р.). Маса зерна з колоса виявила істотну пряму кореляцію впродовж трьох років з довжиною колоса ($r = 0,44; 0,50; 0,67$), кількістю зерен в колосі ($r = 0,60; 0,71; 0,67$). Також встановлено пряму залежність продуктивності колоса від крупності зерна ($r = 0,69; 0,42$, 2021 р. та 2022 р.). Істотну зворотню кореляцію між масою 1000 зерен і кількістю зерен у колосі ($r = -0,42$) встановлено лише в 2020 р.

Для вичленення основних кореляцій, що пов'язані з продуктивністю, та визначення потенційного впливу на прояв, варіювання та зв'язок між кількісними ознаками умов вирощування визначили кореляції за середніми значеннями ознак за три роки і подали їх у порівнянні у трьох досліджуваних середовищах (табл. 3.20).

Таблиця 3.20

Кореляції між кількісними ознаками у зразків ячменю ярого залежно від середовища дослідження (середні за 2020–2022 рр.)

Ознака	Середовище	Висота рослин	Кількість стебел	Довжина колоса	Кількість зерен у колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
1	2	3	4	5	6	7	8
Кількість стебел	НСДС	-0,27					
	МІП	-0,35*					
	ІСГС	0,01					
Довжина колоса	НСДС	0,61*	-0,23				
	МІП	0,41*	-0,24				
	ІСГС	0,46*	-0,01				
Кількість зерен у колосі	НСДС	0,30	-0,16	0,78*			
	МІП	0,04	-0,16	0,68*			
	ІСГС	0,29	-0,02	0,66*			

Продовження табл. 3.20

1	2	3	4	5	6	7	8
Маса зерна з колоса	НСДС	0,30	-0,32*	0,73*	0,76*		
	МП	0,16	-0,07	0,62*	0,54*		
	ІСГС	0,42*	-0,01	0,57*	0,64*		
Маса 1000 зерен	НСДС	0,09	-0,27	0,05	-0,21	0,48*	
	МП	0,16	0,09	0,00	-0,49*	0,43*	
	ІСГС	0,31	0,07	0,08	-0,16	0,55*	
Маса зерна з рослини	НСДС	0,15	0,29	0,51*	0,56*	0,77*	0,40*
	МП	-0,03	0,53*	0,35*	0,24	0,74*	0,52*
	ІСГС	0,38*	0,57*	0,44*	0,46*	0,78*	0,54*

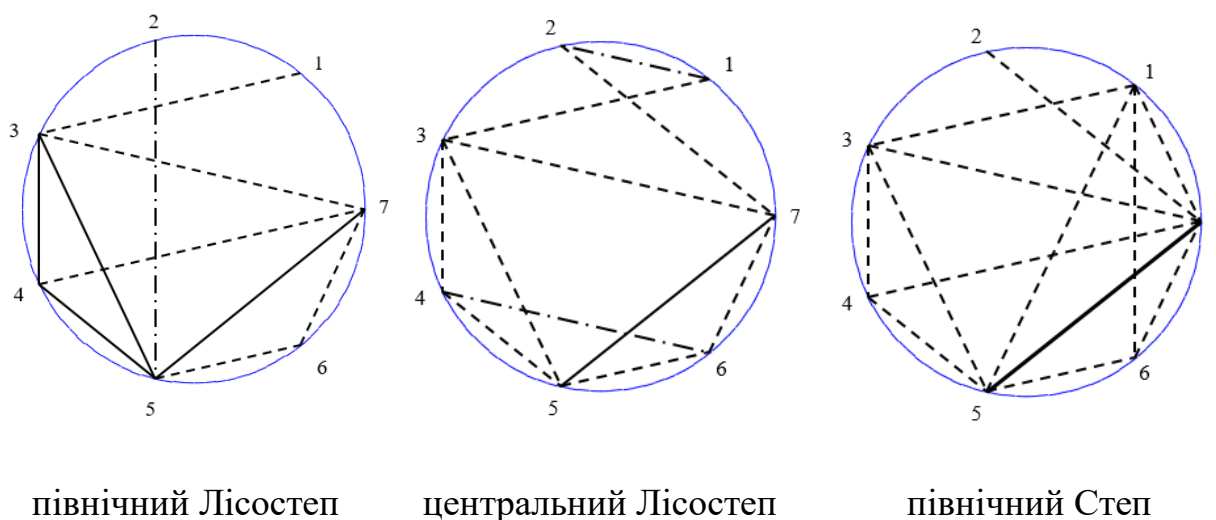
Примітка. * – достовірно при $P < 0,05$

Кореляційний аналіз кількісних ознак в різноманітних середовищах дозволив виявити найбільш тісний зв'язок маси зерна з рослини з масою зерна з основного колоса ($r = 0,77; 0,74; 0,78$) в усіх трьох зонах досліджень. Середній рівень істотної кореляції встановлений з довжиною колоса ($r = 0,51; 0,35; 0,44$) та масою 1000 зерен ($r = 0,40; 0,52; 0,54$). Кількість стебел з продуктивністю рослин істотно була пов'язана в умовах центрального Лісостепу та північного Степу ($r = 0,53; 0,57$).

Залежність між продуктивністю рослин та кількістю зерен у головному колосі встановили в умовах північного Лісостепу та в північному Степу ($r = 0,56$ та $0,46$ відповідно). Висота рослин ячменю ярого істотно пов'язана з продуктивністю лише в умовах північного Степу ($r = 0,38$). Для зручності сприйняття, кореляції були графічно виражені у вигляді плеяд (рис. 3.2).

Так, в умовах північного Степу продуктивність рослини (7) мала пряму істотну кореляцію з усіма ознаками. У північному та центральному Лісостепу продуктивність рослин ячменю ярого (7) мала пряму істотну кореляцію з чотирма ознаками: найбільш тісну з масою зерна з колоса (5), середню з довжиною колоса (3) та крупністю зерна (6), також з кількістю зерен у колосі (4, північний Лісостеп) і кількістю продуктивних стебел (2, центральний Лісостеп). За даними на рисунку 3.2 виділяємо ще одну плеяду взаємопов'язаних ознак: маса зерна з колоса (5) – довжина колоса (3); кількість зерен у колосі (4); маса 1000 зерен (6). Зворотні кореляції між ознаками встановлені в умовах північного Лісостепу –

маса зерна з колоса (5) з кількістю продуктивних стебел (2) та в центральному Лісостепу – висота рослин (1) з кількістю продуктивних стебел (2) і кількість зерен у колосі (4) з масою 1000 зерен (6).



Примітка:

- 1 – Висота рослин
- 2 – Кількість продуктивних стебел
- 3 – Довжина колоса
- 4. – Кількість зерен у колосі
- 5 – Маса зерна з колоса
- 6 – Маса 1000 зерен
- 7 – Маса зерна з рослини

Умовні позначення тісноти і напрямку кореляцій

.....	-0,30... -0,70
----	0,30 – 0,70
—	≥ 0,71

Рис. 3.2 – Кореляційні плеяди кількісних ознак ячменю ярого в різних середовищах

Отже, провівши аналіз середніх величин кореляцій в різних зонах для однакової вибірки сортів ячменю ярого, можна зробити висновок, що основними ознаками для добору на продуктивність є маса зерна з основного колоса, крупність зерна та довжина колоса. Ознаки продуктивне кушіння та кількість зерен у колосі можуть змінюватися під впливом умов середовища, тому добір за цими ознаками може бути не досить ефективним.

Шляховий аналіз (*Path Analysis*) маси зерна з рослини ячменю ярого вказав, що найбільш прямий позитивний ефект на продуктивність в умовах

північного Лісостепу виявила кількість зерен в головному колосі (1,148), крупність зерна (0,934) та кількість продуктивних стебел (0,589) (табл. 3.21).

Таблиця 3.21

Шляховий аналіз маси зерна з рослини зразків ячменю ярого в різних середовищах (середнє за 2020–2022 рр.)

Ознака	Середовище	Висота рослин	Кількість стебел	Довжина колоса	Кількість зерен в колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
Висота рослин	НСДС	0,003	-0,153	-0,046	0,338	-0,091	0,084
	МІП	0,034	-0,209	0,009	0,021	0,031	0,093
	ІСГС	0,026	-0,006	0,015	0,066	0,204	0,074
Кількість стебел	НСДС	-0,001	0,589	0,015	-0,179	0,117	-0,259
	МІП	-0,012	0,593	-0,005	-0,073	-0,019	0,050
	ІСГС	0,000	0,571	-0,002	-0,020	-0,008	0,020
Довжина колоса	НСДС	0,002	-0,120	-0,076	0,895	-0,235	0,043
	МІП	0,014	-0,141	0,023	0,317	0,148	-0,004
	ІСГС	0,012	-0,031	0,033	0,152	0,258	0,019
Кількість зерен в колосі	НСДС	0,001	-0,092	-0,059	1,148	-0,244	-0,190
	МІП	0,002	-0,092	0,015	0,466	0,135	-0,288
	ІСГС	0,007	-0,049	0,022	0,230	0,283	-0,040
Маса зерна з колоса	НСДС	0,001	-0,215	-0,056	0,295	0,319	0,409
	МІП	0,004	-0,043	0,013	0,244	0,258	0,256
	ІСГС	0,011	-0,010	0,018	0,137	0,476	0,134
Маса 1000 зерен	НСДС	0,000	-0,164	-0,004	-0,234	-0,140	0,934
	МІП	0,005	0,051	0,000	-0,231	0,113	0,583
	ІСГС	0,008	0,047	0,003	-0,038	0,268	0,237

Примітка: прямі шляхові коефіцієнти виділено напівжирним шрифтом

Найбільший негативний прямий вплив встановлений від довжини головного колоса (-0,076). Максимальний позитивний непрямий ефект визначений довжиною колоса через кількість зерен у колосі (0,895), тоді продуктивністю колоса через крупність зерна (0,409) та кількість зерен (0,295). Максимальне значення негативного непрямого ефекту становило -0,259 визначеного кількістю продуктивних стебел через крупність зерна.

В умовах центрального Лісостепу прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість продуктивних стебел (0,593) та крупність зерна (0,583). Максимальний позитивний непрямий ефект визначений довжиною (0,317) та продуктивністю (0,244) колоса через кількість зерен. Також високий показник непрямого ефекту на продуктивність рослин виявила маса зерна з колоса виражена через крупність зерна (0,256). Максимальне значення негативного непрямого ефекту становило -0,288 визначеного кількістю зерен в колосі через крупність зерна.

В умовах північного Степу прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість продуктивних стебел (0,571) та маса зерна з колоса (0,476). Максимальний позитивний непрямий ефект визначений кількістю зерен в колосі (0,283), крупністю зерна (0,268) та довжиною колоса (0,258) через масу зерна з колоса. Максимальне значення негативного непрямого ефекту становило -0,038 визначеного крупністю зерна через кількість зерен в колосі.

В умовах трьох середовищ встановлено істотну високу пряму кореляцію маси зерна з рослини з продуктивністю колоса, крупністю зерна та довжиною колоса. У різних середовищах, формування продуктивності, за шляховим аналізом, залежало від різних ознак: у північному Лісостепу найбільший прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість зерен в головному колосі (1,148), потім крупність зерна (0,934) та кількість продуктивних стебел (0,589); у центральному Лісостепу високий прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість продуктивних стебел (0,593) та крупність зерна (0,583); в умовах північного Степу прямий позитивний ефект на продуктивність встановила кількість продуктивних стебел (0,571) та маса зерна з колоса (0,476).

Висновки до розділу 3

1. За результатами вивчення у 2020–2022 рр. встановлено морфологічні та біохімічні особливості колекційних зразків ячменю ярого голозерного і

плівчастого, та виділено нові джерела за продуктивністю, стійкістю до абіотичних та біотичних чинників із визначенням їх селекційної цінності.

2. Сорт-стандарт Взірець та зразок CDC McGwire є цінним вихідним матеріалом для селекції за стійкістю щодо збудників листових хвороб.

3. З високим показником вмісту білка ($\geq 16,0$ %) виділили зразки Діантус, Ли-1059, Ли-1096, Ли-1089 (UKR); Erie та Gateway (CAN). Високий вміст крохмалю ($\geq 60,0$ %) встановили у зразків голозерного ячменю канадського походження CDC ExPlus, Roseland, CDC Lophy-1, CDC McGwire, CDC Gainer, CDC Clear.

4. Для селекції інтенсивних сортів ячменю ярого виділили зразки з стабільно низькими показниками довжини стебла: Clipper (AUS), Polygena, Trebon (SRB), Danielle (CZE), Arthur (CZE) та сорт-стандарт Взірець (UKR), серед голозерних – Целинний голозерний (KAZ) та CDC Lophy-1 (CAN).

5. У селекції на високе продуктивне кушіння до схрещувань можна залучати голозерні зразки CDC Nilose та CDC ExPlus (CAN), які істотно переважали плівчастий сорт-стандарт Взірець за цим показником, однак потрібно врахувати, що прояв продуктивного кушіння сильно залежав від умов вирощування.

6. Сполучення довгого колоса ($\geq 9,0$ см) та високих показників гомеостатичності та селекційної цінності встановлено у шести сортозразків: Стимул (UKR), Великан (KAZ), Shuffle (CZE), CDC Gainer (CAN) та CDC Clear (CAN) та CDC Lophy-1 (CAN). З них Стимул (UKR), Великан (KAZ), CDC Gainer (CAN) виявили стабільність за довжиною колоса в різноманітних середовищах ($b_i = 0,58-0,78$, $Si^2 = 0,16-0,43$) та можуть бути використані в синтетичній селекції як джерело ознаки довгого колоса. Зразки Shuffle (CZE), CDC Clear (CAN) та CDC Lophy-1 (CAN) мали оптимальну та сильну реакцію на умови вирощування і кращу адаптивність до більш сприятливих умов ($b_i = 1,01-1,21$, $Si^2 = 0,17-0,45$).

7. Голозерні зразки відзначали високими показниками кількості зерен у колосі. В селекції на поліпшення даної ознаки перспективними є зразки CDC Gainer (CAN) та CDC Lophy-1 (CAN) які сполучають високу кількість зерен у

колосі, характеризуються високою гомеостатичністю, селекційною цінністю та стабільністю прояву ознаки в різноманітних середовищах.

8. Зразок Shuffle (CZE) виділено за максимальним проявом маси зерна з колоса, переважав стандарт за гомеостатичністю і селекційною цінністю ($H_{om} = 9,1$; $S_c = 0,88$). Серед голозерних форм на рівні з плівчастим стандартом Взірець (UKR) за масою зерна з колоса виділено зразок CDC Clear (CAN) – 1,19 г. Голозерні зразки формують високий показник пластичності за продуктивністю колоса ($b_i = 1,07-1,67$; $S_i^2 = 0,01-0,03$).

9. Виокремили джерела крупності зерна ($\geq 50,1$ г): Гарант Преміум (UKR), Ли-1110 (UKR), Ли-1114 (UKR), Ли-1059 (UKR), Ли-1078 (UKR), Ли-1096 (UKR), Великан (KAZ), Shuffle (CZE), які можна використовувати в селекції на збільшення маси 1000 зерен. Вказані зразки вирізняли за високими показниками гомеостатичності та селекційної цінності ($H_{om} = 300,3-669,8$; $S_c = 29,5-40,6$). Виділили зразок CDC Clear (CAN) ($X = 46,5$; $H_{om} = 325,9$; $S_c = 31,2$), як потенційне джерело крупнозерності серед голозерних зразків.

10. За масою зерна з рослини вирізнили зразок Shuffle (CZE) – 4,64 г. Він також переважав сорт-стандарт Взірець (UKR) за гомеостатичністю і селекційною цінністю ($H_{om} = 6,9$; $S_c = 0,7$). Серед голозерних зразків перевагу над стандартом Взірець за селекційною цінністю ($S_c = 0,7-0,8$) встановлено у зразків CDC ExPlus (CAN) та CDC Freedom (CAN), а їх продуктивність була на рівні з плівчастим стандартом.

11. Кластерним аналізом за середніми показниками зразків в трьох середовищах досліджень, виокремили 2-й кластер із зразками з комплексом цінних господарських ознак: висока маса зерна з рослини ($X = 3,81$ г), крупне зерно ($X = 50,1$ г), висока маса зерна з головного колоса ($X = 1,13$ г) та переважно найвищі показники гомеостатичності та селекційної цінності ознак. До кластеру увійшли 16 зразків, переважно це сорти та селекційні лінії українського походження з комплексом цінних господарських ознак, які можна залучати до комбінаційної селекції: Стимул, Гарант Преміум, Ли-1110, Ли-1114, Ли-1120, Ли-

1059, Ли-1078, Ли-1091, Ли-1096 – всі UKR; Великан, Монолит, Ранний – всі KAZ; Arthur, Danielle, Inari та Shuffle – всі CZE.

12. В умовах північного Лісостепу, центрального Лісостепу та північного Степу встановлено істотну високу пряму кореляцію маси зерна з рослини з продуктивністю колоса, крупністю зерна та довжиною колоса. Формування продуктивності, за шляховим аналізом, залежало від різних ознак: в умовах північного Лісостепу найбільший прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість зерен у колосі (1,148), потім крупність зерна (0,934) та кількість продуктивних стебел (0,589); в умовах центрального Лісостепу високий прямий позитивний ефект на продуктивність визначила кількість продуктивних стебел (0,593) та крупність зерна (0,583); в умовах північного Степу прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість продуктивних стебел (0,571) та маса зерна з колоса (0,476).

Результати досліджень розділу 3 висвітлені у п'яти наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [170, 186–189] і наведено в додатку Г.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ТА ЇЇ СТАБІЛЬНОСТІ ЗРАЗКІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В РІЗНИХ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ

Існує багато досліджень спрямованих на оцінку генетичного різноманіття ячменю на основі як молекулярного, так і генетичного рівнів та агроморфологічних ознак [190–192]. Наприклад, лише за останні роки були опубліковані результати оцінки генетичного різноманіття ячменю в Алжирі [193], Омані [194], Тунісі [195], Тибеті [196], Йорданії [197], Пакистані [198], Іраку [199], Казахстані [200], Бразилії [201], Індії [202], Ефіопії [203–206], Китаї [100], Палестині [207]. Отже, слід зазначити, що навіть в епоху сучасних молекулярних технологій вивчення генетичного різноманіття за фенотиповими ознаками не втратило свого значення. Це пояснюється тим, що більшість цінних господарських ознак, у тому числі й урожайність, є кількісними, а тому рівень їх прояву суттєво залежить від умов зовнішнього середовища. Тобто, при вивченні генотипів у різних умовах відбуваються зміни рангів рівня прояву ознак внаслідок їх реакції на умови середовища. Однією з головних причин цього є взаємодія генотип-середовище [208, 209]. Незважаючи на успішні результати з розшифрування геномів основних сільськогосподарських культур [210, 211] та подальших ретельних досліджень [212], питання повного вивчення фенотипу на геномному рівні все ще залишається відкритим.

Таким чином, формування фенотипу пов'язане зі складною взаємодією різних систем організму (генотипу) у відповідь на тиск (величину, тривалість, тощо) різних факторів середовища [213–216]. У результаті взаємодію генотипу з навколишнім середовищем досить складно вивчити. У той же час, якісний статистичний аналіз цього явища необхідний для успішної селекції [217–219]. Таким чином, для оцінки генотипу за взаємодією середовища було розроблено ряд параметричних і непараметричних статистичних методів [136, 220, 221], а також графічних моделей [222–224]. Наприклад, є численні дослідження,

присвячені аналізу взаємодії генотипу з навколишнім середовищем та виділенню стабільних генотипів широкого спектру сільськогосподарських культур із застосуванням різних статистичних підходів. Зокрема, для пшениці [225–227], огірка [228], проса пальчастого [229], кукурудзи [230, 231], сорго [232, 233]. Такі дослідження на ячмені були проведені в Болгарії [234], Туреччині [235, 236], Алжирі [237], Йорданії [238], Ефіопії [239], Індії [240], Сербії [241] та України [242, 243]. Однак для поглибленого з'ясування всіх аспектів взаємодії генотип-середовище важливо охарактеризувати не лише генотипи, але й середовища [244]. У цьому контексті необхідно визначити продуктивність середовищ (середню врожайність усіх досліджуваних генотипів), їхню диференційну силу та репрезентативність. Це дає змогу визначити, до якого навколишнього середовища адаптований певний генотип [245].

Показники врожайності зразків ярого ячменю в кожному екологічному середовищі в 2020–2022 рр. наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Врожайність зерна (г/м^2) зразків ячменю ярого в середовищах (північний Лісостеп – НСДС, центральний Лісостеп – МП, північний Степ – ІСГС)

Шифр	НСДС			МП			ІСГС		
	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.
	N20	N21	N22	M20	M21	M22	K20	K21	K22
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G1	455	872	1008	500	330	518	440	517	425
G2	490	679**	962**	548*	336	540	435	501	427
G3	337	428**	727**	463**	287**	482	378**	598*	396
G4	437	703**	827**	541*	380*	453**	486*	599*	348**
G5	312**	502**	880**	425**	194**	531	417	558*	331**
G6	367	408**	762**	427**	218**	415**	426	507	396
G7	415	475**	845**	558*	354	532	510*	546*	377**
G8	438	645**	812**	499	362	442**	457	538	415
G9	397	522**	948**	483	337	554	426	478**	320**
G10	432	697**	840**	499	272**	450**	419	585*	468*
G11	390	590**	878**	551*	218**	358**	437	576*	396
G12	387	732**	808**	483	304	527	453	606*	392
G13	360	723**	855**	533*	269**	560*	493*	566*	359**
G14	433	767**	960**	481**	281**	559*	516*	501	439

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G15	405	730**	773**	510	300	447**	536*	516	362**
G16	390	565**	740**	526*	221**	632*	434	437**	411
G17	363	537**	688**	456**	332	345**	457	539	339**
G18	353	535**	745**	507	289**	441**	409	562*	345**
G19	243**	453**	685**	367**	300	488	270**	370**	376**
G20	363	538**	728**	390**	273**	484	403	461**	331**
G21	357	597**	737**	360**	178**	337**	339**	490**	397
G22	330**	490**	757**	433**	299	449**	373**	448**	370**
G23	380	575**	802**	529*	258**	432**	483*	572*	404
G24	345	750**	1037	552*	256**	378**	525*	571*	379**
G25	247**	538**	752**	419**	211**	446**	308**	482**	339**
G26	413	605**	942**	477**	242**	486	357**	534	341**
G27	442	622**	978**	554*	219**	587*	438	551*	507*
G28	383	600**	812**	425**	390*	492	467	502	384**
G29	395	647**	925**	450**	329	428**	418	486**	447
G30	318**	645**	853**	375**	278**	465**	385**	450**	395
G31	267**	556**	718**	542*	319	509	428	476**	327**
G32	373	418**	778**	416**	174**	353**	425	468**	335**
G33	278**	253**	615**	545*	155**	256**	456	513	385**
G34	405	655**	712**	394**	301	362**	471	440**	359**
G35	442	650**	768**	499	273**	415**	351**	468**	422
G36	465	582**	652**	482	330	428**	437	512	381**
G37	433	708**	708**	525	240**	390**	468	470**	421
G38	388	568**	727**	459**	226**	475	361**	489**	359**
G39	347	275**	535**	378**	179**	363**	355**	457**	297**
G40	398	645**	587**	419**	247**	349**	346**	480**	274**
G41	367	712**	790**	482**	280**	343**	363**	503	366**
G42	332**	632**	825**	423**	238**	457**	325**	432**	425
G43	372	672**	868**	557*	310	455**	393**	434**	364**
G44	288**	377**	552**	344**	174**	246**	477	554*	303**

Примітки:

* – істотно переважає сорт-стандарт Взірець (G1) при $P < 0,05$ ** – істотно поступається сорту-стандарту Взірець (G1) при $P < 0,05$

В дослідженнях у північному Лісостепу в 2020 р. (N20) лише два зразки Стимул (UKR) (G2) (490 г/м^2) і CDC ExPlus (CAN) (G36) (465 г/м^2) мали вищу врожайність, але не істотно, відносно сорту-стандарту Взірець (UKR) (G1) (455 г/м^2). Зразки Arthur (CZE) (G27), Roseland (CAN) (G35), Діантус (UKR) (G8), Шедевр (UKR) (G4), Ли-1064 (UKR) (G14), CDC Gainer (CAN) (G37), та Ли-1110

(UKR) (G10) виокремили за урожайністю нижчою за сорт-стандарт Взірець (432–442 г/м²), але вони були порівняно продуктивнішими за інші. У 2021 р. (N21), найбільшу врожайність мав сорт-стандарт Взірець (UKR) (G1) (872 г/м²). Істотно вищу продуктивність (672–767 г/м²) відносно інших зразків встановлено у: Ли-1064 (UKR) (G14), Ранній (KAZ) (G24), Ли-1120 (UKR) (G12), Ли-1078 (UKR) (G15), Ли-1059 (UKR) (G13), CDC Clear (CAN) (G41), CDC Gainer (CAN) (G37), Шедевр (UKR) (G4), Ли-1110 (UKR) (G10), Стимул (UKR) (G2) і CDC McGwire (CAN) (G43). У 2022 р. (N22), врожайність була вищою за 1000 г/м² у зразка Ранній (KAZ) (G24) (1037 г/м²) та у сорту-стандарту Взірець (UKR) (G1) (1008 г/м²). Зразки Arthur (CZE) (G27), Стимул (UKR) (G2), Ли-1064 (UKR) (G14), Красень (UKR) (G9), Целинний голозерний (KAZ) (G26) та Inari (CZE) (G29) поступалися двом попереднім (925–978 г/м²), але вони перевищували за врожайністю більшість інших.

В умовах центрального Лісостепу у 2020 р. (M20), п'ятнадцять зразків ячменю ярого за врожайністю перевищували сорт-стандарт Взірець (UKR) (G1) (500 г/м²) або були в межах похибки (не істотне перевищення). Це зразки Аміль (UKR) (G7), CDC McGwire (CAN) (G43), Arthur (CZE) (G27), Ранній (KAZ) (G24), Ли-1114 (UKR) (G11), Стимул (UKR) (G2), Trail (CAN) (G33), Gateway (CAN) (G31), Шедевр (UKR) (G4), Ли-1059 (УКР) (G13), Моноліт (KAZ) (G23), Ли-1089 (UKR) (G16), CDC Gainer (CAN) (G37), Ли-1078 (UKR) (G15) та Ли-1096 (UKR) (G18) (507–558 г/м²). У 2021 р. (M21) вісім зразків ячменю ярого (Danielle (CZE) (G28), Шедевр (UKR) (G4), Діантус (UKR) (G8), Аміль (UKR) (G7), Красень (UKR) (G9), Стимул (UKR) (G2), Ли-1091 (UKR) (G17) і CDC ExPlus (CAN) (G36)) мали вищий або однаковий рівень врожайності відносно стандарту (330–390 г/м²). У 2022 р. (M22) урожайність визначили вищою за сорт-стандарт Взірець (518 г/м²) у дев'яти зразків: Ли-1089 (UKR) (G16), Arthur (CZE) (G27), Ли-1059 (UKR) (G13), Ли-1064 (UKR) (G14), Красень (UKR) (G9), Стимул (UKR) (G2), Аміль (UKR) (G7), Гарант Преміум (UKR) (G5), Ли-1120 (UKR) (G12) (527–632 г/м²).

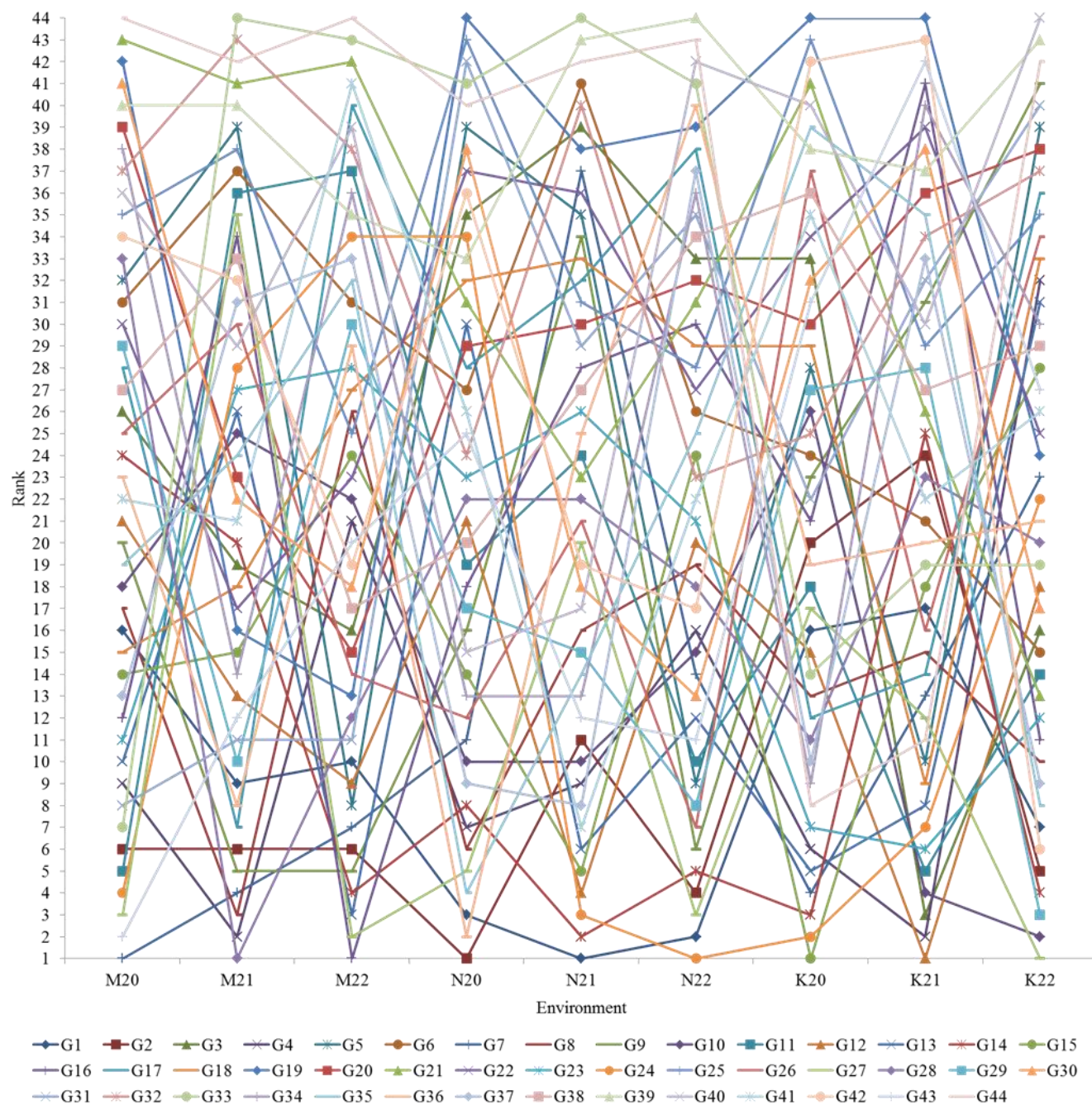
В умовах північного Степу у 2020 р. (K20) врожайність вища за сорт-стандарт Взірець (440 г/м²) була у п'ятнадцяти зразків: Ли-1078 (UKR) (G15),

Ранній (KAZ) (G24), Ли-1064 (UKR) (G14), Амїл (UKR) (G7), Ли-1059 (UKR) (G13), Шедевр (UKR) (G4), Моноліт (KAZ) (G23), Clipper (AUS) (G44), CDC Hilose (CAN) (G34), CDC Gainer (CAN) (G37), Danielle (CZE) (G28), Ли-1091 (UKR) (G17), Діантус (UKR) (G8), Trail (CAN) (G33) та Ли-1120 (UKR) (G12) (453–536 г/м²). У 2021 р. (K21), врожайність вища за сорт-стандарт Взірець (517 г/м²) визначена у шістнадцяти зразків: Ли-1120 (UKR) (G12), Шедевр (UKR) (G4), Контраст (UKR) (G3), Ли-1110 (UKR) (G10), Ли-1114 (UKR) (G10), Моноліт (KAZ) (G23), Ранній (KAZ) (G24), Ли-1059 (UKR) (G13), Ли-1096 (UKR) (G18), Гарант Преміум (UKR) (G5), Clipper (AUS) (G44), Arthur (CZE) (G27), Амїл (UKR) (G7), Ли-1091 (UKR) (G17), Діантус (UKR) (G8), Целинний голозерний (KAZ) (G26) (534–606 г/м²). У 2022 р. (K22), шість зразків: Arthur (CZE) (G27), Ли-1110 (UKR) (G10), Inari (CZE) (G29), Ли-1064 (UKR) (G14), Стимул (UKR) (G2) і CDC Lophy-1 (CAN) (G42) встановили урожайність вище або в межах похибки стандарту Взірець (425–507 г/м²).

Встановлено сильну варіабельність рівня прояву врожайності зразків ячменю ярого як у часовій (в певному середовищі у різні роки), так і в просторовій (у різних середовищах) градієнтах. Наприклад, у центральному Лісостепу різниця в урожайності між роками становила 200 г/м² із варіацією від 472 г/м² у 2020 р. до 272 г/м² у 2021 р. У північному Степу різниця в урожайності між роками була найменшою (130 г/м²) серед середовищ і варіювала від 508 г/м² у 2021 р. до 378 г/м² у 2020 р. У північному Лісостепу така різниця визначена найбільшою (417 г/м²) з найвищим показником 793 г/м² у 2022 р. та найнижчим показником 376 г/м² у 2020 р. Незважаючи на вагому різницю врожайності між роками в умовах північного Лісостепу її рівень був найвищий серед усіх середовищ у відносно сприятливому 2022 р. Водночас мінімальна урожайність у цьому середовищі визначена практично на рівні мінімальної врожайності в умовах північного Степу і навіть на 104 г/м² перевищувала мінімальну врожайність в умовах центрального Лісостепу.

Загалом рівень урожайності зразків ячменю ярого суттєво варіював і залежав як від екологічних умов, так і від років випробування. Зміна рангів

урожайності вказувала на сильну взаємодію генотип-середовище у більшості зразків, як в окремих середовищах у різні роки, так і в певному році в різних агрокліматичних середовищах (рис. 4.1). Однак взаємодія генотип-середовище була достовірно вищою при аналізі рядів урожайності в усіх агрокліматичних зонах і за три роки разом.



Примітка: G1...G44 – шифр зразка, M20...K22 – шифр середовища згідно з табл. 4.1, Rank – ранг, 1 – найвище значення врожайності, 44 – найнижче.

Рис. 4.1 – Прояв взаємодії генотип-середовище за зміною рангів урожайності зразків ячменю ярого в різних середовищах

В умовах центрального Лісостепу найбільша зміна рангів генотипу за взаємодії із середовищем в різні роки (відмінності між найвищим і найнижчим рангами становили 29–37) виявлено у зразків Trail (CAN) (G33), Ли-1089 (UKR) (G16), Ли-1091 (UKR) (G17), Arthur (CZE) (G27), Ли-1114 (UKR) (G11), Danielle (CZE) (G28), Гарант Преміум (UKR) (G5), Ранній (KAZ) (G24) і Polygena (SRB) (G19). Лише зразок Стимул (UKR) (G2) не мав перехресної взаємодії (шостий ранг за всі три роки). Зразки Тобол (KAZ) (G21), Clipper (AUS) (G44), Gateway (CAN) (G31), Lico (CAN) (G39), Беркут (UKR) (G6), Амил (UKR) (G7) і Hysky (CAN) (G32) мали дуже низьку перехресну взаємодію (різниця між рангами становила 2–6). Проте лише зразок Амил (UKR) (G7) мав відносно високу врожайність (481 г/м²). У зразків Clipper (AUS) (G44), Тобол (KAZ) (G21), Lico (CAN) (G39), Hysky (CAN) (G32), Беркут (UKR) (G6) врожайність була дуже низькою (255–353 г/м²).

Умови північного Лісостепу визначили найбільшу взаємодію генотип-середовище між роками (відмінності між рангами становили 29–38) у зразків: CDC ExPlus (CAN) (G36), Ранній (KAZ) (G24), Гарант Преміум (UKR) (G5) і CDC Gainer (CAN) (G37). Зразки Взірець (UKR) (G1), Trebon (SRB) (G20), Clipper (AUS) (G44), Trail (CAN) (G33), Danielle (CZE) (G28), Ли-1096 (UKR) (G18), Ли-1110 (UKR) (G10), Монолит (KAZ) (G23), Ли-1064 (UKR) (G14), Контраст (UKR) (G3) і Polygena (SRB) (G19) мали відносно низьку перехресну взаємодію (різниця між рангами становили 2–6). Високі показники врожайності зафіксовано у сорту-стандарту Взірець (UKR) (G1) (778 г/м²) та зразка Ли-1064 (UKR) (G14) (720 г/м²). Дуже низьку врожайність для цієї екологічної ніші (382–461 г/м²) мали зразки Trail (CAN) (G33), Clipper (AUS) (G44), Контраст (UKR) (G3), Polygena (SRB) (G19).

В умовах північного Степу найбільша мінливість між рангами врожайності (різниця 29–37 рангів) у різні роки була у зразків CDC Lophy-1 (CAN) (G42), Clipper (AUS) (G44), Roseland (CAN) (G35), CDC Hilose (CAN) (G34), Ли-1089 (UKR) (G16), Контраст (UKR) (G3), Шедевр (UKR) (G4) і Гарант Преміум (UKR) (G5). Найменші зміщення між рангами (різниця 2–6 рангів) спостерігали у зразків

CDC ExPlus (CAN) (G36), Діантус (UKR) (G8), Trail (CAN) (G33), Моноліт (KAZ) (G23), Lico (CAN) (G39). Серед них зразок Моноліт (KAZ) (G23) визначено кращим за врожайністю (486 г/м²).

Також проаналізовано взаємодію генотип-середовище залежно від різних агрокліматичних середовищ кожного року. У 2020 р. найвища перехресна взаємодія (різниця 29–36 рангів) між трьома екологічними середовищами виявлена в зразках Clipper (AUS) (G44), Roseland (CAN) (G35), Gateway (CAN) (G31), Trail (CAN) (G33), Ранній (KAZ) (G24), CDC Hilose (CAN) (G34) і CDC McGwire (CAN) (G43). Найнижчу мінливість (відмінності між рангами 2–6) мали зразки Polygena (SRB) (G19), Шедевр (UKR) (G4), CDC Gainer (CAN) (G37) та Ли-1120 (UKR) (G12). Разом з тим, найнижчим за врожайністю (294 г/м²) цього року був зразок Polygena (SRB) (G19). У 2021 р. найбільші зміщення в рангах (різниця 29–36 рангів) виявлено в зразках Контраст (UKR) (G3), Аміль (UKR) (G7), Clipper (AUS) (G44), Ли-1114 (UKR) (G11), CDC McGwire (CAN) (G43), Гарант Преміум (UKR) (G5), Красень (UKR) (G9). Найменші зміщення в рангах (різниця в 6 рангів) встановлено в зразках Lico (CAN) (G39) і CDC Freedom (CAN) (G38). Зазначимо, що найменшу врожайність, серед досліджуваних генотипів, визначено в зразка Lico (CAN) (G39) (304 г/м²). У 2022 р. найбільша варіабельність рангів урожайності (відмінності 29–36 рангів) виявлена у зразків Красень (UKR) (G9), Ранній (KAZ) (G24), Гарант Преміум (UKR) (G5), Gateway (CAN) (G31), Тобол (KAZ) (G21), Ли-1089 (UKR) (G16). Зразки Ли-1064 (UKR) (G14), Arthur (CZE) (G27) та Стимул (UKR) (G2) поєднували низькі зміни рангів та високий рівень середньої врожайності (643–691 г/м²). Зразки Clipper (AUS) (G44), Великан (KAZ) (G22), Ли-1078 (UKR) (G15), Ли-1091 (UKR) (G17), Shuffle (CZE) (G30), Erie (CAN) (G40), Ли-1096 (UKR) (G18) і CDC Hilose (CAN) (G34) також мали відносно низький перехресний тип взаємодії генотип-середовище у 2022 р., однак їхня врожайність була невисокою.

Не визначено зразків із незначною різницею між найнижчим і найвищим рангами врожайності при визначенні їх продуктивності в досліді в цілому. Таким чином, усі зразки мали перехресну взаємодію генотип-середовище, але кожен з

них з різною величиною. Різниця між крайніми рангами (найнижчим і найвищим) варіювала від 11 до 40 рангів. Зразок Lico (CAN) (G39) мав найменшу різницю між рангами (різниця 11 рангів). Проте у нього зафіксовано найменшу врожайність (354 г/м²). Тобто він був стабільно низьковрожайним. Зразки Ли-1089 (UKR) (G16), CDC McGwire (CAN) (G43), CDC ExPlus (CAN) (G36), Trail (CAN) (G33), CDC Lophy-1 (CAN) (G42), Clipper (AUS) (G44), Контраст (UKR) (G3), Красень (UKR) (G9), Аміл (UKR) (G7) і Roseland (CAN) (G35) характеризувалися найбільшими змінами в рангах (різниця 35–40 рангів).

Практичне значення має виявлення зразків із поєднанням високої врожайності та її відносної стабільності в різних умовах (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Середня врожайність (г/м²) зразків ячменю ярого в різних середовищах і параметри гомеостатичності та селекційної цінності (2020–2022 рр.)

Шифр	НСДС			МП			ІГС			Середнє значення		
	X	Hom	Sc	X	Hom	Sc	X	Hom	Sc	X	Hom	Sc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G1	778	2102	351	449	1947	286	461	4290	379	563	1413	184
G2	710 ^{**}	2125	362	475	1878	291	454	5057	387	546	1637	191
G3	497 ^{**}	1212	230	410 ^{**}	1568	244	457	1710	289	455 ^{**}	1524	180
G4	656 ^{**}	2156	346	458	2611	322	478	1820	278	530	1803	224
G5	565 ^{**}	1102	200	383 ^{**}	852	140	435	1652	258	461 ^{**}	1088	102
G6	512 ^{**}	1209	247	353 ^{**}	1060	180	443	3394	345	436 ^{**}	1318	125
G7	578 ^{**}	1436	284	481 [*]	2090	306	478	2557	329	512 ^{**}	1809	215
G8	632 ^{**}	2133	341	434	2736	315	470	3525	362	512 ^{**}	1891	228
G9	622 ^{**}	1338	260	458	1897	279	408 ^{**}	2073	273	496 ^{**}	1315	168
G10	656 ^{**}	2078	337	407 ^{**}	1387	222	491	2826	352	518 ^{**}	1599	168
G11	619 ^{**}	1563	275	376 ^{**}	844	148	470	2344	323	488 ^{**}	1264	121
G12	642 ^{**}	1836	307	438	1619	252	484	2121	313	521 ^{**}	1631	196
G13	646 ^{**}	1628	272	454	1279	218	473	2126	300	524 ^{**}	1488	165
G14	720 ^{**}	1946	325	440	1352	221	485	5747	412	548	1500	161
G15	636 ^{**}	2010	333	419 ^{**}	1628	246	471	2342	319	509 ^{**}	1640	197
G16	565 ^{**}	1824	298	459	989	160	427 ^{**}	12803	402	484 ^{**}	1544	144
G17	529 ^{**}	1724	279	378 ^{**}	2089	275	445	1968	280	451 ^{**}	1678	217
G18	544 ^{**}	1512	258	412 ^{**}	1518	235	439	1727	270	465 ^{**}	1549	180
G19	461 ^{**}	960	164	385 ^{**}	1552	236	339 ^{**}	1933	243	395 ^{**}	1155	140

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
G20	543**	1617	271	383**	1385	216	399**	2445	286	442**	1450	166
G21	563**	1652	273	292**	855	144	409**	2191	283	421**	1077	101
G22	526**	1281	229	394**	1877	262	397**	3534	327	439**	1432	173
G23	586**	1625	278	406**	1202	198	486	2807	343	493**	1577	158
G24	710**	1452	236	395**	1050	183	492	2415	327	533	1180	131
G25	512**	1035	168	359**	1002	170	376**	1529	241	416**	1040	117
G26	653**	1596	287	402**	1168	200	411**	1574	262	489**	1182	126
G27	681**	1696	307	453	1011	170	499*	4350	396	544	1469	122
G28	598**	1672	283	436	3679	346	451	3338	345	495**	1772	234
G29	656**	1621	280	402**	2510	294	451	5980	388	503**	1402	179
G30	606**	1360	226	372**	1483	223	410*	4815	351	463**	1189	151
G31	514**	1153	191	456	1728	268	410**	2211	282	460**	1491	171
G32	523**	1234	251	314**	785	131	409**	2461	293	416**	1078	93
G33	382**	723	157	319**	502	91	451	3176	339	384**	938	97
G34	591**	2137	336	353**	2639	270	423**	3111	323	455**	1496	193
G35	620**	2324	356	396**	1373	217	414**	2909	310	476**	1510	169
G36	566**	3399	404	414**	2224	283	443	2979	329	474**	2284	240
G37	617**	2395	377	385**	1037	176	453	7431	406	485**	1577	164
G38	561**	1860	300	386**	1072	184	403**	2189	296	450**	1420	140
G39	386**	1107	198	307**	846	145	370**	1683	240	354**	1219	118
G40	543**	2290	336	338**	1322	199	367**	1283	209	416**	1289	159
G41	623**	1722	289	369**	1312	214	411**	2112	297	467**	1243	166
G42	596**	1430	240	373**	1178	194	394**	2581	296	454**	1168	131
G43	637**	1623	273	441	1564	245	397**	4434	332	492**	1349	176
G44	406**	1229	212	255**	763	129	444	1538	243	368**	1012	116

Примітки:

*– істотно переважає сорт-стандарт Взірець (G1) при $P < 0,05$,

** – істотно поступається сорту-стандарту Взірець (G1) при $P < 0,05$,

У північному Лісостепу найвища середня врожайність за три роки визначена в сорту-стандарту Взірець (UKR) (G1) (778 г/м^2). Виділили чотири зразки (CDC ExPlus (CAN) (G36), CDC Gainer (CAN) (G37), Roseland (CAN) (G35) та Стимул (UKR) (G2)), які мали вищу гомеостатичність ($\text{Hom} = 2125\text{--}3399$) і селекційну цінність ($\text{Sc} = 362\text{--}404$), порівняно до стандарту Взірець ($\text{Hom} = 2102$; $\text{Sc} = 351$). Серед них відносно більшу врожайність мав зразок Стимул (UKR) (G2) (710 г/м^2). Інші чотири зразки (Erie (CAN) (G40), Шедевр (UKR) (G4), CDC Hilose

(CAN) (G34) і Діантус (UKR) (G8)) були кращими за стандарт лише за гомеостатичністю (Hom = 2133–2290).

У центральному Лісостепу вища середня врожайність (2020–2022 рр.) порівняно зі стандартом Взірець (UKR) (G1) (449 г/м²) визначена у зразків Аміл (UKR) (G7), Стимул (UKR) (G2), Ли-1089 (UKR) (G16), Красень (UKR) (G9), Шедевр (UKR) (G4), Gateway (CAN) (G31), Ли-1059 (UKR) (G13) і Arthur (CZE) (G27) (453–481 г/м²). П'ять зразків (Danielle (CZE) (G28), Діантус (UKR) (G8), Шедевр (UKR) (G4), Inari (CZE) (G29) та Аміл (UKR) (G7)) були кращими від стандарту Взірець за гомеостатичністю (Hom = 2090–3679) та селекційною цінністю (Sc = 294–346). У стандарту Взірець (G1) (UKR) значення цих показників становили Hom = 1947 та Sc = 286. Три зразки (CDC Nilose (CAN) (G34), CDC ExPlus (CAN) (G36) та Ли-1091 (UKR) (G17)) перевершували сорт-стандарт Взірець лише за гомеостатичністю (Hom = 2089–2639). Зразок Стимул (UKR) (G2) мав вищу селекційну цінність (Sc = 291), ніж Взірець (G1) (UKR). Так, зразки Аміл (UKR) (G7) та Шедевр (UKR) (G4) переважали сорт-стандарт Взірець за показниками врожайності, гомеостатичності та селекційної цінності. Зразок Стимул (UKR) (G2) за врожайністю та селекційною цінністю установлено істотно кращим за стандарт Взірець (G1) (UKR).

В умовах північного Степу у 2020–2022 рр. дванадцять зразків (Arthur (CZE) (G27), Ранній (KAZ) (G24), Ли-1110 (UKR) (G10), Моноліт (KAZ) (G23), Ли-1064 (UKR) (G14), Ли-1120 (UKR) (G12), Шедевр (UKR) (G4), Аміл (UKR) (G7), Ли-1059 (UKR) (G13), Ли-1078 (UKR) (G15), Діантус (UKR) (G8) і Ли-1114 (UKR) (G11)) мали вищі показники продуктивності (470–499 г/м²), порівняно з сортом-стандартом Взірець (G1) (УКР) (461 г/м²). Шість зразків (Ли-1089 (UKR) (G16), CDC Gainer (CAN) (G37), Inari (CZE) (G29), Ли-1064 (UKR) (G14), Стимул (UKR) (G2) і Arthur (CZE) (G27)) переважали (Hom = 4350–12803; Sc = 387–412) стандарт Взірець (Hom = 4290; Sc = 379) за обома статистичними показниками. Два зразки встановили більший за сорт-стандарт Взірець (G1) показник гомеостатичності: Shuffle (CZE) (G30) (Hom = 4815) і CDC McGwire (CAN) (G43) (Hom = 4434). Отже у двох зразків (Arthur (CZE) (G27) та Ли-1064 (UKR) (G14))

визначено поєднання високого рівня врожайності з високим рівнем гомеостатичності та селекційної цінності.

Загалом у досліді найвищий середній рівень урожайності встановлено у стандарту Взірець (UKR) (G1) (563 г/м²). Зразки Ли-1064 (UKR) (G14), Стимул (UKR) (G2), Atrhur (CZE) (G27), Ранній (KAZ) (G24) та Шедевр (UKR) (G4) за урожайністю статистично однакові зі стандартом Взірець (530–548 г/м²), оскільки їх варіювання в межах похибки. З них, два зразки перевершували сорт-стандарт Взірець (UKR) (G1) за показником індексу гомеостатичності та селекційної цінності (Hom = 1413; Sc = 184). Це зразки Стимул (UKR) (G2) (Hom = 1637; Sc = 191) та Шедевр (УКР) (G4) (Hom = 1803; Sc = 224). Тільки за гомеостатичністю переважали сорт-стандарт Взірець зразки Ли-1064 (UKR) (G14) (Hom = 1500) і Atrhur (CZE) (G27) (Hom = 1469). Зразки CDC ExPlus (CAN) (G36), Danielle (CZE) (G28), Діантус (UKR) (G8), Ли-1091 (UKR) (G17), Аміл (UKR) (G7), Ли-1078 (UKR) (G15), Ли-1120 (UKR) (G12) і CDC Nilose (CAN) (G34) поступалися стандарту Взірець (UKR) (G1) за середньою врожайністю, але перевершили його за обома статистичними показниками (Hom = 1496–2284; Sc = 193–240). Також встановлено дванадцять зразків з вищим індексом гомеостатичності, порівняно до стандарту Взірець (Hom = 1420–1599). Серед них краща врожайність встановлена в зразках Ли-1110 (UKR) (G10) (518 г/м²) та Ли-1059 (UKR) (G13) (524 г/м²).

Для поглибленого аналізу використовували АММІ модель та GGE взаємодію генотип-середовище, характеристику і порівняння різних тестових середовищ, а також диференціацію зразків та відбір серед них найкращих генотипів за показниками врожайності та її стабільністю.

Дисперсійний аналіз АММІ моделі за врожайністю наведено в таблиці 4.3. Експериментальні дані з кожного екологічного середовища в різні роки аналізувалися окремо, а також узагальнено дані в досліді загалом. Найбільша частка генотипу (25,2 %) та взаємодії генотип-середовище (23,8 %) встановлено в умовах північного Степу. Найбільший відсоток умов року встановлено в північному Лісостепу – 72,9 %. У досліді загалом значущість середовища (установи та роки) визначена найвищою (76,6 %).

Таблиця 4.3

Дисперсійний аналіз АММІ моделі, урожайності зерна зразків ячменю ярого
і розкладання суми квадратів взаємодії генотип-середовище

Джерела варіації	МІП			НСДС			ІСГС			Загальна		
	SS	df	%	SS	df	%	SS	df	%	SS	df	%
Генотип (G)	1007810,2	43	20,2	2763173,1	43	17,5	570450,8	43	25,2	2795152,5	43	9,1
Середовище (E)	3144025,4	2	63,1	11503243,1	2	72,9	1151583,5	2	50,9	23655779,7	8	76,6
Взаємодія генотип– середовище G×E	831674,8	86	16,7	1502799,8	86	9,5	538309,9	86	23,8	4419066,0	344	14,3
Фактор 1	502347,7	44	60,4	768405,0	44	51,1	338428,5	44	62,9	1681186,4	50	38,0
Фактор 2	329327,1	42	39,6	734394,7	42	48,9	199881,4	42	37,1	929377,8	48	21,0
Фактор 3	0,0	40	0,0	0,0	40	0,0	0,0	40	0,0	629788,9	46	14,3
Фактор 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	316412,7	44	7,2
Фактор 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	273253,4	42	6,2
Фактор 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	228086,3	40	5,2
Фактор 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	197572,9	38	4,5
Фактор 8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	163387,7	36	3,7
Фактор 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	34	0,0
Залишок	168884,0	264	0,0	299245,3	264	0,0	301638,7	264	0,0	769768,0	792	0,0

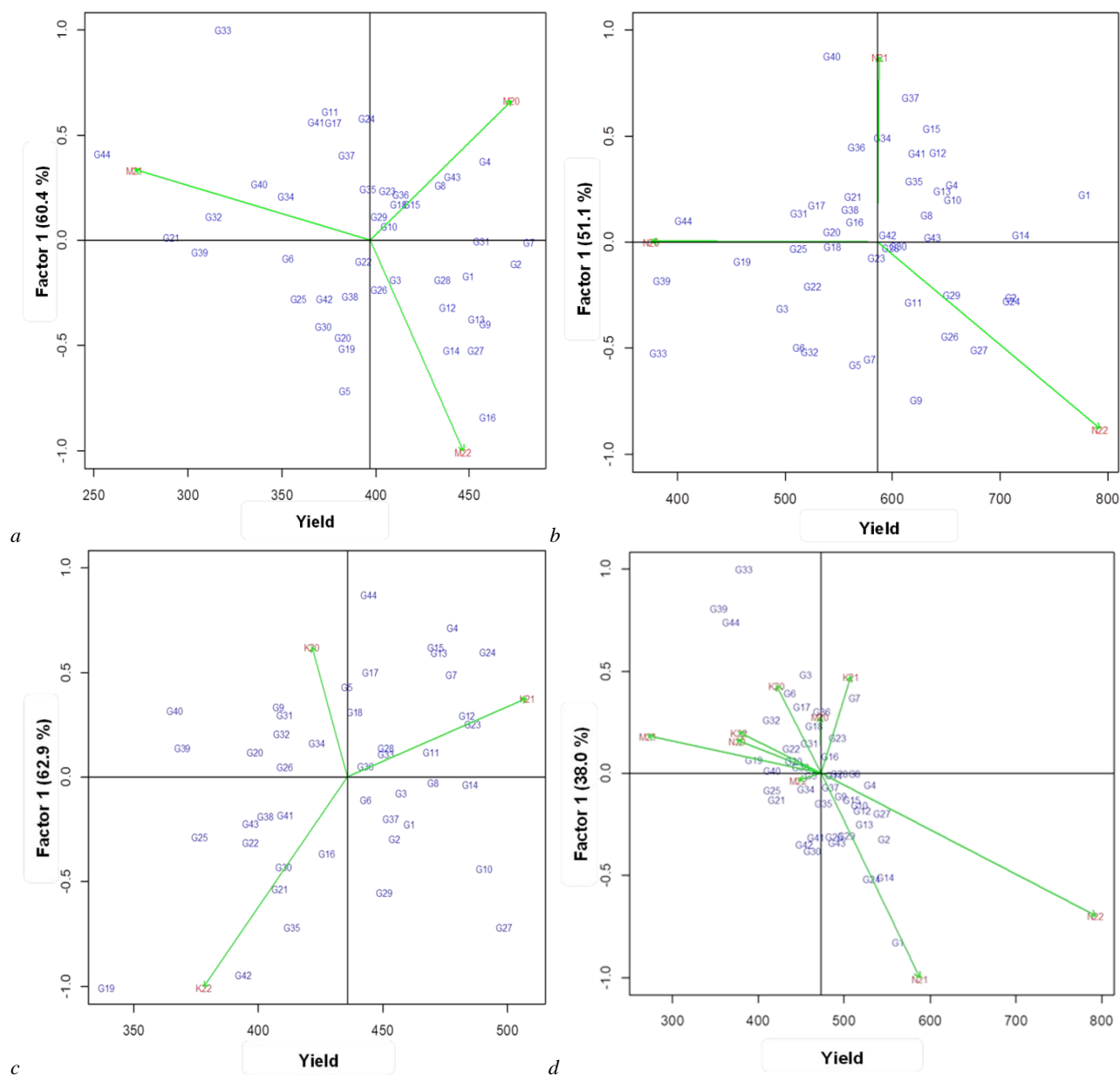
Примітка: Фактор 1...9 – головні компоненти, SS – сума квадратів, df – ступінь свободи, % – відсоток внеску конкретного джерела в загальну варіацію.

Частка взаємодії генотип-середовище оцінювалась як 14,3 %. Незважаючи на найменше значення частки генотипу (9,1 %) вона виявилася статистично достовірною. Отримані дані вказують на величезну мінливість умов середовища (поєднання місць і років) і сильну реакцію генотипу шляхом взаємодії з середовищем. При цьому підкреслимо, що в досліджуваній вибірці зразків визначені генотипи з різною реакцією на різні еколого-річні умови. Відповідно це дає можливість ідентифікувати зразки з бажаними показниками врожайності.

Схема розподілу зразків ярого ячменю в двокомпонентному просторі АММІ 1 biplot, який формується першим головним компонентом (фактор 1) і середньою врожайністю (Yield), показана на рисунку 4.2. На рисунку подані значення середньої врожайності окремого зразка (позначено як G1...G44) і продуктивність середовищ (середня врожайність всіх зразків у конкретному місці та в конкретному році) (позначена як M20...K22).

Графічний аналіз проводився для окремих установ (агрокліматичної зони) в різні роки і за випробування в цілому (три місця і три роки). У центральному Лісостепу найбільша середня врожайність була у 2020 р. (M20) (472 г/м²) а найменша середня врожайність була в 2021 р. (M21) (272 г/м²) (рис. 4.2а). В умовах північного Лісостепу найбільшу середню врожайність отримано у 2022 р. (N22) (793 г/м²) а найнижчу в 2020 р. (N20) (376 г/м²) (рис. 4.2б). В умовах північного Степу найбільша середня врожайність у 2021 р. (K21) (508 г/м²) а найнижча – у 2022 році (K22) (378 г/м²) (рис. 4.2с).

Відмітимо, що в різних середовищах урожайність мала найвищий рівень прояву в різні роки. Аналізуючи характеристики всіх дев'яти середовищ (у трьох умовах дослідження за три роки), слід відзначити найвищу продуктивність (793 г/м²), яка була в середовищі N22 та найнижчу (272 г/м²) у середовищі M21 (рис. 4.2d). Відповідно до моделі АММІ найбільш бажаними є генотипи зі сполученням висока продуктивність на осі Yield і найближче положення до нульової точки на осі фактор 1.



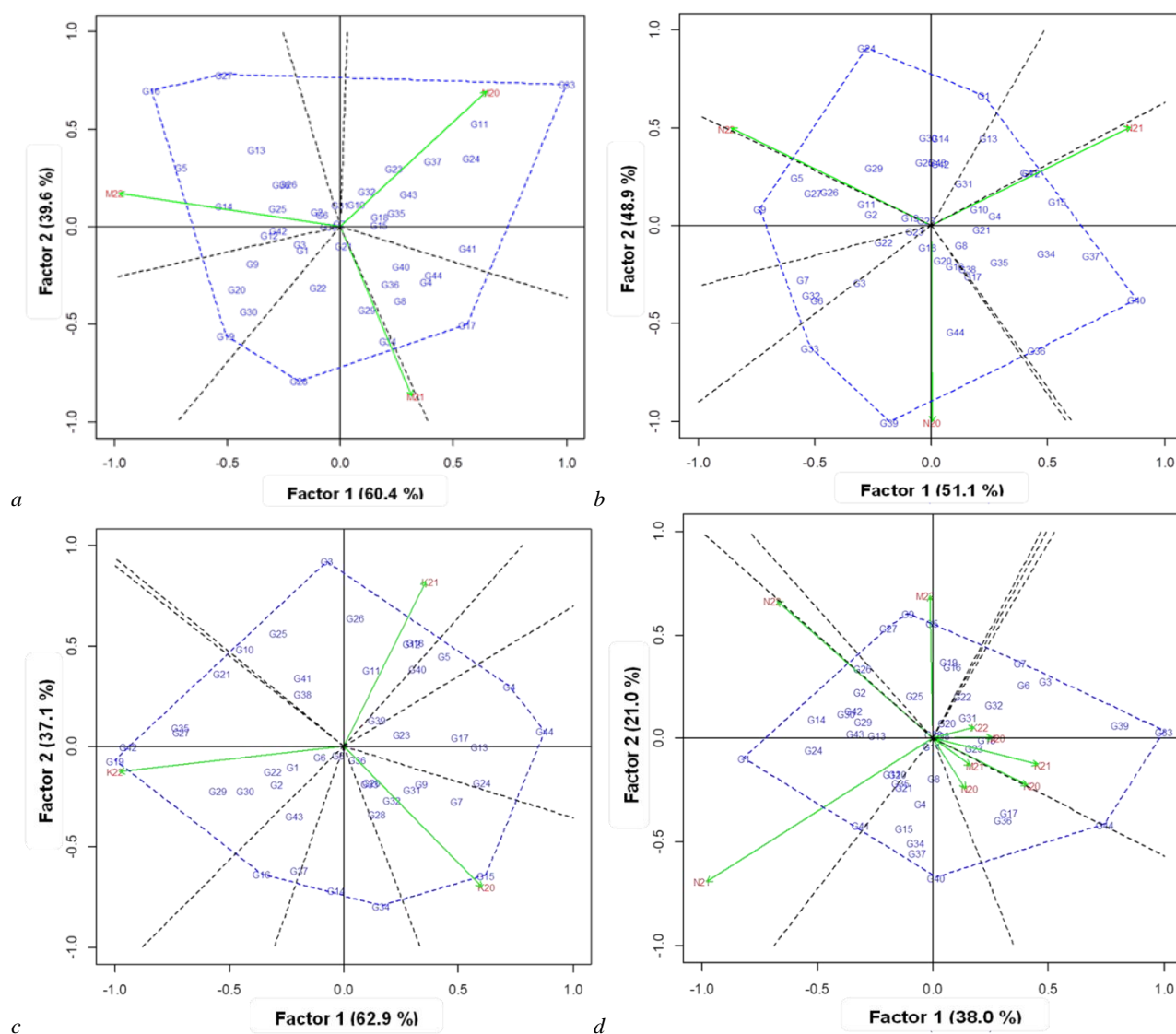
Примітка: *a* – МП, *b* – НСДС, *c* – ІСГС, *d* – випробування в цілому.

Рис. 4.2 – Розподіл зразків ячменю ярого в двокомпонентному просторі АММІ 1 biplot

Таким чином, зразок Аміль (UKR) (G7), Стимул (UKR) (G2) і Gateway (CAN) (G31) були виділені в умовах центрального Лісостепу. Оптимальна продуктивність в умовах північного Лісостепу встановлена у зразка Ли-1064 (UKR) (G14). Більш зміщеним, ніж вказаний зразок, від нульової точки був сорт-стандарт Взірець (UKR) (G1), а також зразки Стимул (UKR) (G2) і Ранній (KAZ) (G24). Зразок Ли-1064 (UKR) (G14) мав схожі характеристики й в умовах

північного Степу. Загалом в досліді (рис. 4.2*d*), серед досліджуваного матеріалу, встановили поєднання високої продуктивності та ближчого розташування до нуля на осі фактора 1 у зразків Шедевр (UKR) (G4) і Діантус (UKR) (G8). Декілька зразків (Стимул (UKR) (G2), Ли-1078 (UKR) (G15), Ли-1110 (UKR) (G10), Ли-1120 (UKR) (G12), Atrhur (CZE) (G27), Ли-1059 (UKR) (G13), Ли-1064 (UKR) (G14) та ін.) були більш віддалені від нульової точки ніж згадані вище, але вони були кращими за сорт-стандарт Взирець (G1).

АММІ 2 biplot формується першою (фактор 1) та другою (фактор 2) головними компонентами (рис. 4.3).



Примітка: *a* – МП, *b* – НСДС, *c* – ІСГС, *d* – випробування в цілому

Рис. 4.3 – Розподіл зразків ячменю ярого в двокompонентному просторі АММІ 2 biplot

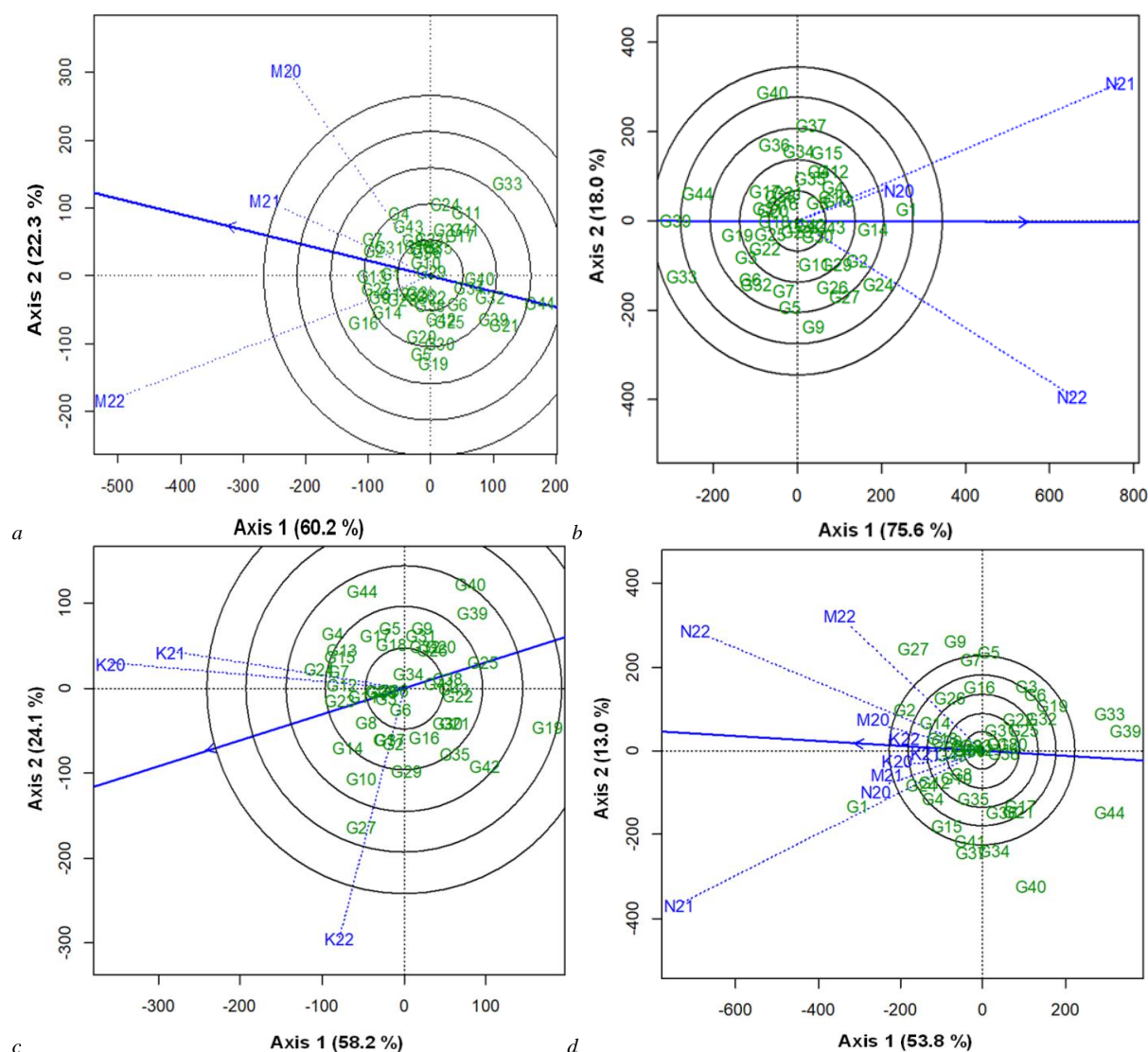
Особливості розподілу середовищ і зразків також підтвердили, що умови окремих років на окремих екологічних ділянках та адаптаційні реакції генотипів на них істотно відрізнялися (рис. 4.3*a-c*). Це проявляється локалізацією середовищ у різних секторах. Загалом у дослідженні три середовища (N21, N22 і M22) потрапили в три різні сектори (рис. 4.3*d*). Два середовища (N20 і M21) розташовані в одному секторі і утворювали мегасередовище. Друге мегасередовище сформовано трьома іншими середовищами (M20, K21 і K22). У цьому секторі, але практично на лінії, яка відділяє його від першого мегасередовища, розмістився вектор середовища K20. На кутах багатокутних фігур розмістили зразки з найбільшою реакцією на умови відповідного середовища (мегасередовища), якщо останнє знаходиться в одному секторі. Зразки, які лежали ближче до центру АММІ 2 biplot, мали меншу реакцію на умови відповідних середовищ.

Диференційна здатність GGE biplot та репрезентативність досліджуваних середовищ також вказують на відмінності в особливостях рівня прояву врожайності як в окремих екологічних нішах у різні роки, так і в досліді загалом (рис. 4.4).

В умовах центрального Лісостепу найбільш віддаленими один від одного визначені вектори середовищ (роки) M20 і M22 (рис. 4.4*a*). При цьому найбільшу диференційну здатність виявило середовище M22. Середовище M21 було найбільш репрезентативним. В умовах північного Лісостепу вектори середовищ N20 і N21 (рис. 4.4*b*) були дуже близькі один до одного. Однак, їх визначили досить відмітними за силою розрізнення. Середовища N21 і N22 мали найбільшу відстань між своїми векторами, але обидва мали високу диференційну здатність. В умовах північного Степу вектори середовищ K20 і K21 були близькі один до одного і мали невеликі відмінності в диференційній здатності (рис. 4.4*c*).

Вектор середовища K22 був значно віддалений від двох вищезгаданих. У дослідженні в цілому, найбільша диференційна здатність виявлена в середовищах N21 і N22 (рис. 4.4*d*). Середовище M22 трохи поступалося їм за розрізнявальною здатністю. При цьому найбільш віддаленими одне від одного були середовища

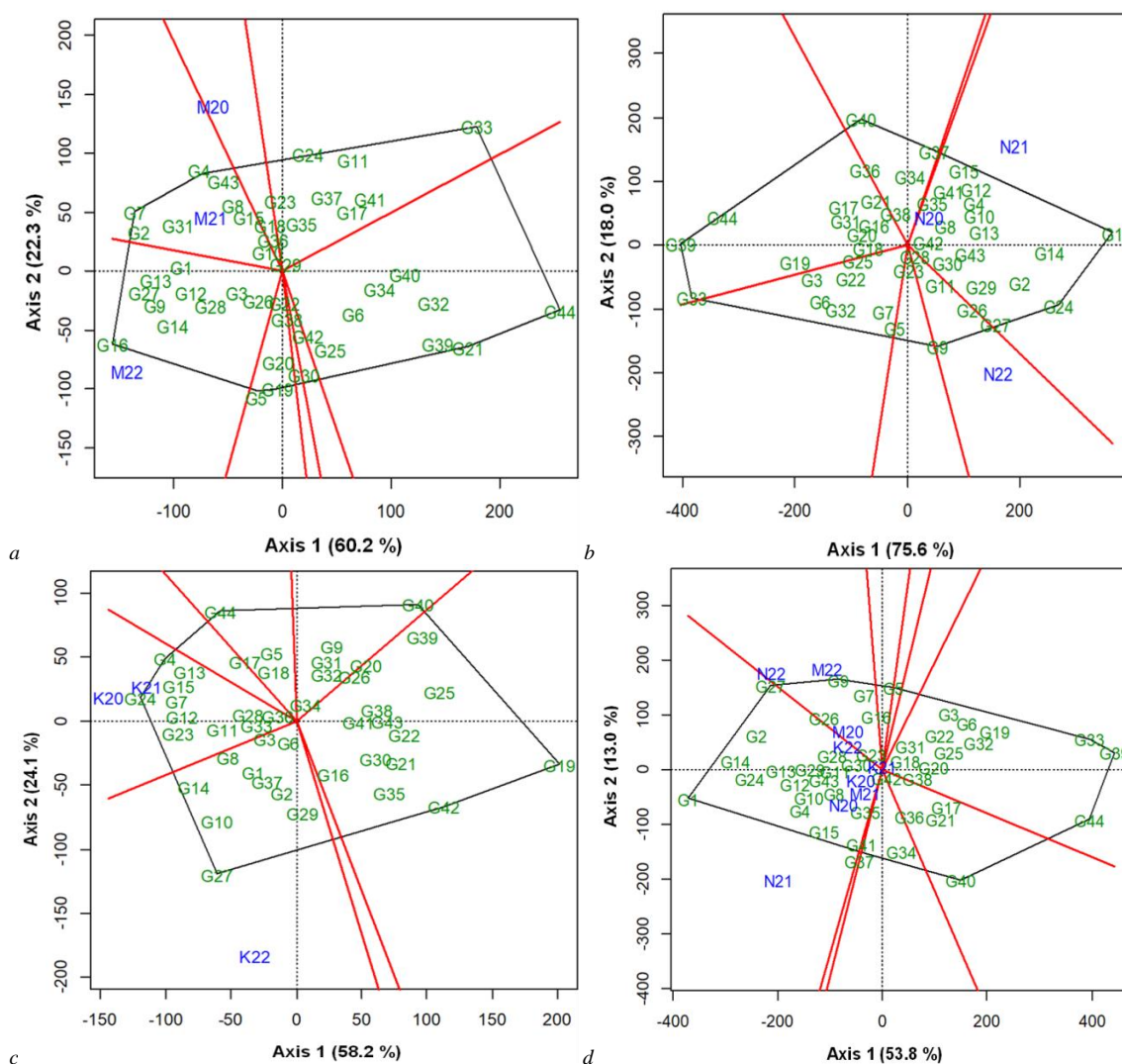
N21 і M22. Інші середовища виявили нижчу диференційну здатність. Середовища K21 і K22 найближчі до центральної осі середовища і, відповідно, визначені, як найбільш репрезентативні.



Примітка: *a* – МП, *b* – НСДС, *c* – ІГС, *d* – випробування в цілому

Рис. 4.4 – Сила та репрезентативність тестових середовищ у GGE biplot

Розглянуті вище особливості тестових середовищ досить чітко проявляються на GGE biplot взаємодія генотип-середовище (рис. 4.5). В умовах центрального Лісостепу середовища розділили на різні сектори (рис. 4.5a). У секторі з середовищем M22 на куті полігону розташовувався зразок Ли-1089 (UKR) (G16). Відповідно до GGE biplot моделі він найкращий в умовах середовища M22.



Примітка: *a* – МП, *b* – НСДС, *c* – ІГС, *d* – випробування в цілому

Рис. 4.5 – Взаємодія генотип-середовище

Інші зразки, розташовані в цьому секторі, також мали відносно кращі показники в середовищі M22 порівняно з двома іншими середовищами (M20 і M21). У секторі з середовищем M21 кращими за інших визначили зразки Аміль (UKR) (G7) та Шедевр (UKR) (G4), оскільки вони розташовані на кутах багатокутної фігури. Зразки Стимул (UKR) (G2) і CDC McGwire (CAN) (G43) були близькі до двох згаданих вище. Середовище M20 розміщене на лінії розмежування між сектором із середовищем M21 і сектором без середовищ і зразків.

В умовах північного Лісостепу два середовища (N20 і N21) потрапили в один сектор (рис. 4.5*b*). У цьому секторі сорт-стандарт Взірець (UKR) (G1) і

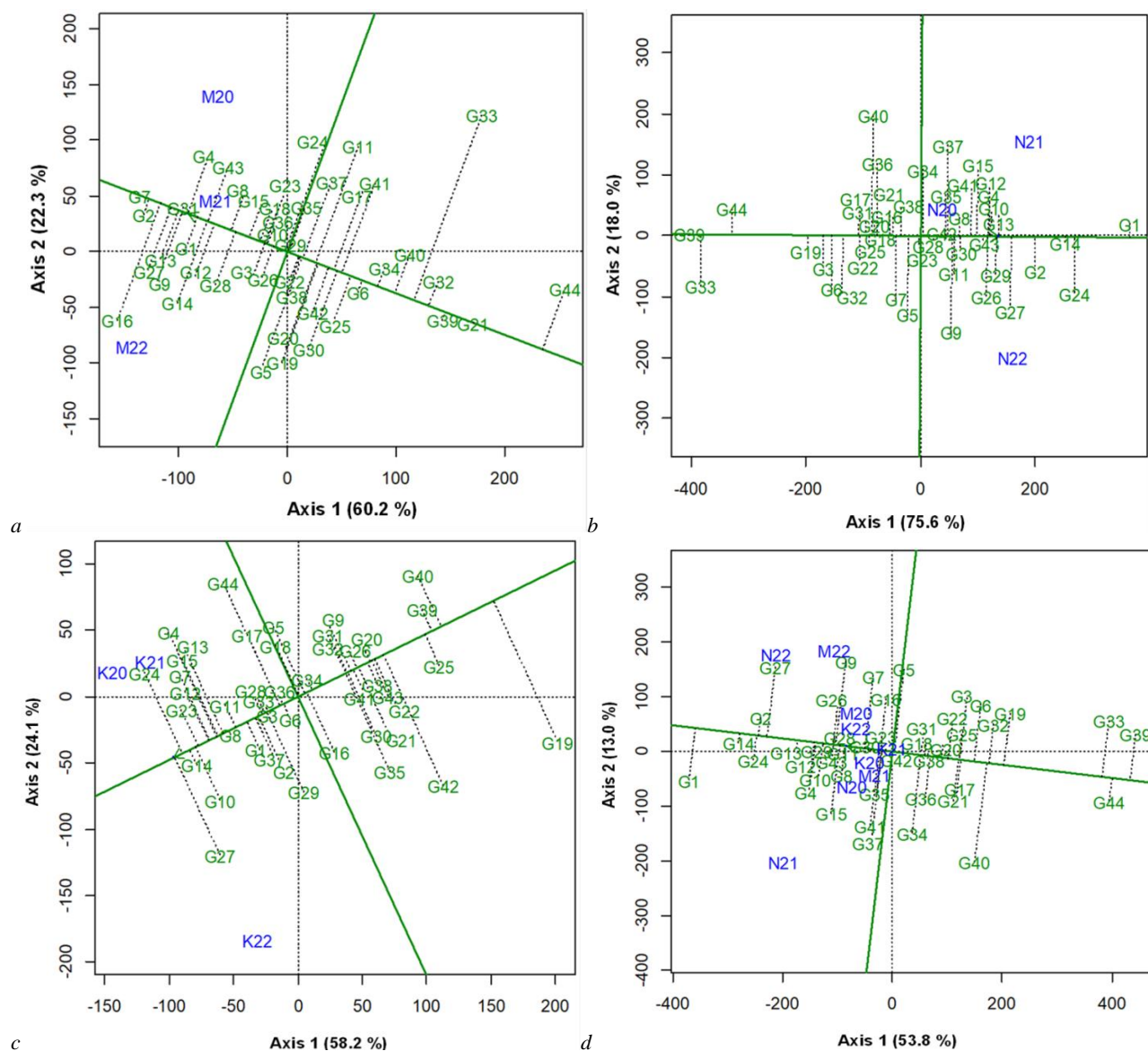
зразок Ранній (KAZ) (G24) визначені кращими від інших. Зразки Arthur (CZE) (G27) і Целинний голозерний (KAZ) (G26) були розміщені на лінії, яка відокремлювала цей сектор від сектора з середовищем N22.

В умовах північного Степу середовища K20 і K21 потрапили в один сектор (рис. 4.5c). У верхній частині багатокутника в цьому секторі розміщені зразки Ранній (KAZ) (G24) та Шедевр (UKR) (G4). У секторі з середовищем K22 на вершині багатокутника – зразок Arthur (CZE) (G27).

У загальному аналізі визначені два мегасередовища, (рис. 4.5d). Перше мегасередовище включало середовища M21, N21, N20, K20, K21 і K22. Таким чином, її сформували всі роки в північному Степу, два роки в північному Лісостепу і один рік в центральному Лісостепу. Однак слід зазначити, що середовище K22 розташоване дуже близько до лінії розмежування між двома мегасередовищами, а середовище K21 розташоване практично на початку біплоту.

Друге мегасередовище утворили середовища M22, M20 і N22. При цьому ці середовища розташовані неподалік від лінії розмежування двох мегасередовищ. Беззаперечну перевагу у першому мегасередовищі визначили у сорту-стандарту Взірець (UKR) (G1). Відмітимо зразок Красень (UKR) (G9) у другому мегасередовищі на тупому куті, зразок Arthur (CZE) (G27) на лінії розмежування між двома мегасередовищами та дуже близько до середовища N22. Зразок Целинний голозерний (KAZ) (G26) розміщений на тій же лінії, але ближче до початку GGE biplot. Зразки, які потрапили в сектори, що містять мегасередовища, мають кращі показники урожайності, ніж інші, які в секторах без середовищ.

На рисунку GGE biplot “середня врожайність та стабільність” у напрямку позначеному на центральній осі стрілкою зразки розміщені за величиною середньої врожайності у середовищах досліджень. Вертикальна вісь, що проходить через основу GGE biplot репрезентує середнє значення для всіх зразків у відповідних середовищах (рис. 4.6).



Примітка: *a* – МП, *b* – НСДС, *c* – ІСГС, *d* – випробування в цілому

Рис. 4.6 – Розподіл колекційних зразків ячменю ярого за врожайністю і стабільністю

В умовах центрального Лісостепу найвищий рівень врожайності визначено в зразка Аміль (UKR) (G7), найнижчий у Clipper (AUS) (G44) (рис. 4.6a). Однак, зразок Аміль (UKR) (G7) розміщений на центральній осі, що вказує на його оптимальний рівень врожайності для даної вибірки зразків у даних екологічних умовах у кожному з трьох років досліджень. Відхилення зразків від центральної горизонтальної осі вказують на відчутну реакцію зразків на умови тих чи інших середовищ. Це має місце тоді, коли у того чи іншого зразка показники у певному

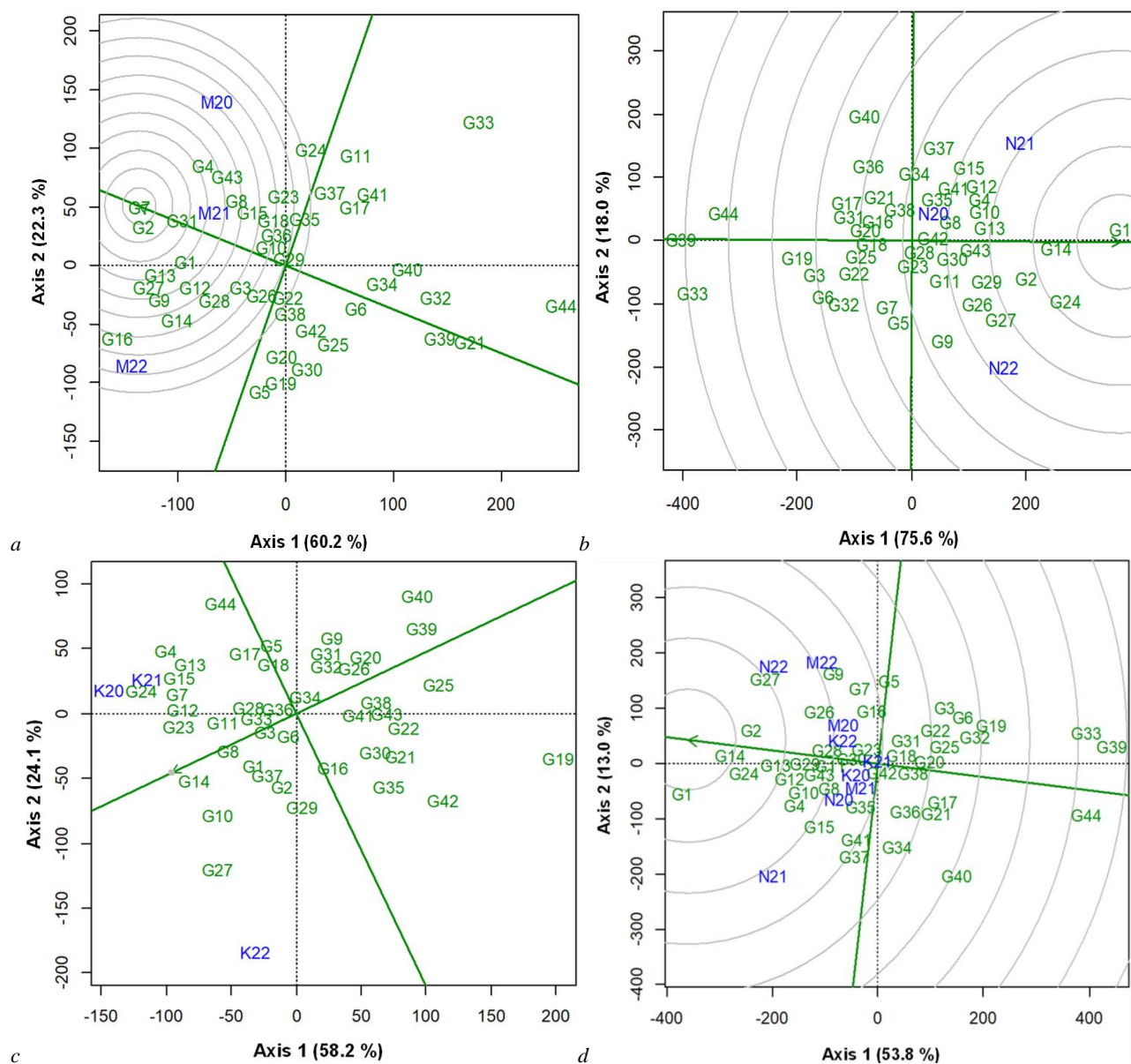
середовищі відчутно відрізняються від загальної тенденції середнього для усієї вибірки. Таким чином, зразок Аміл (UKR) (G7) поєднував середню врожайність та її відносну стабільність у кожному з років досліджень. Найсильніше відхиленням у бік M20 був зразок Trail (CAN) (G33). Більш зміщеними до M22 були зразки Ли-1089 (UKR) (G16) і Гарант Преміум (UKR) (G5). Досить високу середню врожайність та підвищену стабільність мали зразки Стимул (UKR) (G2), Gateway (CAN) (G31). Стабільними, але менш продуктивними визначено зразки Ли-1110 (UKR) (G10) та Inari (CZE) (G29). Стабільністю, однак значно низькою продуктивністю характеризували зразки Беркут (UKR) (G6), Lico (CAN) (G39), Тобол (KAZ) (G21).

В умовах північного Лісостепу найвища врожайність у сорту-стандарту Взірець (UKR) (G1), найнижча у Lico (CAN) (G39) (рис. 4.6b). Однак обидва генотипи мали високу стабільність. Тобто, один стабільно високоврожайний, інший – стабільно низьковрожайний. Також, за поєднанням врожайності та стабільності виділили зразок Ли-1064 (UKR) (G14).

В умовах північного Степу зразки з найвищим середнім рівнем врожайності сильно зміщені від центральної осі (рис. 6c). Однак, зразок Ранній (KAZ) (G24) був зміщеним у сторону середовищ K20 і K21, а зразок Arthut (CZE) (G27) у сторону середовища K22. Дещо нижчу середню врожайність, але високу відносну стабільність виявив зразок Ли-1064 (UKR) (G14). Поступались названим за врожайністю, але кращими за стабільністю, порівняно з Ранній (KAZ) (G24) і Arthut (CZE) (G27), визначили зразки Ли-1110 (UKR) (G10) і Монолит (KAZ) (G23). Високу стабільність також проявив зразок Діантус (UKR) (G8). Найгірша врожайність у поєднанні з її високою варіабельністю у зразка Polygena (SRB) (G19).

Загалом у досліді найвища врожайність у сорту-стандарту Взірець (UKR) (G1) (рис. 4.6d). Дещо поступались йому за врожайністю, але кращі за стабільністю зразки Ли-1064 (UKR) (G14), Стимул (UKR) (G2), Ранній (KAZ) (G24). Надзвичайно низькими були показники врожайності у зразків Lico (CAN) (G39), Clipper (AUS) (G44), Trail (CAN) (G33).

Розглянуті особливості зразків за середнім рівнем прояву врожайності та її відносною стабільністю за роками визначають їх ранжування відносно “ідеального генотипу” (рис. 4.7).



Примітка: *a* – МП, *b* – НСДС, *c* – ІГС, *d* – випробування в цілому

Рис. 4.7. – Ранжування колекційних зразків ячменю ярого відповідно “ідеального генотипу”

“Ідеальний генотип” теоретично повинен розташовуватися в центрі центричних кіл. В умовах центрального Лісостепу розташування зразка Аміль (UKR) (G7) повністю співпало з теоретично очікуваним розміщенням “ідеального генотипу” (рис. 4.7a). Дуже близькі до нього також зразки Стимул (UKR) (G2),

Gateway (CAN) (G31). В умовах північного Лісостепу беззаперечно первагу мав сорт-стандарт Взірець (UKR) (G1) (рис. 4.7b). Окрім нього слід виділити зразок Ли-1064 (UKR) (G14), а також зразки Стимул (UKR) (G2) і Ранній (KAZ) (G24). В умовах північного Степу усі зразки досить віддалені від “ідеального генотипу”, оскільки знаходились навіть за межами усього набору центричних кіл (рис. 4.7c). Відносно кращим з них, визначено зразок Ли-1064 (UKR) (G14). Для усіх екологічних умов та років досліджень ближчим до “ідеального генотипу” встановлено зразок Ли-1064 (UKR) (G14) (рис. 4.7d). Дуже близькі до нього, але розміщені у другому колі зразки Стимул (UKR) (G2), Ранній (KAZ) (G24) і Ли-1059 (UKR) (G13). Між другим і третім колами, але з дещо сильнішим зміщенням від центральної осі знаходився зразок Arthur (CZE) (G27). Сорт-стандарт Взірець (UKR) (G1) переважав названі зразки за середньою врожайністю, але був сильніше зміщеним від центральної осі. Окрім названих, слід також відмітити зразки які розміщено у третьому колі і розташовані ближче до центральної осі – Inari (CZE) (G29), Danielle (CZE) (G28), Ли-1120 (UKR) (G12), CDC McGwire (CAN) (G43), Ли-1110 (UKR) (G10), Ли-1114 (UKR) (G11), Шедевр (UKR) (G4), Целинний голозерний (KAZ) (G26), Діантус (UKR) (G8). Зразки які розташовано ”по той бік” вертикальної розмежувальної лінії не мають практичної цікавості для подальших досліджень за врожайністю та стабільністю.

Як уже вказувалося, максимальний і мінімальний рівні врожайності в різних екологічних нішах формувалися в різні роки. Таким чином, окрім загальної різниці між трьома ділянками за еколого-грунтово-кліматичними умовами, погодні умови в роки досліджень і, відповідно, поєднання певних несприятливих абіотичних і біотичних факторів були досить різними.

За даними аналізу варіації АММІ моделі виявлено суттєві зміни у відсотках внеску в загальну варіацію умов середовища (від 72,9 % у північному Лісостепу до 50,9 % у північному Степу). Взаємодія генотип-середовище також істотно змінювалася з 9,5 % у північному Лісостепу до 23,8 % у північному Степу. Частка впливу генотипу варіювала від 17,5 % у північному Лісостепу до 25,2 % у північному Степу. Таким чином, в окремих екологічних середовищах внесок

генотипу в загальну варіацію за роками був досить високим. Відмітимо, що ті самі генотипи в різних агрокліматичних зонах по-різному реагували на поєднання умов місця та року. Аналіз врожайності генотипів у досліді в цілому встановив значно менший відсоток впливу генотипу (9,1 %), хоча він статистично достовірний. Загалом, найбільше значення визначали екологічні умови – 76,6 %. Отже, це підкреслює значний контраст між трьома агрокліматичними середовищами, який посилюється мінливістю років досліджень. Однак, отримані дані свідчать про те, що в цій вибірці зразків більшість генотипів визначили з кращою пристосованістю до конкретних екологічних умов, порівняно з пристосованістю до всіх агрокліматичних середовищ (широка адаптація). У всіх варіантах (як в окремих екологічних локаціях, так і в випробуванні в цілому) всі три фактори варіації (генотип, середовище та їх взаємодія) статистично достовірні, а тому з заданої вибірки генотипів можна відібрати особини з відносно різними пристосувальними реакціями. Це свідчить про складність створення сортів із широкою адаптацією, що узгоджується з результатами інших авторів [246]. Водночас достовірність внеску генотипу в загальну мінливість не виключає повністю такої можливості. Подальше систематичне проведення таких багатосередовищних випробувань з різними генотипами сприятиме створенню сортів з відносно широкою адаптацією. Однак створення генотипів з високою адаптованістю до конкретних екологічних умов (з високою стабільністю врожаю протягом багатьох років) буде набагато легшим і успішнішим.

Аналіз окремих ділянок випробувань за силою розрізнення та репрезентативністю моделі GGE biplot встановив високу здатність розрізнення. Отже, у кожній екологічній зоні умови більшості років суттєво відрізнялися, а генотипи по-різному реагували на ці зміни. Тому відбір стабільних генотипів протягом багатьох років на окремих ділянках випробувань має важливе практичне значення.

Сукупний аналіз середовищ (роки та місця) встановив переважну диференційну здатність протягом двох років у північному Лісостепу (N21 та N22) та один рік у центральному Лісостепу (M22). Значно нижчу диференційну

здатність, але найбільшу репрезентативність визначено в північному Степу (K20, K21 і K22). Отже, умови в північному Лісостепу були відносно кращими для формування вищого рівня врожайності зразків ячменю ярого порівняно з двома іншими місцями випробувань. Тому, в північному Лісостепу є можливість виявити генотипи з підвищеним продуктивним потенціалом. Водночас умови центрального Лісостепу та північного Степу сприяють добору генотипів з вищою толерантністю до тиску факторів зовнішнього середовища. Оцінка зразків у всіх цих середовищах у різні роки сприяло добору генотипів з оптимальним поєднанням потенціалу врожайності та його відносної стабільності. Іншими словами, це дозволило виявити генотипи з відносно широким адаптаційним потенціалом і підвищеною стійкістю до ряду стресових факторів.

За графічними моделями та статистичними показниками найбільш адаптованими до умов північного Лісостепу встановили зразки Стимул (UKR) (G2) та сорт-стандарт Взірець (UKR) (G1), а також зразки виділені лише графічним аналізом – Ли-1064 (UKR) (G14), Ранній (KAZ) (G24). Гомеостатичними, але значно менш продуктивними в даних умовах були голозерні зразки CDC ExPlus (CAN) (G36), CDC Gainer (CAN) (G37), Roseland (CAN) (G35). Найбільшу адаптованість до екологічних умов центрального Лісостепу відповідно до графічних моделей та статистичних параметрів мали зразки – Аміль (UKR) (G7), Шедевр (UKR) (G4), Стимул (UKR) (G2). Лише за графічним аналізом слід виділити зразок Gateway (CAN) (G31). В умовах північного Степу слід виділити зразки Ли-1064 (UKR) (G14) і Arthur (CZE) (G27).

Вищою за інші, широкою адаптивністю характеризувались колекційні зразки – Ли-1064 (UKR) (G14) і Стимул (UKR) (G2). Окрім них, лише за статистичними параметрами слід виділити Arthur (CZE) (G27), лише за графічним аналізом – Ранній (KAZ) (G24) і Ли-1059 (UKR) (G13). Практичний інтерес також можуть становити зразки, які поступались згаданим, але переважали решту за результатами графічного аналізу та статистичними показниками: Ли-1120 (UKR) (G12), Діантус (UKR) (G8), Ли-1110 (UKR) (G10), Шедевр (UKR) (G4), Danielle

(CZE) (G28), лише за графічним аналізом – Inari (CZE) (G29), Ли-1114 (UKR) (G11), CDC McGwire (CAN) (G43).

Отже, визначили зразки з дуже сильною адаптивністю лише в одному місці випробування (Аміл (UKR) (G7) і Gateway (CAN) (G31)), та генотипи з поєднанням високої адаптивності в одній або двох екологічних нішах і підвищеною широкою адаптивністю (Стимул (UKR) (G2), Ли-1064 (UKR) (G14), Ранній (KAZ) (G24), Шедевр (UKR) (G4) і Arthur (CZE) (G27)). Зразки Ли-1059 (UKR) (G13), Ли-1120 (UKR) (G12), Діантус (UKR) (G8) і Danielle (CZE) (G28) не виявили найкращих показників на окремих ділянках випробувань, але вирізнялись відносно високою широкою адаптивністю.

Відмітимо, що голозерні зразки за потенціалом урожайності поступалися плівчастим, проте окремі (CDC ExPlus (CAN) (G36), CDC Gainer (CAN) (G37), Roseland (CAN) (G35)) мали підвищену стабільність за статистичними показниками, зокрема в умовах північного Лісостепу. Серед зразків ячменю голозерного відносно кращу широку адаптивність за даними графічного аналізу виявлено у зразка CDC McGwire (CAN) (G43), а зразок CDC ExPlus (CAN) (G36) за статистичними параметрами переважав сорт-стандарт Взірець (UKR) (G1) .

Висновки до розділу 4

1. Виявлено особливості рівня прояву врожайності та її варіабельність у зразків ячменю ярого різного походження та ботанічних таксонів залежно від умов різних агрокліматичних зон та різних років. Рівень урожайності зразків ячменю ярого суттєво варіював як від різних екологічних умов (північний Лісостеп, центральний Лісостеп, північний Степ), так і від років випробування. Зміна рангів урожайності вказує на сильну взаємодію генотип-середовище у більшості зразків, як в окремих середовищах у різні роки, так і в певному році в різних агрокліматичних зонах. Однак взаємодія генотип-середовище була достовірно вищою при аналізі рангів урожайності в різних агрокліматичних зонах за три роки разом.

2. Результати досліджень у різних середовищах свідчать про те, що в умовах північного Лісостепу є більша можливість ідентифікації генотипів з підвищеним продуктивним потенціалом. Умови центрального Лісостепу та північного Степу дають більше можливостей для виділення генотипів з вищою толерантністю до комплексу стресових факторів середовища.

3. Оцінка зразків у різних агрокліматичних зонах у різні роки дає змогу визначити генотипи з оптимальним поєднанням потенціалу врожайності та його стабільності. За допомогою статистичних та графічних засобів відібрано зразки ячменю ярого за поєднанням підвищеної врожайності та її стабільності в різних умовах у різні роки. В умовах центрального Лісостепу найбільш адаптованими визначили зразки Аміл (UKR), Шедевр (UKR), Стимул (UKR), Gateway (CAN). У Північному Лісостепу виділили зразки Стимул (UKR), Ли-1064 (UKR), Ранній (KAZ) та сорт-стандарт Взірець (UKR). В умовах північного Степу відносно кращими визначили зразки Ли-1064 (UKR) і Arthur (CZE). Зразки Ли-1064 (UKR), Стимул (UKR), Arthur (CZE), Ранній (KAZ) і Ли-1059 (UKR) характеризуються відносно вищою широкою адаптивністю в різних умовах протягом трьох років. Практичний інтерес становлять також зразки Danielle (CZE), Ли-1120 (UKR), Діантус (UKR), Ли-1110 (UKR), Шедевр (UKR), які за широкою адаптивністю поступалися згаданим зразкам, але переважали за результатами графічного аналізу та статистичними показниками.

4. Зразки ячменю голозерного загалом визначалися нижчим потенціалом урожайності, відносно плівчастих, однак окремі (CDC ExPlus (CAN), CDC Gainer (CAN) і Roseland (CAN) мали високе значення індексу гомеостатичності в умовах північного Лісостепу. Зразки CDC McGwire (CAN) і CDC ExPlus (CAN) виділені, як відносно кращі за широкою адаптивністю серед досліджуваних зразків ячменю голозерного.

5. Окремі зразки ячменю ярого за характеристиками стабільності, визначеними графічними (GGE biplot, AMMI) та статистичними (Hom, Sc) засобами дещо відрізнялися. Для всебічної оцінки взаємодії генотип-середовище та добору генотипів з оптимальним поєднанням урожайності та стабільності

доцільно комбінувати статистичні або графічні моделі, що відрізняються математичними принципами розрахунку.

6. Сорти різного походження та ботанічних таксонів рекомендовано використовувати в подальших дослідженнях для створення нового селекційного матеріалу з метою одночасного підвищення врожайності та стабільності, а також розширення генетичної основи селекційних програм.

7. Виявлені особливості взаємодії генотип-середовище доповнюють наявні дані про показники врожайності колекційних зразків ячменю ярого залежно від просторових (екологічні місця) і часових (роки) градієнтів та їх комбінації. Їх можна використовувати для створення моделей сортів ячменю ярого зі специфічною або широкою адаптацією до умов різних агрокліматичних зон України.

Результати досліджень розділу 4 висвітлені у двох наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [157, 247] і наведено в додатку Г.

РОЗДІЛ 5

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЯВУ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК У ГІБРИДІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО

5.1 Ступінь фенотипового домінування кількісних ознак у гібридів F_1 ячменю ярого голозерного

Гібридизація є важливим методом селекції сільськогосподарських культур а ключем до успішної гібридизації є вибір батьків. Враховуючи, що продуктивність батьків не обов'язково така ж, як у гібридного потомства, вдалість гібридної комбінації може бути ідентифікована лише в пізніх поколіннях. Якщо вдале поєднання ознак можна попередньо визначити в ранніх поколіннях, підкреслюючи важливість правильного вибору компонентів схрещування, то й ефективність селекції можна покращити [248]. Сьогодні багато досліджень фокусуються на аналізі транскриптому для порівняння батьківських ліній з їхніми гібридами F_1 . Отже, кількісна генетика залишається потужним інструментом у вивчення батьківських ліній та їхніх нащадків [249]. Знання характеру успадкування є постійною вимогою успішної селекції рослин [250].

Створення високоврожайних сортів залежить від існуючої генетичної варіації ознак що визначають урожайність та безпосередньо врожайності зерна. Генетичні параметри дають інформацію про очікувану реакцію врожайності та компонентів урожайності на добір, що можна використовувати для визначення найбільш вдалої стратегії селекції [251]. Для досягнення цієї мети, вивчають генетичний потенціал селекційних та місцевих сортів та їх гібридні популяції від схрещування як основу для сталого підвищення врожайності [250]. Селекціонери відзначають важливість використання генетичної мінливості та різноманітності в селекційних програмах для забезпечення постійно зростаючих потреб у вдосконаленні гібридів і сортів. Добір більшості потенційних ліній за біометричним аналізом і генетичним різноманіттям дуже важливий для успішності селекційних програм. Основний фактор, що обмежує швидкість

прогресу у рослинництві є низьке успадковування таких кількісних ознак, як урожайність [252]. Зазначають, що фенотипова варіація ознак в F_1 визначається як спадковими (від кожного з компонентів схрещування), так і неспадковими факторами. Ефективність добору в гібридних популяціях зразків за бажаними ознаками залежить від вираженості та ступеня гетерозису в F_1 , який дозволяє прогнозувати появу трансгресивних зразків у наступних поколіннях. Тому селекцію на високу продуктивність ячменю можливо проводити за непрямими показниками, що потребує виявлення основних ознак, які тісно корелюють з продуктивністю. [102]. Для досягнення цієї мети використовують різні типи схрещувань: повні діалельні [249, 253], неповні діалельні [254, 255], топкроси [256]. Значні дослідження з визначенням типів успадкування кількісних ознак гібридами першого покоління ячменю ярого та озимого проведено багатьма вченими [257, 258]. Є серед них і дослідження успадкування у гібридів F_1 між плівчастими та голозерними формами [102, 256] а також лише між голозерними [251, 118, 122]. Серед останніх встановлено неоднакове успадкування різних ознак у гібридів F_1 . Відзначаючи неоднозначність результатів вказаних досліджень, актуальним є визначення характеру успадкування кількісних ознак ячменю ярого голозерного.

У період 2020–2022 рр. проведено дослідження зі створення та вивчення гібридних комбінацій схрещування F_1 семи сортів ярого голозерного ячменю вітчизняної та зарубіжної селекції в системі діалельних схрещувань (див. табл. 2.4).

Оцінку гібридних комбінацій F_1 ячменю ярого здійснювали в селекційній сівозміні Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України (с. Дослідне, Ніжинський р-н, Чернігівська обл). Визначали успадкування продуктивності та її структурних елементів у F_1 гібридів ячменю ярого голозерного за показником ступеня фенотипового домінування (h_p) ознак.

Одним з головних методів створення вихідного матеріалу для селекції ячменю ярого є гібридизація, вона забезпечує отримання нових зразків, які

поєднують у своєму генотипі ознаки та властивості заплановані відповідно до селекційної програми. Залучення до схрещувань біотипів з різних еколого-географічних груп сприяє більш ширшому формотворенню у гібридних популяціях, що підсилює ефективність селекційної роботи.

У таблиці 5.1 наведено показники середніх значень елементів структури продуктивності рослин (висота, кількість продуктивних стебел, маса зерна з рослини, маса 1000 зерен) та головного колосу (довжина, кількість зерен, маса зерна з колосу) у батьківських форм та гібридних популяцій створених за їх участю. Загалом, потрібно відмітити формування нижчої довжини стебла та переважно більшої крупності зерна у всіх генотипів в умовах 2022 р. порівняно з 2021 р. За іншими ознаками чіткої закономірності по збільшенню чи зменшенню їх прояву не встановлено та відмічається варіювання показників в однакових лімітах в умовах 2021 р. та 2022 р. В цілому, за два роки досліджень, потрібно відмітити істотність відмінності прояву ознак як в батьківських форм так і гібридів створених за їх участю (особливо в окремих комбінаціях) що може свідчити про можливість добору цінних генотипів із новостворених гібридів.

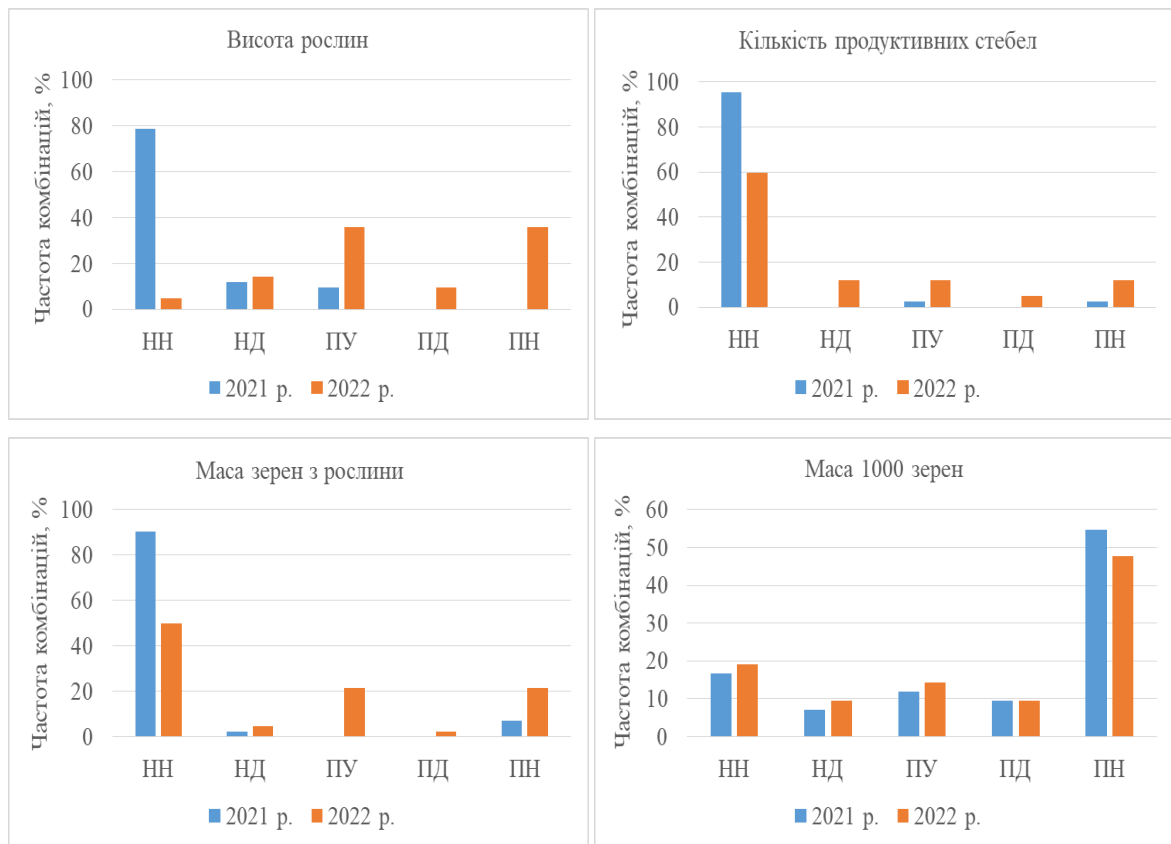
Таблиця 5.1

Рівень прояву кількісних ознак у батьківських компонентів схрещування та гібридних комбінацій F₁ за їх участі

Батьківські форми	Висота рослин, см				Кількість продуктивних стебел, шт.				Маса зерна з рослини, г				Маса 1000 зерен, г			
	2021 р.		2022 р.		2021 р.		2022 р.		2021 р.		2022 р.		2021 р.		2022 р.	
	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁
CDC Gainer	99,6	82,9	84,5	78,2	7,0	4,3	7,6	4,6	8,3	4,9	8,6	5,5	45,3	47,5	47,8	51,1
CDC Hilose	100,2	82,5	77,9	77,9	6,2	4,8	6,4	4,0	7,0	5,6	7,9	4,6	45,2	48,7	48,7	48,1
CDC ExPlus	96,2	79,4	77,2	78,2	6,6	3,9	5,8	5,1	7,8	4,6	7,0	6,0	46,2	47,3	49,0	50,3
Roseland	95,2	82,1	77,5	78,0	6,1	4,4	5,0	5,0	7,0	5,2	5,8	5,8	44,7	48,8	45,5	48,7
Alamo	84,4	80,2	74,4	76,6	5,7	3,8	4,7	4,2	5,7	4,5	4,7	5,1	47,8	50,5	48,8	52,6
Козацький	82,1	79,3	70,6	76,5	5,8	4,3	3,9	4,0	5,6	5,1	4,3	4,6	49,1	51,3	53,9	53,7
Натаір	80,3	77,6	67,1	73,2	6,4	4,4	5,4	4,7	6,7	4,8	5,8	5,6	52,3	48,3	53,9	53,9
НІР _{0,5}	3,6	3,4	3,4	3,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	2,3	2,7	2,1	2,0
Батьківські форми	Довжина колоса, см				Кількість зерен у колосі, шт.				Маса зерна з колоса, г							
	2021 р.		2022 р.		2021 р.		2022 р.		2021 р.		2022 р.					
	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁				
CDC Gainer	10,0	9,5	10,1	9,6	28,7	26,9	28,9	27,2	1,31	1,28	1,38	1,39				
CDC Hilose	9,4	9,6	9,8	9,4	29,4	27,4	30,2	26,9	1,33	1,34	1,47	1,30				
CDC ExPlus	9,2	9,5	9,4	9,5	29,1	27,7	26,6	27,9	1,34	1,32	1,31	1,39				
Roseland	9,8	10,1	9,7	9,6	29,2	28,3	29,0	27,1	1,30	1,39	1,32	1,32				
Alamo	10,1	9,6	10,1	9,5	25,8	26,2	24,8	26,4	1,20	1,32	1,16	1,36				
Козацький	8,2	9,5	8,4	9,2	23,2	26,0	23,4	25,3	1,10	1,34	1,27	1,35				
Натаір	9,1	9,3	8,9	9,2	26,9	25,6	23,7	25,3	1,21	1,24	1,28	1,36				
НІР _{0,5}	0,3	0,2	0,2	0,2	2,1	1,9	2,3	2,2	0,07	0,09	0,10	0,06				

Примітка. P – рівень прояву ознаки батьківського компоненту. F₁ – середнє значення рівня прояву ознаки всіх гібридних комбінацій з відповідним батьківським компонентом.

На рисунку 5.1 подано розподіл гібридних комбінацій залежно від градацій величини показника фенотипового домінування за ознаками висота рослин, продуктивна кущистість, продуктивність рослини та маса 1000 зерен з рослини.



Примітки: НН – негативне наддомінування, НД – негативне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ПД – позитивне домінування, ПН – позитивне наддомінування.

Рис. 5.1 – Розподіл гібридів F_1 ячменю ярого за величиною h_r (% комбінацій)

За ознакою висота рослин ступінь фенотипового домінування за роками досліджень істотно відрізнявся. В умовах 2021 р. переважаючим типом успадкування висоти рослин була депресія, а в умовах 2022 р. виявив усі можливі типи успадкування з переважанням гетерозису (36,0 %) та проміжного успадкування (36,0 %). У селекції на стійкість до вилягання цікавим є виділення форм з низьким стеблом. Зокрема виділили реципрокні гібриди CDC Gainer / CDC Nilose які виявили депресію за ознакою; у 6 гібридів (14 %) встановили часткове негативне домінування.

В умовах 2021 р. максимальним (понад 85 см) значенням ознаки характеризувались гібриди за участю в якості материнської форми сорту CDC

Gainer, окрім комбінації CDC Gainer / Натаір. Потрібно відмітити що середнє значення рівня прояву ознаки всіх гібридів з сортом Натаір було істотно нижче порівняно з іншими комбінаціями в роки досліджень. В 2022 р. сорт CDC Gainer сформував найвище стебло серед батьківських форм, а гібриди за його участі також мали в середньому найвищі показники висоти рослин серед інших гібридних комбінацій. Проведення ефективного добору короткостеблових форм передбачається у ранніх поколіннях гібридів з високим ступенем успадкування ознаки висоти рослини, особливо з частковим або повним домінування низькорослості. Оскільки успадкування висоти рослин залежить від компонентів схрещування, при селекції ячменю ярого голозерного на стійкість до вилягання методом гібридизації до схрещувань потрібно залучати короткостебловий сорт (наприклад, Натаір).

Варіювання кількості продуктивних стебел у батьківських форм було в межах 5,7–7,0 шт. (2021 р.) та 3,9–7,6 шт. (2022 р.). Високою продуктивною кущистістю за роки досліджень виділявся сорт CDC Gainer (7,0–7,6 шт.). В умовах 2021 р. 95 % гібридних комбінацій виявили негативне наддомінування за продуктивною кущистістю, лише комбінація CDC Gainer / CDC Hilose виявила позитивне наддомінування за даною ознакою. Гібриди F_1 у 2022 р. в переважній більшості (84 %) виявили нижче продуктивне кушіння порівняно до батьківських компонентів, ступінь фенотипового домінування за ознакою відзначався переважно депресією (60 %), НД (12 %) та ПУ (12 %). Позитивний гетерозис відмічено у реципрокних гібридних комбінацій Alamo / Roseland, у комбінацій Натаір / Roseland, CDC ExPlus / Roseland та CDC ExPlus / Натаір.

Високою продуктивністю рослини (враховуючи найвищі показники продуктивного кушіння) виділявся сорт CDC Gainer (8,3–8,6 г). Гібридні комбінації F_1 в абсолютній більшості 90 % (2021 р.) та 50 % (2022 р.) виявили нижчу продуктивність порівняно до батьківських компонентів (депресія). Позитивне наддомінування ознаки маса зерна з рослини встановили в 7 % (2021 р.) та 21 % (2022 р.) гібридних комбінацій. Найбільшу масу зерна з рослини встановлено у комбінації схрещування Alamo / Roseland (9,75 г) у 2022 р. а в

умовах 2021 р. ця комбінація проявила негативне домінування за продуктивністю рослини. Така ж ситуація спостерігалася й в успадкуванні крупності зерна окремими комбінаціями схрещування. Наприклад в схрещуванні Козацький / Натаір та Alamo / Натаір в умовах 2021 р. успадкування було за типом негативного наддомінування а в умовах 2022 р. ці ж комбінації проявили гетерозис за ознакою. Тобто можна відмітити зміну характеру успадкування ознаки в одних і тих же комбінаціях схрещування в різні роки.

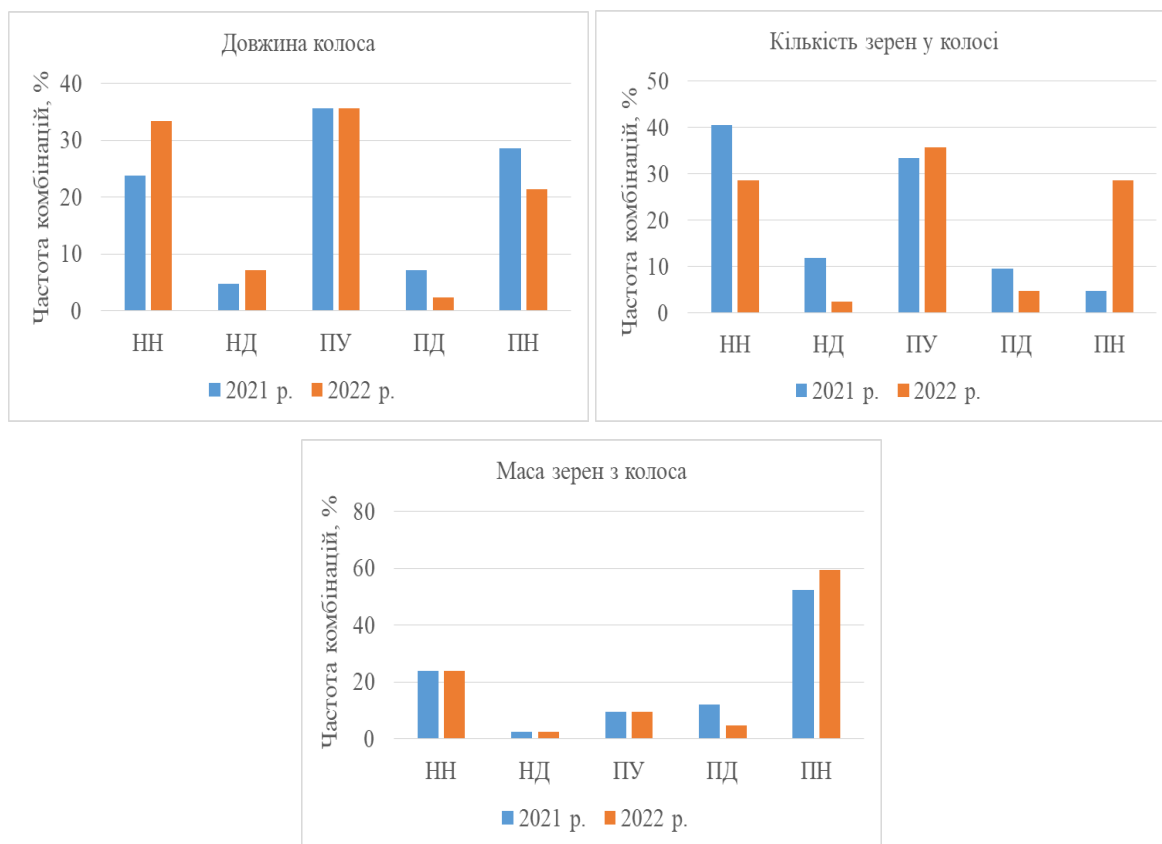
За крупністю зерна, вираженою масою 1000 зерен з рослини, батьківські форми істотно відрізнялися між собою. Високою масою 1000 зерен вирізнявся сорт Натаір та Козацький за два роки досліджень. Гібриди F_1 в переважно виявили позитивне наддомінування за крупністю зерна – відмічено у 55 % (2021 р.) та 48 % (2022 р.) комбінацій, депресія встановлена у 17 % та 19 % комбінацій схрещування відповідно. Істотне зростання крупності зерна, в середньому, встановлено в комбінаціях схрещування з сортом Козацький. За використання сорту Козацький в якості запилювача відмічали успадкування за типом домінування та наддомінування високої маси 1000 зерен в гібридів у шести одних і тих же комбінціях з дванадцяти, в умовах обох років. Це може вказувати на донорські властивості сорту Козацький в селекції на підвищення крупності зерна.

Урожайність зерна є комплексним показником, що визначається багатьма елементами продуктивності, серед яких число колосків у головному колосі і його довжина, кількість зерен у колосі і маса зерна з колоса. Проблема підвищення продуктивності колоса завжди була актуальною і вирішується селекціонерами різними шляхами [259].

На рисунку 5.2 подано розподіл гібридних комбінацій залежно від градацій величини показника фенотипового домінування за ознаками головного колоса: довжина, кількість зерен та його продуктивність.

За довжиною головного колоса на рослині встановлено всі типи успадкування за два роки досліджень, з переважанням проміжного успадкування (36 %), негативного наддомінування (24–33 %) та гетерозису (29–21 %) у схрещуваннях. Батьківські форми були істотно відмітними: найдовший колос був

у сортів CDC Gainer та Alamo (10–10,1 см), найменший – у сорту Козацький (8,2–8,4 см).



Примітки: НН – негативне наддомінування, НД – негативне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ПД – позитивне домінування, ПН – позитивне наддомінування

Рис. 5.2 – Розподіл гібридів F_1 ячменю ярого за величиною h_r (% комбінацій)

Позитивний гетерозис за довжиною колоса встановлено у схрещуваннях з сортом CDC ExPlus (у комбінаціях з сортами Roseland, Козацький й Натаір), також у гібридній комбінації Натаір / Козацький за два роки вивчення.

Варіювання кількості зерен у колосі батьківських форм у роки досліджень було в однакових межах 23,2–29,4 та 23,4–30,2 шт. Більшу кількість зерен у колосі відмічено у сорту CDC Nilose (29,4–30,2 шт.). Фенотиповий прояв ознаки у гібридів від схрещувань був переважно за типом проміжного успадкування (33–36 %) та депресії (40–29 %) у комбінаціях в умовах 2021 та 2022 рр. відповідно. Відмічали також успадкування за типом позитивного домінування (10–5 %) та гетерозису (5–29 %) за кількістю зерен у колосі в гібридів. Виділили гібридні

комбінації які виявили позитивне домінування та гетерозис впродовж двох років за ознакою: CDC ExPlus / Roseland, Alamo / Roseland та Козацький / CDC ExPlus.

Варіювання маси зерна з головного колоса батьківських форм в абсолютних величинах спостерігали незначне. Гібриди F_1 в переважній більшості виявили позитивне наддомінування за ознакою – відмічено у 52–60 % комбінацій. Однакову частку комбінацій з депресією (24 %), негативним домінуванням (2 %) та проміжним успадкуванням (10 %) встановлено два роки підряд (рис. 5.2). За два роки досліджень у одинадцяти комбінаціях спостерігали кардинально протилежні типи успадкування маси зерна з колоса “гетерозис-депресія”, що свідчить про вплив умов середовища на характер успадкування вказаної ознаки. Дванадцять комбінацій підтверджували стабільний за два роки гетерозис за масою зерна з колоса, ще чотири комбінації виявляли в один рік позитивне домінування в інший позитивне наддомінування за цією ознакою. Виділялася комбінація Alamo / Roseland з стабільним за роками рівнем гетерозису – 4,91 (2021 р.) і 4,36 (2022 р.) і масою зерна з колоса, з найвищими показниками – 1,47 і 1,63 г відповідно. Отже передбачається можливість добору в наступних поколіннях цінних генотипів, що переважатимуть батьківські компоненти за цією ознакою.

Результати досліджень вказують, що характер успадкування довжини стебла та елементів продуктивності ячменю ярого голозерного досить складний і проявляється в різних взаємодіях генотип-середовище. Виділені комбінації схрещування з проявом позитивного домінування та гетерозису за два роки досліджень, які можуть становити практичну селекційну цінність для комбінування ознак продуктивності в гібридів ячменю ярого голозерного. За селекції на стійкість до вилягання методом гібридизації можливе використання в якості компоненту схрещування низькорослого сорту Натаір. Істотне зростання крупності зерна встановлено в комбінаціях схрещування з сортом Козацький, що може вказувати на його донорські властивості в селекції на підвищення крупності зерна. Виділено комбінацію Alamo / Roseland з стабільним за роками рівнем

гетерозису за масою зерна з колоса, й позитивним домінування та наддомінуванням за кількістю зерен у колосі.

5.2 Результати селекційно-генетичного оцінювання сортів ячменю ярого голозерного

Провели дослідження з селекційно-генетичного оцінювання сортів ячменю ярого голозерних у 2021 р. та 2022 р. З цією метою у 2020 р. і 2021 р. проведено схрещування за повною діалельною схемою (7 x 7), яка включала низку цінних за поживними якостями сортів з Канади (CDC Gainer, CDC Hilose, CDC ExPlus, Roseland, Alamo) та два сорти Носівської СДС МІП ім. В. М. Ремесла НААН (Козацький, Натаір).

Аналізували чотири кількісні ознаки, три з яких (продуктивна кущистість, кількість зерен у головному колосі та маса 1000 зерен) є, як одними з основних елементів структури врожайності, так і значною мірою характеризують адаптивні реакції та компенсаторні ефекти рослин за дії стресів на різних етапах росту і розвитку рослин ячменю ярого. Загальну продуктивність індивідуальної рослини характеризує маса зерен з рослини. Параметри генетичної варіації за вказаними ознаками подано у таблиці 5.2, графіки регресії W_r / V_r (графіки Хеймана) наведено на рисунку 5.3.

Відповідно до параметрів генетичної варіації в обидва роки для всіх досліджених ознак характерним було наддомінування в локусах (параметр $\sqrt{H_1/D}$ був більшим одиниці), а також переважання ефектів домінування (H_1 і H_2) над адитивними (D) (табл. 5.2). Дещо слабше наддомінування у локусах, а також більші значення адитивних ефектів виявлено для кількості зерен у колосі. Значення параметра відносної частоти розподілу домінантних і рецесивних алелів (F) та співвідношення загальної кількості домінантних і рецесивних алелів $(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$ вказують на переважання у більшості варіантів домінантних алелів, за винятком маси 1000 зерен у 2022 р.

Таблиця 5.2

Параметри генетичної варіації за елементами структури врожайності в F_1
ячменю ярого голозерного

Параметри генетичної варіації	Продуктивна кущистість		Кількість зерен у колосі		Маса 1000 зерен		Маса зерен з рослини	
	2021 р.	2022 р.	2021 р.	2022 р.	2021 р.	2022 р.	2021 р.	2022 р.
D	0,67	1,42	3,81	7,45	9,91	9,78	1,38	2,57
H_1	3,82	3,95	4,42	8,03	27,09	39,13	5,47	7,01
H_2	3,18	2,89	3,39	6,21	21,28	32,75	4,36	5,21
F	0,90	1,62	0,04	3,83	6,34	-5,98	1,96	3,08
$\sqrt{H_1/D}$	5,73	1,67	1,16	1,08	1,65	4,00	1,99	2,73
$\frac{(\sqrt{4DH_1} + F)}{(\sqrt{4DH_1} - F)}$	1,78	2,04	1,01	1,66	1,48	0,73	2,11	2,14
$H_2/4H_1$	0,21	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,20	0,19
$r[(W_r+V_r)_i; x_i]$	0,72 $\pm 0,31$	0,85 $\pm 0,23$	-0,84 $\pm 0,24$	-0,30 $\pm 0,43$	-0,41 $\pm 0,41$	0,59 $\pm 0,36$	0,66 $\pm 0,34$	0,74 $\pm 0,30$
F_1-P	-1,78	-1,04	-0,76	-0,08	1,35	1,55	-1,77	-0,96

Примітки: D – адитивні ефекти, H_1 і H_2 – ефекти домінування, F – показник відносної частоти розподілу домінантних і рецесивних алелів, $\sqrt{H_1/D}$ – середній ступінь домінування в локусах, $\frac{(\sqrt{4DH_1} + F)}{(\sqrt{4DH_1} - F)}$ – співвідношення загальної кількості домінантних і рецесивних алелів, $H_2/4H_1$ – середнє значення алелів у локусах, $r[(W_r+V_r)_i; x_i]$ – показник спрямованості домінування, F_1-P – показник напряду домінування.

В усіх випадках розподіл алелів у локусах був асиметричним ($H_2/4H_1$ не дорівнював 0,25). Найсуттєвіші відмінності від даних, отриманих нами у дослідженнях з іншими наборами діалельних гібридів, виявлено за показниками спрямованості ($r[(W_r+V_r)_i; x_i]$) та напряду (F_1-P) домінування. Вони полягають у тому, що лише для кількості зерен у колосі в 2021 р. показник спрямованості мав високодостовірне від'ємне значення, що вказує на односпрямоване домінування зумовлене домінантними ефектами. У той же час, дане домінування було направленим на зменшення ознаки (показник F_1-P мав від'ємні значення).

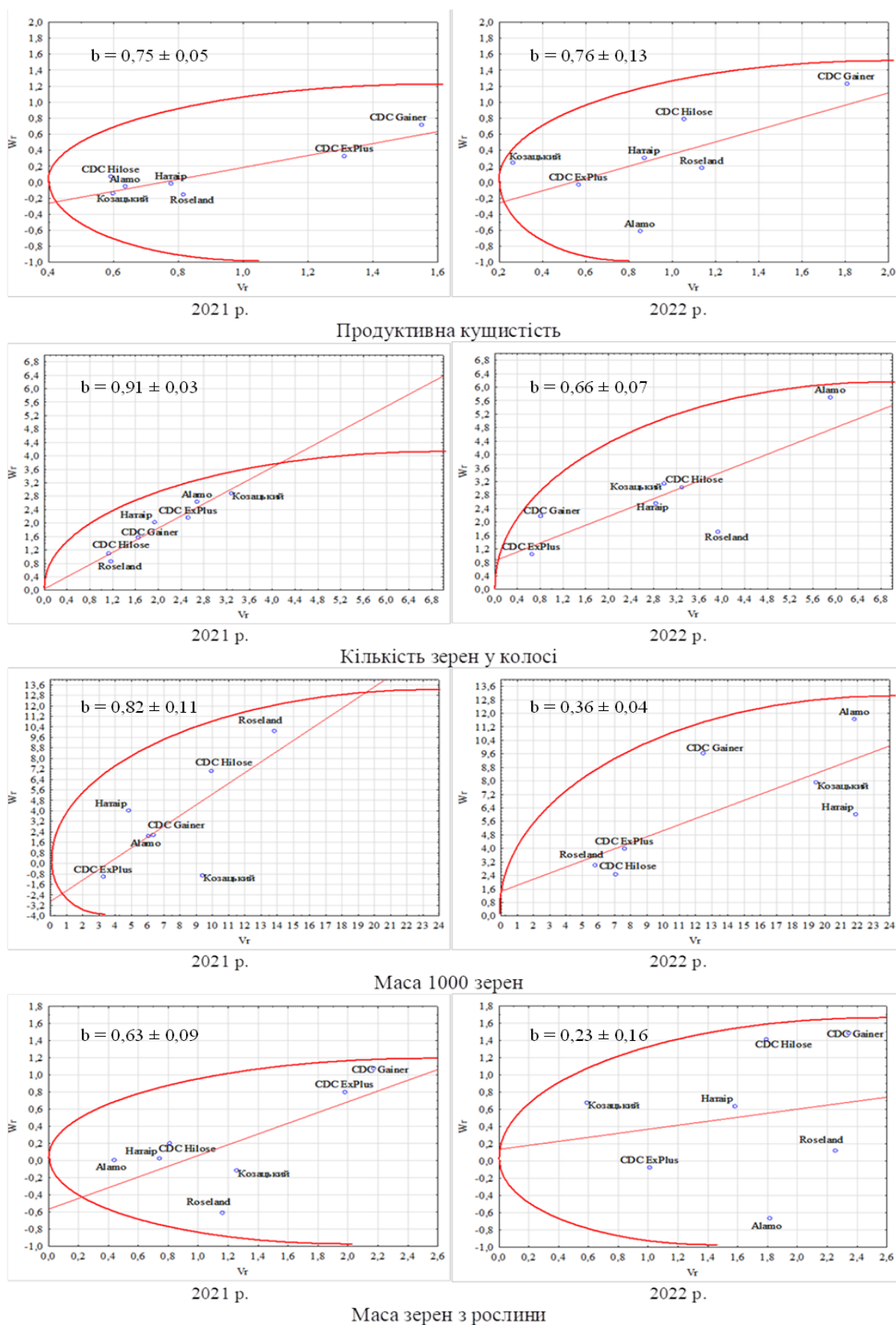


Рисунок 5.3 – Графіки регресії W_r / V_r для елементів структури врожайності у F_1 сортів ячменю ярого голозерного

У 2022 р. для цієї ознаки показник $r[(W_r+V_r)_I; x_i]$ також мав від'ємне значення, але воно достовірно не відрізнялось від нуля. Це може вказувати на прояв різноспрямованості домінування. Тобто, у залучених до схрещування генотипів можуть бути присутні як домінантні ефекти, які збільшують ознаку і домінантні ефекти, які її зменшують, так і рецесивні ефекти які збільшують ознаку і рецесивні ефекти, які її зменшують. За різноспрямованого домінування, теоретично можливо добирати генотипи з відповідним рівнем прояву ознаки як на домінантній, так і рецесивній основі. Таку ж особливість отримано і для маси 1000 зерен в 2021 р. У 2022 р. даний показник для цієї ознаки мав додатні значення (збільшення ознаки рецесивними ефектами), але також був не високим (близьким до межі достовірності). Окрім цього, для маси 1000 зерен, на відміну від інших ознак, параметр F_1-P вказував, що домінування було направленим на збільшення ознаки. Для продуктивної кущистості виявлено, що показник $r[(W_r+V_r)_I; x_i]$ мав достовірні додатні значення, а F_1-P від'ємні. Такі значення параметрів чітко вказують, що більший рівень прояву цієї ознаки був пов'язаний з дією рецесивних ефектів, тобто домінантні ефекти діяли в сторону зменшення ознаки, а рецесивні – збільшення. Такі ж особливості, але з дещо меншими числовими значеннями параметрів виявлено і для маси зерен з рослини. Схожі тенденції за параметрами генетичної варіації для продуктивної кущистості та маси зерен з рослини вказують на значний (визначальний) вплив першої ознаки на формування останньої.

Відповідно до графіків регресії W_r / V_r сильний прояв епістазу виявлено для маси 1000 зерен та маси зерен із рослини в 2022 р. Значно слабшу неалельну взаємодію відмічено для кількості зерен у головному колосі в 2022 р. та маси зерен з рослини в 2021 р. Повну відповідність адитивно-домінантній моделі виявлено в 2021 р. для кількості зерен у колосі та маси 1000 зерен. Переважання адитивно-домінантної системи можемо констатувати і для продуктивної кущистості в обидва роки досліджень. Таким чином, вони є характерними для дослідженої вибірки генотипів і їх слід врахувати при проведенні подальших

селекційних досліджень з отриманими гібридними популяціями ячменю ярого голозерного.

Виділено сорти з достовірно високими позитивними ефектами загальної комбінаційної здатності в обидва роки за ознаками: продуктивна кущистість – Roseland, Натаір; кількість зерен у головному колосі – CDC Hilose, CDC ExPlus, Roseland; маса 1000 зерен – Alamo, Козацький; маса зерен з рослини – Roseland (рис. 5.4). Вони є цінними генетичними джерелами у схрещуваннях спрямованих на поліпшення відповідних ознак при створенні вихідного матеріалу в селекції ячменю ярого голозерного.

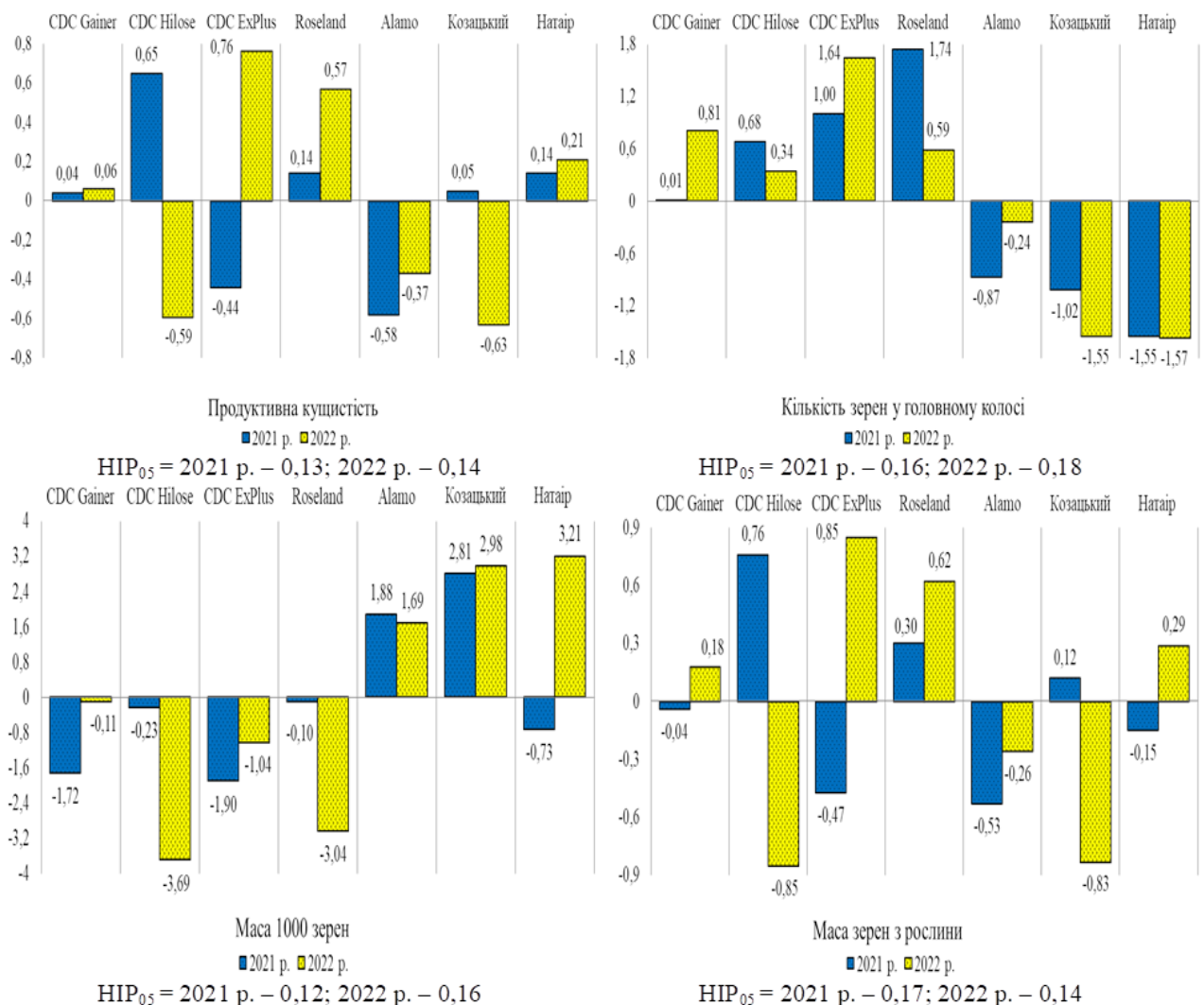


Рис. 5.4 – Ефекти загальної комбінаційної здатності в F_1 ячменю ярого голозерного за елементами структури врожайності

5.3 Ступінь та частота трансгресії у гібридів F₂ ячменю ярого голозерного

Схрещування батьківських компонентів може викликати прояв у гібридних популяціях індивідумів, у яких фенотипове вираження певної ознаки або сукупності ознак, виходить за межі варіації цієї ознаки чи ознак в кращої з батьківських форм. Виділення таких форм за фенотипом у гібридних поколіннях, (починаючи з F₂), називають трансгресією [цит. за 260].

Селекція на високу продуктивність потребує встановлення частки впливу елементів продуктивності на врожайність культури, та відповідно до цього підібрати компоненти для комбінацій схрещувань. Отже особливості успадкування елементів продуктивності та трансгресивна мінливість у гібридів другого покоління є важливими, оскільки встановлення цих показників підвищує ступінь передбачуваності селекційної цінності комбінації схрещування та можливість виділення з неї перспективних ліній [261].

За мету ставили визначення ступеня та частоти трансгресії у гібридів другого покоління ячменю ярого за основними ознаками зернової продуктивності.

Трансгресивну мінливість кількісних ознак визначали за формулами [262]:

$$T_c = ((P_g - P_b) / P_b) * 100 \%,$$

де: T_c – ступінь трансгресії, %;

P_г – максимальне значення ознаки у гібриду;

P_б – максимальне значення ознаки у кращої батьківської форми.

$$T_{ch} = (A / B) * 100 \%,$$

де: T_ч – частота появи трансгресій, %;

A – кількість гібридних рослин, що переважали за ознакою кращу з батьківських форм;

B – кількість проаналізованих за ознакою гібридних рослин у комбінації.

У 85,7 % проаналізованих гібридних комбінацій встановлено позитивну трансгресію за продуктивною куцистістю. Ступінь прояву трансгресій становив у середньому 53,0 %, а частота позитивних рекомбінантів – 11,2 % (табл. 5.3).

Негативну трансгресію за продуктивним кушінням спостерігали у реципрокних комбінаціях Alamo / Gainer та в гібридів F₂ Hilose / Козацький. Максимальну перевагу за продуктивним кушінням над батьківськими формами визначили у гібридних комбінацій F₂ Alamo / CDC ExPlus, Roseland / Alamo, Alamo / Натаір та Козацький / Alamo (Тс = 100 %), а максимальну частоту рекомбінантів за цією ознакою у Козацький / Alamo (Тч = 30,2) та Alamo / Roseland (Тч = 28,3 %).

Таблиця 5.3

Ступінь та частота прояву трансгресії у гібридів F₂ ячменю ярого голозерного за ознаками продуктивності

Гібридна комбінація F ₂	Кількість продуктивних стебел, шт.		Кількість зерен в колосі, шт.		Маса зерен з рослини, г		Маса 1000 зерен, г	
	Тс+ %	Тч+ %	Тс+ %	Тч+ %	Тс+ %	Тч+ %	Тс+ %	Тч+ %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
CDC Gainer / CDC Hilose	22,2	1,6	3,0	1,6	7,3	3,1	16,7	1,6
CDC Hilose / CDC Gainer	33,3	7,5	3,0	2,5	46,0	10,0	16,7	5,0
CDC Gainer / CDC ExPlus	0,0	-	6,1	1,6	6,3	3,3	35,2	4,9
CDC ExPlus / CDC Gainer	33,3	10,0	3,0	4,0	35,1	16,0	8,6	2,0
CDC Gainer / Натаір	33,3	4,7	-12,1	-	32,4	3,1	6,7	12,5
Натаір / CDC Gainer	33,3	7,4	6,1	1,9	37,8	5,6	1,2	1,9
CDC Gainer / Alamo	-22,2	-	9,1	1,7	-18,0	-	33,0	5,0
Alamo / CDC Gainer	-11,1	-	-3,0	-	-21,6	-	6,2	6,5
CDC Gainer / Roseland	22,2	6,4	-3,0	-	40,5	8,5	3,9	4,3
Roseland / CDC Gainer	44,4	11,1	-3,0	-	61,3	9,3	1,6	1,9
CDC Gainer / Козацький	11,1	4,4	-3,0	-	26,1	11,1	4,2	2,2
Козацький / CDC Gainer	33,3	11,3	-3,0	-	43,2	11,3	-11,5	-
CDC ExPlus / CDC Hilose	22,2	10,2	3,1	1,7	21,8	8,5	25,5	30,5
CDC Hilose / CDC ExPlus	0,0	-	6,3	3,5	18,5	3,5	14,8	22,8
CDC ExPlus / Натаір	85,7	15,5	-12,9	-	58,3	10,3	8,7	8,6
Натаір / CDC ExPlus	57,1	14,7	6,5	2,9	55,2	7,4	2,6	2,9
CDC ExPlus / Roseland	85,7	11,8	6,3	5,9	82,3	13,7	2,7	11,8
Roseland / CDC ExPlus	42,9	6,8	6,3	10,8	17,7	5,4	4,4	1,4
CDC ExPlus / Козацький	85,7	10,0	3,2	2,5	83,3	12,5	-1,6	-
Козацький / CDC ExPlus	85,7	10,2	6,5	6,8	69,8	6,8	6,2	1,7
CDC ExPlus / Alamo	42,9	5,5	9,7	12,7	42,7	9,1	18,5	40,0
Alamo / CDC ExPlus	100,0	8,1	3,2	2,7	117,7	10,8	14,1	24,3
Roseland / CDC Hilose	22,2	4,8	3,1	3,2	12,1	3,2	8,7	4,8
CDC Hilose / Roseland	33,3	11,9	3,1	5,1	29,0	11,9	8,7	10,2
Roseland / Натаір	71,4	9,4	-3,1	-	61,2	12,5	6,1	7,8
Натаір / Roseland	71,4	20,9	3,1	3,0	98,8	26,9	2,6	3,0
Roseland / Alamo	100,0	21,9	9,4	7,8	116,5	28,1	28,9	59,4
Alamo / Roseland	85,7	28,3	6,3	13,3	97,6	43,3	32,6	50,0
Roseland / Козацький	85,7	7,7	0,0	-	116,5	7,7	0,0	-

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Козацький / Roseland	42,9	10,3	-3,1	-	83,5	6,9	-7,4	-
Натаір / Козацький	83,3	11,4	3,7	6,8	41,1	11,4	4,2	9,1
Козацький / Натаір	66,7	22,7	7,4	6,1	58,9	19,7	-6,3	-
Натаір / CDC Nilose	33,3	8,6	3,1	1,7	37,9	5,2	4,2	1,7
CDC Nilose / Натаір	11,1	3,9	0,0	-	6,5	1,9	1,4	3,9
Натаір / Alamo	50,0	15,0	11,1	15,0	56,2	16,7	13,3	10,0
Alamo / Натаір	100,0	25,5	0,0	-	106,8	20,0	4,9	7,3
Козацький / Alamo	100,0	30,2	11,5	32,1	149,2	69,8	0,0	-
Alamo / Козацький	0,0	-	19,2	18,6	30,5	13,6	5,8	6,8
Козацький / CDC Nilose	22,2	8,8	0,0	-	28,2	5,9	11,6	1,5
CDC Nilose / Козацький	-11,1	-	6,3	1,5	-25,8	-	-3,0	-
CDC Nilose / Alamo	11,1	1,7	-3,1	-	-12,9	-	16,0	10,9
Alamo / CDC Nilose	44,4	1,8	3,1	3,6	48,4	1,8	16,5	45,5

У 66,7 % гібридних комбінацій відмічено позитивні трансгресії за ознакою “кількість зерен з головного колосу”. За цією ознакою, середній ступінь прояву трансгресій становив 6,1 % а частота рекомбінантів – 6,5 %. Максимальний ступінь трансгресії виявлено в гібрида Alamo / Козацький ($T_c = 19,2$ %), а максимальну частоту – у комбінації Козацький / Alamo ($T_c = 32,1$ %).

Переважає більшість гібридних комбінацій (90,5 %) виявила позитивні трансгресії за ознакою “маса зерна з рослини”. Негативні трансгресії за вказаною ознакою відмічені у реципрокних комбінацій CDC Gainer / Alamo та у гібридів CDC Nilose / Козацький і CDC Nilose / Alamo. Середній показник ступеню трансгресій за ознакою “маса зерна з рослини” становив – 54,8 %, частоти трансгресій – 12,5 %. Виділено комбінацію Козацький / Alamo з максимальним проявом ступеня трансгресії ($T_c = 149,2$ %) та частоти прояву рекомбінантів ($T_c = 69,8$ %) маси зерна з рослини.

Позитивні трансгресії за масою 1000 зерен з рослини визначено у 83,3 % досліджуваних гібридних комбінацій, із середнім показником ступеня трансгресій – 11,3 % та середньою частотою прояву рекомбінантів – 12,1 %. Максимальний прояв ступеня трансгресії встановлено в гібридої комбінації CDC Gainer / CDC ExPlus ($T_c = 35,2$ %), а максимальну частоту – в комбінації Roseland / Alamo ($T_c = 59,4$ %).

Отже, виділені в F_2 , за ознаками що формують продуктивність, трансгресивні форми гібридних комбінацій ячменю ярого голозерного стануть вихідним матеріалом для добору високоврожайних генотипів в наступних поколіннях (Додаток А.2).

5.4 Характеристика новостворених сортів ячменю ярого півчастих та голозерного

У процесі створення нового вихідного матеріалу виділено перспективні лінії ячменю ярого півчастого та голозерного типів, які передали на державну кваліфікаційну експертизу (Додаток Б.3) та частина з них вже внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Коротку характеристику новостворених сортів наведено нижче.

Світоч Носівський (Свідоцтво про авторство на сорт рослини № 210748). Частка авторства 15 % (Додаток Б.1). Форма куща напіврозлога, опушення піхви нижніх листків відсутнє, час початку колосіння ранній, антоціанове забарвлення кінчиків остюків наявне, рослина за довжиною коротка, положення колосу в просторі напівпряме, кількість рядів в колосі два, форма колосу пірамідальна, колос за довжиною довгий, волоски основної щетинки за довжиною довгі, півчастість зернівки наявна, опушення вентральної боріздки зернівки відсутнє, тип розвитку ярий. Урожайність сорту в роки державної кваліфікаційної експертизи переважала усереднену урожайність сортів, що пройшли державну реєстрацію за п'ять попередніх років, в середньому в зоні Степу на 77,7 %, Лісостепу – на 23,2 %, Полісся – на 32,6 %. Стійкість до вилягання складала 7-8 балів, обсипання та посухи 8-9 балів, проти збудників основних хвороб 7,0-9,0 балів. Вміст білка в зерні 12,5-12,8 %, маса 1000 зерен 41-47 г. Напрям використання зерновий. Сорт рекомендований для вирощування в усіх зонах України (Степ, Лісостеп, Полісся).

Носівчанин (Свідоцтво про авторство на сорт рослини №220526). Частка авторства 15 % (Додаток Б.2).

Форма куща розлога, опушення піхви нижніх листків відсутнє, час початку колосіння середній, антоціанове забарвлення кінчиків остюків наявне, рослина за довжиною коротка, положення колосу в просторі напівпряме, кількість рядів в колосі два, форма колосу пірамідальна, колос за довжиною довгий, волоски основної щетинки за довжиною довгі, плівчастість зернівки відсутня, опушення вентральної боріздки зернівки відсутнє, тип розвитку ярий. Урожайність сорту в роки державної кваліфікаційної експертизи досягала 7,01 т/га в 2022 р. в Сумській філії УІЕСР. Стійкість до вилягання та обсіпання складала 8-9 балів. Стійкість до посухи та проти збудників основних хвороб становила 6,0-8,0 балів. Вміст білка в зерні 12,3-15,9 %, маса 1000 зерен 42-51 г. Зерно голозерного сорту Носівчанин може використовуватися як високоцінний зернофураж та сировина для виробництва функціональних продуктів харчування з лікувальними властивостями. Сорт рекомендований для вирощування в усіх зонах України (Степ, Лісостеп, Полісся).

Диво Носівщини (заявка №22020012 від 23.11.2022 р.). (Додаток Б.3). Частка авторства 15 %. Форма куща напівпряма, опушення піхви нижніх листків відсутнє, час початку колосіння середній, антоціанове забарвлення кінчиків остюків наявне, рослина за довжиною коротка, кількість рядів в колосі два, волоски основної щетинки за довжиною короткі, плівчастість зернівки наявна, опушення вентральної бороздки зернівки відсутнє, тип розвитку ярий. Урожайність сорту в роки станційного випробування переважала 8,0 т/га. Стійкість до вилягання, обсіпання та придатність до механізованого збирання складала 9 балів. Стійкість до посухи та проти збудників основних хвороб становила 8-9 балів. Вміст білка в зерні 11,9 %, вуглеводів 60 %, тип крохмалю звичайний, маса 1000 зерен 54 г. Зерно сорту Диво Носівщини придатне для використання як зернофураж, сировина для виготовлення пива та харчових продуктів, в спиртовій промисловості. Сорт пропонується для вирощування в Лісостепу та Поліссі України.

Губернаторський (заявка №22020013 від 23.11.2022 р.). (Додаток Б.3). Частка авторства 15 %. Форма куща пряма, опушення піхви нижніх листків

відсутнє, час початку колосіння середній, антоціанове забарвлення кінчиків остюків наявне, рослина за довжиною коротка, кількість рядів в колосі два, волоски основної щетинки за довжиною короткі, плівчастість зернівки наявна, опушення вентральної бороздки зернівки відсутнє, тип розвитку ярий. Урожайність сорту в роки станційного випробування склала 8,0 т/га. Стійкість до вилягання, обсіпання та придатність до механізованого збирання складала 8,8-9 балів. Стійкість до посухи та проти збудників основних хвороб становила 8,0-8,8 балів. Вміст білка в зерні 11,2 %, вуглеводів 61,8 %, тип крохмалю звичайний, маса 1000 зерен 56 г. Зерно сорту Губернаторський має хороші пивоварні властивості і пропонується для пивоваріння та спиртовій промисловості. Сорт пропонується для вирощування в Лісостепу та Поліссі України.

Висновки до розділу 5

1. Характер успадкування довжини стебла та елементів продуктивності ячменю ярого голозерного досить складний і проявляється в різних взаємодіях генотип-середовище. У селекції на стійкість до вилягання методом гібридизації можливе використання в якості компоненту схрещування низькорослого сорту Натаір. У селекції на підвищення крупності зерна рекомендовано залучати до схрещувань сорт Козацький.

2. Виділено сорти з достовірно високими позитивними ефектами загальної комбінаційної здатності: продуктивна куцистість – Roseland, Натаір; кількість зерен у головному колосі – CDC Hilose, CDC ExPlus, Roseland; маса 1000 зерен – Alamo, Козацький; маса зерен з рослини – Roseland. Вони є цінними генетичними джерелами у схрещуваннях спрямованих на поліпшення відповідних ознак при створенні вихідного матеріалу в селекції ячменю ярого голозерного.

3. Виділено комбінації схрещування ячменю ярого голозерного які проявили високі позитивні трансгресії: за продуктивним куцінням – Alamo / CDC ExPlus, Roseland / Alamo, Alamo / Натаір та Козацький / Alamo; за кількістю зерен

у колосі – Alamo / Козацький; за масою зерна з рослини – Козацький / Alamo; за масою 1000 зерен із рослини – CDC Gainer / CDC ExPlus.

4. У співавторстві створено сорти ячменю ярого Світоч Носівський та Носівчанин, які внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Передано до Українського інституту експертизи сортів рослин для проходження державної кваліфікаційної експертизи сорти ячменю ярого Губернаторський та Диво Носівщини (частка авторства в кожному сорті – 15 %).

Результати досліджень розділу 5 висвітлені у трьох наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [263–265] і наведено в додатку Г.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і практичне вирішення наукового завдання, що полягає у створенні нового вихідного матеріалу для селекції ячменю ярого голозерного на продуктивність, стійкість до вилягання та збудників хвороб. Це досягнуто шляхом встановлення селекційно-генетичних особливостей формування колекційних зразків ячменю ярого за урожайністю й кількісними ознаками з врахуванням взаємодії «генотип-середовище» в різних середовищах та визначенням успадковування елементів структури урожайності в гібридних популяціях ячменю ярого голозерного в умовах північного Лісостепу України.

1. Встановлено морфологічні та біохімічні особливості колекційних зразків ячменю ярого голозерного й півчастого, та виділено нові джерела за продуктивністю, стійкістю до абіотичних та біотичних чинників з визначенням їх селекційної цінності. Сорт-стандарт Взірець (UKR) та зразок CDC McGwire (CAN) є цінним вихідним матеріалом для селекції на стійкість до листових хвороб. Високим показником вмісту білка ($\geq 16,0\%$) вирізнялися зразки Діантус, Ли-1059, Ли-1096, Ли-1089 (UKR); Erie та Gateway (CAN). Високий вміст крохмалю ($\geq 60,0\%$) встановили у зразків голозерного ячменю канадського походження CDC ExPlus, Roseland, CDC Lophy-1, CDC McGwire, CDC Gainer, CDC Clear.

2. Для селекції інтенсивних сортів ячменю ярого виокремили зразки з стабільно низькими показниками довжини стебла: Clipper (AUS), Polygena, Trebon (SRB), Danielle (CZE), Arthur (CZE) та сорт-стандарт Взірець (UKR), серед голозерних – Целинний голозерний (KAZ) та CDC Lophy-1 (CAN).

3. У селекції на високе продуктивне кущіння до схрещувань варто залучати голозерні зразки CDC Hilose (CAN) та CDC ExPlus (CAN), які істотно переважали півчастий сорт-стандарт Взірець (UKR) за цим показником, однак потрібно врахувати, що прояв продуктивного кущіння сильно залежало від умов вирощування.

4. Сполучення довгого колоса ($\geq 9,0$ см) та високих показників гомеостатичності й селекційної цінності встановлено у шести сортозразків: Стимул (UKR), Великан (KAZ), Shuffle (CZE), CDC Gainer (CAN) та CDC Clear (CAN) та CDC Lophy-1 (CAN). Зразки Стимул (UKR), Великан (KAZ), CDC Gainer (CAN) виявили стабільність за довжиною колоса в різноманітних середовищах ($b_i = 0,58-0,78$, $Si^2 = 0,16-0,43$) та можуть бути використані в синтетичній селекції як джерело ознаки довгого колоса. Зразки Shuffle (CZE), CDC Clear (CAN) та CDC Lophy-1 (CAN) мали оптимальну та сильну реакцію на умови вирощування та кращу адаптивність до більш сприятливих умов ($b_i = 1,01-1,21$ $Si^2 = 0,17-0,45$).

5. Голозерні зразки відзначили високими показниками кількості зерен у колосі. На поліпшення даної ознаки перспективними зазначили зразки CDC Gainer (CAN) та CDC Lophy-1 (CAN) які сполучають високу кількість зерен у колосі, вирізняються високою гомеостатичністю, селекційною цінністю та стабільністю прояву ознаки в різноманітних середовищах.

6. Зразок Shuffle (CZE) виділений за максимальним проявом маси зерна з колоса, переважав сорт-стандарт Взірець (UKR) за гомеостатичністю і селекційною цінністю ($Hom = 9,1$; $Sc = 0,88$). Серед голозерних форм перевищення над плівчастим сортом-стандартом Взірець (UKR) за масою зерна з колоса встановлено в зразка CDC Clear (CAN) – 1,19 г. Голозерні зразки виявляли високий показник пластичності за продуктивністю колоса ($b_i=1,07-1,67$; $Si^2 = 0,01-0,03$).

7. Виділені джерела крупності зерна ($\geq 50,1$ г): Гарант Преміум (UKR), Ли-1110 (UKR), Ли-1114 (UKR), Ли-1059 (UKR), Ли-1078 (UKR), Ли-1096 (UKR), Великан (KAZ), Shuffle (CZE), варто використовувати в селекції на збільшення маси 1000 зерен. Вказані зразки виділялися високими показниками гомеостатичності та селекційної цінності ($Hom = 300,3-669,8$; $Sc = 29,5-40,6$). Зразок CDC Clear (CAN) ($X = 46,5$; $Hom = 325,9$; $Sc = 31,2$) виділено, як потенційне джерело крупнозерності серед голозерних зразків.

8. За масою зерна з рослини вирізнили зразок Shuffle (CZE) – 4,64 г. Серед голозерних зразків перевагу над сортом-стандартом Взірець (UKR) за селекційною цінністю ($Sc = 0,7-0,8$) встановлено у зразків CDC ExPlus (CAN) та CDC Freedom (CAN), а їх продуктивність була на рівні з сортом-стандартом Взірець (UKR).

9. Кластерний аналіз за середніми показниками зразків в трьох середовищах досліджень, виділив зразки з комплексом цінних господарських ознак, висока маса зерна з рослини ($X=3,81$ г), крупне зерно ($X=50,1$ г), висока маса зерна з головного колоса ($X=1,13$ г), в поєднанні з високими показниками гомеостатичності та селекційної цінності ознак. Переважно це сорти та селекційні лінії українського походження з комплексом цінних господарських ознак, які можна використовувати в комбінаційній селекції: Стимул, Гарант Преміум, Ли-1110, Ли-1114, Ли-1120, Ли-1059, Ли-1078, Ли-1091, Ли-1096 – всі UKR; Великан, Монолит, Ранний – всі KAZ; Arthur, Danielle, Inari та Shuffle – всі CZE.

10. В умовах північного Лісостепу, центрального Лісостепу та північного Степу встановлено істотну високу пряму кореляцію маси зерна з рослини з продуктивністю колоса, крупністю зерна та довжиною колоса. В умовах північного Лісостепу найбільший прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість зерен у колосі (1,148), крупність зерна (0,934), кількість продуктивних стебел (0,589); у центральному Лісостепу – кількість продуктивних стебел (0,593), крупність зерна (0,583); у північному Степу – кількість продуктивних стебел (0,571), маса зерна з колоса (0,476).

11. Виявлено, що рівень урожайності зразків ячменю ярого суттєво варіював від різних екологічних умов і років випробування. Зміна рангів урожайності вказувала на сильну взаємодію генотип-середовище у більшості зразків, як в окремих середовищах так і у різні роки. Встановлено, що взаємодія генотип-середовище була достовірно вищою при аналізі рангів урожайності в різних агрокліматичних зонах і за три роки разом.

12. Визначили генотипи з оптимальним поєднанням потенціалу врожайності та його стабільності: в умовах центрального Лісостепу найбільш

адаптованими виявилися зразки Аміль (UKR), Шедевр (UKR), Стимул (UKR), Gateway (CAN); північного Лісостепу – Стимул (UKR), Ли-1064 (UKR), Ранній (KAZ) та сорт-стандарт Взірєць (UKR); північного Степу – Ли-1064 (UKR) і Arthur (CZE). Зразки Ли-1064 (UKR), Стимул (UKR), Arthur (CZE), Ранній (KAZ) і Ли-1059 (UKR).

13. Виявлено, що зразки ячменю голозерного мали нижчий потенціал урожайності, ніж півчасті, але окремі з них (CDC ExPlus (CAN), CDC Gainer (CAN) і Roseland (CAN)) визначено за високим значенням індексу гомеостатичності в умовах північного Лісостепу. Зразки CDC McGwire (CAN) і CDC ExPlus (CAN) виділили, як відносно кращі за широкою адаптивністю серед досліджуваних зразків ячменю голозерного.

14. Результати досліджень у різних середовищах свідчать про те, що в умовах північного Лісостепу (Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України) є більша можливість ідентифікації генотипів з підвищеним продуктивним потенціалом. Умови центрального Лісостепу (Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України) та північного Степу (Інститут сільського господарства Степу НААН України) дають більше можливостей для виділення генотипів з вищою толерантністю до комплексу стресових факторів середовища.

15. У селекції на стійкість до вилягання можливе використання в якості компоненту схрещування низькорослого сорту Натаір (UKR), – на підвищення крупності зерна сорт Козацький (UKR).

16. Виділено сорти з достовірно високими позитивними ефектами загальної комбінаційної здатності: продуктивна кущистість – Roseland (CAN), Натаір (UKR); кількість зерен у головному колосі – CDC Hilose (CAN), CDC ExPlus (CAN), Roseland (CAN); маса 1000 зерен – Alamo (CAN), Козацький (UKR); маса зерен з рослини – Roseland (CAN), які селекційно-цінні на поліпшення відповідних ознак ячменю ярого голозерного.

17. Виокремлено популяції другого покоління ячменю ярого голозерного, які проявили високі позитивні трансгресії за продуктивним кушінням: Alamo /

CDC ExPlus, Roseland / Alamo, Alamo / Натаір та Козацький / Alamo; за кількістю зерен в колосі – Alamo / Козацький; за масою зерна з рослини – Козацький / Alamo; за масою 1000 зерен з рослини – CDC Gainer / CDC ExPlus.

18. У співавторстві створено сорти ячменю ярого Світоч Носівський та Носівчанин, які внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Передано до Українського інституту експертизи сортів рослин для проходження державної кваліфікаційної експертизи сорти ячменю ярого Губернаторський та Диво Носівщини (частка авторства в кожному сорті – 15 %).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ

1. Для всебічної оцінки взаємодії генотип-середовище та добору генотипів з оптимальним поєднанням урожайності та стабільності доцільно комбінувати статистичні або графічні моделі, що відрізняються математичними принципами розрахунку.

2. Залучати в селекцію, для створення вихідного матеріалу, джерела цінних ознак:

- сорти Взирець та CDC McGwire – стійкість до листових хвороб;
- Діантус, Ли-1059, Ли-1096, Ли-1089, Erie та Gateway – високі показники вмісту білка ($\geq 16,0$ %); CDC ExPlus, Roseland, CDC Lophy-1, CDC McGwire, CDC Gainer, CDC Clear – високий вміст крохмалю ($\geq 60,0$ %);
- CDC Nilose та CDC ExPlus – високе продуктивне кушіння;
- CDC Gainer та CDC Lophy-1 – висока кількість зерен у колосі;
- Shuffle та CDC Clear – висока маса зерна з колоса;
- Гарант Преміум, Ли-1110, Ли-1114, Ли-1059, Ли-1078, Ли-1096, Великан, Shuffle – висока крупність зерна ($\geq 50,1$ г);
- Shuffle – висока маса зерна з рослини.

3. Зразки плівчастого ячменю з комплексом цінних господарських ознак: Стимул, Гарант Преміум, Ли-1110, Ли-1114, Ли-1120, Ли-1059, Ли-1078, Ли-1091, Ли-1096, Великан, Монолит, Ранний, Arthur, Danielle, Inari та Shuffle.

4. Генетичні джерела (висока ЗКЗ) при створенні вихідного матеріалу в селекції ячменю ярого голозерного:

- Roseland, Натаір – продуктивна кущистість;
- CDC Nilose, CDC ExPlus, Roseland – кількість зерен у головному колосі
- Alamo, Козацький – маса 1000 зерен;
- Roseland – маса зерен із рослини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іщенко В., Козелець Г., Темченко А. Голозерний ячмінь: особливості вирощування в Степу. *Пропозиція: Інформаційний щомісячник. Український журнал з питань агробізнесу*. 2018. № 3. С. 94–98.
2. Кузьменко О. В. Ідентифікація та оцінка відповідності круп. *Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів: матеріали I міжнародної наук.- практи. інтернет-конф., (м. Полтава, 18, 20 берез. 2014 р.)*. С. 260–262.
3. Соц С. М., Кустов І. О., Колесніченко С. В. Підготовка голозерного ячменю до переробки. *Зернові продукти і комбікорми*. № 3 (51). 2013. С.8–11
4. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Кірдогло Є. К., Моргун Б. В. Генетичні та селекційні критерії створення сортів голозерного ячменю харчового напрямку. *Фізіологія і біохімія культ. рослин*. 2013. Т. 45. № 3. С. 187–205.
5. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Поздняков В. В., Діденко С. Ю. Антиоксидантна активність та інші характеристики харчової цінності зерна ячменю. *Вісник ХНАУ. Серія: Біологія*. 2016. Вип. 3 (39). С. 64–71.
6. Yadav R. K., Gautam S., Palikhey E., Joshi B. K., Ghimire K. H., Gurung R., Adhikari A. R., Pudasaini N., Dhakal R. Agro-morphological diversity of Nepalese naked barley landraces. *Agric. Food Secur.* 2018. 7. 86.
7. Baik B. K., Ullrich S. E. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*. 2008. 48. P. 233–242.
8. Bhatta R. S. The potential of hulless barley. *Cer. Chem.* 1999. 76. P. 589–599.
9. Griffey C. Hulless barley as an improved feed crop. *In: Kentucky Small Grain Breeder*. 1999. P. 423-430.
10. Wang Y., Bamdad F., Chen L. New Technologies in the Processing of Functional and Nutraceutical Cereals and Extruded Products. *Nutraceutical and Functional Food Processing Technology*. 2015. 235–267.
11. Fogarasi A. L., Kun S., Tankó G., Stefanovits-Banyai E., Hegyesne-Vecseri B. A comparative assessment of antioxidant properties; total phenolic content of einkorn; wheat; barley and their malts. *Food Chem.* 2015. 167. P. 1–6.

12. Hua W., Zhang X., Zhu J., Shang Y., Wang J., Jia Q., Li C., Yang J. A study of genetic diversity of colored barley (*Hordeum vulgare* L.) using SSR markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2014. 62. P. 395–406.
13. Behall K. M., Scholfield D. J., Hallfrisch J. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *American Journal of Clinical Nutrition.* 2004. 80. P. 1185–1193.
14. Ahmad A., Anjum F. M., Zahoor T., Nawaz H., Dilshad S. M. R. Beta glucan: A valuable functional ingredient in foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2012. 52. P. 201–212.
15. Mastanjevic K., Kotris M., Mastanjevic K., Horvat D., Krstanovic V. Domestic hulless barley and malt as an easilyavailable source of β -glucan. *11th International Scientific and Professional Conference «With food to health» October 18th and 19th 2018.* Split. Croatia. P. 163–169.
16. Idehen E., Tang Y., Sang S. Bioactive phytochemicals in barley. *J. Food Drug Anal.* 2017. 25. P. 148–161.
17. Dodig D., Ćilić S., Milašinović M. Golozrni ječam - značaj i upotreba u ljudskoj ishrani (Hulless barley - importance and use in human nutrition). *Žito-hleb.* 2007b. 34 (3–4). P. 73–77.
18. Sullivan P., O’Flaherty J., Brunton N., Gee V. L., Arendt E., Gallagher E. Chemical composition and microstructure of milled barley fractions. *European Food Research and Technology.* 2010. 230 (4). P. 579–595.
19. Mehandžić S. et al. Physical properties of barley seed (*Hordeum Sativum* L.) and resistance to breakage. *Journal on Processing and Energy in Agriculture.* 2010. 14 (2). P. 116–119.
20. Sullivan P., Arendt E., Gallagher E. The increasing use of barley and barley by-products in the production of healthier baked goods. *Trends Food Sci. Technol.* 2013. 29. P. 124–134.
21. Lei M., Ali M., Jiang C., Shen Z., Cai Y., Yang P., Feng Z. Marker-assisted selection in a global barley (*Hordeum vulgare* subsp. *vulgare*) collection revealed

- a unique genetic determinant of the naked barley controlled by the nud locus. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2020. 67. P. 273–280.
22. Duan R., Xiong H., Wang A., Chen G. Molecular Mechanisms Underlying Hull-Caryopsis Adhesion / Separation Revealed by Comparative Transcriptomic Analysis of Covered / Naked Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Int J Mol Sci.* 2015. 16(6):14181–93. doi: 10.3390/ijms160614181.
 23. Wu J-F., Cheng C-S., Yu I-T., Hsyu J-N. Hullless barley as an alternative energy source for growing–finishing pigs on growth performance, carcass quality, and nutrient digestibility. *Livestock Production Science.* 2000. Vol. 65, Issues 1–2. P. 155-160, doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00168-2.
 24. Perera W. N. U., Abdollahi M. R., Zaefarian F., Wester T. J., Ravindran V. Barley, an Undervalued Cereal for Poultry Diets: Limitations and Opportunities. *Animals* 2022. 12. 2525. <https://doi.org/10.3390/ani12192525>.
 25. Yang Y., Ferreira G., Teets C. L., Corl B. A., Thomason W. E., Griffey C. A. Effects of feeding hullless barley on production performance, milk fatty acid composition, and nutrient digestibility of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2017. 100:3576–3583.
 26. Newman R. K. Nutritional quality. In: *Sixth barley genetics symposium.* Helsingborg, Sweden. 1992. P. 940–944.
 27. Bhatta R. S Physicochemical properties of roller-milled barley bran and flour. *Cereal Chem.* 1993. 70. P. 397–402.
 28. Meints B., Hayes P. M. Breeding naked barley for food; feed; and malt. *Plant Breed. Rev.* 2019. 43. P. 95–119.
 29. Bhatta R. S The potential of hullless barley. *Rev. Cereal Chem.* 1986. 63 P. 97–103.
 30. Anderson J. W, Berglung P. T Oat-bran cereal lowers serum total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic men. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990. 52 P. 495–499.
 31. Yang W. Z, Beauchemin K. A, Ferr B. I, Rode L. M Comparison of barley, hullless barley and corn in the concentrate of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1997. 80. P. 2885–2895.

32. Griffey C. Hull-less barley as an improved feed crop. In: *Small Grain Breeder*. 1999. P. 423–430.
33. Kinner M., Nitschko S., Sommeregger J., Petrasch A., Linsberger M. G., Grausgruber H., Berghofer E., Siebenhandl-Ehn, S. Naked barley – Optimized recipe for pure barley bread with sufficient beta-glucan according to the EFSA health claims. *Journal of Cereal Science*. 2011. 53(2). P. 225–230.
34. Chen L., Wang S., Liu B., Feng S. Flavor characteristics of hulless barley wine fermented with mixed starters by molds and yeasts isolated from Jiuqu. *Food Bioscience*. 2023. Vol. 52. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102349>.
35. Eshghi, R., Ojaghi J., Salayeva S. Genetic gain through selection indices in hulless barley. *Int. J. Agric. Biol.* 2011. 13. P. 191–197.
36. Idehen E., Tang Y., Sang S. Bioactive phytochemicals in barley. *J. Food Drug Anal.* 2017. 25. P. 148–161.
37. Fastnaught C. E., Berglund P. T., Holm E. T., Fox G. J. Genetic and environmental variation in β -glucan content and quality parameters of barley for food. *Crop Science*. 1996. 36. P. 941–946.
38. Sots S., Kustov I., Kuzmenko Y. Some features of barley and oats processing. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2019. 19 (3). P. 34–40.
39. Васько Н. І., Важеніна О. Є., Солонечна О. В. Скловидність та вміст білка в зерні сортів ячменю ярого. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Професор С. Л. Франкфурт (1866–1954) – видатний учений-агробіолог, один із дієвих організаторів академічної науки в Україні (до 150-річчя від дня народження)». м. Київ, 18 листопада 2016 р. С. 28–29.
40. Петухова І. А., Рябчун В. К., Музафарова В. А., Падалка О. І., Шелякіна Т. А., Любич В. В. Ознакова колекція ячменю ярого круп'яного напряму використання. *Генетичні ресурси рослин*. 2018. № 23. С. 85–96.
41. Поліщук С. С., Моргун Б. В., Рибалка О. І. Поліморфізм генів *Vtn1 LOX-1* та *Wax* як детермінантів ознак харчової цінності зерна ячменю. *Зб. наук. праць СГІ-НЦНС*. 2014. Вип. 24 (64). С. 28–40.

42. Рибалка О. І., Поліщук С. С. Нові сорти зернових культур для створення продуктів здорового (функціонального) харчування. *Зб. наук. праць СГІ–НЦНС*. 2013. Вип. 22 (62). С. 13–26.
43. Bhatta R. S., Christison G. L., Rossnagel B. G. Energy and protein digestibilities of hulled and hullless barley determined by swine-feeding. *Canadian Journal of Animal Science*. 1979. 59. P. 585–588.
44. Goudar G., Sharma P., Janghu S., Longvah T. Effect of processing on barley β -glucan content; its molecular weight and extractability. *Int. J. Biol. Macromol.* 2020. 162. P. 1204–1216.
45. Oljaca S., Dolijanovic T., Glamoclija D., Dordevic S., Oljaca J. Productivity of hullless barley in organic and conventional cropping system. *Poljoprivredna tehnika*. 2009. 2. P. 149–154.
46. Dickin E., Steele K., Edwards-Jones G., Wright D. Agronomic diversity of naked barley (*Hordeum vulgare* L.): A potential resource for breeding new food barley for Europe. *Euphytica*. 2012. 184. P. 85–99.
47. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Щербина З. В. Оцінка показників харчової цінності зерна ячменю (*Hordeum Vulgare* L.). *Збірник наукових праць СГІ–НЦНС*. 2016. Вип. 28 (68). С.56–67.
48. Manjunatha T., Bisht I. S., Bhat K. V. Genetic structure of hull-less barley (*Hordeum vulgare* L. *subsp. vulgare*) landrace populations from North-western Indian Himalayas. *Indian Journal of Biotechnology*. 2011. 10. P. 25–32.
49. Рибалка О. І., Моргун Б. В., Поліщук С. С. Ячмінь як продукт функціонального харчування / голов. ред. В.В. Моргун. Київ: Логос. 2016. 604 с.
50. Orabi J., Jahoor A., Backes G. Genetic diversity and population structure of wild and cultivated barley from West Asia and North Africa. *Plant Breed.* 2009. 128. P. 606–614.
51. Bjornstad A., Abay F. Multivariate patterns of diversity in Ethiopian barleys. *Crop Sci.* 2010. 50. P. 1579–1586.

52. Clark H. H. The origin and early history of the cultivated barleys. *Agricult. History Review*. Part I. 1967. P. 15.
53. Zohary D., Weiss E., Hopf M. 'Cereals', *Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*, 4th edn (Oxford, 2012; online edn, Oxford Academic, 8 May 2015), <https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199549061.003.0003>
54. Morrell P. L. Clegg M. T. Genetic evidence for a second domestication of barley (*Hordeum vulgare*) east of the Fertile Crescent. *PNAS*. February 27, 2007.vol. 104 no.9. P. 3289–3294.
55. Helbaek H. The Palaeoethnobotany of the Near East and Europe, in Prehistoric Investigations in Iraqi Kurdistan, Studies in ancient oriental civilization. N. 31. 1960. P. 107–112.
56. Witcombe J. R., Murphy P. J. Covered and naked barleys from the Himalaya. *Theoret. Appl. Genetics*. 1986. 71. P. 736–741
57. Badr A., Müller K., Schäfer-Pregl R., El Rabey H., et al. On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Mol. Biol. Evol.* 2000. 17. P. 499–510.
58. Dai F., Nevo E., Wu D., Comadran J., Zhou M., et al. Tibet is one of the centers of domestication of cultivated barley. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2012. 109 (42). P. 16969 – 16973.
59. Ren X., Nevo E., Sun D., Sun G. Tibet as a potential domestication center of cultivated barley of China. *PLoS ONE*. 2013. 8(5). e62700. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062700>.
60. Dickin E. T., Steele K. A., Edwards-Jones G., Wright D. L. Agronomic diversity of naked barley (*Hordeum vulgare* L.): a potential resource for breeding new food barley for Europe. *Euphytica*. 2012. 184. P. 85–99.
61. Taketa S., Kikuchi S., Awayama T., Yamamoto S., Ichii M., Kawasaki S. Monophyletic origin of naked barley inferred from molecular analyses of a

- marker closely linked to the naked caryopsis gene (nud). *Theor Appl Genet.* 2004. 108(7). 1236–42. doi: 10.1007/s00122-003-1560-1.
62. Kaur S. H., Kaur S. Hulless barley: A new era of research for food purposes. *Journal of Cereal Research* 2019. 11(2). P. 114–124 doi.org/10.25174/2249-4065/2019/83719.
63. Manjunatha T., Bisht I. S., Bhat K. V., Singh B. P. Genetic diversity in barley (*Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare*) landraces from Uttaranchal Himalaya of India. *Genetic Resources and Crop Evolution.* 2007. 54. P. 55–65.
64. Reza B. H., Tahmasbi S. Z. Mohammad M. S. Agronomic Factors on Selected Hulless Barley Genotypes Sanavy. *Journal of Agronomy.* 2005. 4 (4). P. 333–339.
65. Joshi B. K. Plant breeding in Nepal: past, present and future. *Journal of Agriculture and Forestry University.* 2017. Vol.1 P. 1–33.
66. Hernandez J., Meints B., Hayes P. Introgression breeding in barley: Perspectives and case studies. *Front. Plant Sci.* 2020. 11:761.
67. Roljevic N. S., Dolijanovic T., Kovacevic D., Oljaca A., Seremesic S. Morphological and productive characteristics of hulless barley in organic farming. *Ratar. Povrt.* 2020. 57 (1). P. 27–34.
68. Potlog A. S., Nedelea G., Caraus V. Genetics and quality improvement of agricultural plants. *Scientific and Encyclopedic Publishing House.* 1980. P. 45–66.
69. Munoz-Amatriain M., Cuesta-Marcos A., Hayes P. M., Muehlbauer G. J. Barley genetic variation: Implications for crop improvement. *Brief Funct. Genom.* 2014. 13. P. 341–350.
70. Newton A. C. et al. Crops that feed the world 4. Barley: A resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. *Food Secur.* 2011. 3. P. 141–178.
71. Iannucci A., Suriano S., Codianni P. Genetic Diversity for Agronomic Traits and Phytochemical Compounds in Coloured Naked Barley Lines. *Plants.* 2021. 10, 1575. <https://doi.org/10.3390/plants10081575>.

72. Bahrami S., Bihamta M.R., Salari M., Soluki M., Ghanbari A. Et al. Yield Stability Analysis in Hulless Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Asian Journal of Plant Sciences* 2008. 6. P. 589–593.
73. Bahrami S., Bihamta M. R., Solouki M. Adaptation and stability analysis of hulless barley (*Hordeum Vulgare* L.) genotypes in temperate regions of Iran. *Trakia Journal of Sciences*. 2009. Vol. 7, No. 2. P. 8–17.
74. Box A., Washington J. Eglinton J. Progress in developing a hulless barley industry / Australian Barley Technical Symposium. 2005.
75. King C. Hulless barley: challenges and prospects. *Top Crop Manager*. May 1, 2012. <https://www.topcropmanager.com/hulless-barley-challenges-and-prospects-11268/>
76. Washington J., Box A. Market Opportunities for Waxy Hulless Barley Cultivars in Australia <https://www.researchgate.net/publication/235427622/>
77. Сардак М. О. Сорти голозерного ячменю ярого для виробництва безплівчастого зерна в Україні. Матеріали НПК «Професор С. Л. Франкфурт (1866-1954) – видатний учений-агробіолог, один із дієвих організаторів академічної науки». с. Центральне, 18 листопада 2016 р. С. 87–88.
78. Лінчевський А. А. Ячмінь – джерело здорового способу життя сучасної людини. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 12. С. 14–21.
79. Лінчевський А. А., Легкун І. Б., Бабаш А. Б., Щербина З. В. Пріоритети в селекції ячменю (*Hordeum Vulgare* L.) для сучасних умов виробництва зерна в Україні. *Збірник наукових праць СГІ–НЦНС*. 2017. Вип. 30 (70). С. 23–39.
80. Лінчевський А. А., Легкун І. Б. Нове ставлення до культури ячменю і селекція в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 9. С. 34–42.
81. Моргун В. В., Рибалка О. І., Моргун Б. В. Нові наукові напрями генетичного поліпшення злакових культур. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. 53, № 3. С. 187–215. <https://doi.org/10.15407/frg2021.03.187>
82. Рибалка О. І., Катрій В. Б., Моргун Б. В., Поліщук С. С. Мутація у локусі *sex6*, яка радикально поліпшує харчову цінність зерна ячменю. *Фізіологія*

- рослин і генетика.* 2020. 52, № 3. С. 238–247.
<https://doi.org/10.15407/frg2020.03.238>
83. Васько Н. І., Козаченко М. Р., Поздняков В. В., Наумов О. Г., Солонечний П. М., Важеніна О. Є., Солонечна О. В., Зимогляд О. В., Шелякіна Т. А., Ільченко Н. К., Анциферова О. В., Супрун О. Г., Серік М. Л. Створення голозерних сортів та ліній ячменю ярого з високими харчовими якостями. *Селекція і насінництво.* 2018. Вип. 114. С.25–38.
84. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Моргун Б. В. Чинники життєздатності насіння голозерного ячменю. *Фізіологія рослин і генетика.* 2014. Т. 46. № 6. С. 463–472.
85. Васько Н. І., Важеніна О. Є., Козаченко М. Р., Наумов О. Г., Солонечний П. М., Шевченко Г. С. Здатність вихідного матеріалу до утворення перспективних ліній і сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво.* 2013. Вип. 104. С. 5–13.
86. Ficiciyan A., Loos J., Sievers-Glotzbach S., Tschamtkke T. More than Yield: Ecosystem Services of Traditional versus Modern Crop Varieties Revisited. *Sustainability.* 2018. 10(8):2834. <https://doi.org/10.3390/su10082834>.
87. Ma DQ. Genetic Resources of Tibetan Barley in China. *China Agriculture Press.* Beijing. 2002.
88. Gepts P. Plant genetic resources conservation and utilization: The accomplishments and future of a societal insurance policy. *Crop Sci.* 2006. 46. P. 2278–2292.
89. Meng F. L., Zhao Y. B., Qiang X. L., Hu Y. G. Comparison on agronomic traits of Barley from different regions and improvement of Tibet naked barley. *J. Triticeae Crops.* 2006. 26. P. 175–178.
90. Han Z., Wu F., Deng G., Qian G., et al. Structural and expressional analysis of the B-hordein genes in Tibetan hull-less barley. *Genetica.* 2010. 138 P. 227–239.
91. Salgotra R. K., Chauhan B.S. Genetic Diversity, Conservation, and Utilization of Plant Genetic Resources. *Genes.* 2023. 14(1):174.
<https://doi.org/10.3390/genes14010174>.

92. Letort V., Mahe P., Cournede P.H., de Reffye P., Courtois B. Quantitative genetics and functional–structural plant growth models: simulation of quantitative trait loci detection for model parameters and application to potential yield optimization. *Annals of Botany*. Vol. 101. Issue 8. 2008. P. 1243–1254. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm197>
93. Sun D., Li W., Zhang Z. *et al.* Quantitative trait loci analysis for the developmental behavior of Soybean (*Glycine max L. Merr.*). *Theor Appl Genet*. 2006. 112. P. 665–673 <https://doi.org/10.1007/s00122-005-0169-y>
94. Yan J., Zhu J., He C. *et al.* Quantitative trait loci analysis for the developmental behavior of tiller number in rice (*Oryza sativa L.*). *Theor Appl Genet*. 1998. 97. 267–274. <https://doi.org/10.1007/s001220050895>
95. Dotlacil L., Hermuth J., Stehno Z., Manev M. Diversity in European winter wheat land races and obsolete cultivars. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2000. 36. P. 6–29.
96. DeLacy I. H., Skovmand B., Huerta J. Characterization of Mexican wheat landraces using agronomically useful attributes. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2000. 47. P. 591–602.
97. Porumb I., Rusu F., Tritcan N. The variation and heritability of some morpho-productive traits of spring barley (Turda 2016). *Research J. of Agricultural Science*. 2016. 48(4). P. 132–138.
98. Pan Z. F., Zhou Y. X., Deng G. B., Zhai X. G., *et al.* Genetic diversity of SSR markers in cultivated hulless barley from Qinghai Tibet Plateau in China. *Acta Sci. Nat. Univ. Sunyatseni*. 2007. 46. P. 82–86.
99. Yang J., Chi D. Z., Wu K. L., He G. F. Genetic diversity of SSR markers in cultivated *Hordeum vulgare L.* in Qinghai Province. *J. Anhui Agric. Sci.* 2010. 38. P. 4307–4309.
100. Memon S., *et al.* Assessment of genetic diversity in Chinese hulless barley accessions for qualitative traits. *Bioscience Journal*. 2021. 37. e37046. <https://doi.org/10.14393/BJ-v37n0a2021-53703>.
101. Zeng X. Q. Genetic variability in agronomic traits of a germplasm collection of hulless barley. *Genet. Mol. Res.* 2015. 14 (4). P.18356–18369

102. Васько Н. І., Солонечний П. М., Солонечна О. В. Ступінь домінантності у F_1 ячменю від схрещування з голозерними сортами. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (7 червня 2019 р., м. Київ)*. 2019. С. 18–21.
103. Солонечний П. М., Козаченко М. Р., Васько Н. І. та ін. Оцінка взаємодії генотип x середовище ячменю ярого за допомогою GGE BIPLLOT аналізу. *Вісник ХНАУ*. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво і зберігання. 2015. Вип. 1. С. 79–86.
104. Польовий А. М., Божко Л. Ю. Біологічні й екологічні основи формування продуктивності агроєкосистем: підручник. / А. М. Польовий, Л. Ю. Божко. Одеський державний екологічний університет. – Одеса : 2016 . – 282 с.
105. Schut J. W., Dourleijn C. J. Prediction of barley progeny performance in the presence of genotype environment interaction. *Plant Breeding*. 1999. 119. P. 47–50.
106. Falconer D. S., Mackay T. F. C. Introduction to Quantitative Genetics. 4th ed. Essex England: Longman; 1996. 464 p.
107. Кильчевский А. В., Хотылёва Л. В. Генотип и среда в селекции растений. Минск : Наука и техника, 1989. 191 с.
108. Bernardo R. On the effectiveness of early generation selection in self-pollinated crops. *Crop Science*. 2003. 43. P. 1558–1560.
109. Козаченко М. Р., Солонечний П. М., Васько Н. І. Особливості комбінаційної здатності за кількісними ознаками різновидностей ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2011. Вип. 99. С. 53–66.
110. Васько Н. І., Святченко С. І., Козаченко М. Р., Наумов О. Г., Солонечний П. М., Солонечна О. В., Важеніна О. Є., Зимогляд О. В. Прогнозування ефективності добору в ячменю ярого за рівнем і співвідношенням коефіцієнтів успадкованості. *Вісник ХНАУ*. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво і зберігання». 2018. Вип. 2. С. 43–53.

111. Boanta A. Porumb I., Russu F. Et al. Variability of some productive traits of two-row spring barley in the conditions of ards turda. *Agriculture*. 2019. 1–2 (109–110). P. 8–13.
112. Addisu F., Shumet T. Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces in Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2015. 9 P. 68–76.
113. Dyulgerova B., Valcheva D. Heritability, variance components and genetic advance of yield and some yield related traits in barley doubled haploid lines. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Science*. 2014. 6. P. 614–617.
114. Молоцький М. Я., Васильківський С. П., Князюк В. І., Власенко В. А. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин: Підручник. - К.: Вища освіта, 2006. – 463 с.
115. Panse V. G. Genetics of quantitative characters in relation to plant breeding. *Indian J. Genet. Pl. Br.*, 1957. 28. P. 225–229.
116. Скорик В. В. Донор короткостеблості жита озимого (*Secale cereale* L.) Гном 2. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. № 2. 2013 С.4–11.
117. Hayman B. I. The theory and analysis of diallel crosses. II. *Genetics*. 1958. V.43, No.1. P. 63–85.
118. Eshghi R., Akhundova E. Genetic analysis of grain yield and some agronomic traits in hulless barley. *African Journal of Agricultural Research*. 2009. Vol. 4 (12). P. 1464–1474.
119. Choo T., Ho K. M. H., Martin R. A. Genetic analysis of hulless x covered cross of barley using doubles-haploid lines. *Crop Science*. 2001. 41. P. 1021–1026.
120. Bleidere M., Belicka I. Characteristic of grain quality for early generation lines in the crossings between covered and hulless barley. 2009. P. 14–20.
121. Grewal P. S. Characterization of exotic barley genotypes for adaptation, yield and malt traits. *Biology*. 2017.
122. Eshghi R., Akhundova E., Inheritance of some important agronomic traits in hulless barley. *Int. J. Agric. Biol.* 2010. 12. P. 73–76.

123. Baghizadeh A., Taleai A., Naghavi R., Khanaghah H.Z. Evaluation of some quantitative characters in barley using mean generation analysis. *Iranian. J. Agric. Sci.* 2003. 35. P. 851–857.
124. Islam A. A., Darrah M. Estimation of gene effects for seed yield and component traits in hulless barley. *Turkish J. Field Crops.* 2005. 8. P. 85–92.
125. Verma A. K., Vishwakarma S. R., Singh P. K. Genetic architecture for yield and quality component traits over two environments in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Barley Genetics Newslett.* 2007. 37. P. 24–28.
126. Russu F., Porumb I., Muresanu F., Tritcan N. Estimation of the variability and inheritance of some quantitative traits in two rows spring barley in the conditions of ards Turda. *Romanian agricultural research.* 2019. no. 36. P. 67–77.
127. Chandramony A. A. Sharma D. Index selection for important agronomic traits in hulless barley. *J. Plant Genet.* 2008. 17. P. 152–160.
128. Huang Z. L., Pan Y. P. Path analysis of quality and agronomic characters in barley germplasm. *J. Yangzhou Univ. (Nat. Sci. Edn.)* 2000. 3. P. 36–40.
129. Li S. M. The Study on Genetic Diversity of Germplasm Resource in Barley. *Xinjiang Agric. Sci.* 2010. 46. P. 269–274.
130. Chen L. H., Zhang Z. B., Hou Z. Q., Deng X. Q., et al. Analysis of agronomic characters of major hulless barley cultivars in Qinghai Province. *Acta Agric. Univ. Jiangxiensis.* 2012. 34. P. 439–444.
131. Компанець К. В., Козаченко М. Р., Васько Н. І., Наумов О. Г., Солонечний П. М., Святченко С. І. Кореляція між кількісними ознаками сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво.* 2016. Вип. 109. С. 40–46.
132. Zaefizadeh M., Ghasemi M., Azimi J., Khayatnezhad M., Ahadzadeh B. Correlation analysis and path analysis for yield and its components in hulless barley. *Advances in Environmental Biology.* 2011. 5(1). P. 123–126.
133. Tofiq S. E., et. al. Correlation and path coefficient analysis of grain yield and yield components in some barley genotypes created by full diallel analysis in sulaimani region for F₂ generation. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences.* 2015. Vol. 5, Issue–4. P. 76–79.

134. Hailu A., Alamerew S., Nigussie M., Assefa E. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield associated traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) *Germplasm. Adv Crop Sci.* 2016. Tech 4: 216. doi:10.4172/2329-8863.1000216.
135. Matin M. Q. I. et al. *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol.* 2019. Vol. 7(2): 243–247. DOI: 10.3126/ijasbt.v7i2.24635.
136. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. V. 6, No. 1. P. 36–40.
137. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы. *Науч.-техн. бюл. ВСГИ.* 1981. Вып. 1 (39). С. 8–14.
138. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
139. Wright S. 1934. The method of path coefficients. *Annals of Mathematical Statistics.* No 5. P. 161–215.
140. Sheoran O. P., Tonk D. S., Kaushik L. S., Hasija R. C., Pannu R. S. Statistical Software Package for Agricultural Research Workers. Recent Advances in information theory, Statistics & Computer Applications by D. S. Hooda & R. C. Hasija Department of Mathematics Statistics. CCS HAU. Hisar. 1998. 139–143.
141. Hayman B. I. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics.* 1954. 39 (6). 789–809. doi: 10.1093/genetics/39.6.789
142. Hayman B. I. The theory and analysis of diallel crosses. II. *Genetics.* 1958. 43(1). 63–85. doi: 10.1093/genetics/43.1.63
143. Hayman B. I. The theory and analysis of diallel crosses. III. *Genetics.* 1960. 45(2). 155–172. doi: 10.1093/genetics/45.2.155
144. Griffing B. A generalised treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity.* 1956. 10 (1). 31–50. doi: 10.1038/hdy.1956.2
145. Yan W., Tinker N. A. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 2006. 86. P. 623–645.

146. Yan W., Frégeau-Reid J. Genotype by Yield*Trait (GYT) Biplot: a Novel Approach for Genotype Selection based on Multiple Traits. *Sci Rep.* 2018. 8. 8242 <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26688-8>.
147. Frutos E., Galindo M. P., Leiva V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* 2014. V.28, No.7. P. 1629–1641.
148. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics.* 1950. Vol. 35. P. 303–321.
149. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorgum. *Iowa State Journal.* 1965. No 39. P. 3.
150. Kumar P., Pratap S., Verma R. P. S., Tikle A. N., Malik R. Diversity assessment of hulled barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions of ICARDA in Indian condition using cluster analysis. *Indian Journal of Agricultural Researc.* 2018. 52(4). P.429–433.
151. Dhankher O. P., Foyer C. H. Climate resilient crops for improving global food security and safety. *Plant, Cell and Environment.* 2018. 41(5). 877–884.
152. Reynolds M. P., Lewis J. M., Ammar K., Basnet B. R., Crespo-Herrera L., Cros-sa J., Dhugga Dreisigacker S., Juliana P., Karwat H., Kishii M., Krause M. R., Langridge P., Lashkari A., Mondal S., Payne T., Pequeno D., Pinto F., Sansaloni C., Schulthess U., Singh R. P., Sonder K., Sukumaran S., Xiong W., Braun H. J. Harnessing translational research in wheat for climate resilience. *Journal of Experimental Botany.* 2021. 72(14). 5134–5157.
153. Zhou R., Jiang F., Niu L., Song X., Yu L., Yang Y., Wu Z. Increase crop resilience to heat stress using omic strategies. *Frontiers in Plant Science.* 2022. 13, 891861.
154. Galluzzi G., Seyoum A., Halewood M., Noriega I. L., Welch E. W. The role of genetic resources in breeding for climate change: The case of public breeding programmes in eighteen developing countries. *Plants.* 2020. 9(9). 1129.
155. Tanaka R., Nakano H. Barley yield response to nitrogen application under different weather conditions. *Scientific Reports.* 2019. 9. 8477.
156. Bauer B., von Wirén N. Modulating tiller formation in cereal crops by the signalling function of fertilizer nitrogen forms. *Scientific Reports.* 2020. 10. 20504.

157. Hudzenko V. M., Buniak N. M., Tsentylo L. V., Demydov O. A., Fedorenko I. V., Fedorenko M. V., Ishchenko V. A., Kozelets H. M., Khudolii L. V., Lashuk S. O., Syplyva N. O. Evaluation of grain yield performance and its stability in various spring barley accessions under condition of different agroclimatic zones of Ukraine. *Biosystems Diversity*. 2022. Vol. 30, Iss. 4. P. 406–422. DOI: <https://doi.org/10.15421/012240>
158. Kuperman F. M. Biological basics of wheat performance. M.: Publishing House of Moscow University; 1950. 199 p.
159. Мазур В. А., Поліщук І. С., Телекало Н. В., Мордванюк М. О. Навчальний посібник з дисципліни «Рослинництво» для студентів галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 201 «Агрономія» першого бакалаврського рівня. Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк». 2020. 352 с.
160. Музафарова В. А., Рябчун В. К., Петухова І. А., Падалка О. І. Тривалість періоду сходи – колосіння та врожайність зразків ячменю ярого в умовах східної частини Лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин*. 2018. № 22. С.19–30. DOI: 10.36814/pgr.2018.22.02.
161. Кириченко В. В., Петренкова В. П., Черняєва І. М. та ін. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів / за ред. В. В. Кириченко та В. П. Петренкової. Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. 2012. 320 с.
162. Pandey M., Kopahnke D., Habekuss A., Friedt W. and Ordon F. Screening Nepalese hulless barley germplasm for resistance to major fungal and viral diseases. *J. Inst. Agric. Anim. Sci.* 2009. Vol. 30. P. 115–124.
163. Солонечна О. В., Важеніна О. Є., Солонечний П. М., Васько Н. І. Залежність вмісту білка в зернових сортів ячменю від генотипу та гідротермічних умов. *Dynamics of the development of world science. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference*. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2019. P. 21–27. <http://sci-conf.com.ua>.
164. Vasko N. I., Serik M. L., Kozachenko M. R., Naumov O. G., Vazhenina O. E., Solonechnyi P. M., Solonechna O. V., Sheliakina T. A. Content and biological

- value of protein in grain of spring barley accessions. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 113. Р. 45–55. doi:10.30835/2413-7510.2018.134357.
165. Байструк-Глодан Л. З., Жапалеу Г. З. Екологічна пластичність та варіанса стабільності сортозразків конюшини лучної (*Trifolium Pratense* L.) в умовах Передкарпаття. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 59. С.1–6.
166. Bai Y., Zhao X., Yao X., Yao Y., An L., Li X., et al. Genome wide association study of plant height and tiller number in hulless barley. *PLoS ONE*. 2021. 16(12): e0260723. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260723>.
167. Зимогляд О. В., Козаченко М. Р., Васько Н. І., Солонечний П. М., Наумов О. Г., Важеніна О. Є., Солонечна О. В. Особливості сортів і ліній ячменю ярого за кількісними морфо-біологічними та господарськими ознаками. *Селекція і насінництво*. 2019. Випуск 116. С.31–40.
168. Russu F., Porumb I., Muresanu F., Tritcan N. Estimation of the variability and inheritance of some quantitative traits in two rows spring barley in the conditions of Ards Turda. *Romanian Agricultural Research*. 2019. 36. Р. 67–77.
169. Козаченко М. Р. та ін. Селекційно-генетичні дослідження ячменю ярого: наукове видання / за ред. М.Р. Козаченка. НААН, Інст. рослинництва імені В.Я. Юр'єва. – Х. : [Б. в.], 2007. – 26 с.
170. Буняк Н. М. Рівень прояву продуктивної куцистості у колекційних зразків ячменю ярого в умовах Носівської селекційно-дослідної станції МПП ім. В. М. Ремесла НААН. Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої до Дня науки в Україні (м. Одеса, 18, 19 травня 2023 року). С.95–97.
171. Марухняк А. Я., Дацько А. О., Лісова Ю. А., Марухняк Г. І. Пластичність і стабільність кількісних ознак продуктивності голозерних зразків вівса. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 61. С. 80–90.

172. Samonte S. O., Wilson L. T., Clung Mc. M. Path analysis of yield and yield-related traits of fifteen diverse rice genotypes. *Crop Science*. 1998. 38. P. 1130–1136.
173. Sinebo W. Yield relationships of barleys grown in a tropical highland environment. *Crop Science*. 2002. 42. P. 428–437.
174. Vasylenko A. O., Vus N. O., Ponurenko S. H., Shevchenko L. M., Bezuhlyi I. M., Glyantsev A. V. Advanced correlation analysis of the performance of pea varieties. *Селекція і насінництво*. 2023. Вип. 123. С. 6–17.
175. Полякова І. О. Кореляційно-регресійний аналіз господарських ознак в селекційній роботі з льоном олійним. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2020. № 29. С. 92–101. DOI: 10.36710/ioc-2020-29-09.
176. Перегрим О. Р. Кореляційні зв'язки між ознаками продуктивності в селекції конюшини повзучої (*Tifolium repens L.*). *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 59. С. 136–143.
177. Жупина А. Ю., Базалій Г. Г., Усик Л. О., Марченко Т. Ю., Сучкова В. М., Міщенко С. В., Лавриненко Ю. О. Успадкування маси зерна колоса гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 152–160. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.22>
178. Riaz A. T., et al. Developing a selection criterion using correlation and path coefficient analysis in sunflower (*Helianthus Annuus L.*). *Helia*. 2019. 10.1515/helia-2017-0031.
179. Selvaraja C. I., Nagarajan P. Inter relationship and path coefficient studies for qualitative traits, grain yield, and other yield attributes among maize (*Zea mays L.*). *Int. J. of Plant breeding and Genetics*. 2011. 5(3). P. 209–223.
180. Belete D. A., Tewachew A., Bitew M., Muluaem T. Correlation and path coefficient studies for yield and its components of upland rice (*Oryza sativa L.*) in North Western Ethiopia. *Journal of Scientific Agriculture*. 2022. 6. P. 14–19 doi: 10.25081/jsa.2022.v6.7253.

181. Drikvand R., Samiei K., Hossinpor T. Path coefficient analysis in Hulless Barley under rainfed condition. *Australian Journal of Basic and Applied Sci.* 2011. 5(12). P. 277–279.
182. Saleh M. M., Salem K. F. M., Elabd A. B. Definition of selection criterion using correlation and path coefficient analysis in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Bull Natl Res Cent.* 2020. 44 (143). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00403-y>.
183. Vidya C., Jagtap V. S., Santhosh N. Correlation and path coefficient analysis for yield and yield attributing characters in chilli (*Capsicum annum* L.) genotypes. *Int J Curr Microbiol Appl Sci.* 2018. 7(1). P. 3265–3268. doi:10.20546/ijemas.2018.701.390.
184. Nessa D., Islam H., Mirza S. H., Azimuddin M., Genetic variability, correlation and path analysis in barley (*Hordeum vulgare* L). *Bangladesh J. Bot.*, 1998. 32. P. 181–185.
185. Четверик О. О., Козаченко М. Р. Коефіцієнти кореляції та детермінації між ознаками сортів пшениці м'якої озимої. *Селекція і насінництво.* 2015. Вип. 107. С. 105–114.
186. Буняк Н. М. Оцінка колекційних зразків ячменю ярого за комплексом цінних господарських ознак в умовах Носівської селекційно-дослідної станції. *Вісник Уманського національного університету садівництва.* 2023. №1. С. 7–17. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-1-7-17>
187. Буняк Н. М., Гудзенко В. М. Оцінювання зразків генофонду ячменю ярого за рівнем прояву врожайності в умовах різних природних зон України. Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку: тези міжнародної науково-практичної конференції присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. - засновникам наукової школи з селекції і насінництва пшениці і картоплі та 100-річчю з часу заснування Агробіотехнологічного (Агрономічного) факультету. (м. Біла Церква, 4, 5 березня 2021 р.). Біла Церква. С. 113–114.
188. Буняк Н. М. Селекційна цінність колекційних зразків ячменю ярого в умовах Носівської СДС МІП ім. В. М. Ремесла НААН України. Селекція –

- надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво): матеріали V-ї Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 110-річчю з дня народження видатного вченого, селекціонера, заслуженого працівника вищої школи, доктора сільськогосподарських наук, професора Зеленського Михайла Олексійовича (Київ, 24, 25 травня 2022 р.) / НУБІП України. 2022. С. 46–48.
189. Буняк Н. М. Прояв висоти рослин колекційних зразків ячменю ярого в різних екологічних умовах. «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети»: збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції. м. Одеса, 2023. С. 111–113.
190. Taibi W., Belletreche A., Kharsi M., Gaouar S. B. S. Phenotypic diversity for quantitative and qualitative characters of barley (*Hordeum vulgare*) accession from Algeria. *Biodiversitas*. 2019. 20 (12). P. 3794–3803.
191. Kumar P., Banjarey P., Malik R., Tikle A. N., Verma R. P. S. Population structure and diversity assessment of barley (*Hordeum vulgare* L.) introduction from ICARDA. *Journal of Genetics*. 2020. 99, 70.
192. Brbaklić L., Trkulja D., Mikić S., Mirosavljević M., Momčilović V., Dudić B., Procházková L., Aćin V. Genetic diversity and population structure of Serbian barley (*Hordeum vulgare* L.) collection during a 40-year long breeding period. *Agronomy*. 2021. 11, 118.
193. Rahal-Bouziane H., Berkani S., Merdas S., Nait M. S., Abdelguerfi A. Genetic diversity of traditional genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) in Algeria by phenomorphological and agronomic traits. *African Journal of Agricultural Research*. 2015. 10(31). P. 3041–3048.
194. Al Lawati A.H., Nadaf S.K., Al Saady N.A., Al Hinai S.A., Almamari A.R., Al Maawali A.A. Genetic diversity of Omani barley (*Hordeum vulgare* L.) germplasm. *Open Agriculture*. 2021. 6(1). P. 628–639.
195. Marzougui S., Kharrat M., ben Younes M.. Assessment of genetic diversity and population structure of Tunisian barley accessions (*Hordeum vulgare* L.) using SSR markers. *Acta Agrobotanica*. 2020. 73(4). 7343.

196. Li Z., Lhundrup N., Guo G., Dol K., Chen P., Gao L., Chemi W., Zhang J., Wang J., Nyema T., Dawa D., Li H. Characterization of genetic diversity and genome-wide association mapping of three agronomic traits in qingke barley (*Hordeum vulgare* L.) in the Qinghai-Tibet Plateau. *Frontiers in Genetics*. 2020. 11. 638.
197. Al-Abdallat A.M., Karadsheh A., Hadadd N.I., Akash M.W., Ceccarelli S., Baum M., Hasan M., Jighly A., Abu Elenein J.M. Assessment of genetic diversity and yield performance in Jordanian barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces grown under Rainfed conditions. *BMC Plant Biology*. 2017. 17. 191.
198. Khan A., Ihsan M., Nisar M., Hazrat A., Ali M., Ul-Haq R., Khan K., Gul K., Faisal S. Evaluation of genetic diversity in barley landraces through agro-morphological and biochemical characterization. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2021. 37(3). P.984–992.
199. Lateef D., Mustafa K., Tahir N.. Screening of Iraqi barley accessions under PEG-induced drought conditions. *All Life*. 2021. 14(1). P. 308–332.
200. Almerkova S., Genievskaia Y., Abugalieva S., Sato K., Turuspekov, Y. Population structure and genetic diversity of two-rowed barley accessions from Kazakhstan based on SNP genotyping data. *Plants*. 2021. 10. 2025.
201. Monteiro V. A., Amabile R. F., Spehar C. R., Faleiro F. G., Vieira E. A., Peixoto J. R., Junior W. Q. R., Montalvão A. P. L. Genetic diversity among 435 barley accessions based in morpho-agronomical characteristics under irrigation in the Brazilian savannah. *Australian Journal of Crop Science*. 2020. 14(9). P. 1385–1393.
202. Kaur V., Aravind J., Manju Jacob S. R., Kumari J., Panwar B. S., Pal N., Rana J. C., Pandey A., Kumar A. Phenotypic characterization, genetic diversity assessment in 6,778 accessions of barley (*Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare*) germplasm conserved in national genebank of India and development of a core set. *Frontiers in Plant Science*. 2022. 13. 771920.
203. Jalata Z., Garoma B., Nandeshwar B. C. Evaluation of genetic divergence among barley genotypes based on agro-morphological characters. *Current Journal of Applied Science and Technology*. 2020. 39(36). P. 102–110.

204. Gadissa F., Abebe M., Bekele T. Agro-morphological traits-based genetic diversity assessment in Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) landrace collections from Bale highlands, Southeast Ethiopia. *Agriculture and Food Security*. 2021. 10. 58.
205. Angassa D., Mohammed J. Agro-morphological variability study of Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions for their important agronomical traits at Hadiya zone, Southern Ethiopia. *Journal of Plant Sciences*. 2022. 10(1). P. 19–25.
206. Teklemariam S. S., Bayissa K. N., Matros A., Pillen K., Ordon F., Wehner G. The genetic diversity of Ethiopian barley genotypes in relation to their geographical origin. *PLoS One*. 2022. 17(5). e0260422.
207. Shtaya M. J. Y., Abdallah J. M. Assessment of phenotypic diversity of barley genotypes through cluster and principal component analyses. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 2021. 31(5). P. 1345–1351.
208. Hill J. Genotype-environment interaction – a challenge for plant breeding. *The Journal of Agricultural Science*, 1975. 85(3). P. 477–493.
209. Saltz J. B., Bell A. M., Flint J., Gomulkiewicz R., Hughes K. A., Keagy J. Why does the magnitude of genotype-by-environment interaction vary? *Ecology and Evolution*. 2018. 8. P. 6342–6353.
210. Mascher M., Gundlach H., Himmelbach A., Beier S., Twardziok S.O., Wicker T., Radchuk V., Dockter C., Hedley P.E., Russell J., et al. A chromosome conformation capture ordered sequence of the barley genome. *Nature*. 2017. 544. P. 427–433.
211. International Wheat Genome Sequencing Consortium (IWGSC). Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome. *Science*. 2018. 361, eaar7191.
212. Hussain B., Akpinar B.A., Alaux M., Algharib A.M., Sehgal D., Ali Z., Aradottir G.I., Batley J., Bellec A., Bentley A.R., Cagirici H.B., Cattivelli L., et al. Capturing wheat phenotypes at the genome level. *Frontiers in Plant Science*. 2022. 13. 851079.
213. King G. J. Crop epigenetics and the molecular hardware of genotype × environment interactions. *Frontiers in Plant Science*. 2015. 6. 968.
214. Li X., Guo T., Mu Q., Li X., Yu J. Genomic and environmental dings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2018. 115(26). P. 6679–6684.

215. Cammarano D., Ronga D., Francia E., Akar T., Al-Yassin A., Benbelkacem A., Grando S., Romagosa I., Stanca A.M., Pecchioni N. Genetic and management effects on barley yield and phenology in the Mediterranean basin. *Frontiers in Plant Science*. 2021. 12. 655406.
216. Vandermeulen M. D., Cullen P. J. Gene by environment interactions reveal new regulatory aspects of signaling network plasticity. *PLoS Genetics*. 2022. 18(1). e1009988.
217. Malosetti M., Ribau J.-M., van Eeuwijk F. A. The statistical analysis of multi-environment data: Modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis. *Frontiers in Physiology*. 2013. 4. 44.
218. Mühleisen J., Piepho H.-P., Maurer H. P., Zhao Y. S., Reif J. C. Exploitation of yield stability in barley. *Theoretical and Applied Genetics*. 2014. 127(9). P. 1949–1962.
219. van Eeuwijk F. A., Bustos-Korts D. V., Malosetti M. What should students in plant breeding know about the statistical aspects of genotype \times environment interactions? *Crop Science*. 2016. 56(5). P. 2119–2140.
220. Lin C. S., Binns M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar \times location data. *Canadian Journal of Plant Science*. 1988. 68(1). P. 193–198.
221. Huehn M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica*. 1990. 47(3). P. 189–194.
222. Yan W., Kang M. S., Ma B., Woods S., Cornelius P. L. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*. 2007. 47(2). P. 641–653.
223. Gauch H. G., Piepho H.-P., Annicchiarico P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further consideration. *Crop Science*. 2008. 48(3). P. 866–889.
224. Hongyu K., Garcia-Pena M., de Araujo L.B., dos Santos Dias C.T. Statistical analysis of yield trials by AMMI analysis of genotype \times environment interaction. *Biometrical Letters*. 2014. 51(2). P. 89–102.
225. Buenrostro-Rodríguez J. F., Solís-Moya E., Gámez-Vázquez A. J., Raya-Pérez J. C., Mandujano-Bueno A., Cervantes-Ortiz F., Covarrubias-Prieto J. Yield performance and GGE biplot analysis of wheat genotypes under two irrigation treatments at El Bajío, Mexico. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2019. 79(2). P. 234–242.

226. Bishwas K. C., Poudel M. R., Regmi D. AMMI and GGE biplot analysis of yield of different elite wheat line under terminal heat stress and irrigated environments. *Heliyon*. 2021. 7. e07206.
227. Bosi S., Negri L., Fakaros A., Oliveti G., Whittaker A., Dinelli G. GGE biplot analysis to explore the adaption potential of Italian common wheat genotypes. *Sustainability*. 2022. 14(2). 897.
228. Dia M., Wehner T. C., Elmstrom G. W., Gabert A., Motes J. E., Staub J. E., Tolla G. E., Widders I. E. Genotype x environment interaction for yield of pickling cucumber in 24 U.S. environments. *Open Agriculture*. 2018. 3. P. 1–16.
229. Anuradha N., Patro T. S. S. K., Singamsetti A., Sandhya Rani Y., Triveni U., Nirmala Kumari A., Govanakoppa N., Lakshmi Pathy T., Tonapi V.A. Comparative study of AMMI- and BLUP-based simultaneous selection for grain yield and stability of finger millet [*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.] genotypes. *Frontiers in Plant Science*. 2022. 12. 786839.
230. Katsenios N., Sparangis P., Chanioti S., Giannoglou M., Leonidakis D., Christopoulos M. V., Katsaros G., Efthimiadou A. Genotype – environment interaction of yield and grain quality traits of maize hybrids in Greece. *Agronomy*. 2021. 11. 357.
231. Hudson A. I., Odell S. G., Dubreuil P., Tixier M.–H., Praud S., Runcie D.E., Ross-Ibarra J. Analysis of genotype-by-environment interactions in a *maize mapping population*. *G3 Genes, Genomes, Genetics*. 2022. 12(3). 13.
232. Enyew M., Feyissa T., Geleta M., Tesfaye K., Hammenhag C., Carlsson A. S. Genotype by environment interaction, correlation, AMMI, GGE biplot and cluster analysis for grain yield and other agronomic traits in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *PLoS One*. 2021. 16(10). e0258211.
233. Silva K. J., da Menezes C. B., de Teodoro P. E., Teodoro L. P. R., Santos C. V., dos Campos A. F., de Carvalho A. J., Barbosa E. da S. Multi-environmental evaluation of sorghum hybrids during off-season in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2022. 57. e02628.
234. Dyulgerova B., Dyulgerov N. Genotype by environment interaction for grain yield of barley mutant lines. *Agriculture (Polnohospodárstvo)*. 2019. 65(2). P. 51–58.

235. Kendal E., Karaman M., Tekdal S., Doğan S. Analysis of promising barley (*Hordeum vulgare* L.) lines performance by AMMI and GGE biplot in multiple traits and environment. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2019. 17(2). P. 5219–5233.
236. Öztürk İ. Yield stability and physiological parameters of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes under rainfed conditions. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*. 2020. 4(4). P. 473–487.
237. Guendouz A., Bendada H. Stability analysis for the grain yield of some barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes growing under semi-arid conditions. *International Journal of Bio-Resource and Stress Management*. 2022. 13(2). P. 172–178.
238. Al-Sayaydeh R., Al-Bawalize A., Al-Ajlouni Z., Akash M. W., Abu-Elenein J., Al-Abdallat A. M. Agronomic evaluation and yield performance of selected barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces from Jordan. *International Journal of Agronomy*. 2019. 9575081.
239. Shibeshi S., Mekiso M. Performance evaluation and yield stability test of released food barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties in highland areas of Siltie and Gurage Zones. *Advances in Agriculture, Food Science and Forestry*. 2022. 10(2). P. 12–23.
240. Verma A., Kumar V., Kharab A.S., Singh G.P. AMMI model to estimate $G \times E$ for grain yield of dual purpose barley genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. 8(5). P. 1–7.
241. Pržulj N., Miroslavljević M., Čanak P., Zorić M., Boćanski J. Evaluation of spring barley performance by biplot analysis. *Cereal Research Communication*. 2015. 43(4). P. 692–703.
242. Hudzenko V., Polishchuk T., Demydov O., Sardak M., Buniak N., Ishchenko V. Identification of spring barley breeding lines with superior yield performance and stability. *Acta Universitatis Agriculturae Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2020. 68(6). P. 947–958.
243. Kozachenko M. R., Solonechnyi P. M., Zymohliad O. V., Vasko N. I., Vazhenina O. Y., Naumov O. H., Kobyzeva L. N., Kolomatska V. P. Value of *Hordeum vulgare* L. genotypes in terms of yield and its stability. *Žemės Ūkio Mokslai, Agricultural Sciences*. 2022. 29(1). P. 20–27.

244. Yan W., Mitchell-Fetch J., Beattie A., Nilsen K.T., Pageau D., DeHaan B., Hayes M., Mountain N., Cummiskey A., MacEachern D. Oat mega-environments in Canada. *Crop Science*. 2021. 61(2). P. 1141–1153.
245. Bustos-Korts D., Malosetti M., Chenu K., Chapman S., Boer M.P., Zheng B., van Eeuwijk F.A. From QTLs to adaptation landscapes: Using genotype-to-phenotype models to characterize G×E over time. *Frontiers in Plant Science*. 2019. 10. 1540.
246. Ceccarelli S. Wide adaptation. How wide? *Euphytica*. 1989. 40(3). P. 197–205.
247. Hudzenko V., Tsentylo L., Demydov O., Khudolii L., Buniak N., Fedorenko I., Fedorenko M., Kozelets H., Syplyva N., Lashuk S., Gaidai A., Petrenko V., Rybalko Y., Suddenko Y. GGE biplot elucidation of spring barley yield performance under multivarious conditions of Ukraine. *Romanian agricultural research*. 2023. No. 40. P. 177–188. DOI: doi.org/10.59665/rar4017.
248. Han Y-y, Wang K-y, Liu Z-q, Pan S-h, Zhao X-y, Zhang Q., Wang S-f. Research on hybrid crop breeding information management system based on combining ability analysis. *Sustainability*. 2020. 12(12). 4938. <https://doi.org/10.3390/su12124938>.
249. Bouchetat F., Aissat A. Evaluation of the genetic determinism of an F₁ generation of barley resulting from a complete diallel cross between autochthones and introduced cultivars, *Heliyon*. 2019. Vol. 5. Issue 11. e02744. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02744>.
250. Akgun N., Topal A. Regression analysis of grain weight per plant in barley crosses. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2011. Vol.17. N.6. P. 773–776.
251. Dyulgerov N., Dyulgerova B. Variability, heritability, and correlations among grain yield and related traits in hulless barley accessions. *Trakia Journal of Sciences*. 2020. Vol. 18. № 4. P. 285–293. doi:10.15547/tjs.2020.04.002
252. Yadav S. K., Singh A. K., Pandey P., Singh S. Genetic variability and direct selection criterion for seed yield in segregating generations of Barley (*Hordeum vulgare* L.). *American Journal of Plant Sciences*. 2015. 6. P. 1543–1549. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.69153>

253. Aghamiri S., Mostafavi K., Mohammadi A. Genetic study of agronomic traits in barley based diallel cross analysis. *Adv. Environ. Biol.* 2012. 6. P. 62–68.
254. Varzaru S., Ciulca S. Analysis of gene effects for grains traits in winter barley. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology.* 2013. Vol. 17(2). P. 299–302.
255. Компанець К. В., Козаченко М. Р. Успадкування продуктивності та її структурних елементів у F_1 гібридів ячменю ярого. *Генетичні ресурси рослин.* 2017. № 20. С. 43–55.
256. Zymogliad O.V., Kozachenko M. R., Vasko N. I., Solonechnyi P. M., Vazhenina O. E., Naumov O. G. Performance inheritance and combining ability of spring barley accessions. *Селекція і насінництво.* 2021. Вип. 119. С. 106–116. doi: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237026>
257. Johnson G. F., Whittington W. J. Inheritance of yield components and yield in relation to evidence for heterosis in F_1 barley hybrids. *Euphytica.* 1978. 27. P. 587–591. <https://doi.org/10.1007/BF00043186>
258. Лисенко А. А., Гудзенко В. М. Комбінаційна здатність та успадкування пов'язаних з урожайністю ознак в F_1 ячменю озимого в умовах Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection.* 2023. 18(4). P. 251–261. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.4.2022.273986>
259. Кузьменко Є. А., Хоменко С. О., Федоренко М. В. Ступінь фенотипового домінування ознак продуктивності у гібридів першого покоління пшениці твердої ярої. *Миронівський вісник.* 2018. Вип. 7. С. 54–67.
260. Тромсюк В. Д., Бугайов В. Д. Прояв трансгресії за основними кількісними ознаками продуктивності тритикале озимого в гібридних популяціях F_2 . *Вісник Уманського національного університету садівництва.* 2021. №1. С.3–7. doi: 10.31395/2310-0478-2021-1-3-7.
261. Дубовик Н. С., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Вологдіна Г. Б. Успадкування елементів продуктивності та їх трансгресивна мінливість у гібридів пшениці м'якої озимої, створених схрещуванням сортів-носіїв

- пшенично-житніх транслокацій. Миронівський вісник. 2018. Вип. 7. С. 26–38.
262. Воскресенская Г. С. Шпота В. И. Трангрессия признаков Brassica и методика количественного учета этого явления. Доклады ВАСХНИЛ. 1967. № 7. С. 18–20.
263. Буняк Н. М. Ступінь фенотипового домінування кількісних ознак у гібридних популяцій F₁ голозерного ячменю. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 127–133. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.20>
264. Свідоцтво про авторство на сорт рослини № 210748. Ячмінь звичайний (ярий) Світоч Носівський / Сардак М. О, Сардак М. І., Буняк Н. М., Буняк Н. Мих., Дворська С. В.; Заявка № 19020004.
265. Свідоцтво про авторство на сорт рослини № 220526 Ячмінь звичайний (ярий) голозерний Носівчанин / Сардак М. О, Сардак М. І., Буняк Н. М., Буняк Н. Мих., Дворська С. В.; Заявка № 20020019.

ДОДАТКИ

Додаток А.1



**НОСІВСЬКА СЕЛЕКЦІЙНО-ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ
МИРОНІВСЬКОГО ІНСТИТУТУ ПШЕНИЦІ ІМЕНІ В.М. РЕМЕСЛА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК**
вул. Миру, 1, с. Дослідне, Ніжинського району, Чернігівської області, 17131
Тел. (04642) 3-30-19, 3-30-16, 0674600753
E-mail: sds11@ukr.net www.nosivkasds.at.ua Код ЄДРПОУ 14244013

15.09.2023 р. № 327

Довідка

Видана науковому співробітнику лабораторії селекції зернових культур Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла НААН України Буняк Наталії Михайлівні про те, що виділені нею за час виконання дисертаційних досліджень з колекційних зразків джерела цінних ознак ячменю ярого голозерного:

- за елементами продуктивності: CDC Gainer, CDC Clear, CDC Lophy-1; CDC ExPlus, CDC Freedom;
- за стійкістю до збудників листових хвороб: CDC McGwire;

передані для подальшого вивчення та залучені в наукові програми лабораторії селекції зернових культур Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла НААН України.

Довідка видана для подання по місцю захисту дисертації.

Директор

Завідувач лабораторії селекції
зернових культур,
канд. с.-г. наук



Natalia Bunyak
Наталія БУНЯК

Nikola Sardak
Микола САРДАК

Додаток А.2

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА
КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

81115, с. Оброшине,
вул. Грушевського, 5
Львівський р-н.,
Львівська обл., Україна
Тел/факс (032) 227-97-99, 227-97-33
e-mail: inagrokarpat@isgkr.com.ua



NATIONAL ACADEMY
OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE
OF AGRICULTURE
OF CARPATHIAN REGION

81115, Obroshyne village,
Hrushevskoho Street, 5
Lviv distr.,
Lviv reg., Ukraine
Tel/fax (032) 302-82-65, 227-97-33
e-mail: inagrokarpat@isgkr.com.ua

КОДИ: ЗКПО: 00496952, СПАТО: 4623684901, СПОДУ: 3144, ЗКНГ: 95120,19400, КВЕД: 72.19, 18.12, КОПФ: 410, КВФ: 31
Банківські реквізити – ЗКПО 00496952, , рахунок UA648201720343191001200002576, ДКСУ м.Київ Індивідуальний податковий
№ 004969513259, свідоцтво № 100349673

Від 3 жовтня 2023 р. № 468
На № _____

Довідка

00000424

Видана науковому співробітнику лабораторії селекції зернових культур Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України Буняк Наталії Михайлівні про те, що створені нею за час виконання дисертаційних досліджень гібридні форми F_2 ячменю ярого голозерного: Alamo / CDC ExPlus, Roseland / Alamo, Alamo / Натаір, Козацький / Alamo, Alamo / Козацький, CDC Gainer / CDC ExPlus передані для подальшого вивчення та залучені в наукові програми відділу селекції і насінництва сільськогосподарських культур Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України.

Довідка видана для подання по місцю захисту дисертації.

Директор інституту



Олег СТАСІВ

Додаток Б.1



Додаток Б.2



Міністерство аграрної політики та продовольства України

СВІДОЦТВО

№220526

про авторство на сорт рослини

Носівчанин
назва сорту

Ячмінь звичайний (ярий)
Hordeum vulgare L.
ботанічний таксон

Заявка № **20020019**

Автор(и):

Сардак Микола Олексійович	Сардак Марія Іванівна
Буняк Наталія Миколаївна	Буняк Наталія Михайлівна
Дворська Світлана	Сизенко Олена Євгенівна
Володимирівна	

Директор Департаменту
аграрного розвитку


Ігор ВІШТАК

Додаток Б.3



НОСІВСЬКА СЕЛЕКЦІЙНО-ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ
МИРОНІВСЬКОГО ІНСТИТУТУ ПШЕНИЦІ ІМЕНІ В.М. РЕМЕСЛА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК
 вул. Миру, 1, с. Дослідне, Ніжинського району, Чернігівської області, 17131
 Тел. (04642) 3-30-19, 3-30-16, 0674600753
 E-mail: sds11@ukr.net www.nosivkasds.at.ua Код ЄДРПОУ 14244013

11.09.2023 р. № 337

ДОВІДКА

Видана науковому співробітнику лабораторії селекції зернових культур Буняк Наталії Михайлівні про те, що вона є одним з авторів сортів ячменю звичайного (ярого) з дольовою часткою 15 %, які передані на кваліфікаційну експертизу в Український інститут експертизи сортів рослин у 2019, 2020, 2022 роках:

- Світоч Носівський – заявка на державну реєстрацію № 19020004 від 22.11.2019 р.;
- Носівчанин - заявка на державну реєстрацію № 20020019 від 26.11.2020 р.;
- Диво Носівщини - заявка на державну реєстрацію № 22020012 від 23.11.2022 р.;
- Губернаторський - заявка на державну реєстрацію № 22020013 від 23.11.2022 р.

Директор Носівської СДС
 МІП ім. В.М. Ремесла НААН,
 канд. екон. наук

 Наталія БУНЯК

Завідувач лабораторії
 селекції зернових культур
 канд. с.-г. наук

 Микола САРДАК



Додаток В.1

Параметри кількості продуктивних стебел колекційних зразків ячменю ярого,
(2020–2022 рр.)

Шифр	Країна походження	Назва сорту / зразка	Параметри					
			x	b _i	Si ²	Ном2	σ	V, %
G1	UKR	Взірець – St	3,9	0,9	0,4	2,5	1,5	37,9
G2	UKR	Стимул	3,9	1,0	0,2	2,5	1,5	38,7
G3	UKR	Контраст	4,1	1,1	0,2	1,9	1,7	42,1
G4	UKR	Шедевр	2,9	0,8	0,2	2,0	1,2	41,8
G5	UKR	Гарант Преміум	4,2	1,1	0,2	2,2	1,7	41,8
G6	UKR	Беркут	3,6	1,0	0,4	1,7	1,6	45,7
G7	UKR	Аміл	2,9	0,6	0,4	2,1	1,1	39,8
G8	UKR	Діантус	3,6	1,1	0,2	1,7	1,7	46,5
G9	UKR	Красень	4,3	1,3	0,4	1,6	2,1	47,8
G10	UKR	Ли-1110	4,1	1,0	0,0	2,7	1,6	38,3
G11	UKR	Ли-1114	3,6	1,0	0,2	2,1	1,6	43,1
G12	UKR	Ли-1120	3,7	0,7	0,1	4,0	1,1	31,0
G13	UKR	Ли-1059	3,5	0,9	0,2	2,2	1,4	41,2
G14	UKR	Ли-1064	4,0	1,2	0,2	1,5	1,9	46,7
G15	UKR	Ли-1078	3,6	0,9	0,1	2,7	1,4	39,6
G16	UKR	Ли-1089	4,0	1,1	0,2	2,3	1,7	43,2
G17	UKR	Ли-1091	3,7	1,1	0,5	1,3	1,8	49,5
G18	UKR	Ли-1096	3,9	1,2	0,0	1,8	1,8	46,0
G19	SRB	Polygena	4,1	1,0	0,5	2,2	1,6	38,6
G20	SRB	Trebon	3,9	1,1	0,2	2,0	1,7	43,8
G21	KAZ	Тобол	3,5	0,9	0,2	2,0	1,5	41,8
G22	KAZ	Великан	3,5	0,9	0,2	2,3	1,4	40,2
G23	KAZ	Монолит	3,6	0,9	0,4	2,1	1,5	41,1
G24	KAZ	Ранний	3,9	1,1	0,2	1,8	1,7	44,3
G25	KAZ	Карабаликский 85	3,7	1,0	0,2	2,4	1,5	40,5
G26	KAZ	Целинный голоз.	3,3	0,7	0,2	3,1	1,2	35,9
G27	CZE	Arthur	3,6	1,0	0,3	1,8	1,6	45,9
G28	CZE	Danielle	3,5	0,9	0,3	2,3	1,4	39,2
G29	CZE	Inari	3,7	0,9	0,2	2,5	1,4	37,9
G30	CZE	Shuffle	4,0	1,0	0,5	1,8	1,7	42,5
G31	CAN	Gateway	3,2	1,2	0,4	1,1	1,9	58,2
G32	CAN	Husky	2,6	0,7	0,2	1,7	1,2	45,7
G33	CAN	Trail	2,4	0,6	0,2	2,0	1,1	44,4
G34	CAN	CDC Hilose	4,0	1,3	0,2	1,7	2,0	49,2
G35	CAN	Roseland	3,8	1,1	0,3	1,7	1,8	47,2
G36	CAN	CDC ExPlus	4,1	1,3	0,2	1,7	2,0	48,7
G37	CAN	CDC Gainer	3,9	1,0	0,5	1,8	1,7	42,5
G38	CAN	CDC Freedom	3,8	1,0	0,1	2,5	1,6	40,5
G39	CAN	Lico	2,7	0,8	1,3	0,9	1,6	60,3
G40	CAN	Erie	3,2	0,7	0,1	3,4	1,1	33,5
G41	CAN	CDC Clear	4,0	1,1	0,2	1,9	1,7	42,9
G42	CAN	CDC Lophy-1	3,8	1,1	0,1	1,8	1,8	46,3
G43	CAN	CDC McGwire	3,6	1,2	0,5	1,2	1,9	53,5
G44	AUS	Clipper	4,0	1,3	0,0	1,6	2,0	50,2
σ			0,4	0,2	0,2	0,6	0,3	5,6

Додаток В.2

Параметри довжини головного колоса колекційних зразків ячменю ярого,
(2020–2022 рр.)

Шифр	Країна поход-	Назва сорту / зразка	Параметри					
			x	b _i	Si ²	Hom2	σ	V, %
G1	UKR	Взірець – St	8,1	0,9	0,2	25,3	0,9	10,6
G2	UKR	Стимул	9,2	0,8	0,4	35,2	0,9	9,7
G3	UKR	Контраст	7,3	0,8	0,3	25,9	0,8	11,3
G4	UKR	Шедевр	6,5	1,0	0,2	17,7	0,9	13,7
G5	UKR	Гарант Преміум	7,4	1,0	0,3	19,4	1,0	13,4
G6	UKR	Беркут	8,2	0,9	0,1	31,3	0,8	10,0
G7	UKR	Аміл	6,8	0,8	0,1	33,5	0,7	10,6
G8	UKR	Діантус	7,3	1,2	0,3	19,3	1,1	14,8
G9	UKR	Красень	7,9	1,4	0,4	12,9	1,3	16,7
G10	UKR	Ли-1110	7,7	1,2	0,4	18,7	1,2	15,2
G11	UKR	Ли-1114	8,0	1,1	0,4	17,1	1,1	13,8
G12	UKR	Ли-1120	8,4	0,5	0,1	101,0	0,5	6,0
G13	UKR	Ли-1059	8,3	0,7	0,2	45,4	0,7	8,2
G14	UKR	Ли-1064	7,8	1,0	0,5	17,9	1,1	13,6
G15	UKR	Ли-1078	8,9	0,7	0,2	43,2	0,7	8,2
G16	UKR	Ли-1089	8,0	1,0	0,3	28,6	1,0	12,0
G17	UKR	Ли-1091	8,5	0,6	0,4	39,4	0,8	9,0
G18	UKR	Ли-1096	8,8	0,6	0,2	54,5	0,7	7,4
G19	SRB	Polygena	7,4	1,1	0,2	20,1	1,0	13,3
G20	SRB	Trebon	8,0	1,0	0,2	24,9	0,9	11,8
G21	KAZ	Тобол	8,3	1,4	0,6	11,3	1,3	16,3
G22	KAZ	Великан	9,3	0,6	0,3	55,5	0,7	7,6
G23	KAZ	Монолит	8,6	1,6	0,2	15,7	1,4	15,7
G24	KAZ	Ранний	8,7	0,9	0,3	33,7	0,9	10,3
G25	KAZ	Карабаликский 85	8,8	0,9	0,1	39,2	0,8	9,4
G26	KAZ	Целинный голоз.	7,9	1,5	0,2	14,0	1,3	16,1
G27	CZE	Arthur	8,7	0,9	1,3	15,1	1,3	15,0
G28	CZE	Danielle	8,2	0,7	0,2	37,4	0,7	9,0
G29	CZE	Inari	8,9	0,6	0,4	45,7	0,8	8,6
G30	CZE	Shuffle	9,0	1,0	0,4	23,6	1,0	11,3
G31	CAN	Gateway	7,3	1,9	0,2	6,7	1,6	22,1
G32	CAN	Husky	7,4	1,0	0,3	16,8	1,0	13,4
G33	CAN	Trail	7,0	1,1	0,1	15,5	1,0	14,0
G34	CAN	CDC Hilose	8,7	1,2	0,5	20,6	1,2	13,8
G35	CAN	Roseland	8,5	0,9	1,4	15,3	1,3	15,3
G36	CAN	CDC ExPlus	8,6	1,4	0,3	15,6	1,2	14,4
G37	CAN	CDC Gainer	9,2	0,8	0,2	47,7	0,7	8,0
G38	CAN	CDC Freedom	8,1	0,9	0,6	25,5	1,0	12,8
G39	CAN	Lico	6,8	1,1	0,4	14,1	1,0	15,5
G40	CAN	Erie	9,5	1,7	0,3	13,3	1,5	15,6
G41	CAN	CDC Clear	10,0	1,0	0,5	28,8	1,0	10,5
G42	CAN	CDC Lophy-1	9,2	1,2	0,2	25,3	1,1	11,6
G43	CAN	CDC McGwire	8,7	1,0	0,5	22,0	1,0	12,0
G44	AUS	Clipper	5,3	0,4	0,7	10,2	0,9	16,8
σ			0,9	0,3	0,3	16,7	0,2	3,3

Додаток В.3

Параметри кількості зерен у головному колосі колекційних зразків ячменю ярого,
(2020–2022 рр.)

Шифр	Країна поход-	Назва сорту / зразка	Параметри					
			x	b _i	Si ²	Hom2	σ	V, %
G1	UKR	Взірець – St	22,3	0,8	1,3	31,2	2,3	10,2
G2	UKR	Стимул	24,2	0,8	4,0	24,3	2,7	11,3
G3	UKR	Контраст	17,6	0,6	3,0	27,3	2,1	12,1
G4	UKR	Шедевр	41,9	2,0	11,4	18,0	5,8	13,9
G5	UKR	Гарант Преміум	17,8	0,7	5,1	15,5	2,7	15,3
G6	UKR	Беркут	20,8	0,8	2,2	29,9	2,4	11,4
G7	UKR	Аміл	41,7	1,9	8,9	22,1	5,3	12,8
G8	UKR	Діантус	22,5	0,8	1,5	37,5	2,3	10,3
G9	UKR	Красень	20,8	0,5	6,1	23,7	2,6	12,5
G10	UKR	Ли-1110	20,2	1,0	3,1	17,9	2,9	14,2
G11	UKR	Ли-1114	20,8	0,9	4,4	18,3	2,9	14,0
G12	UKR	Ли-1120	22,5	0,7	2,7	36,1	2,2	9,9
G13	UKR	Ли-1059	21,4	0,6	0,3	65,8	1,5	7,1
G14	UKR	Ли-1064	22,5	1,1	2,5	18,9	3,1	13,8
G15	UKR	Ли-1078	19,9	0,9	6,2	11,8	3,2	15,8
G16	UKR	Ли-1089	21,6	0,5	3,5	38,0	2,1	9,6
G17	UKR	Ли-1091	22,2	0,3	1,3	90,0	1,2	5,6
G18	UKR	Ли-1096	22,6	0,4	1,4	86,7	1,5	6,5
G19	SRB	Polygena	21,1	1,3	5,5	10,8	3,9	18,6
G20	SRB	Trebon	21,8	0,8	7,8	13,3	3,3	15,1
G21	KAZ	Тобол	22,1	1,4	6,4	10,4	4,1	18,6
G22	KAZ	Великан	23,1	0,4	1,4	90,1	1,5	6,4
G23	KAZ	Монолит	23,0	1,0	3,5	19,4	3,1	13,3
G24	KAZ	Ранний	22,9	0,6	3,0	44,3	2,2	9,6
G25	KAZ	Карабаликский 85	20,2	0,9	6,0	12,5	3,1	15,4
G26	KAZ	Целинный голоз.	23,7	0,8	0,4	47,8	1,9	8,2
G27	CZE	Arthur	23,1	0,9	6,3	19,3	3,3	14,1
G28	CZE	Danielle	24,5	0,6	2,9	44,1	2,2	9,1
G29	CZE	Inari	24,1	0,8	8,6	16,8	3,4	14,0
G30	CZE	Shuffle	25,3	0,7	1,2	46,5	2,1	8,2
G31	CAN	Gateway	41,6	2,3	26,1	10,7	7,3	17,6
G32	CAN	Husky	43,8	3,1	48,7	6,9	9,9	22,7
G33	CAN	Trail	50,7	2,3	26,6	18,7	7,3	14,3
G34	CAN	CDC Hilose	25,8	1,0	1,8	28,2	2,7	10,4
G35	CAN	Roseland	25,4	1,2	5,0	18,1	3,5	14,0
G36	CAN	CDC ExPlus	25,3	1,1	1,0	32,0	2,7	10,8
G37	CAN	CDC Gainer	26,2	0,6	3,4	45,6	2,3	8,7
G38	CAN	CDC Freedom	23,0	0,8	5,5	19,6	2,9	12,7
G39	CAN	Lico	45,6	2,0	24,8	14,5	6,6	14,6
G40	CAN	Erie	24,1	1,1	1,4	27,5	2,8	11,5
G41	CAN	CDC Clear	24,8	1,3	12,1	10,9	4,5	18,3
G42	CAN	CDC Lophy-1	26,0	0,6	1,9	50,9	1,9	7,5
G43	CAN	CDC McGwire	25,3	0,9	8,3	15,0	3,5	13,7
G44	AUS	Clipper	15,1	0,1	7,1	10,5	2,5	16,6
σ			8,0	0,6	9,0	21,0	1,8	3,7

Додаток В.4

Параметри маси зерна з головного колоса колекційних зразків ячменю ярого,
(2020–2022 рр.)

Шифр	Країна поход-	Назва сорту / зразка	Параметри					
			x	b _i	Si ²	Hom2	σ	V, %
G1	UKR	Взірець – St	1,06	1,05	0,01	7,5	0,2	21,7
G2	UKR	Стимул	1,16	0,91	0,01	12,7	0,2	17,8
G3	UKR	Контраст	0,75	0,80	0,01	6,5	0,2	23,8
G4	UKR	Шедевр	1,76	2,13	0,03	4,9	0,4	25,5
G5	UKR	Гарант Преміум	0,90	0,57	0,01	13,2	0,2	16,6
G6	UKR	Беркут	0,99	0,80	0,01	9,2	0,2	18,3
G7	UKR	Аміл	1,62	2,10	0,06	3,1	0,5	29,4
G8	UKR	Діантус	1,02	0,74	0,01	11,3	0,2	16,9
G9	UKR	Красень	0,98	0,45	0,01	17,7	0,1	13,1
G10	UKR	Ли-1110	1,10	1,06	0,02	6,1	0,2	21,8
G11	UKR	Ли-1114	1,07	0,64	0,01	11,1	0,2	15,4
G12	UKR	Ли-1120	1,07	0,73	0,00	18,3	0,2	14,8
G13	UKR	Ли-1059	1,17	0,75	0,01	13,6	0,2	15,2
G14	UKR	Ли-1064	1,09	0,53	0,01	24,0	0,1	11,9
G15	UKR	Ли-1078	1,03	1,18	0,01	5,4	0,2	23,8
G16	UKR	Ли-1089	0,97	0,51	0,01	20,1	0,1	13,1
G17	UKR	Ли-1091	1,08	0,38	0,02	18,5	0,1	13,1
G18	UKR	Ли-1096	1,13	0,57	0,00	27,3	0,1	10,7
G19	SRB	Polygena	0,85	1,07	0,02	4,0	0,3	29,6
G20	SRB	Trebon	0,98	0,87	0,00	8,6	0,2	18,7
G21	KAZ	Тобол	0,98	1,20	0,01	4,8	0,3	26,6
G22	KAZ	Великан	1,18	0,96	0,03	7,2	0,3	21,3
G23	KAZ	Монолит	1,15	0,72	0,01	13,9	0,2	15,5
G24	KAZ	Ранний	1,15	0,84	0,01	13,9	0,2	15,6
G25	KAZ	Карабаликский 85	0,95	1,01	0,01	6,0	0,2	23,8
G26	KAZ	Целинный голоз.	1,03	1,01	0,01	6,6	0,2	22,2
G27	CZE	Arthur	1,15	1,00	0,03	6,3	0,3	22,7
G28	CZE	Danielle	1,23	1,04	0,02	7,7	0,2	19,4
G29	CZE	Inari	1,24	1,42	0,05	3,5	0,4	28,5
G30	CZE	Shuffle	1,33	0,77	0,02	16,2	0,2	14,6
G31	CAN	Gateway	1,61	-0,44	0,14	6,2	0,4	22,7
G32	CAN	Husky	1,50	2,59	0,05	2,1	0,6	37,2
G33	CAN	Trail	1,90	1,45	0,04	11,2	0,3	17,8
G34	CAN	CDC Hilose	0,99	1,32	0,01	4,0	0,3	28,3
G35	CAN	Roseland	0,99	1,30	0,02	3,9	0,3	29,6
G36	CAN	CDC ExPlus	1,06	1,07	0,01	8,7	0,2	21,3
G37	CAN	CDC Gainer	1,08	0,52	0,01	20,7	0,1	13,3
G38	CAN	CDC Freedom	0,96	0,92	0,01	8,5	0,2	20,2
G39	CAN	Lico	1,78	2,05	0,17	3,0	0,6	31,5
G40	CAN	Erie	1,08	0,92	0,01	9,0	0,2	18,9
G41	CAN	CDC Clear	1,19	1,60	0,03	3,6	0,4	30,0
G42	CAN	CDC Lophy-1	1,06	1,67	0,01	2,9	0,3	32,1
G43	CAN	CDC McGwire	1,02	1,25	0,01	4,6	0,3	26,0
G44	AUS	Clipper	0,74	-0,03	0,01	22,2	0,1	11,1
σ			0,26	0,55	0,03	6,4	0,1	6,5

Додаток В.5

Параметри маси 1000 зерен з рослини колекційних зразків ячменю ярого,
(2020–2022 рр.)

Шифр	Країна поход-	Назва сорту / зразка	Параметри					
			x	b _i	Si ²	Hom2	σ	V, %
G1	UKR	Взірець – St	44,9	1,9	8,0	8,4	8,7	19,5
G2	UKR	Стимул	48,0	0,9	31,6	16,5	6,5	13,6
G3	UKR	Контраст	42,7	1,0	16,6	16,5	5,9	13,8
G4	UKR	Шедевр	41,7	1,0	1,9	26,2	4,6	10,9
G5	UKR	Гарант Преміум	51,9	0,5	18,2	36,1	4,6	8,8
G6	UKR	Беркут	47,7	1,1	24,0	14,6	6,7	14,0
G7	UKR	Аміл	40,3	0,9	16,7	15,7	5,5	13,8
G8	UKR	Діантус	44,6	0,9	6,1	27,8	4,6	10,3
G9	UKR	Красень	45,8	0,9	3,3	35,6	4,2	9,2
G10	UKR	Ли-1110	53,7	1,2	12,6	21,6	6,4	11,9
G11	UKR	Ли-1114	50,5	0,9	22,4	20,5	6,1	12,1
G12	UKR	Ли-1120	47,8	1,0	4,4	33,5	4,7	9,9
G13	UKR	Ли-1059	53,8	1,0	8,2	36,2	5,1	9,5
G14	UKR	Ли-1064	47,3	0,4	9,0	67,5	3,3	7,0
G15	UKR	Ли-1078	51,9	0,7	6,9	48,8	4,0	7,7
G16	UKR	Ли-1089	44,4	1,0	17,1	21,8	5,8	13,2
G17	UKR	Ли-1091	47,8	0,5	18,3	31,4	4,5	9,4
G18	UKR	Ли-1096	50,3	0,8	6,6	40,9	4,5	8,9
G19	SRB	Polygena	39,4	1,0	17,5	13,8	5,8	14,9
G20	SRB	Trebon	43,7	0,8	2,5	44,7	4,0	9,2
G21	KAZ	Тобол	44,3	0,9	7,6	29,4	4,7	10,6
G22	KAZ	Великан	50,5	1,5	31,0	11,2	8,5	16,8
G23	KAZ	Монолит	48,3	0,8	14,9	27,9	5,0	10,4
G24	KAZ	Ранний	50,0	1,1	7,3	31,2	5,7	11,3
G25	KAZ	Карабаликский 85	46,8	0,8	12,3	30,9	4,8	10,2
G26	KAZ	Целинный голоз.	42,3	1,3	15,9	12,1	6,8	16,1
G27	CZE	Arthur	47,9	1,2	15,4	18,1	6,7	13,9
G28	CZE	Danielle	49,0	1,4	6,2	17,8	6,6	13,4
G29	CZE	Inari	49,6	1,6	30,3	8,8	8,7	17,6
G30	CZE	Shuffle	50,7	1,1	18,0	20,6	6,5	12,8
G31	CAN	Gateway	45,0	0,4	17,3	38,1	4,3	9,6
G32	CAN	Husky	36,1	1,0	8,4	14,3	5,2	14,4
G33	CAN	Trail	37,5	0,8	7,8	22,9	4,5	11,9
G34	CAN	CDC Hilose	38,1	1,2	15,2	11,3	6,5	17,2
G35	CAN	Roseland	38,5	1,3	30,8	8,1	7,9	20,5
G36	CAN	CDC ExPlus	41,0	0,9	13,1	23,8	5,1	12,5
G37	CAN	CDC Gainer	40,7	0,6	12,4	32,8	4,2	10,2
G38	CAN	CDC Freedom	40,1	1,1	4,5	23,9	5,2	12,9
G39	CAN	Lico	42,7	1,4	10,5	14,0	6,9	16,3
G40	CAN	Erie	44,2	0,9	6,6	28,7	4,5	10,3
G41	CAN	CDC Clear	46,5	1,3	11,7	17,0	6,6	14,3
G42	CAN	CDC Lophy-1	40,7	1,9	25,7	5,9	9,7	23,8
G43	CAN	CDC McGwire	39,2	1,3	18,8	9,7	7,1	18,1
G44	AUS	Clipper	48,8	0,1	5,2	151,1	2,2	4,6
σ			4,6	0,4	8,1	22,9	1,5	3,8

Додаток В.6

Параметри маси зерна з рослин колекційних зразків ячменю ярого,
(2020–2022 рр.)

Шифр	Країна поход-	Назва сорту / зразка	Параметри					
			x	b _i	Si ²	Ном2	σ	V, %
G1	UKR	Взірець – St	3,6	0,9	0,5	1,2	2,0	54,9
G2	UKR	Стимул	3,9	1,0	0,5	1,2	2,2	56,2
G3	UKR	Контраст	2,9	0,9	0,1	0,9	1,8	62,4
G4	UKR	Шедевр	4,7	1,4	0,9	0,9	2,9	62,6
G5	UKR	Гарант Преміум	3,4	0,9	0,3	1,4	1,8	53,2
G6	UKR	Беркут	3,2	0,9	0,2	1,2	1,8	56,5
G7	UKR	Аміл	4,2	0,9	2,1	1,1	2,3	54,7
G8	UKR	Діантус	3,2	0,9	0,1	1,0	1,9	58,6
G9	UKR	Красень	3,8	0,9	0,2	1,4	2,0	52,1
G10	UKR	Ли-1110	4,1	1,2	0,1	1,1	2,4	58,7
G11	UKR	Ли-1114	3,5	1,0	0,2	1,1	2,0	57,7
G12	UKR	Ли-1120	3,5	0,8	0,2	1,7	1,6	46,4
G13	UKR	Ли-1059	3,9	1,0	0,2	1,1	2,2	57,0
G14	UKR	Ли-1064	4,0	1,1	0,3	1,0	2,4	60,4
G15	UKR	Ли-1078	3,6	1,0	0,3	1,0	2,2	60,9
G16	UKR	Ли-1089	3,4	0,9	0,1	1,2	1,9	56,8
G17	UKR	Ли-1091	3,7	1,1	1,2	0,7	2,4	66,9
G18	UKR	Ли-1096	4,0	1,0	0,1	1,2	2,2	54,6
G19	SRB	Polygena	3,0	0,8	0,2	1,1	1,7	57,9
G20	SRB	Trebon	3,5	0,9	0,3	1,0	2,0	58,2
G21	KAZ	Тобол	3,2	1,0	0,2	0,9	2,1	64,0
G22	KAZ	Великан	3,6	0,9	0,4	1,1	2,0	55,4
G23	KAZ	Монолит	3,6	0,9	0,3	1,4	1,9	52,0
G24	KAZ	Ранний	4,0	1,1	0,3	1,0	2,3	58,4
G25	KAZ	Карабаликский 85	3,1	0,8	0,6	1,0	1,8	59,6
G26	KAZ	Целинный голоз.	3,1	0,9	0,7	0,8	2,0	66,0
G27	CZE	Arthur	3,6	1,0	0,7	0,9	2,2	63,0
G28	CZE	Danielle	3,8	1,0	0,5	1,3	2,1	54,2
G29	CZE	Inari	4,1	1,0	0,4	1,2	2,2	54,6
G30	CZE	Shuffle	4,6	1,4	1,8	0,7	3,1	67,1
G31	CAN	Gateway	4,0	1,0	0,4	1,2	2,1	53,1
G32	CAN	Husky	3,6	1,1	1,2	0,7	2,5	71,1
G33	CAN	Trail	4,0	1,0	0,9	1,0	2,3	58,3
G34	CAN	CDC Hilose	3,5	1,2	0,3	0,7	2,5	71,6
G35	CAN	Roseland	3,4	1,1	0,2	0,8	2,4	71,3
G36	CAN	CDC ExPlus	3,9	1,2	0,1	1,0	2,5	63,4
G37	CAN	CDC Gainer	3,8	1,0	0,7	0,9	2,2	59,0
G38	CAN	CDC Freedom	3,3	0,9	0,3	1,2	1,9	58,7
G39	CAN	Lico	3,8	1,0	0,6	1,0	2,2	57,3
G40	CAN	Erie	3,1	0,7	0,3	1,4	1,6	51,2
G41	CAN	CDC Clear	4,1	1,3	0,9	0,7	2,9	70,5
G42	CAN	CDC Lophy-1	3,5	1,2	0,3	0,7	2,5	70,3
G43	CAN	CDC McGwire	3,4	1,1	0,8	0,7	2,4	71,9
G44	AUS	Clipper	2,6	0,6	0,0	1,6	1,3	49,8
σ			0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	6,4

Додаток Г

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Буняк Н. М. Ступінь фенотипового домінування кількісних ознак у гібридних популяцій F₁ голозерного ячменю. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 127–133. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.20>
2. Буняк Н. М. Оцінка колекційних зразків ячменю ярого за комплексом цінних господарських ознак в умовах Носівської селекційно-дослідної станції. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. №1. С. 7–17. DOI <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-1-7-17>

Стаття в науковому виданні, що індексується в Scopus та Web of Science

3. Hudzenko V. M., **Buniak N. M.**, Tsentylo L. V., Demydov O. A., Fedorenko I. V., Fedorenko M. V., Ishchenko V. A., Kozelets H. M., Khudolii L. V., Lashuk S. O., & Syplyva N. O. Evaluation of grain yield performance and its stability in various spring barley accessions under condition of different agroclimatic zones of Ukraine. *Biosystems Diversity*. 2022. Vol. 30, Iss. 4. P. 406–422. DOI: <https://doi.org/10.15421/012240> (60 % авторства: проведення експерименту, обробка і аналіз даних, написання статті).

Стаття в іноземному науковому виданні, що індексується в Scopus та Web of Science

4. Hudzenko V., Tsentylo L., Demydov O., Khudolii L., **Buniak N.**, Fedorenko I., Fedorenko M., Kozelets H., Syplyva N., Lashuk S., Gaidai A., Petrenko V., Rybalko Y., Suddenko Y. GGE biplot elucidation of spring barley yield performance under multivarious conditions of Ukraine. *Romanian agricultural research*. 2023. No. 40. P. 177–188. DOI: doi.org/10.59665/rar4017. (40 % авторства: обробка і аналіз даних, написання статті).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

5. Буняк Н. М., Гудзенко В. М. Оцінювання зразків генофонду ячменю ярого за рівнем прояву врожайності в умовах різних природних зон України. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку: тези міжнародної науково-практичної конференції присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. - засновникам наукової школи з селекції і насінництва пшениці і картоплі та 100-річчю з часу заснування Агробіотехнологічного (Агрономічного) факультету.* (м. Біла Церква, 4, 5 березня 2021 р.). Біла Церква. С. 113–114. (70 % авторства: проведення експерименту, аналіз даних, написання тез).
6. Буняк Н. М. Селекційна цінність колекційних зразків ячменю ярого в умовах Носівської СДС МПП ім. В. М. Ремесла НААН України. *Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво): матеріали V-ї Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 110-річчю з дня народження видатного вченого, селекціонера, заслуженого працівника вищої школи, доктора сільськогосподарських наук, професора Зеленського Михайла Олексійовича (Київ, 24, 25 травня 2022 р.) / НУБІП України. 2022.* С. 46–48.
7. Буняк Н. М. Прояв висоти рослин колекційних зразків ячменю ярого в різних екологічних умовах. *«Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети»:* збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції. м. Одеса, 2023. С. 111–113.
8. Буняк Н. М. Рівень прояву продуктивної куцистості у колекційних зразків ячменю ярого в умовах Носівської селекційно-дослідної станції МПП ім. В. М. Ремесла НААН. *Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України:* збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої до Дня науки в Україні (м. Одеса, 18, 19 травня 2023 року). С. 95–97.

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації

9. Hudzenko V. M., Polishchuk T. P., Sardak M. O., **Buniak N. M.**, Ishchenko V. A. Multi-environment trials of spring barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) in the final stage of breeding process. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2019.Vol. 10, No. 4. P. 1435–1440. DOI:10.5958/0975-928X.2019.00183.2. (40 % авторства: обробка і аналіз даних, написання статті).
10. Hudzenko V., Polishchuk T., Demydov O., Sardak M., **Buniak N.**, Ishchenko V. Identification of Spring Barley Breeding Lines With Superior Yield Performance and Stability. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2020. Vol. 68, N.6. P. 947–958. DOI <https://doi.org/10.11118/actaun202068060947> (40 % авторства: обробка і аналіз даних, написання статті).

Свідоцтво про авторство на сорт рослин

11. Свідоцтво про авторство на сорт рослини №210748. Ячмінь звичайний (ярий) Світоч Носівський / Сардак М. О, Сардак М. І., Буняк Н. М., **Буняк Н. Мих.**, Дворська С. В.; Заявка № 19020004 (частка авторства 15 %: проведення селекційних досліджень, обробка результатів, узагальнення даних).
12. Свідоцтво про авторство на сорт рослини №220526. Ячмінь звичайний (ярий) голозерний Носівчанин / Сардак М. О, Сардак М. І., Буняк Н. М., **Буняк Н. Мих.**, Дворська С. В.; Заявка № 20020019 (частка авторства 15 %: проведення селекційних досліджень, обробка результатів, узагальнення даних).