

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

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

ПОЛІЩУК ТЕТЯНА ПЕТРІВНА

УДК 633.16«321»:[631.527+631.52]:[631.559+57.017](292.485:477.4)

**ДИСЕРТАЦІЯ**

СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ  
ПРОДУКТИВНОСТІ ТА АДАПТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО  
У ЦЕНТРАЛЬНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

201 – Агрономія

(Аграрні науки та продовольство)

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

\_\_\_\_\_ Т. П. Поліщук

Науковий керівник: Гудзенко Володимир Миколайович  
доктор сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник

## АНОТАЦІЯ

*Поліщук Т. П.* Селекційно-генетичні особливості підвищення продуктивності та адаптивності ячменю ярого у Центральному Лісостепу України. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

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.

У дисертації проаналізовано сучасні напрями досліджень та досягнення вітчизняних та зарубіжних дослідників з селекційно-генетичного дослідження ячменю ярого. Висвітлено питання щодо поглибленого дослідження та залучення в селекційний процес світового генофонду з метою підвищення продуктивності та адаптивності, реалізації генетичного потенціалу врожайності у взаємодії генотипу і середовища.

Наукова новизна та практичне значення результатів досліджень полягає у теоретичному узагальненні та практичному вирішенні важливої наукової проблеми щодо встановлення селекційно-генетичних особливостей підвищення продуктивності та адаптивності ячменю ярого у Центральному Лісостепу України шляхом виділення джерел цінних господарських ознак, визначення параметрів генетичної варіації, комбінаційної здатності, ступеня фенотипового домінування в системних схрещуваннях різних за походженням, напрямом використання та різновидностями батьківських компонентів, створення нового вихідного матеріалу та виведення на їх основі конкурентоздатних сортів ячменю ярого. Удосконалено методичні аспекти щодо оцінювання та добору за врожайністю і стабільністю, стійкістю до абіотичних і біотичних чинників ячменю ярого в різних ланках селекційного процесу з використанням сучасних графічних та статистичних моделей. Набули подальшого розвитку дослідження щодо виявлення селекційно-генетичних особливостей ячменю, оцінювання взаємодії генотип–середовище.

Визначено селекційну цінність колекційних зразків світового генофонду за рівнем прояву і стабільністю врожайності та її елементів структури, відносною посухостійкістю, стійкістю проти вилягання та до основних хвороб ячменю ярого. Зокрема, виокремлено на основі графічних (GGE biplot) та статистичних ( $Hom_i$ ,  $Sc_i$ ) моделей оцінювання взаємодії «генотип–середовище» нові генетичні джерела підвищеного продуктивного і адаптивного потенціалу: Смарагд, Крок, Аверс (UKR); Almonte (CAN), Vienna (AUT). За результатами лише графічного аналізу – зразки Skald, Kormoran і Suveren (POL), статистичного – Дар Носівщини (UKR). Для створення голозерних і шестирядних сортів відносно кращими (у межах груп) є голозерний зразок NSGJ-1 (SRB), шестирядні – Glacier AL. 38 (GBR) і AC Alma (CAN). Зазначено, що навіть виділені кращі за поєднанням врожайності та стабільності генотипи, відрізнялись за особливостями реакції на умови різних за погодними умовами років досліджень, що слід враховувати при залученні їх до схрещувань з метою створення нового вихідного матеріалу. Найбільш доцільним буде комбінований підхід до підбору батьківських компонентів як за різним походженням (еколого-географічний принцип), так і за взаємодоповнюючою реакцією на різні умови років досліджень.

Установлено різні особливості за часткою внеску у варіацію різних факторів (генотипу, середовища, взаємодії генотип–середовище) для кількісних ознак продуктивності. Запропоновано як нові генетичні джерела для поліпшення рівня прояву та відносної стабільності окремих елементів структури врожайності зразки: продуктивної кущистості – Тівер (UKR), Suveren (POL), Strier (POL), Jermina (GBR), Илек 16 (KAZ) (дворядні плівчасті); NSGJ-1 (SRB) (голозерний), Glacier AL.38, AC Maple (CAN) (шестирядні); маси 1000 зерен – Дар Носівщини (UKR), Святовіт (UKR), Смарагд (UKR), Victorianna (DEU), NSGJ-1 (SRB); озерненості колоса та її стабільності – дворядні плівчасті зразки Concerto (GBR), Almonte (CAN), Despina (DEU), Vienna (AUT), Сымбат (KAZ), КАЗСУФФЛЕ 1 (KAZ), дворядні голозерні зразки CDC Candle (CAN) та Millhouse (CAN); продуктивності рослини –

дворядні півчасті зразки Тівер (UKR), Дар Носівщини (UKR), Смарагд (UKR), Almonte (CAN), Skald (POL), Despina (DEU), голозерні зразки Millhouse (CAN) і Phoenix (CAN).

Виявлено сильну нелінійність рівня прояву окремих елементів структури врожайності у межах різних груп зразків. Таким чином, загальне формування врожайності було пов'язане з відносно різними внесками окремих елементів продуктивності за рахунок їх генетичної детермінації та здатності до компенсаторних ефектів залежно від генотипів і дії тих чи інших зовнішніх чинників. Встановлено, що для підвищення врожайності голозерні генотипи потребують значного поліпшення за масою 1000 зерен, у той час як шестирядні – за продуктивною кущистістю.

Виділено генетичні джерела стійкості до абіотичних та біотичних стресових чинників: вилягання – Concerto, Biatlon (GBR), Strief (DEU), Skarb (POL), Сыр-аруы (KAZ); борошнистої роси – Antigone, Concerto, Biatlon (GBR); Strief, Mastvinster, Despina (DEU); Арістей (UKR); сітчастої плямистості – CDC Cartel, AC Alma, AC Maple (CAN); темно-бурої плямистості – AC Alma, AC Westech, AC Vision (CAN); карликової іржі – Suveren (POL), Diplom (DEU), Concerto (GBR); Phoenix (CAN); Дар Носівщини (UKR). Носіями підвищеної відносної посухостійкості у ювенільний період є голозерні зразки CDC Cartel, AC Alberte, CDC Candle, Phoenix (CAN) і 4-15 (UKR).

Виявлені в діалельних схрещуваннях селекційно-генетичні особливості генотипів ячменю, які належать до півчастих і голозерних, остистих і безостих різновидностей, пивоварного, зернофуражного та харчового напрямів використання дають змогу оптимально комбінувати батьківські компоненти схрещувань та планувати проведення цілеспрямованого добору на збільшення кількісних ознак продуктивності ячменю ярого у створених гібридних популяціях.

Установлено суттєві відмінності за показником ступеня фенотипового домінування, залежно від досліджених елементів структури врожайності, умов року та схем схрещувань. Виділено гібридні комбінації, які у контрастні за

погодними умовами роки характеризувались позитивним наддомінуванням ( $h_p > 1$ ) як за окремими, так і низкою елементів структури врожайності. За загальною продуктивністю рослини стабільний прояв наддомінування виявлено у комбінаціях МП Титул / Beatrix, МП Титул / Авгур, Beatrix / МП Титул, Beatrix / Quench, Beatrix / Gladys, Beatrix / Авгур, Datcha / Quench, Quench / Beatrix, Quench / Авгур, Gladys / Quench, Gladys / Авгур, Авгур / МП Титул, Авгур / Quench, Авгур / Gladys, Козир / Condor, Козир / МП Мирослав, Condor / Козир, Condor / Sebastian, Condor / МП Мирослав, Вітраж / МП Мирослав.

За параметрами генетичної варіації для продуктивної кущистості спостерігали наддомінування в локусах в усіх варіантах досліджень. За рештою параметрів виявлено суттєві відмінності. При схрещуванні лише комерційних сортів пивоварного ячменю (Схема I) виявлено в обидва роки односпрямованість домінування, що зумовлювали домінантні ефекти. І навпаки, при комбінуванні сортів різних різновидностей (Схема II) в обидва роки встановлено різноспрямованість домінування. У Схемі I у різні роки виявлено відповідність адитивно-домінантній системі та сильний епістаз. У Схемі II в обидва роки виявлено неалельну взаємодію. Загалом встановлено дуже складну дію генів на фенотиповий прояв продуктивної кущистості, а також значну роль негенетичних факторів у фенотиповому прояві ознаки. У Схемі I остаточний відбір за продуктивною кущистістю буде більш ефективним у пізніших поколіннях, коли домінантні алелі перейдуть у гомозиготний стан. У Схемі II теоретично можна відібрати рослини з підвищеним продуктивним кущенням як на рецесивній, так і на домінантній основі. Однак, в обох схемах слід брати до уваги наявність неалельної взаємодії.

Відповідно до показників ступеня фенотипового домінування і гетерозису, параметрів генетичної варіації, графічного регресійного аналізу, ефектів ЗКЗ і констант СКЗ, співвідношення їх варіанс за масою 1000 зерен у переважної більшості створених гібридних комбінацій необхідним буде остаточний добір за масою у пізніших поколіннях.

За кількістю зерен у колосі у Схемі I відмічено відповідність адитивно-домінантній моделі, наддомінування і домінування в локусах та односпрямованість домінування на збільшення ознаки, зумовлене домінантними ефектами. У Схемі II спостерігали більш складну дію генів і її зміну у різні роки. Зокрема, зміну адитивно-домінантної системи комплементарним епістазом, неповного домінування – наддомінуванням, односпрямованості домінування на збільшення ознаки – різноспрямованістю. Загалом, виявлені особливості за параметрами генетичної варіації вказують на значне різноманіття за співвідношенням домінантних і рецесивних ефектів, пов'язаних з рівнем прояву ознаки у залучених до схрещувань компонентів. Таким чином, є можливість добору різноманітних рекомбінантів.

Виділено джерела підвищеної загальної комбінаційної здатності за окремими елементами структури врожайності, які є цінними батьківськими компонентами для залучення до схрещувань: продуктивна кущистість – Beatrix (DEU), Datcha (DEU), МП Мирослав (UKR), Козир (UKR); кількість зерен у колосі – Quench (DEU), CDC Rattan (CAN); маса 1000 зерен – Datcha (DEU), Gladys (DEU), МП Мирослав (UKR), Козир (UKR), Вітраж (UKR); маса зерен з рослини – Datcha (DEU), Козир (UKR), МП Мирослав (UKR).

У результаті комплексного оцінювання з використанням графічних моделей (AMMI, GGE biplot, GYT biplot) виокремлено селекційні лінії ячменю ярого Дефіцієнс 5162 і Нутанс 5073 з оптимальним поєднанням урожайності, стабільності, маси 1000 зерен, посухостійкості та стійкості до основних збудників хвороб, які передано на державну кваліфікаційну експертизу як нові сорти ячменю ярого МП Люкс і МП Акцент, відповідно. З 2020 р. сорти МП Люкс і МП Акцент внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Практичну цінність для селекції ячменю мають виділені селекційні лінії Дефіцієнс 5161, Нутанс 4966, Нутанс 4705, Нутанс 4816, Нутанс 5184, Нутанс 5193, які переважали середнє значення в досліді за поєднанням врожайності та низки адаптивних ознак.

**Ключові слова:** ячмінь ярий, колекційний зразок, селекційна лінія, комплекс ознак, урожайність, стабільність, стійкість, діалельне схрещування, параметр генетичної варіації, AMMI, GGE biplot, GYT biplot

## ABSTRACT

*Polishchuk T. P.* Breeding and genetic features of increasing productivity and adaptability of spring barley in the Central Forest-Steppe of Ukraine. Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in 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 analyzes current research directions and achievements of domestic and foreign researchers in breeding and genetic research of spring barley. The issue of in-depth research and involvement in breeding process of the world gene pool with the aim of increasing productivity and adaptability, realizing the genetic potential of yield in the interaction of genotype and environment is highlighted.

Scientific novelty and practical significance of the research results consists in the theoretical generalization and practical solution of an important scientific problem, regarding the establishment of breeding and genetic features of increasing the productivity and adaptability of spring barley in the Central Forest-Steppe of Ukraine by identifying the sources of valuable economic traits, determining the parameters of genetic variation, combining ability, the degree of phenotypic dominance in systematic crossings of parent components which differ in origins, direction of use, and varieties; creation of new source material and breeding of competitive varieties of spring barley on their basis. Methodological aspects of evaluation and selection for yield and stability, resistance to abiotic and biotic factors of spring barley in various links of breeding process when using modern graphic and statistical models have been improved. Research on the identification of breeding and

genetic features of barley, assessment of genotype–environment interaction has gained further development.

The breeding value of collection samples of the world gene pool was determined by the level of manifestation and stability of yield and its components, relative drought tolerance, lodging resistance and resistance to the main diseases of spring barley. In particular, on the basis of graphic (GGE biplot) and statistical ( $Hom_i$ ,  $Sc_i$ ) models for assessing the interaction of "genotype–environment", new genetic sources of increased productive and adaptive potential were identified: Smarahd, Krok, Avers (UKR); Almonte (CAN), Vienna (AUT). According to the results of only graphic analysis these are the samples Skald, Kormoran and Suveren (POL), of statistical analysis it was Dar Nosivshchyny (UKR). For the creation of hulless and six–row varieties, the hulless sample NSGJ-1 (SRB) and six-row samples Glacier AL. 38 (GBR) and AC Alma (CAN) are relatively better (within groups) It is noted that even the selected genotypes with the best combination of yield and stability differed in the characteristics of their response to the conditions of different years of the research, which should be taken into account when involving them in crossings with the aim of creating new source material. The most expedient will be a combined approach to the selection of parental components both according to different origins (ecological-geographical principle) and according to complementary reactions to different conditions during the years of the research.

Different features have been established for the part of influence for various factors (genotype, environment, interaction between genotype and environment) in variation of quantitative traits of productivity. The samples are proposed as new genetic sources for improving the level and relative stability of individual yield components: Tiver (UKR), Suveren (POL), Strier (POL), Jermina (GBR), Ilek 16 (KAZ) (two-rowed covered), NSGJ-1 (SRB) (hulless), Glacier AL.38, AC Maple (CAN) (six-row) for productive tillering; Dar Nosivshchyny (UKR), Sviatovit (UKR), Smarahd (UKR), Victorianna (DEU), NSGJ-1 (SR) for 1000 weight; two-rowed covered samples Concerto (GBR), Almonte (CAN), Despina (DEU), Vienna (AUT), Symbat (KAZ), KAZSUFFLE 1 (KAZ) and two-rowed hulless samples

CDC Candle (CAN) and Millhouse (CAN) for grain number per spike and its stability; two-rowed covered samples Tiver (UKR), Dar Nosivshchyny (UKR), Smarahd (UKR), Almonte (CAN), Skald (POL), Despina (DEU) and hulless samples Millhouse (CAN) and Phoenix (CAN) for plant productivity.

A strong non-linearity of the level of manifestation of individual yield components within different groups of samples was revealed. Thus, the general formation of yield was associated with relatively different contributions of individual elements of productivity due to their genetic determination and ability to compensatory effects depending on genotypes and the effect of certain external factors. It was found that to increase the yielding capacity the hulless genotypes need a significant improvement in 1000 kernel weight, while the six-row genotypes need a significant improvement in productive tillering.

Genetic sources of resistance to abiotic and biotic stress factors were identified: Concerto, Biatlon (GBR), Strief (DEU), Skarb (POL), Syr-aruy (KAZ) for lodging resistance; Antigone, Concerto, Biatlon (GBR); Strief, Mastvinster, Despina (DEU), and Aristei (UKR) for resistance to powdery mildew; CDC Cartel, AC Alma, AC Maple (CAN) for resistance to net blotch; AC Alma, AC Westech, AC Vision (CAN) to leaf spot; Suveren (POL), Diplom (DEU), Concerto (GBR); Phoenix (CAN); Dar Nosivshchyny (UKR) to dwarf leaf rust. The hulless samples CDC Cartel, AC Alberte, CDC Candle, Phoenix (CAN) and 4-15 (UKR) are characterized with increased relative drought tolerance in the juvenile period.

The breeding and genetic features of barley genotypes identified in diallel crossings, which belong to covered and hulless, awned and awnless varieties, brewing, grain fodder and food uses, make it possible to optimally combine parental components of crosses and to plan targeted selection to increase the quantitative characteristics of spring barley productivity in developed hybrid populations.

Significant differences were found in terms of the degree of phenotypic dominance, depending on the studied yield components, year conditions and crossbreeding schemes. The hybrid combinations that were characterized by positive overdominance ( $h_p > 1$ ) in terms of both individual and a number of yield

components in years with contrasting weather conditions were identified. According to the general plant productivity, a stable manifestation of overdominance was found in the combinations of MIP Tytul / Beatrix, MIP Tytul / Avhur, Beatrix / MIP Tytul, Beatrix / Quench, Beatrix / Gladys, Beatrix / Avhur, Datcha / Quench, Quench / Beatrix, Quench / Avhur, Gladys / Quench, Gladys / Avhur, Avhur / MIP Tytul, Avhur / Quench, Avhur / Gladys, Kozyr / Condor, Kozyr / MIP Myroslav, Condor / Kozyr, Condor / Sebastian, Condor / MIP Myroslav, Vitrazh / MIP Myroslav.

According to parameters of genetic variation for productive tiller number, overdominance was observed in loci in all variants of studies. Significant differences were found in the rest of the parameters. When crossing only commercial cultivars of malting barley (Scheme I), unidirectional dominance was revealed in both years, which caused dominant effects. Conversely, when combining cultivars of different varieties (Scheme II), multidirectional dominance was established in both years. In the Scheme I, correspondence to the additive-dominant system and strong epistasis were found in different years. In the Scheme II, a non-allelic interaction was found in both years. In general, a very complex effect of genes on the phenotypic manifestation of productive tiller number, as well as a significant role of non-genetic factors in the phenotypic manifestation of the trait have been established. In the Scheme I, final selection for productive tiller number will be more effective in later generations, when the dominant alleles become homozygous. In the Scheme II, it is theoretically possible to select plants with increased productive tillering both on recessive and dominant basis. However, the presence of non-allelic interaction should be taken into account in both the schemes.

According to the indicators of the degree of phenotypic dominance and heterosis, parameters of genetic variation, graphical regression analysis, effects of the GCA and the constants of the SCA, the ratio of their variances for 1000 kernel weight in the most created hybrid combinations, the final selection by weight in later generations will be necessary.

According to the grain number per spike in the Scheme I, correspondence to the additive-dominant model, overdominance and dominance in loci, and

unidirectionality of dominance on the increase of the trait caused by dominant effects were noted. In the Scheme II, a more complex effect of genes and its change in different years was observed. In particular, the changes of the additive-dominant system by complementary epistasis, of incomplete dominance by overdominance, of unidirectional dominance as an increase in the trait by multidirectionality were observed. In general, the identified peculiarities in the parameters of genetic variation indicate a significant diversity in the ratio of dominant and recessive effects associated with the level of manifestation of the trait in the components involved in crosses. Thus, it is possible to select various recombinants.

Sources of increased general combining ability are identified for individual yield components, which are valuable parents for involvement in crosses: Beatrix (DEU), Datcha (DEU), MIP Myroslav (UKR), Kozyr (UKR) for productive tiller number; Quench (DEU), CDC Rattan (CAN) for grain number per spike; Datcha (DEU), Gladys (DEU), MIP Myroslav (UKR), Kozyr (UKR), Vitrazh (UKR) for 1000 kernel weight; Datcha (DEU), Kozyr (UKR), MIP Myroslav (UKR) for grain weight per plant.

As a result of a comprehensive assessment using graphic models (AMMI, GGE biplot, GYT biplot), the spring barley breeding lines Deficiens 5162 and Nutans 5073 with the optimal combination of productivity, stability, 1000 kernel weights, drought tolerance and resistance to the main pathogens were identified, which were transferred to the State Qualification Examination as new spring barley varieties MIP Liuks and MIP Aktsent, respectively. Since 2020, the varieties MIP Liuks and MIP Aktsent have been put on the State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine.

The selected breeding lines Deficiens 5161, Nutans 4966, Nutans 4705, Nutans 4816, Nutans 5184, and Nutans 5193, which exceeded the average value in the experiment by combining yield and a number of adaptive traits, are of practical value for barley breeding.

**Key words:** *spring barley, collection sample, breeding line, set of traits, yielding capacity, stability, resistance, diallel crossing, parameter of genetic variation, AMMI, GGE biplot, GYT biplot*

## СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА

### Статті в наукових фахових виданнях України (категорія Б)

1. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Бабій О. О., Лисенко А. А., Юрченко Т. В. Комплексне оцінювання селекційних ліній ячменю ярого за врожайністю, стабільністю та стійкістю до біо- та абіотичних чинників в умовах центральної частини Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 1. С. 30–42. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.1.2021.228206> (50 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

2. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Дем'янюк О. С., Бабій О. О., Лисенко А. А. Стабільність урожайності колекційних зразків ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) в умовах Центральної частини Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 140–149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227252> (50 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

3. Гудзенко В. М., Дем'янюк О. С., Поліщук Т. П., Бабій О. О., Лисенко А. А. Ідентифікація генетичних джерел підвищеного та стабільного рівня прояву маси 1000 зерен ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.). *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 82–90. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240325> (50 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

4. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Лисенко А. А., Худолій Л. В., Бабенко А. І. Селекційно-генетичні особливості ячменю ярого за масою 1000 зерен в умовах центральної частини Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 3. С. 183–192. <https://doi.org/10.21498/2518->

1017.17.3.2021.242982 (50 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

5. Гудзенко В. М., **Поліщук Т. П.**, Лисенко А. А., Худолій Л. В., Бабенко А. І., Мандровська С. М. Рівень прояву та варіабельність кількості зерен у колосі ячменю ярого. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 4. С. 335–349. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.249026> (50 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

6. **Поліщук Т. П.**, Гудзенко В. М. Успадкування кількості зерен у колосі в F<sub>1</sub> ячменю ярого при схрещуванні сортів різного походження, напрямів використання та різновидностей. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2022. Т. 18, № 3. С. 196–205. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.3.2022.269023> (60 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

#### **Статті в науковому виданні України, що індексується у наукометричних базах Scopus та Web of Science**

7. Hudzenko V. M., **Polishchuk T. P.**, Lysenko A. A., Fedorenko I. V., Fedorenko M. V., Khudolii L. V., Ishchenko V. A., Kozelets H. M., Babenko, A. I., Tanchyk S. P., Mandrovska, S. M. Elucidation of gene action and combining ability for productive tillering in spring barley. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. V. 13, Iss. 2. P. 197–206. <https://doi.org/10.15421/022225> (30 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

#### **Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

8. **Поліщук Т. П.**, Гудзенко В. М., Бабій О.О. Оцінка колекційних зразків для селекції ячменю ярого в умовах Центрального Лісостепу України. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і*

спеціалістів (с. Центральне, 19 квітня 2019 р.). Вінниця : «Твори», 2019. С. 89. (70 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

9. **Поліщук Т. П.**, Гудзенко В. М., Бабій О.О. Ступінь фенотипового домінування ячменю ярого за елементами структури врожайності. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: матеріали VIII Міжнародної науково – практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (с. Центральне, 24 квітня 2020 р.). с. Центральне, 2020. С. 82–83. (70 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

10. **Поліщук Т. П.**, Гудзенко В. М., Бабій О. О. Виділення генетичних джерел цінних господарських ознак для селекції ячменю ярого в умовах центральної частини Лісостепу України. *Роль науково-технічного забезпечення розвитку агропромислового комплексу в сучасних ринкових умовах*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. 25 лютого 2021р. Дніпро, 2021. С. 78–79. (70 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

11. Гудзенко В. М., **Поліщук Т. П.**, Бабій О. О. Системне оцінювання селекційних ліній ячменю ярого за комплексом ознак в умовах центральної частини Лісостепу України. *Аграрна освіта та наука: досягнення та перспективи розвитку*: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, присвячена видатним вченим Васильківському С. П., і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції та насінництва пшениці і картоплі та 100-річчю з часу заснування Агробіотехнологічного (агрономічного) факультету. 4-5 березня 2021 р. Біла Церква, С. 105–107. (60 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

12. Гудзенко В. М., **Поліщук Т. П.** Діалельний аналіз генетичного контролю маси 1000 зерен ячменю ярого. *Генетика та селекція сільськогосподарських культур – від молекули до сорту*: матеріали V інтернет-конференції молодих вчених. 21 вересня 2021 р., м. Київ. С. 7. (80 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

### Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації

13. Hudzenko V. M., Demydov O. A., **Polishchuk T. P.**, Fedorenko I. V., Lysenko A. A., Fedorenko M. V., Siroshatan A. A., Yurchenko T. V., Shevchenko T. V. Comprehensive evaluation of spring barley yield and tolerance to abiotic and biotic stresses. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. V. 11, Iss. 8. P. 48–55. [https://doi.org/10.15421/2021\\_267](https://doi.org/10.15421/2021_267) (40 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

14. Hudzenko V. M., **Polishchuk T. P.**, Lysenko A. A. Gene action for kernel weight per plant in spring barley. *International Journal of Sustainable Agricultural Research*. 2022. V. 9, № 2. P. 100–109. <https://doi.org/10.18488/ij sar.v9i2.3021> (40 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

### Свідоцтво про авторство на сорт рослини

15. Свідоцтво про авторство на сорт рослин №. 200826. Україна. Ячмінь звичайний (ярий) МПП Акцент / Гудзенко В. М., Демидов О. А., **Поліщук Т. П.**, Бабій О. О. Заявка № 18020009. У Держреєстрі України з 2020 р. (частка авторства – 30%).

16. Свідоцтво про авторство на сорт рослин №. 200825. Україна. Ячмінь звичайний (ярий) МПП Люкс / Гудзенко В. М., Демидов О. А., **Поліщук Т. П.**, Бабій О.О. Заявка № 18020008. У Держреєстрі України з 2020 р. (частка авторства – 30%).

<b>ЗМІСТ</b>	<b>Стор.</b>
АНОТАЦІЯ.....	2
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	18
ВСТУП.....	20
<b>РОЗДІЛ 1 СЕЛЕКЦІЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО НА ПІДВИЩЕННЯ</b>	
<b>ПРОДУКТИВНОСТІ ТА АДАПТИВНОСТІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....</b>	<b>26</b>
1.1 Значення культури ячменю, основні завдання і досягнення селекції.....	26
1.2 Стійкість ячменю ярого до основних несприятливих абіотичних та біотичних чинників.....	32
1.3 Селекційно-генетичні аспекти поліпшення культури ячменю.....	46
Висновки до розділу 1.....	55
<b>РОЗДІЛ 2 УМОВИ, МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	
2.1 Ґрунтові умови .....	57
2.2 Метеорологічні умови.....	58
2.3 Вихідний матеріал та методика досліджень.....	63
2.4 Математичний і статистичний аналіз експериментальних даних.....	67
Висновки до розділу 2.....	68
<b>РОЗДІЛ 3 СЕЛЕКЦІЙНА ЦІННІСТЬ ЗРАЗКІВ ГЕНОФОНДУ І ВИДІЛЕННЯ ДЖЕРЕЛ ЗА ПРОДУКТИВНІСТЮ ТА АДАПТИВНИМИ ОЗНАКАМИ.....</b>	
3.1 Рівень прояву, варіабельність і стабільність за врожайністю та пов'язаними з нею ознаками.....	69
3.2 Висота рослин і стійкість до вилягання.....	94
3.3 Відносна посухостійкість.....	96
3.4 Стійкість до збудників хвороб.....	97
Висновки до розділу 3.....	100
<b>РОЗДІЛ 4 СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ЕЛЕМЕНТАМИ СТРУКТУРИ ВРОЖАЙНОСТІ.....</b>	
4.1 Ступінь фенотипового домінування.....	105

4.2 Параметри генетичної варіації.....	124
4.3 Комбінаційна здатність.....	134
Висновки до розділу 4.....	142
РОЗДІЛ 5 КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ВРОЖАЙНІСТЮ ТА СТІЙКІСТЮ ДО АБІОТИЧНИХ ТА БІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ.....	146
5.1 Диференціювання перспективних селекційних ліній за комплексом адаптивних ознак.....	146
5.2 Економічна ефективність вирощування створених сортів ячменю ярого.....	161
Висновки до розділу 5.....	162
ВИСНОВКИ.....	164
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ТА ВИРОБНИЦТВА.....	169
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	170
ДОДАТКИ.....	226

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

ЗКЗ – загальна комбінаційна здатність

МІП – Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН

НЦГРРУ – Національний центр генетичних ресурсів рослин України

СКЗ – специфічна комбінаційна здатність

АММІ (additive main effects and multiplicative interaction) – адитивні головні ефекти та мультиплікативна взаємодія

AUT – Австрія

AUS – Австралія

CAN – Канада

CZE – Чехія

D – адитивні ефекти

DEU – Німеччина

DNK – Данія

$(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$  – співвідношення загальної кількості домінантних алелів до загальної кількості рецесивних

F – показник відносної частоти розподілу домінантних і рецесивних алелів

F<sub>1</sub> – гібрид

F<sub>1</sub>-P – показник напряму домінування

FRA – Франція

GBR – Великобританія

GGE (genotype and genotype-by-environment interaction) – взаємодія генотип і генотип-середовище

GYT (genotype by yield\*trait) biplot – взаємодія генотип-врожайність-ознака

Hom<sub>i</sub> – показник гомеостатичності

H<sub>1</sub> – домінантні ефекти

H<sub>2</sub> – рецесивні ефекти

$\sqrt{H_1/D}$  – середній ступінь домінування в локусах

$H_2/4H_1$  – середнє значення (розподіл) домінантних і рецесивних ефектів (алелів)

$h_p$  – ступінь фенотипового домінування

KAZ – Казахстан

KGZ – Киргизстан

Max – максимальне значення

Mean – середнє значення

Min – мінімальне значення

MNG – Монголія

POL – Польща

QTL (quantitative trait locus) – локус кількісних ознак.

R – розмах варіювання

$r[(W_r+V_r)_I; x_i]$  – показник спрямованості домінування

$Sc_i$  – показник селекційної цінності за В. В. Хангільдіним

SRB – Сербія

$V_r$  – варіасна

$W_r$  – коваріанса

X – середнє значення ознаки

UKR – Україна

USA – Сполучені Штати Америки

## ВСТУП

Ячмінь є однією з основних сільськогосподарських культур у світі. Зерно цієї культури в основному використовується в харчовій, пивоварній, фармацевтичній та кормовій промисловості. Порівняно з іншими зерновими (пшениця, рис, кукурудза), зерно ячменю має високу поживність та виняткову харчову цінність [1, 2].

Останніми роками простежується збільшення амплітуди коливання погодних умов, яке зумовлено глобальними кліматичними змінами, що вимагає необхідності відповідних змін у кількісних і якісних ознаках вирощуваних сортів [3–5]. До суттєвих втрат врожаю зерна ячменю ярого та погіршення його якості призводить вилягання посівів та поширення хвороб. Вирішення даних проблем можливе завдяки створенню та впровадженню у виробництво нових високоврожайних сортів, адаптованих до певних умов навколишнього середовища [6, 7].

Успішна реалізація селекційних програм зі створення нових сортів, у значній мірі, залежить від наявності бажаних ознак у вихідному матеріалі. Підбір батьківських компонентів для схрещування дає можливість отримати цінні форми з підвищеною продуктивністю, стійкістю до вилягання, стійкістю до біотичних та абіотичних чинників навколишнього середовища [8]. Для розробки ефективної селекції ячменю важливо володіти інформацією не лише про рівень прояву певних ознак, але й щодо особливостей їх генетичного контролю та успадкування [9–11]. Генетичне підвищення потенціалу продуктивності значною мірою залежить від масштабу генетичної мінливості та ступеня успадкування бажаних ознак [12].

При цьому створення і випробування селекційного матеріалу повинно відбуватися в умовах максимально наближених до умов майбутнього вирощування сортів [13]. У зв'язку з цим важливою задачею в селекції є створення сортів ячменю ярого з високими врожайністю та стійкістю проти абіотичних і біотичних чинників. Для її успішного вирішення необхідне

всєбічне дослідження світового колекційного різноманіття, виділення і залучення в селекційний процес нових цінних генетичних джерел.

**Актуальність теми.** Попри значне скорочення посівних площ ячменю ярого останніми роками, Україна залишається одним з найбільших виробників і експортерів зерна ячменю, а відтак робить значний внесок у світову продовольчу безпеку. Це особливо стало відчутним внаслідок агресії РФ проти України. Вітчизняними селекціонерами (Лінчевський А. А., Козаченко М. І., Васько Н. І., Сардак М. О., Ващенко В. В., Гудзенко В. М. та ін.) створено низку високопродуктивних сортів ячменю ярого, проте постійні зміни в навколишньому середовищі та зростаючі потреби сільськогосподарського виробництва викликають необхідність створення сортів, які будуть адаптованими до умов вирощування та зможуть забезпечувати реалізацію потенціалу продуктивності за мінімізації виробничих витрат.

Виходячи з викладеного, виділення нових генетичних джерел підвищеної продуктивності та стійкості до абіотичних і біотичних чинників, виявлення селекційно-генетичних особливостей основних господарських ознак і створення на цій основі нових сортів з підвищеним продуктивним та адаптивним потенціалом сприятиме зростанню і стабілізації виробництва зерна ячменю в Україні, і, відповідно, в світовому масштабі.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Експериментальні дослідження виконано в Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла НААН у 2017–2020 рр. у рамках програм наукових досліджень Національної академії аграрних наук України, відповідно до завдань другого рівня: ПНД НААН «СЕЛЕКЦІЯ ЗЕРНОВИХ І ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР» 13.00.01.17.Ф. Розробити еколого-генетичні основи селекції ячменю ярого на підвищену адаптивність у центральному Лісостепу України за умов змін клімату та створити високоврожайні сорти пивоварного і кормового напрямів використання, стійкі до абіотичних та біотичних чинників навколишнього середовища (номер держреєстрації 0116U004003); ПНД НААН «ГЕНОФОНД РОСЛИН» 24.01.01.25.П

Інтродукувати зразки та поповнити колекції пшениці озимої та ярої, ячменю озимого та ярого для умов центрального Лісостепу України (номер держреєстрації 0116U004013); 24.01.01.44.П Поповнити колекції пшениці озимої та ярої, ячменю озимого та ярого для використання у селекційному процесі в умовах Центрального Лісостепу України (номер держреєстрації 0119U100208).

**Мета роботи і завдання дослідження** – виявлення селекційно-генетичних особливостей підвищення продуктивності і адаптивності ячменю ярого у центральній частині Лісостепу України та створення нового вихідного матеріалу і сортів з оптимальним поєднанням врожайності, стабільності, стійкості до абіотичних і біотичних чинників.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- визначити селекційну цінність колекційних зразків світового генофонду за продуктивністю, посухостійкістю, стійкістю до вилягання і збудників хвороб та виокремити нові генетичні джерела підвищеного продуктивного і адаптивного потенціалу;

- виявити характер успадкування та селекційно-генетичні особливості виділених джерел за ступенем фенотипового домінування, компонентами генетичної варіації, комбінаційною здатністю кількісних ознак пов'язаних з продуктивністю;

- створити новий вихідний матеріал з рекомбінацією цінних ознак для селекції ячменю ярого;

- виділити перспективні селекційні лінії для передачі на державну кваліфікаційну експертизу як нові сорти ячменю ярого з підвищеною продуктивністю та адаптивністю.

*Об'єкт дослідження* – установлення селекційної цінності генотипів ячменю ярого за продуктивністю, стійкістю до абіотичних та біотичних чинників, параметрами адаптивності, виявлення селекційно-генетичних

особливостей гібридів та батьківських компонентів за елементами продуктивності колекційних зразків, сортів та гібридів ячменю ярого.

*Предмет дослідження* – селекційно-генетичні особливості підвищення продуктивності та адаптивності ячменю ярого у Центральному Лісостепу України.

**Методи дослідження.** Загальні (аналіз, синтез) та спеціальні методи. Зокрема, внутрішньовидова гібридизація, польові випробування, лабораторні, лабораторно-польові способи оцінювання і добору на стійкість до абіотичних і біотичних чинників. Експериментальні дані аналізували відповідно до статистичних методів: дисперсійного та варіаційного аналізу, параметрів генетичної варіації та комбінаційної здатності, показників селекційної цінності, гомеостатичності, сучасних графічних моделей. Використане програмне забезпечення: Excel, Statistica 12.0, GEA-R.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у розв'язанні важливої наукової проблеми щодо виявлення селекційно-генетичних особливостей підвищення продуктивності та адаптивності ячменю ярого в центральній частині Лісостепу України.

*Уперше :*

– встановлено селекційну цінність колекційних зразків світового генофонду за продуктивністю, стійкістю до вилягання і збудників хвороб та виокремлено нові генетичні джерела підвищеного продуктивного і адаптивного потенціалу;

– виявлено характер успадкування та селекційно-генетичні особливості виділених джерел за ступенем фенотипового домінування, компонентами генетичної варіації, комбінаційною елементів структури врожайності ячменю ярого;

– визначено особливості комплексного оцінювання перспективних селекційних ліній ячменю ярого за цінними господарськими та адаптивними ознаками.

*Удосконалено* методичні аспекти щодо оцінювання та добору за врожайністю і стабільністю, стійкістю до абіотичних і біотичних чинників ячменю ярого в різних ланках селекційного процесу з використанням сучасних графічних та статистичних моделей.

*Набули подальшого розвитку* дослідження щодо виявлення селекційно-генетичних особливостей ячменю, оцінювання взаємодії генотип–середовище.

**Практичне значення отриманих результатів.** Виокремлено нові генетичні джерела ячменю ярого підвищеного продуктивного і адаптивного потенціалу, стійкості до основних абіотичних і біотичних чинників. Дані колекційні зразки ячменю ярого включено до селекційного процесу Інституту сільського господарства Степу НААН, Носівської СДС Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН з метою створення нового селекційного матеріалу (додатки А.1, А.2). Створено новий вихідний матеріал з рекомбінацією цінних ознак. Виділено селекційні лінії ячменю ярого з поєднання цінних господарських ознак, які включені до селекційного процесу Інституту сільського господарства Степу НААН, Носівської СДС Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН з метою створення нового селекційного матеріалу (додатки Б.1, Б.2). Виокремлено селекційні лінії Нутанс 5073 та Дефіцієнс 5162 з підвищеною продуктивністю та адаптивністю, які було передано на державну кваліфікаційну експертизу як нові сорти ячменю ярого МПП Акцент і МПП Люкс, відповідно. З 2020 р. сорти ячменю ярого МПП Акцент (свідоцтво про авторство на сорт рослин №. 200826) і МПП Люкс (свідоцтво про авторство на сорт рослин №. 200825) внесено до Держреєстру України (додатки В.1, В.2).

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертації оприлюднено та обговорено на Міжнародних науково-практичних конференціях молодих вчених і спеціалістів Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН (с. Центральне, 2019 р., 2020 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Роль науково-технічного забезпечення розвитку агропромислового комплексу в сучасних ринкових умовах» (Дніпро, 2021р.),

Міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна освіта та наука: досягнення та перспективи розвитку», присвячена видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції та насінництва пшениці і картоплі та 100-річчю з часу заснування Агробіотехнологічного ( агрономічного) факультету. (Біла Церква, 2021 р.), інтернет-конференції молодих вчених «Генетика та селекція сільськогосподарських культур – від молекули до сорту» (м. Київ, 2021 р.).

**Публікації.** Результати досліджень опубліковано в 14 наукових працях. З них шість статей у фахових виданнях України (категорія Б), одна стаття у науковому виданні України, що індексується у наукометричних базах Scopus та Web of Science, дві статті в інших наукових виданнях України та зарубіжжя, п'ять тез та матеріалів конференцій. (додаток Ж).

**Структура та обсяг дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота викладена на 261 сторінках комп'ютерного тексту, включає анотацію, вступ, п'ять розділів, які містять 38 таблиць і 43 рисунки, висновки, рекомендації для селекції та виробництва, список використаної літератури, додатки. Список використаної літератури налічує 429 джерел, з яких 314 латиницею.

# РОЗДІЛ 1

## СЕЛЕКЦІЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО НА ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА АДАПТИВНОСТІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

### 1.1 Значення культури ячменю, основні завдання і досягнення селекції

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) – одна з найдавніших сільськогосподарських культур, що вирощується з часів зародження землеробства у всьому світі. Як продукт харчування ця культура була популярна ще за часів древнього Єгипту, Греції та Риму [14]. Як культуру його почали вирощувати одночасно з розвитком землеробства та одомашненням диких тварин [15].

Виробництво та врожайність ячменю ярого досягли високих показників, а за його експортом Україна увійшла до трійки лідерів [16]. Проте посівні площі його у світі зменшуються кожного року. Посівна площа ячменю ярого в Україні з 2017 по 2020 рр. зменшилася з 1,63 млн га до 1,37 млн га, середня врожайність при цьому становила 3,2 т/га. За інтенсивної технології вирощування урожайність ячменю може сягати до 8,5–10,0 т/га зерна [17–21].

Основним завданням сільськогосподарського виробництва залишається отримання максимальної реалізації генетичного потенціалу сорту за мінімального рівня виробничих витрат [22]. Досягнення успіху у цьому значною мірою залежить від генетичного потенціалу сорту, який здатний адаптуватися до місцевих умов та максимально реалізувати генетично обумовлений потенціал продуктивності та якості зерна [23, 24]. У вирішенні цієї проблеми важливе значення має селекція зі створення і впровадження у сільськогосподарське виробництво нових високоврожайних сортів ячменю [25, 26].

Ячмінь є однією з основних сільськогосподарських культур, яка має широке використання в різних галузях. Основними напрямками використання ячменю і, відповідно, напрямками селекції є кормовий, пивоварний і харчовий. Кожна з цих цілей має особливі вимоги до якості зерна: для використання на

корм і (або) в страву вони прямо протилежні тим, яких потребує солодова промисловість [27, 28].

Щоб забезпечити потреби людства у продовольстві та кормах, виробництво зерна ячменю потребує значного збільшення в найближчі десятиліття [29–31].

Ячмінь має важливу роль у харчуванні людини. Зерно широко використовується для приготування перлової та ячної круп, які мають високу поживність і діють як профілактичний засіб проти трьох найтяжчих недугів останнього століття: серцево-судинних захворювань, цукрового діабету і, навіть, раку кишечника [32–35]. Також можливе використання ячменю ярого для виробництва пластівців та борошна [36].

Все більшого значення набуває виробництво голозерного ячменю, оскільки його зерно не має плівки і має більш поживні та лікувальні властивості для здоров'я людини, ніж плівчастого. За використання у будь-якому технологічному процесі, при переробці зерна голозерного ячменю зберігаються більшість корисних компонентів [37]. Основною перевагою використання голозерного ячменю в різних харчових продуктах є вищий вміст  $\beta$ -глюкану, ніж в інших злаках, зокрема в пшениці. Завдяки присутності в ньому унікальних не-крохмалистих полісахаридів, комплексу речовин з широким спектром антиоксидантної активності, набору вітамінів групи В, ніотинової кислоти, цінних мінералів зерно має високу поживність та виняткову харчову цінність [38]. Встановлено, що у зразків голозерного ячменю вміст білка істотно вищий (12,05–15,46 %), ніж у плівчастих (10,91–13,82 %). При цьому у шестирядного ячменю вміст білка нижчий, ніж у дворядного [39–41]. Голозерні сорти ячменю є незамінним продуктом як для харчування людей, так і для відгодівлі худоби та птиці [42].

При хлібовипіканні використовують борошно із ячменю в якості добавок, як і у кондитерській промисловості [43]. Ячмінь є найпоширенішим джерелом солоду, який використовується для приготування пива та інших алкогольних напоїв [44, 45].

Ячмінь в Україні завжди був провідною зернофуражною культурою. Його зерно, найбільш збалансоване за амінокислотним складом і за кормовими якостями, наближається до стандартних концентрованих кормів. До того ж собівартість виробництва зерна ячменю завжди була значно нижчою від інших зернових культур [46, 47].

Селекційну роботу щодо створення сортів, стійких та адаптованих до певних екологічних умов навколишнього середовища, висвітлювали у публікаціях низка зарубіжних і вітчизняних вчених [48–55], але повна генетична адаптація ячменю до різноманітних середовищ залишається недостатньо вивченою. Проведено дослідження щодо кореляції між генетичним різноманіттям, генетичною структурою та мінливістю за дії певних факторів навколишнього середовища [53, 57]. Вплив умов навколишнього середовища розглядається як критерії вимірювання генетичної стабільності [58].

Пошук кореляцій між генетичною структурою та мінливістю еколого-географічних факторів за допомогою платформи Diversity Array Technology (DArT) проводили у Цинхай-Тибетському нагір'ї (посуха, засолення ґрунту і низька температура є основними екологічними стресами) на 230 шестирядних голозерних сортах ячменю. На цій основі було виділено дев'ять із 22 локусів, пов'язаних з ознаками, потенційно важливими для адаптації до середовища [59].

Українські вчені також проводили екологічні дослідження на підвищення адаптивного потенціалу на різних етапах селекційної роботи щодо ячменю ярого [60, 61].

В умовах Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН вивчали адаптивні особливості селекційних ліній ячменю ярого. Виділено за комплексною оцінкою екологічної адаптивності високопродуктивні лінії 702-1-12, 545-5-9 [62].

В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН досліджували сорти за стабільністю та пластичністю за погодних умов східної частини Лісостепу України. За допомогою дисперсійного аналізу ANOVA та GGE biplot було

виокремлено сорти Алегро, Парнас, Авгур, Бальзам, які мали найбільш стабільну врожайність. За несприятливих погодних умов зниження врожайності цих сортів складало 55–65 %, порівняно зі стандартом Взірець і сортами Грін та Модерн, врожайність яких знизилась на 66–72 % [63].

З використанням АММІ та GGE biplot аналізів восьми перспективних ліній ячменю ярого визначено ступінь впливу генотипу, середовища та їх взаємодії на врожайність та виділено стабільні та продуктивні генотипи. За результатами досліджень виявлено вплив середовища 85,8%, генотипу – 8,1%, взаємодії генотип-середовище – 6,1% на мінливість урожайності і виділено дві найбільш урожайні та стійкі лінії, які передані до державного випробування як сорти Авгур та Велес [64].

Генетична диференціація селекційного матеріалу в різних природних умовах обумовлена географічною віддаленістю, екологічними особливостями середовища вирощування. Багатосередовищні випробування дають можливість за певний період часу отримати більш детальну інформацію щодо врожайності та адаптивності створюваних сортів. Саме такі випробування набувають дедалі більшого поширення у селекційній практиці [65]. Для встановлення параметрів стабільності, які будуть засобом відбору для ефективно оцінки генотипу, потрібні дані про умови різних середовищ [66].

У агрономічних дослідженнях слід враховувати різну статистичну стабільність між генотипами або взаємодії генотип-середовище ( $G \times E$ ), оскільки реакції генотипів відрізняються від одного середовища до іншого [67–70]. Ефективність генотипу у випробуваннях із багатьма середовищами зазвичай аналізується за допомогою різних однофакторних та багатфакторних параметричних моделей для оцінки стабільності врожаю та дослідження взаємодії генотип-середовище [71].

Вивчали взаємодії  $G \times E$  щодо вмісту  $\beta$ -глюкану, білка та врожайності у 17 дворядних сортів та селекційних ліній ярого ячменю в різних середовищах штату Вашингтон (США). Вміст  $\beta$ -глюкану коливався від 1,81 до 7,18 % із середнім значенням 4,01 %. У результаті дослідження найбільш стабільну

врожайність проявили сорти *Vespa*, *Lenetah*, 120.23 *Muir* і *Claymore*; стабільну врожайність з високим вмістом  $\beta$ -глюкану (для харчової промисловості) – *Lyon*, *Lenetah* і *Havener*; стабільну врожайність з низьким вмістом  $\beta$ -глюкану (для солодової промисловості) – *Copeland*, 107.58, *Palmer*, 120.23. Отримані результати вказують на відповідність вирощуваних сортів вимогам і стандартам щодо харчового і солодового ячменю [72].

Для оцінки продуктивності 28 перспективних селекційних ліній ячменю пивоварного напрямку використання висівали в семи середовищах Ефіопії. В результаті дисперсійного аналізу (ANOVA) виділено високоврожайну лінію *Bekeji-1 / Grace*, з показниками якості солоду: вміст екстрактивних речовин (81,8 %), вміст білка (10,0 %) та бета-глюкану (369 мг/л). Аналіз GGE biplot виявив, що лінія *NB 52 / Bahati* демонструвала переваги у всіх тестових середовищах [73].

Турецький вчений Öztürk I. з метою вивчення врожайності, стабільності, деяких показників якості та фізіологічних характеристик виділив сорт *Harman* та п'ять селекційних ліній, що добре пристосовані до будь-яких умов середовища [74].

Результати досліджень доводять, що на основі непараметричних результатів випробувань стабільність можна класифікувати на три групи відповідно до агрономічних та біологічних концепцій стабільності [75].

Інтерпретація продуктивності нових сортів порушується під впливом взаємодії генотип-середовище. Одним із найбільш часто використовуваних методів виявлення генотипів ячменю, які мають високу та стабільну ефективність у різних середовищах є аналіз основних ефектів та мультиплікативна взаємодія (АММІ) [76].

Оцінка сорту та ідентифікація мега-середовища є одними з найважливіших завдань екологічних випробувань (multi-environment trial – MET) і є передумовою для виявлення стабільних та високопродуктивних генотипів ячменю. Хоча отриманий урожай є комбінованим результатом впливу генотипу (G), середовища (E) та взаємодії генотип  $\times$  середовище (GE),

лише G та GE мають значення для оцінки сорту та ідентифікації мега-середовища. Аналіз GGE biplot графічно відображає G, GE, MET так, що полегшує візуальну оцінку сорту та ідентифікацію мега-середовища [77–80].

У трьох районах Північного Гондару (Ефіопія) за допомогою аналізу дисперсії та GGE biplot оцінено дванадцять сортозразків, враховуючи ранньостиглість, якість солоду, урожайність зерна та показники стабільності. Виявлено високоврожайний і найбільш адаптований у різних середовищах сорт IBON-174/03 [81].

У восьми регіонах Північної та Центральної Європи оцінили 169 селекційних ліній ячменю щодо скоростиглості, висоти, стійкості до вилягання за розміщення в різних екологічних умовах. Результати показали, що все ще існують значні варіації в межах сучасного генофонду, тому потрібно й надалі виділяти ідеальні комбінації алелів для регіональної адаптації, які можуть сприяти розширенню вирощування зернових ще далі на північ [82].

У Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН досліджували дев'ять селекційних ліній ячменю ярого у трьох різних екологічних зонах: Центральному Лісостепі, Поліссі та Північному Степу з використанням моделей АММІ та GGE biplot. Виділено за потенціалом урожайності та її стабільністю у різних умовах вирощування селекційну лінію Нутанс 4855, яка поєднує рівень та стабільність врожайності у різних середовищах та є кращим кандидатом у сорти [83]. За результатами досліджень із використанням сучасних статистичних та графічних методів були виділені сорти з оптимальним рівнем урожайності, найближчими до «ідеального» генотипу: МІП Мирний, МІП Богун, Талісман Миронівський, МІП Азарт, Доказ, Пан [84].

Солонечний П. М., Козаченко М. Р., Васько Н. І. та інші вчені з Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН у своїх багаторічних дослідженнях з використанням GGE biplot аналізу виділяли генотипи, що поєднують високий рівень ознаки з її стабільною експресією. Були виділені найбільш продуктивні

та стабільні сорти Козван, Перл, Аграрій, Косар, Донецький 14, Алегро, Парнас, Авгур, Бальзам [64, 85–88].

Щоб визначити ступінь впливу генотипу, середовища та їх взаємодії на врожайність і виділити стабільні та продуктивні генотипи, Солонечний П. М. використовував АММІ та GGE biplot. У п'яти різних регіонах проведено оцінку дев'яти генотипів. Аналіз АММІ виявив стабільні сорти Хорс та Подив. В результаті GGE biplot проаналізовано дев'ять середовищ, при цьому виділивши високоврожайні та стабільні сорти Доказ, Інклюзів, Хорс [89].

Німецькі фермери вказали на необхідність постійних досліджень щодо екологічної стабільності, продуктивності, стійкості до вилягання і толерантності створюваних сортів до змін клімату [90]. Безумовно, що найбільш цінними для виробника будуть ті сорти, які мають більш стабільно високий рівень урожайності у поєднанні зі стійкістю до абіотичних та біотичних чинників навколишнього середовища [91].

## 1.2 Стійкість ячменю ярого до основних несприятливих абіотичних та біотичних чинників

Головним завданням сільського господарства було і залишається підвищення рівня реалізації генетичного потенціалу продуктивності культурних рослин та стійкості до несприятливих чинників навколишнього середовища, що у свою чергу, сприятиме збільшенню і стабілізацію валових зборів продукції рослинництва.

Багаторічні спостереження вказують на те, що існує низка стресових чинників, які суттєво знижують врожайність ячменю ярого: ліміт доступної вологи, температурні стреси, вилягання посівів внаслідок шквальних зливових дощів, інтенсивний розвиток комплексу хвороб (борошнистої роси, плямистостей листя та карликової іржі) [54].

Останніми роками є особливо відчутним збільшення амплітуди коливання погодних умов, яке зумовлено глобальними кліматичними змінами,

внаслідок яких для селекціонерів є потреба у створенні інноваційних сортів, адаптованих до змін умов навколишнього середовища [6, 7]. Зменшення доступності вологи погіршує ріст і розвиток рослин, тому є основною причиною втрати врожаю зернових культур. Ріст і розвиток рослин ячменю протягом періоду вегетації залежить від ряду чинників. Втрати врожаю найчастіше виникають через високі або низькі температури, недостатню кількість доступної вологи протягом вегетації рослин. Саме абіотичні фактори навколишнього середовища вважаються однією з основних причин через яку недобір врожаю може сягати до 71 % [92–96].

Прогнозується, що тривалість посушливих періодів може зрости через глобальне потепління та нерівномірність опадів. В Австралії у 2002/03 та 2006/07 вегетаційних періодах виробництво ячменю скоротилося на 55 та 56% через сильну посуху [97].

В умовах північної Йорданії проведена оцінка чотирьох сортів за їх стабільністю, урожайністю і елементами структури врожайності як у посушливому, так і в напівпосушливому середовищі протягом двох років. У результаті отримали вищу біологічну і зернову продуктивність у напівпосушливому середовищі. За допомогою GGE biplot виокремлено сорт ACSAD 176, який характеризувався високою врожайністю і був найбільш стабільним [98].

У Національному науковому центрі «Інститут землеробства НААН» проаналізували тенденції зміни погодних умов за 1999–2018 рр. і встановили закономірності їхнього впливу на урожайність ячменю ярого. За допомогою кореляційного аналізу урожайності з погодними умовами за різних технологій вирощування виявили, що найбільше впливали на формування врожаю умови зволоження квітня і температурний режим травня [99].

Учені з Одеського державного екологічного університету досліджували вплив змін клімату на фотосинтетичну продуктивність ярого ячменю в усіх природно-кліматичних зонах України і встановили, що сівбу ярого ячменю необхідно проводити раніше [100–102].

В умовах східної частини Північного Степу вивчали вплив ґрунтово-кліматичних умов на сорти ячменю ярого різних селекційних центрів. Було встановлено ефективність використання сортів донецької селекції, таких як Донецький 12, Щедрик, Донецький 14, Аверс, Донецький 15 та сорти одеської селекції, таких як Авгур, Адапт, Модерн, Лука, Воєвода, Тимофей [103].

Ячмінь ярий є культурою, яка значно потерпає від посухи та дії високих температур, тому є необхідність вивчення питання посухо- та жаростійкості цієї культури. [3, 104–106].

У дослідженнях селекційних ліній ячменю щодо визначення локусів кількісних ознак (QTL), пов'язаних із врожайністю, їх було ідентифіковано на хромосомі 2Н. Виявили, що сирійські батьківські генотипи внесли алелі, що знижують значення ознак у більшості QTL для маси зерна, кількості зерен, довжини колоса, прискорюють колосіння, а також численні алелі, що збільшують довжину стебла. Виокремлено лінії з прийнятним потенціалом врожайності зерна, поєднуючи бажані ознаки або алелі від їхніх батьків: ранньостиглість від сирійської селекційної лінії Cam/B1/CI08887//CI05761 і низькорослість від європейського напівкарликового сорту Maresi [107].

Для визначення показників, пов'язаних із продуктивністю рослин, аналізуючи деякі агроморфологічні та фізіологічні ознаки рекомбінантних інбредних ліній, проводили оцінку рослин, які вирощували у трьох різних умовах: добре политі – 70% до потреби, помірно – 35% до потреби і при поливі лише 10% від потреби. Результати показали, що посуха суттєво вплинула на більшість досліджуваних морфофізіологічних ознак, що призвело до сильного зниження врожайності та досліджуваних ознак. Істотної різниці не було в ефективності використання води між добре политими та помірними умовам [108].

Дослідження для порівняння агротехнічних ознак, врожайності та вмісту білка в зерні були проведені у двох регіонах, оцінюючи 15 дворядних та 10 шестирядних сортів ячменю в умовах механічного видалення листкової пластинки, порівнюючи з контролем, де не передбачалося механічне видалення

листкової пластинки. У середньому дефоліація призвела до більшого зниження врожайності зерна та вмісту білка у шестирядних генотипів (37,6% та 12,3% відповідно), ніж у дворядних (28,8% та 7,1% відповідно). З іншого боку, шестирядні зразки показали кращу толерантність до посухи. За даними багатофакторного функціонального аналізу, генотипи обох видів ячменю з високою врожайністю, довшим верхнім міжвузлям та тривалим періодом дозрівання зерна мали вищий вміст білка під час імітації посухи [109].

Група німецьких дослідників провела кількісну оцінку морфологічних і фізіологічних реакцій 209 генотипів ярого ячменю в умовах штучної посухи, а також генетичний аналіз за допомогою загальногеномного дослідження асоціацій для визначення локусів кількісних ознак (QTL) і внесків алелей для кожної з досліджуваних ознак. Для 17 фенотипових ознак було знайдено понад 110 локусів взаємодії генотипу і умов посухи ( $G \times T$  – genotype  $\times$  treatment), що пояснюють у багатьох випадках понад 50% генетичної дисперсії [110].

Результати визначення біохімічних властивостей зерна ячменю довели, що посуха суттєво ( $P < 0,01$ ) впливає на розмір і масу зернівок, а також якість зерен. Вміст крохмалю зменшився, а вміст білка збільшився під впливом посухи. Крім того, генотипи варіювали за вмістом сахарози, глюкози та фруктози [111].

Дослідження 328 колекційних зразків ячменю різного походження щодо довжини колеоптиля – важливої морфологічної ознаки, пов'язаної з посухостійкістю, показали значні варіації та виявили 8 генів і 12 локусів, які значно пов'язані з цією ознакою [112].

Вивчення природних генетичних варіацій генофонду дикого ячменю стало основною метою програм селекції ячменю, спрямованих на підвищення продуктивності та адаптивності за мінливих умов вирощування. Зарубіжні вчені провели ряд досліджень, підкреслюючи цінність оцінки дикого ячменю у пошуках нових алелів стійкості до абіотичного стресу. Встановили, що за всіма ознаками, які відображають продуктивність окремих рослин, багато з них локалізуються разом із відомими генами вегетативного і генеративного

розвитку, були також виявлені локуси кількісних ознак (QTL), які підвищували фенотипові значення і збільшували біомасу на 10 і 17%, забезпечуючи більш широкий діапазон генетичного різноманіття для покращення посухостійкості ячменю [97, 113–116].

Комплексний аналіз урожайності та ознак, що пов'язані з урожайністю, було проведено для колекції зразків ячменю, яка включає 107 диких генотипів, походженням з 12 країн із використанням 76 маркерів SSR. За всіма досліджуваними ознаками спостерігали відмінності між добре зволженими умовами та умовами посухи. Результати показали, що кілька хромосомних областей значно впливають на більш ніж одну ознаку, що свідчить про можливе існування плейотропних або непрямих ефектів. Фенотипова варіація, що пояснюється індивідуальними асоціаціями маркера та ознаки, коливалась від 5,08 до 27,84 %. Дослідження виявили, що дикий ячмінь є цінним джерелом для підвищення врожайності та ознак, що сприяють урожайності та посухостійкості [117].

У вивченні популяцій рекомбінантних хромосомно заміщених ліній, отриманих від сорту Harrington і дикого ячменю Cesarea 26-24, визначили лінії, які суттєво відрізняються від сорту Harrington як за якісними, так і за кількісними ознаками. Підкреслено роль дикої зародкової плазми для створення нових алельних варіацій для виведення більш толерантних і стійких до стресів сортів [118].

Дослідження доводять цінність оцінки диких родичів у пошуках нових генотипів та методів оцінки стійкості, що лежать в основі адаптації ячменю до абіотичного стресу [119].

Вченими доведено, що ті зміни клімату, які відбуваються в даний час, можуть суттєво впливати на врожайність сільськогосподарських культур, зокрема ячменю ярого [120–122].

В сучасних умовах порушення сівозміни, впровадження технологій мінімального обробітку ґрунту, безконтрольне використання пестицидів та

хімічних добрив може призвести до суттєвого зниження врожайності та якості зерна [123–128].

В умовах східної частини Лісостепу України в 2013–2016 рр. проведено оцінку 30 сортів ячменю ярого різного генетичного та географічного походження за продуктивністю та елементами структури рослини залежно від гідротермічних умов року. Виділено сорти Mastvinster, Sebastian, Командор та Kangoо як найбільш цінний вихідний матеріал для селекції ячменю ярого [129]. З шести високопродуктивних і адаптованих сортів за ступенем варіабельності виділено сорт Авгур, який був найбільш пластичним і реагував на зміну умов вирощування, а Аграрій та Хорс – стабільними за проявом продуктивності [130].

Селекційна робота по створенню нових високоврожайних сортів включає також оцінку стійкості до вилягання. Основні фактори, пов'язані з виляганням зернових культур, включають морфологічні та анатомічні ознаки разом із хімічним складом стебла [131–133].

У сільськогосподарських культурах механічна міцність стебла рослини сприяє стійкості стебла до вилягання, що безпосередньо впливає на врожайність і якість зерна. Міцність стебла є також важливою ознакою у селекції ячменю [134]. Важливим є взаємозв'язок між стійкістю до вилягання і синтезом лігніну. Процес лігніфікації відбувається під сильним впливом генотипу та факторів зовнішнього середовища, які визначають динаміку синтезу лігніну та відкладення його в клітинних стінках ячменю. Проведені дослідження доводять, що стійкість стебла до вилягання залежить від збільшення утворення лігніну [135].

На стійкість до вилягання у ячменю суттєво впливають морфологічні ознаки надземних частин (довжина, міцність і гнучкість стебла; товщина стінки стебла; довжина, кількість і маса міжвузлів; розмір колоса і маса колоса) [136–138].

Ученими Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН оцінено сорти і селекційні лінії ячменю ярого за продуктивністю, її структурними елементами

та за господарськими ознаками. Виділено сорти: Хорс, Авгур, Лідер, Grase, Datcha, Margret і лінія 14-561 за високою врожайністю; Лідер, Аміл, Datcha, Grase і лінія 15-139 за високою стійкістю до вилягання; за високою продуктивністю – Гатунок, Аміл, Ахіллес, Хорс, Красень, які є цінним вихідним матеріалом для комбінаційної селекції [139].

Сортова агротехніка вирощування ячменю дуже впливає на ріст, розвиток рослин та врожайність зерна [140]. Оцінка щодо росту і розвитку ячменю показала, що рослини зі збільшеною куцистістю були нижчими, цвіли пізніше, мали менше зерен у колосі та нижчу врожайність зерна, ніж прямостоячі рослини [141].

Урожайність зерна прямо залежить від густоти посіву і умов вирощування [142], що в свою чергу впливає на елементи структури врожайності: число бічних стебел на рослину, число зерен у колосі та масу 1000 зерен [143–145]. Знання генетичного контролю ознак, пов'язаних з архітектонікою рослин, зокрема структури пагонів, надають можливість конструювати ідеотипи для збільшення врожайності та продуктивності рослин ячменю [146].

У дослідженні взаємозв'язків між елементами структури врожайності спостерігалась негативна кореляція між кількістю пагонів, шириною листків і діаметром стебла. Знання про генетичний контроль розвитку стебел у ячменю є важливим для оптимізації кількості та швидкості росту пагонів для підвищення врожайності [147].

Морфологічні дослідження виявили, що вилягання негативно впливало на довжину колоса і масу 1000 зерен, проте мала позитивну кореляцію із кількістю колосків у колосі. Також генотипи з меншою загальною довжиною перших чотирьох міжвузлів були найбільш стійкими до вилягання [128].

Подальші дослідження на стійкість до вилягання мають бути зосереджені на збільшенні товщини стебла та зміні анатомічної структури для забезпечення достатньої його міцності.

Однією з важливих особливостей сорту є стійкість до збудників хвороб, що формує рівень його адаптації до біотичних стресів. Незважаючи на здобутки в хімічному захисті рослин від хвороб, використання стійких сортів залишається економічно вигідним та екологічно безпечним засобом захисту проти шкідливих організмів. Загальними вимогами до стійкості до збудників хвороб є ефективність і довговічність. Найбільш поширеними хворобами ярого ячменю є листові – борошниста роса, сітчаста, смугаста і темно-бура плямистості, карликова іржа.

**Борошниста роса**, спричинена грибом *Blumeria graminis* DC. Golovin ex Speer f. sp. *hordei* (синонім *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *hordei* Em Marchall) – одна з найпоширеніших хвороб ячменю, є основним обмежуючим фактором виробництва ячменю, яке спричиняє великі втрати врожаю та негативно впливає на якість зерна [148].

На сьогодні селекціонери, зазвичай, використовують у своїх селекційних програмах такі основні гени стійкості, як: *Mlo6*, *Mlo7*, *Mlo9*, *Mlo12* і *Mlo13*, що належать до локусу *Mlo*, та гени стійкості *MLk*, *Mlg*, *MlLa*, *Mlh*, *Mlra*. Поширення патогенів можна ефективно контролювати за допомогою генетичної стійкості [149]. Локуси кількісних ознак для стійкості проти борошнистої роси були виявлені на всіх семи хромосомах ячменю [150, 151].

Неспецифічний ген *mlo* є цінним джерелом стійкості у ярого ячменю [152–154]. Ідентифікація генів расової неспецифічної резистентності є важливою через їхню довговічність, ефективність та широкий спектр дії [155]. Однак ефективність стійкості залежить від кількох факторів, включаючи тип епідермальних клітин, генетичне походження рослини, умови навколишнього середовища та генотип збудника [156]. Стійкість сортів, обумовлена основними генами, нетривала і за умови появи грибних патотипів з новими властивостями вірулентності може бути втрачена протягом 4–5 років, що вказує на велику мінливість і швидку пристосовуваність патогена. Виняток становлять сорти з *Mlo*-резистентністю, які ефективні для тривалого використання.

Чеський вчений Dreiseitl A. протягом тривалого часу проводив дослідження по виявленню нових ефективних джерел стійкості до борошнистої роси ячменю, щоб поєднати їх із тими, що вже використовуються в сучасних сортах, і підвищити уже існуючу стійкість [157–160].

В умовах дослідного поля Білоцерківського національного аграрного університету проведено імунологічний моніторинг 130 сортозразків ячменю ярого світової колекції за стійкістю до борошнистої роси. На провокаційному фоні вивчено ефективність генів стійкості до хвороби та виявлено, що високу ефективність до популяції збудника тривалий час проявляють рецесивні гени *mlo*: *mlo9* та *mlo11* і комбінація генів: *mlo+Mla1*, *mlo+Mla13+Ml(La)* та *mlo+Mla12*. В середньому за сім років високою стійкістю до популяції збудника мали сорти Breemar, Madeira, Barke, Class, Eunova, Adonis, Vojos, Danuta, Aspen, Josefin [161].

Однією з головних перешкод для успішного вирощування ячменю в основних регіонах світу вважається також **сітчаста плямистість**, що спричинюється збудником *Pyrenophora teres* Drechs. (синонім *Helminthosporium teres* Sacc.). *Pyrenophora teres* зустрічається у двох формах: *P. teres* f. *teres* Drechs. та *P. teres* f. *maculata* Smed.-Pet. Їх можна відрізнити завдяки характерним плямистим некротичним ураженням, що виявляються на листках заражених сприйнятливих рослин ячменю. Максимальний розвиток хвороби спостерігається під час цвітіння рослин і наливу зерна [162, 163]. Сітчаста плямистість є однією з найбільш економічно важливих хвороб ячменю, типові втрати врожаю коливаються від 10% до 40%, а за екстремальних епідемічних умов може призвести до ще більших втрат, до 70% [164, 165].

Гени та локуси кількісних ознак (QTL), що контролюють стійкість до збудника сітчастої плямистості ячменю *Pyrenophora teres* f. *teres*, ідентифіковано на всіх семи хромосомах ячменю: *1H*, *2H*, *2HS*, *2HL*, *3HL*, *4H*, *5H*, *6HL*, *7H*. За допомогою асоціативного картування для характеристики локусів резистентності до сітчастої плямистості виділено шість окремих локусів, що відповідало раніше охарактеризованому QTL резистентності до

хвороби, визначеному за допомогою аналізу двобатьківської популяції (*QRpt4*, *QRpt6*, *Rpt4*, *Rpt6*, *Rpt7* і QTL на *4H*, якому не було визначено гена або номенклатури QTL). Виокремлено 21 передбачуваний новий локус, вони можуть представляти широкий спектр локусів резистентності та/або сприйнятливості [166].

Muria-Gonzalez M. J. зі співавторами у своїх дослідженнях виділили властивості білків та їх можливу роль у взаємодії рослин і патогенів. Білки виявляли хроматографічним фракціонуванням з подальшою протеомікою. Серед найбільш поширених білків в активних фракціях, що сприяють фітотоксичності фільтрату культури, були глікозидази (20%), пептидази (8%), інші гідролази (8%) та висока частка білків різного функціонального призначення (30%). Крім того, спостерігали, що гіпотетичний білок є ефектором і додаткові білки будуть схожими на відомі ефектори зв'язування хітину, рибонуклеази та кінази. Представлений набір даних про білки є цінним матеріалом для виявлення потенційних ефекторних білків при ураженні збудником сітчастої плямистості [167].

Amezrou R. зі співавторами оцінювали стійкість до сітчастої плямистості в колекції ячменю з 336 генотипів на стадії проростків з використанням ізолятів LGDPtt.19 та TD10 у США та на стадії дорослих рослин у семи середовищах у Марокко. Чотири генотипи показали середню реакцію на інфекцію ( $IRs \leq 2$ ) до обох ізолятів – LGDPtt.19 і TD10 на стадії проростків, а 30 генотипів виявили стійкість у польових умовах, тоді як три генотипи виявили найвищу стійкість на обох стадіях. Дослідження асоціації всього геному ідентифікували 31 окремий QTL на всіх семи хромосомах ячменю, з яких вісім з резистентністю на стадії сходів, 21 був пов'язаний з резистентністю на стадії дорослої рослини, а два QTL – зі стійкістю на обох стадіях розвитку [168].

У польових умовах Ефіопії, з використанням батьківських форм і гібридів ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_1$  і  $BC_2$ ), які були отримані від схрещування HB42 / Sabini, досліджували дії генів та взаємодії генів, які беруть участь у контролі стійкості до сітчастої плямистості та опіків листя (ринхоспоріозу) ячменю. Результати

свідчать про більший вплив неадитивних генів, включаючи епістаз, на контроль обох досліджуваних параметрів захворювання, що робить ранній відбір неефективним. Виділено сорт НВ42, що мав подвійну стійкість до опіків та сітчастої плямистості, як джерела стійкості для підвищення врожайності ячменю [169]. Також проаналізовано двадцять вісім генотипів ячменю, отриманих від схрещування з НВ1307 і НВ42, які були стійкими до опіків та сітчастої плямистості. Дослідження показали, що загальна і специфічна комбінаційна здатність дуже різнилися на початку розвитку і на стадії максимального розвитку хвороб як для опіків, так і для сітчастої плямистості. Це виявило важливість адитивної та неадитивної дії генів у контролі стійкості до обох захворювань. Результати показують можливість створення різноманітних популяцій від кращих батьків, стійких до опіків і сітчастої плямистості, за допомогою діалельних схрещувань з подальшим відбором у пізніх поколіннях [170].

Стійкість до **смугастої плямистості**, спричиненої збудником *Pyrenophora graminea* Ito & Kurib., специфічна і контролюється двома відомими генами *Rdg: Rdg1a* та *Rdg2a* [171–173]. Гени стійкості ідентифіковано на хромосомах ячменю: *2H*; *3H*; *5H*; *7H* [174].

Смугаста плямистість призводить до значної втрати врожаю ячменю в усьому світі, тому виділення генів стійкості та їх внеску до стійкості є актуальним питанням для селекціонерів [175, 176]. Гени стійкості рослин ячменю відіграють важливу роль у механізмах захисту [177].

За допомогою молекулярних маркерів ISSR та RAPD, щодо вивчення генетичного різноманіття популяцій збудника, проведені дослідження на ячмені (229 ізолятів) у різних регіонах провінції Східного Азербайджану [178].

Дослідження резистентності до *Pyrenophora graminea* шляхом обробки насіння трьох сортів ячменю бактеріальними штамами *Pseudomonas putida* ВТР1, *Bacillus subtilis* Bs2500, Bs2504 і Bs2508, показало значний ефект, особливо у випадку зараження на ранній стадії розвитку рослин. Зменшення впливу хвороби спостерігалось до 66% у сприйнятливого сорту Arabi Abiad за

обробки *Pseudomonas putida* ВТР1. Цей сорт демонстрував значну індукцію стійкості також за обробки *Bacillus subtilis* Bs2508 [179].

**Темно-бура плямистість**, спричинена збудником *Cochliobolus sativus* (Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморф. *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker) є важливою хворобою ячменю в багатьох виробничих районах, що спричиняє значні втрати врожаю зерна та погіршення якості зерна. У Китаї під час епіфітотії ураження сприйнятливих сортів ячменю втрати врожаю через дану хворобу становила від 20 до 30%, а іноді і до 50% [180]. Високою була ураженість ячменю цим збудником у Шотландії [181].

В оглядовій статті польських дослідників наведено інформацію про гени стійкості ячменю до збудників хвороб, зокрема темно-бурої плямистості (каталог генних символів, їх хромомну локалізацію і перелік доступних ДНК маркерів) [182]. Генетику стійкості до темно-бурої плямистості досліджували на поколіннях дигапloidних популяцій [183].

Локуси кількісних ознак, пов'язаних зі стійкістю до *Cochliobolus sativus* на стадії проростків і дорослих рослин, були виявлені при дослідженні 261 генотипу ячменю на штучному інфекційному фоні [184].

Поряд з дослідженнями щодо генетичної стійкості культурного ячменю до збудника темно-бурої плямистості, проводять дослідження і дикого ячменю [185].

З метою ідентифікації нових джерел стійкості було проаналізовано 11 різноманітних генотипів ячменю, інокульованих одним ізолятом *Cochliobolus sativus*, можуть вказувати на ряд різних відповідей клітин-господарів. Моделі клітинних відповідей були мікрофенотипово різноманітними між різними резистентними та чутливими генотипами. Це свідчить про те, що час і рівень відповіді є ключовими характеристиками мікрофенотипової різноманітності, які відрізняють різні функціональні механізми резистентності та чутливості, присутні в ячмені [186].

З метою вивчення різноманітності сирійських патотипів *Cochliobolus sativus* було проведено дослідження з використанням 31 ізоляту та 13 генотипів ячменю.

Виділений генотип ячменю AECS 71 був високорезистентним до всіх патотипів, що свідчить про існування загального механізму стійкості [187].

Моніторинг транскрипційної реорганізації, викликаної у відповідь на цей збудник, є важливим кроком для функціонального аналізу генів, залучених до процесу. Щоб охарактеризувати захисні реакції, ініційовані стійкими та сприйнятливими сортами ячменю, проведено дослідження кількості транскриптів на ранніх термінах інокуляції *Cochliobolus sativus*. Виявлено значну кількість транскриптів, що демонструють значне диференційоване накопичення у стійких і чутливих сортах порівняно з неінокульованими контролями [188].

Максимальний інфекційний вплив спостерігали на проростках ячменю при температурі 21°C [189]. Rehman S. зі співавторами проводили дослідження з використанням двох марокканських ізолятів: патотип 3 (SB54) і патотип 7 (ICSB3) для картування локусів, що забезпечують стійкість проростків у різноманітних зразках ячменю від ICARDA, спеціально адаптованих до умов інтродукції [190].

У Сполучених Штатах досліджували генетику специфічної для рослин вірулентності *Cochliobolus sativus*, проведено схрещування ізоляту ND90Pr (який демонструє високу вірулентність на генотипі ячменю Bowman і низьку вірулентність на генотипі ND 5883) та ND93-1 (який демонструє низьку вірулентність на обох генотипах). Дані цього дослідження демонструють, що як вірулентність збудника, так і стійкість у хазяїна знаходяться під моногенним контролем у цій комбінації генотип хазяїна/ізолят збудника [191].

У Мексиці проведено кілька досліджень щодо морфологічної та молекулярної ідентифікації грибів, відповідальних за спричинення грибних захворювань на насінні ячменю [192].

**Карликова іржа**, спричинена грибом *Puccinia hordei* Oth, є шкодочинною хворобою ячменю, яка призводить до значних втрат врожаю (до 62%) [193, 194].

Існують два основних типи стійкості до збудників іржі: стійкість проростків і стійкість дорослих рослин. Було виявлено численні гени, що забезпечують стійкість проростків до *Puccinia hordei* (*Rph*) (*Rph1-Rph19*) [193–196], *Rph21-Rph22* [197, 198], *Rph24* [199]. QTL для стійкості до листової іржі були локалізовані на *2H*, *3H*, *4H*, *5H* (*5HL*), *6H*, *7HL* [150, 195, 197, 199, 200].

Визначення локусів кількісних ознак (QTL) стійкості до збудників хвороби є основою для цілеспрямованих підходів у селекції на поліпшення стійкості сучасних сортів ячменю до карликової іржі. Використання зразків дикого ячменю є цінним інструментом для розширення генетичної бази стійкості сортів ячменю. Під час дворічного польового випробування 1420 ліній, спостерігали велику мінливість стійкості між сім'ями. Ідентифіковано одинадцять QTL стійкості проти карликової іржі. Дослідження вказують на те, що 25 алелів QTL диких донорів, сильно відрізняються щодо їх індивідуального впливу на стійкість до іржі [201]. Пошук та створення стійких сортів до хвороб є актуальним завданням селекціонерів [202].

Протягом восьми років дослідження в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН оцінено одинадцять сортів ячменю ярого, 12 селекційних ліній та 150 колекційних зразків різного походження. Розроблено два нових методів фітопатологічного аналізу поширеності хвороб на посівах ячменю ярого, один з них здійснюється шляхом осінньої сівби насіння і обліку ураженості рослин у фазі куціння, другий спосіб – фітоекспертиза насіння на зараженість збудниками хвороб шляхом пророщення зернівок у розчині сахарози. Найбільш поширені хвороби були такі як сажка (*Ustilago hordei* (Pers. Lagerh.), сітчаста плямистість (*D. teres* Ito), смугастість листя (*D. graminea* (Rabenh.) Shoemaker) і плямистість (*D. sorokiniana* Subram). Ураженість рослин коливалась від 21% до 67% (сажка; штучна інфекція); від 25% до 100% (плямистості *Drechslera*) [203].

Проведено ряд досліджень по виділенню сортозразків з високою комплексною стійкістю та рівнем генетичного захисту до збудників листових хвороб та урожайністю зернових культур [204–210].

Сабадин В. Я. оцінила стійкість до збудників найпоширеніших хвороб 130 колекційних зразків та виокремила донори стійкості до борошнистої роси Aspen, Josefin, Adonis, Class, Vojos, Eunova, Danuta, Barke, Breemar і Madeira. За комплексною стійкістю до хвороб виокремлено зразки Доказ, Аспект, Нанка, STN 115 і Kuburas [211].

В умовах селекційно-насінницької сівозміни в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН виділено селекційні лінії 702-1-12, 740-231, 545-5-9 та сорт Орвел за найвищими показниками індексу комплексної стійкості до збудників хвороб (борошниста роса, летюча сажка, карликова іржа, сітчаста плямистість) [212].

Отже, важливим завданням у селекційній програмі для підвищення врожайності ячменю ярого є вивчення та вдосконалення генетичної стійкості сортів до біотичних та абіотичних чинників навколишнього середовища.

### 1.3 Селекційно-генетичні аспекти поліпшення культури ячменю

Одним із головних завдань для селекціонерів є вивчення світового генетичного різноманіття ячменю ярого, виділення серед них джерел і донорів цінних ознак, використання їх як вихідного матеріалу при створенні комерційних сортів [213–221].

Важливу роль у селекційній роботі в Україні відіграє інтродукція рослин Національного центру генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ), де проводять залучення світового різноманіття культурних рослин і їх диких родичів, виділення серед них зразків з цінними ознаками [221].

У НЦГРРУ сформовано ознакову колекцію ячменю ярого з 25 країн світу з ідентифікованими генами стійкості до збудників основних хвороб. З них 292 зразки мають відомі гени стійкості до збудника борошнистої роси, 32 зразки – до збудника борошнистої роси та карликової іржі, 26 зразка – до збудника летючої сажки, шість зразків – до збудника борошнистої роси та ринхоспоріозу. Виділено сорти-еталони 86 груп генів та 113 рівнів прояву цих ознак. Стійкі до

хвороб зразки Maris Concord, Harry, Quantum Plus, Delita, Medina, Keti, Tennis, Regatta, Jarek, Femina вважаються джерелами цінних господарських ознак [222]. Виділено сортозразки за врожайністю і стабільним її проявом: Grace, Henrike, Scarlett, Gladys, Quench, Авгур, Бальзам, Талісман Миронівський, МІП Сотник, МІП Салют, МІП Мирний, Фэст, Илек-16, Азык, Шынар [223]. Серед зразків ячменю ярого круп'яного напряму використання за показниками якості та елементами продуктивності виявили низку цінних джерел: Водограй, Дорідний, Святомихайлівський, Сока, Сварожич, Ілот, Ахіллес (UKR); CDC Candle, CDC Alamo (CAN) [224].

З метою розширення генетичного різноманіття ячменю ярого методом експериментального мутагенезу, гібридизації із залученням оригінальних мутантних форм та схрещуванням різних різновидів, в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН було створено нові форми ячменю ярого, в тому числі невідомих досі різновидностей [225, 226]. Проведена оцінка 26 плівчастих сортів різних країн та напряму використання за рівнем прояву натури та маси 1000 зерен та особливості їх мінливості. Виділено високопродуктивні сорти, маса 1000 зерен яких була найвищою протягом 2014–2017 рр. дослідження: Подив, Sofiara та Sebastian як перспективні для виробництва солоду [227].

З метою визначення генетичної, молекулярної та агрономічної мінливості генотипів голозерного ячменю для відбору батьківських форм та ідентифікації генотипів, адаптованих до зрошуваної системи виробництва в бразильському Серрадо оцінено вісімнадцять сортозразків, в порівнянні з трьома плівчастими еталонами. На основі молекулярних маркерів і кількісних ознак виділено генотипи PI 356466, CN Cerrado 1, PI 370799 і CI 13453, що представляють агрономічні та генетичні цінні ознаки та рекомендованні для схрещування [228].

Урожайність зернових культур визначається різними компонентами продуктивності, такими як маса зерна з колоса, кількість колосків у колосі і кількість продуктивних стебел. Негативні кореляції між цими ознаками часто пояснюють обмеженням ресурсів. Тому дослідження генетичних кореляцій між

різними компонентами продуктивності ячменю ярого важливі для селекційних програм [229–233].

За результатами оцінки генетичної мінливості, спадковості та генетичного прогресу щодо врожайності та ознак, пов'язаних із врожайністю, проведені дослідження вітчизняними та зарубіжними вченими. Визначено найвищі значення генотипового та фенотипового коефіцієнта варіації за врожайністю зерна та висотою рослин. Урожайність зерна, висота рослин, вміст білка та розмір зерна мали відносно високу спадковість, що є цінною ознакою для селекції [234, 235].

Врожайність зерна суттєво пов'язана з усіма компонентами продуктивності, крім маси 1000 зерен. Маса 1000 зерен корелює неістотно – позитивно з урожайністю і негативно зі вмістом білка [236–238]. Kumar Y. та інші вчені дослідили, що оцінки коефіцієнта варіації були найвищими для кількості зерен у колосі [239].

Новак Ж. М. встановив, що зв'язок між кількістю продуктивних стебел і масою 1000 зерен був середнім позитивним і слабким негативним; між висотою рослин та масою 1000 зерен і між масою зерен з колоса та масою 1000 зерен – від середньо позитивного до середньо негативного [240]. За елементами продуктивності проаналізовано сортозразки: Юта, Фабіола, Момпі, Люба і Чемпуш та стандарт Солдо. Усі дослідженні зразки поступалися стандарту за кількістю колосків у колосі у межах 10%. Високопластичними за кількістю зерен з колоса виокремили сорти Момпі, Фабіола і Солдо. За високою продуктивністю колоса виділено зразки Люба, Фабіола і Солдо [241].

Успішна реалізація селекційних програм зі створення нових сортів значною мірою залежить від наявності бажаних ознак у вихідному матеріалі. Підбір батьківських пар для схрещування дає можливість отримати цінні форми з підвищеною продуктивністю, стійкістю до вилягання, стійкістю до біотичних та абіотичних чинників навколишнього середовища [8]. Для ефективного використання у селекційному процесі генетичних джерел важливо володіти інформацією не лише про рівень прояву певних ознак, але й щодо особливостей

їх генетичного контролю та успадкування [9–11]. Оскільки численними практичними даними доведено, що господарська і селекційна (сортотворча) цінність одного й того ж сорту (зразка) не є тотожними. Це особливо є актуальним, коли мова йде про лабільні кількісні ознаки, зокрема пов'язані з урожайністю [242–244]. Тому планомірне підвищення урожайності потребує як поліпшення окремих її елементів структури, так і їх оптимального поєднання в одному генотипі.

Урожайність ячменю є складовою продуктивності індивідуальних рослин і кількості рослин на одиницю площі. Продуктивність рослини, виражена через показник маса зерен з рослини є складовою продуктивної кущистості, кількості зерен у колосі та маси 1000 зерен. Це складна полігенна ознака, фенотиповий прояв якої суттєво модифікується умовами навколишнього середовища [242, 243, 245–247]. Дані аспекти суттєво ускладнюють ефективність оцінювання та добору кращих особин у селекційному процесі.

Маса 1000 зерен – один з основних елементів структури врожайності ячменю [248, 249]. Дана ознака також суттєво пов'язана з якісними характеристиками [73, 227]. Існуючі на сьогодні дані щодо генетичного контролю маси 1000 зерен різняться залежно від залучених у схрещування генотипів та умов проведення досліджень [250–253].

Не менш важливою складовою врожайності ячменю є кількість зерен у колосі [254–256].

Продуктивна кущистість – один з ключових елементів структури врожайності. Інформація щодо генетичного контролю продуктивної кущистості є важливою для підвищення врожайності ячменю [146, 257, 258]. Виходячи з численних генетичних досліджень на індукованих мутантах, було ідентифіковано гени, асоційовані з відсутністю кущіння – ген *cul2* на хромосомі *6HL* [259–261], зниженням кущіння – гени *als1*, *cul4*, *lnt1* на хромосомі *3HL*, ген *int-b* на *5HL*, ген *ops1* на *7HS* [262–264], а також підвищеною кущистістю – *grassy* [265], *mnd1* на *2H*, *mnd5* на *7HL*, *mnd3* на *4HS* і *mnd6* на *5HL* [266], *HvD14* на *4H* [267], *sdw1* на *3HL* [268]. Остаточний рівень кущіння визначається

процесами розвитку рослини, ґрунтовими та атмосферними умовами і регулюються комплексом взаємодій та гормональної активності [269, 270]. Було встановлено, що *HvHNT1*, який кодує трипсинові протеїни, контролює розвиток стебел за допомогою *HvPPIase* [145]. Знижена експресія *HvD27*, *HvMAX1*, *HvCCD7* та *HvCCD8* генів вказує, що абсцизова кислота знижує біосинтез стриголактонових гормонів, які залучені в інгібування галуження стебел і реакцію на абіотичні стреси, що в свою чергу сприяє сильнішій кущистості [271]. Маркерні дослідження ячменю виявили низку локусів QTL, пов'язаних з кущистістю [147, 272, 273]. Аналогічні дослідження проведено на інших культурах, зокрема пшениці [274, 275], рису [276] та сорго [277]. Взаємопов'язані ефекти генів, асоційованих з кущистістю та іншими морфологічними ознаками, було виявлено в дослідженнях польських науковців [278]. Виявлено сильні зв'язки між кущистістю і типом колосу (дворядний, шестирядний) [279–281], а також вплив на ознаку генів фотоперіодичної та яровизаційної чутливості, циркадних ритмів тощо [116, 282, 283]. У поглиблених селекційно-генетичних дослідженнях [284] встановлено, що кущистість значною мірою детермінувалась комбінацією як генетичних, так і не генетичних чинників.

Існує значна кількість публікацій за останні роки щодо розробки нових молекулярних та генетичних методів для геномного добору та геномного прогнозування [9, 285, 286]. Такі підходи в перспективі покликані суттєво підвищити ефективність селекційно-генетичних досліджень [287–289]. Однак у них є низка недоліків. Зокрема, отримані дані досить складно інтерпретувати і вони є надзвичайно дорогавартісними для рутинної селекції [290]. Кілька досліджень вказують, що геномні підходи менш ефективні для якісного фенотипового прогнозування внаслідок взаємодії генотип–середовище [291]. Через це дані методи мають бути удосконалені перед широким використанням у практичній селекції [292–294]. Інший метод, зокрема фенотипове прогнозування, також може бути використано на різних етапах селекційного процесу [295]. Є припущення, що воно може скласти конкуренцію геномному

прогнозуванню [296]. У той же час, не зважаючи на розвиток вище наведених геномних і фенотипних технологій, визначення параметрів генетичної варіації та комбінаційної здатності, що базуються на статистичному аналізі фенотипового прояву ознак, залишається ефективним у практичній селекційній роботі [297–299]. Підтвердженням цьому є численні публікації щодо оцінювання дії генів і комбінаційної здатності для різних сільськогосподарських культур, зокрема, рису [300–302], кукурудзи [303–305], солодкої кукурудзи [306], горошку [307], папайї, [308], бавовни [309, 310], баклажанів [311], арахісу [312] та бобів [313].

Дані системних схрещувань мають практичне значення не лише для перехреснозапильних культур. Підтвердження цьому є селекційно-генетичні дослідження цінних господарських ознак пшениці [314–316]. Досліджено врожайність та її елементи у пшениці в умовах посухи [317–321], в умовах зрошення та богари [322, 323], у різних природних умовах [324]. Ряд робіт інформують про дослідження низки інших морфо-фізіологічних ознак [325, 326]. Такі дослідження проведено і для твердої пшениці [327].

Низка публікацій інформує про дослідження безпосередньо для ячменю, зокрема ярого [10, 328] та озимого [329, 330]. Для цієї культури виявлено ефективність системних схрещувань у відносно сприятливих умовах [11, 255, 256] та стресових умовах – посухи [331], засолення [332], азотного стресу [333]. Досліджено комбінаційну здатність шестирядного ячменю [334]. Однак, дослідження, присвячені дослідженню параметрів генетичної варіації для ознак, пов'язаних з врожайністю ячменю, різняться залежно від генотипів, залучених у схрещування та умов випробувань гібридів [254, 335, 336].

Коефіцієнт успадкованості широко використовують для визначення генетично детермінованої частини в загальній фенотиповій варіації різних ознак [337]. Коефіцієнт успадкованості у широкому сенсі у різних дослідженнях суттєво варіював. Зокрема від 0,22 для довжини соломини до 0,57 для маси 1000 зерен [338], від 0,50 для врожайності до 0,98 для кількості зерен у колосі і маси 1000 зерен [230, 339, 340], від 0,24 для врожайності до 0,96 для кількості зерен у колосі [341]. Низка публікацій вказує, що для продуктивної

кущистості показник успадкованості в широкому сенсі варіював від 0,22 [65] до 0,70–0,89 [342, 343], а успадкованість у вузькому сенсі змінювалась від 0,14 до 0,42 [344, 345].

В Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН досліджували гібриди  $F_1$  за елементами продуктивності та рівнем успадкованості батьківських генотипів півчастого та голозерного ячменю ярого харчового напрямку використання з високими показниками вмісту білка, склоподібності, антиоксидантної активності. Визначено найбільший коефіцієнт успадкованості в широкому сенсі (частка фенотипової мінливості в загальній варіабельності ознаки) за висотою рослин, масою зерна з колоса та з рослини, а коефіцієнт успадкованості у вузькому сенсі (частка генетичної мінливості, зумовлена адитивними ефектами генів) був дещо менший – за висотою рослин, масою зерна з колоса та довжиною колоса. В результаті досліджень добір за оптимальною висотою рослини та масою зерна виявився ефективним, тому що за цими ознаками була незначна різниця між коефіцієнтами [346].

Для більш детальної оцінки дії генів на компоненти врожайності ячменю використовують діалельні схрещування, що дає можливість отримати швидко та загальну картину генетичного контролю групи батьків ще у першому поколінні. Крім генетичних ефектів, також можна виявити, яка частина варіацій є генетичною і якою мірою ця варіація є спадковою [144].

Одним із найважливіших кроків у програмі селекції ячменю є підбір відповідних батьків з високою загальною (ЗКЗ) та специфічною комбінаційною здатністю (СКС). Діалельна схема схрещування широко застосовується для аналізу спадковості кількісних та якісних ознак, оскільки вона дозволяє отримати всебічну оцінку комбінаційної генетичної інформації компонентів [347–350]. У системі діалельних схрещувань визначення комбінаційної здатності вихідного матеріалу за продуктивністю та елементами структури, вивчення генетичних властивостей генотипів є необхідним для відбору цінних зразків для подальшої селекції. Аналіз комбінаційних здатностей дає важливу

інформацію для відбору батьків з погляду продуктивності їхніх гібридів [329, 333, 343, 351, 352].

Вченими створено на основі діалельних схрещувань і топ-кросів селекційні лінії та сорти ячменю ярого як цінний вихідний матеріал для селекції з метою підвищення продуктивності, пивоварних якостей, селекційно-генетичних особливостей за успадкуванням, успадковуваністю, комбінаційною здатністю ознак рослин [353–355].

Компанець К. В. і Козаченко М. Р. виявили особливості успадкування продуктивності 55 гібридів першого покоління та її структурних елементів. В результаті встановлено за ознакою продуктивності варіювання показників ступеня домінування і наддомінування, які дещо залежали від умов року. Ознаки кількість зерен у колосі та маса 1000 зерен мали проміжний тип успадкування [356]. Цими авторами також досліджено особливості комбінаційної здатності за кількісними ознаками у остистих і безостих гібридних комбінацій та їх батьківських форм. Отримані результати свідчать про існування високої генетичної мінливості між гібридами та між їхніми батьками. Визначено високі ефекти СКЗ за продуктивністю та її структурними елементами [357].

З метою виділення кращих гібридних комбінацій та їх батьків за кількісною і якісною оцінкою визначено комбінаційну здатність шести сортів ярого ячменю. За результатами дисперсійного аналізу виявили кращі комбінації Sahli / Salmas за вмістом білка; Taj / Salmas – за кількістю зерен у колосі; Sahli / Ardhaoui, Martin / Salmas – за масою 1000 зерен; Martin / Taj – за вмістом β-глюкану і дослідили взаємозв'язок між вмістом білка, довжиною колоса та кількістю зерен у колосі [358, 359].

Для визначення перспективних гібридних комбінацій, дослідження проведено у неповній діалельній схемі, з використанням дев'яти кращих за продуктивними та якісними ознаками батьківських генотипів. Дисперсійний аналіз показав, що середні квадрати, обумовлені генотипами, були дуже значущими для врожайності зерна, що вказує на широку різноманітність серед

батьківських компонентів, використаних у дослідженні. Виявили позитивні ефекти специфічної комбінаційної здатності на врожайність зерна з рослини для одинадцяти комбінацій [255].

Patial M. зі співавторами досліджували успадкування врожайності зерна, гетерозису та комбінаційної здатності у неповній діалельній схемі схрещувань. Середні квадрати ЗКЗ та СКЗ, відношення ЗКЗ до середніх квадратів СКЗ та частка адитивних і домінантних дисперсій показали важливість як адитивних, так і неадитивних ефектів генів для врожайності зерна. Незначне співвідношення ЗКЗ до середнього квадрата СКЗ підкреслило, що неадитивні ефекти генів були важливішими, ніж адитивні ефекти. Розподіл домінантних і рецесивних алелей у батьків був асиметричним і мають більшість рецесивних алелей. Значно вищу врожайність зерна виявили лише дві комбінації, порівнюючи із контрольним сортом [360].

Pesaraklu S. та ін. у неповній діалельній схемі із семи батьківських генотипів оцінювали комбінаційну здатність та гетерозис ячменю за рядом якісних ознак. В результаті досліджень виявили найвищі СКЗ за кількістю зерен у колосі, масою зерна з колоса та масою 1000 зерен [361].

Встановлено, що ступінь мінливості основних кількісних ознак у гібридів ячменю зростає в більш сприятливих умовах, де весь генетичний потенціал гібрида проявляється найбільш широко [362, 363].

Зарубіжними вченими проведено діалельні схеми схрещувань та порівняльні оцінки за нормальних і засолених умов середовища. Значення спадковості окремих ознак змінювалися від одного середовища до іншого і коливалися від низьких до помірних. Низькі значення обумовлені збільшенням ефекту домінування, а також впливом факторів середовища досліджуваних ознак. Ефекти ЗКЗ в умовах засолення були більшими за масою зерна з колоса і кількості колосів на рослині та маси 100 зерен у нормальних умовах. Виділено генотипи за ознаками продуктивності в обох середовищах і засолених умовах окремо [328, 332].

Вивчення селекційно-генетичних характеристик зразків дає можливість виділити джерела цінних ознак, на основі яких будуть створюватися нові генотипи з бажаними ознаками. Слід зазначити, що селекційно-генетичні дослідження з ячменем ярим [253, 364–368] та озимим [369–373] було досить широко проведено в умовах МПП у попередні роки.

Таким чином, як сучасні (геноміка, феноміка) так і «класичні» (параметри генетичної варіації, комбінаційна здатність) селекційно-генетичні методи можуть бути використані для прогнозування доборів у поколіннях, що розщеплюються.

## Висновки до розділу 1

1. Ячмінь – одна з найважливіших зернових культур, яка має різні напрями використання: пивоварний, харчовий та кормовий, та ін. Для подальшого збільшення виробництва зерна цієї культури важливе значення має селекція зі створенням і впровадженням у виробництво нових високоврожайних сортів ячменю, адаптованих до умов навколишнього середовища.

2. Результативність селекції залежить, значною мірою, від правильного добору вихідного матеріалу та його всебічного вивчення. Поглиблене оцінювання наявного генофонду різного еколого-географічного походження є критично важливим для використання як вихідного матеріалу при створенні комерційних сортів і гібридів, стійких до біотичних і біотичних чинників, і залишається актуальним завданням для селекціонерів. Таким чином, поряд з підвищенням потенціалу врожайності, поліпшення адаптивності створюваних сортів та гібридів – одне з головних завдань селекції.

3. Ґрунтовний аналіз літературних джерел із різних країн дозволив визначити проблемні аспекти та визначити перспективні шляхи їх вирішення в селекційно-генетичних аспектах поліпшення продуктивності та адаптивності

ячменю ярого, що лягло в основу експериментальних досліджень, результати яких викладено в дисертації.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ, МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Ґрунтові умови

Польові дослідження проведено в Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, який розташовано у південно-східній частині Київської області, і загалом у центральній частині Лісостепу України. Географічні координати: широта – 49°64', довгота – 31°08'. Ґрунт – чорнозем глибокий, малогумусний, слабковилугований.

Рельєф місцевості – широкохвильове, підвищене придніпровське плато (153 м над рівнем моря), розділене глибокими балками на північно-східну і північно-західну частини у межиріччі Росі і Росави. Мікрорельєф території характеризується неглибокими пониженнями блюдцеподібної або видовженої форми площею 0,2–1,0 га.

Ґрунтовий покрив території в основному представлений чорноземами слабо-, середньо- і сильно вилугуваними. Ґрунт поля, де закладались досліді, має високу та середню забезпеченість елементами мінерального живлення і характеризуються слабкокислою, близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину рН ґрунту – 5,1–6,6. Уміст гумусу у 20 см шарі ґрунту 3,7–3,9 %, легкодоступного (легкогідролізованого) азоту – 5,5–6,4 мг, фосфору – 20,5–23,8 мг, обмінного калію – 8,2–11,0 мг на 100 г ґрунту, сума поглинутих основ – 23,1–28,6 мг-екв. на 100 г ґрунту, ступінь насиченими основами – 86,2–94,4 %. Питома вага твердої фракції ґрунту становить 2,62–2,71 г/см<sup>3</sup>. Об'ємна вага ґрунту за профілем не перевищує 1,29 г/см<sup>3</sup>; майже таку саму щільність (1,27 г/см<sup>3</sup>) має орний шар ґрунту. Зниження вологості сприяє ущільненню верхнього шару до 1,35 г/см<sup>3</sup> і більше.

Ґранулометричний склад ґрунту сприяє його обробітку, водопроникності та є сприятливим для вирощування ячменю.

## 2.2 Метеорологічні умови

Характерною рисою клімату області є помірна континентальність. Середньорічна температура повітря становить  $+7...+8^{\circ}\text{C}$ , а тривалість безморозного періоду близько 165 днів. За рік відмічено у межах 450-580 мм опадів, причому більша частина (близько 300 мм) – у теплий період (квітень-жовтень). Погодні умови в передпосівний період та впродовж вегетації ячменю ярого різнилися за роками досліджень, а також варіювали відносно середніх багаторічних значень (за даними Агрометеостанції Миронівка), що призводило у різні роки до комбінації низки несприятливих абіотичних і біотичних чинників.

У 2017 р. середньодобова температура повітря у березні була вища на  $+2,3 \dots 5,4^{\circ}\text{C}$  від середньо-багаторічної, що дало можливість провести сівбу в оптимальні строки (рис. 2.1). Загалом температурний режим квітня був теплішим на  $+0,8^{\circ}\text{C}$ , тоді ж як у травні температурний режим був на рівні  $+15,3^{\circ}\text{C}$ , що сприяло кущенню, виходу в трубку та колосінню рослин ячменю ярого. У період цвітіння та наливу зерна I–II декадах червня температура становила  $+16,6^{\circ}\text{C}$  та  $+19,8^{\circ}\text{C}$ , що нижче на  $1,6^{\circ}\text{C}$  та вище  $0,2^{\circ}\text{C}$  від багаторічного показника. Молочно-воскова стиглість проходила за температури  $+19,6^{\circ}\text{C}$ .

За вегетаційний період ячменю ярого відмічено 200,3 мм опадів, що менше на 62,7 мм від середньобагаторічного показника. Достатня кількість вологи у II–III декадах березня 28,3 мм сприяла вчасному проведенні сівби. У квітні спостерігали 55,7 мм опадів, що більше на 17,7 мм від середньобагаторічної норми (рис. 2.2). Травень та червень відмітили посушливими, оскільки було всього лише 38,0 та 27,7 мм опадів, що менше від середньобагаторічної норми відповідно на 23,0 та 52,3 мм. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) відповідно до отриманих даних становив  $-0,96$ , що відповідає недостатньому рівню зволоження.

У 2018 р. сівбу ячменю ярого проведено 18 квітня, на два тижні пізніше ніж у 2017 р. Температурний режим III декади квітня та I – III декади травня сприяли куцистості, виходу в трубку та колосінню рослин ячменю ярого (15,8–20,6°C). У період цвітіння та формування зерна I – II декади червня середньодобова температура становила +18,4°C, що нижче від середньобогаторічного показника на 0,5°C. Молочно–воскову стиглість відмічали у першу декаду липня за температури +19,5°C.

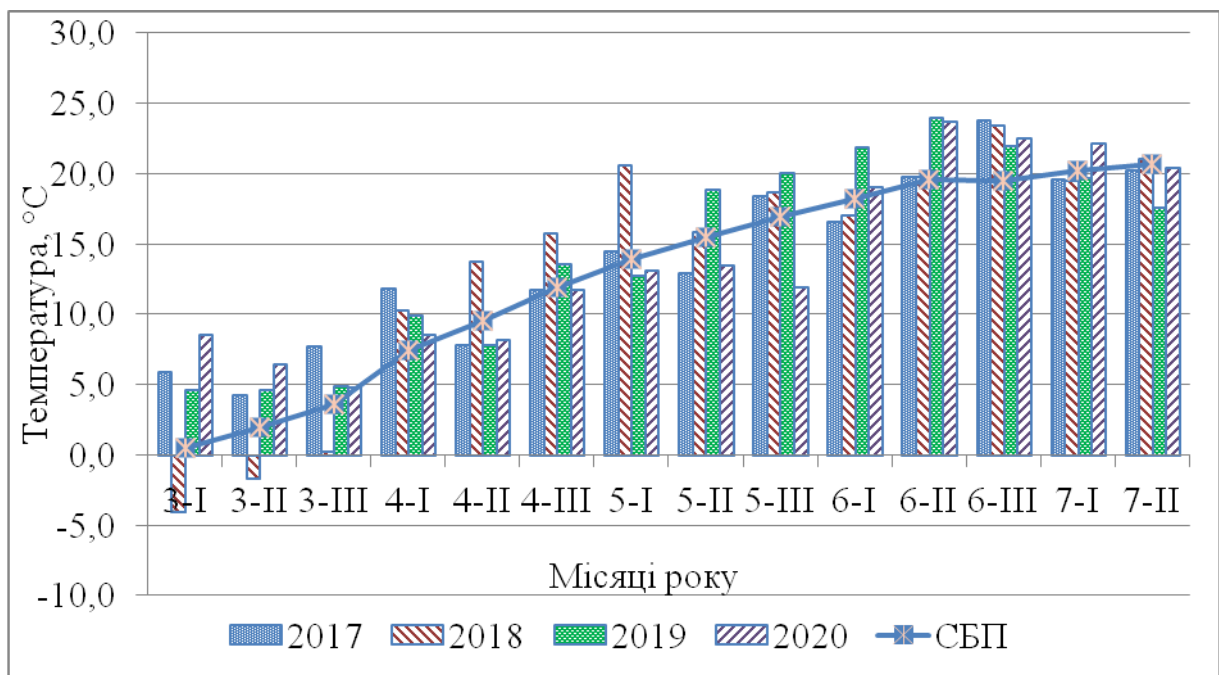


Рисунок 2.1– Подекадна температура повітря за березень-липень, 2017–2020 рр.

За вегетаційний період ячменю ярого становило 384,5 мм опадів, що на 121,5 мм більше від середньобогаторічного показника. У квітні–травні опадів відмічено 23,3 та 42,1 мм, що менше відповідно на 14,7 та 18,9 мм від середньобогаторічної норми. У червні спостерігали 162,6 мм опадів (203,3 % багаторічних показників), значна частина яких була зливого характеру, що спричинило вилягання посівів ячменю ярого. ГТК характеризувався оптимальними умовами зволоження (1,42).

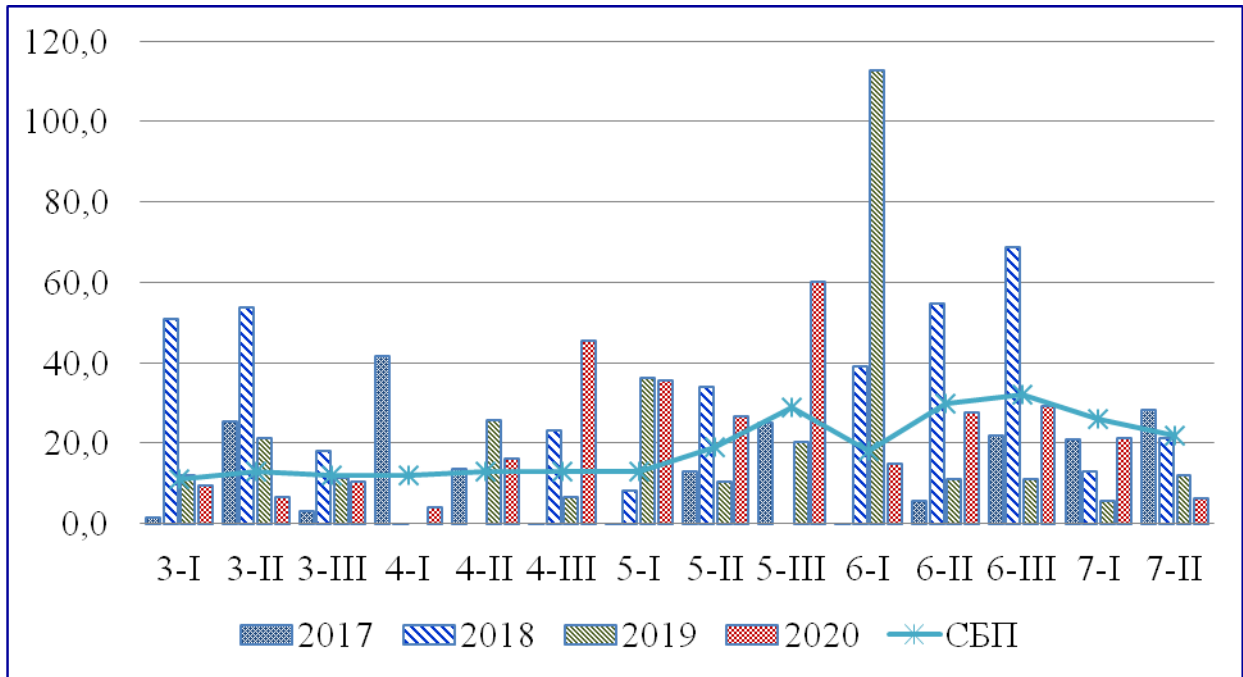


Рисунок 2.2 – Подекадна кількість опадів за березень-липень, 2017–2020 рр.

У 2019 р. середньомісячна температура березня становила  $+4,7^{\circ}\text{C}$ , що на  $+2,7^{\circ}\text{C}$  вище середньобагаторічного показника. Посів ячменю ярого було проведено в оптимальні строки 25 березня, а погодні умови сприяли отриманню дружніх сходів. Температурний режим квітня – травня був досить теплим та змінювався в межах від  $+7,8$  до  $+20,1^{\circ}\text{C}$ , що сприяло нормальному росту й розвитку рослин ячменю ярого. Підвищений температурний режим спотерігали також у період цвітіння та наливу зерна (I–II декади червня) температура повітря становила  $+23,0^{\circ}\text{C}$ , що вище норми на  $+4,1^{\circ}\text{C}$ . Період молочно–воскової стиглості – дозрівання (I–II декади липня) відмічався дещо нижчими температурними показниками у порівнянні із багаторічною нормою та становив  $+18,6^{\circ}\text{C}$  проти  $+20,5^{\circ}\text{C}$  відповідно.

За вегетаційний період 2019 року відмічено 295,2 мм опадів, що на 32,2 мм більше від норми. Достатня кількість опадів у березні (44,0 мм) дала можливість вчасно провести посівну. Якщо у квітні спостерігали недостатню кількість вологи 32,1 мм, що менше на 5,9 мм від середньобагаторічної норми, то у травні був відмічений незначний профіцит вологи  $+5,5$  мм до норми та становив  $-66,5$  мм. Слід відмітити, що червень видався з надмірною кількістю

опадів, проте вони в більшій мірі були зливого характеру, що призвело до вилягання посівів ячменю ярого. В цей період спостерігалось 134,7 мм опадів, що більше в 1,7 рази від норми. В той же час, липень видався посушливим, про, що свідчать дані у I–II декади липня – сумарно 17,5 мм опадів проти 48,0 мм середньобагаторічної норми. ГТК відповідав оптимальним умовам зволоження, про що свідчить його значення – 1,35.

У 2020 р. середньомісячну температуру березня відмічено на  $+4,6^{\circ}\text{C}$  вищу порівняно із нормою. Проте посів ячменю ярого було проведено на тиждень пізніше ніж у 2019 р. – у квітні та погодні умови сприяли отриманню дружніх сходів. Температурний режим квітня – травня був прохолоднішим, порівняно із 2019 р., становив в середньому  $+11,2^{\circ}\text{C}$ . проти  $12,5^{\circ}\text{C}$  багаторічної норми. Підвищений температурний режим спотерігали також у період цвітіння та наливу зерна (I–II декади червня) –  $+23,1^{\circ}\text{C}$ , що вище від норми на  $+4,2^{\circ}\text{C}$ . Період молочно–воскової стиглості – дозрівання (I–II декади липня) відмічався вищими тепературними показниками у порівнянні із багаторічною нормою та становив  $+21,3^{\circ}\text{C}$  проти  $+20,5^{\circ}\text{C}$  відповідно.

За вегетаційний період 2020 року відмічено 313,2 мм опадів, що на 50,2 мм більше від норми. Недостатня кількість опадів у березні (26,3 мм) не сприяли посівній у цей проміжок часу, тому посів ячменю ярого був проведений у квітні за достатньої кількості вологи у посівному шарі ґрунту. Якщо у квітні спостерігали дефіцит вологи 30,3 мм, що менше на 7,7 мм від норми, то у травні був відмічений значний профіцит  $+46,6$  мм до норми та становив  $-107,6$  мм. Слід відмітити те, що червень був з надмірною кількістю опадів, проте вони в більшій мірі були зливого характеру, що призвело до вилягання посівів ячменю ярого. В цей період спостерігали 102,5 мм опадів, що більше в 1,3 рази від норми. В той же час, у липні відмічено сумарно 56,8 мм опадів, що на 8,8 мм більше від середньобагаторічної норми. ГТК відповідав надмірно зволуженими умовами зволоження, про що свідчить його значення – 1,80.

За температурою повітря коефіцієнт суттєвості відхилень фактичних метеоданих від середніх багаторічних вказував на загальну тенденцію до відхилення у сторону її підвищення (рис. 2.3). Особливо критичними, зі значними відхиленнями, у 2017 р. були березень і червень, у 2018 р. – квітень і травень, меншою мірою червень, у 2019 р. – червень, менше – березень і травень, у 2020 р. – березень і червень. За період досліджень, як виняток, суттєві відхилення середньомісячної температури повітря в сторону її пониження відмічено лише у березні 2018 р. і травні 2020 р.

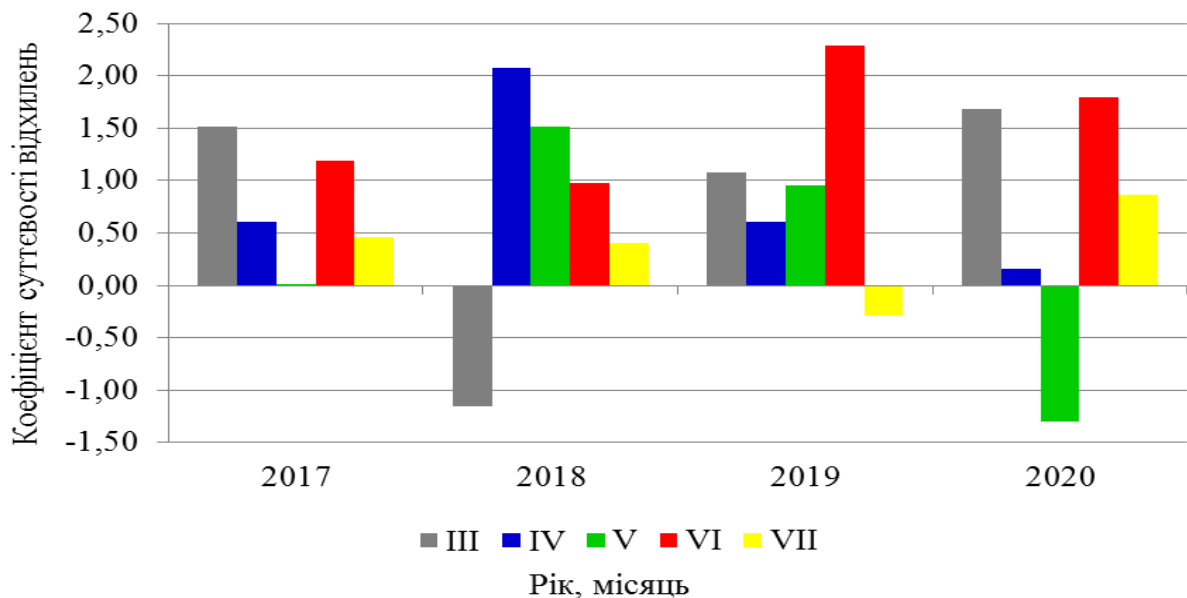


Рисунок 2.3 – Коефіцієнт суттєвості відхилень температури повітря від середнього багаторічного значення у передпосівний та вегетаційний періоди ячменю ярого, 2017–2020 рр.

У той же час, за середньомісячною сумою опадів спостерігали практично прямо протилежну закономірність (рис. 2.4). Загальна тенденція свідчить про зменшення кількості опадів у більшості місяців за роки досліджень. Суттєве переважання кількості опадів над середніми багаторічними показниками спостерігали лише в березні 2018 р. і травні 2020 р. Тобто, у ті місяці, коли було відмічено і відчутне пониження температури.

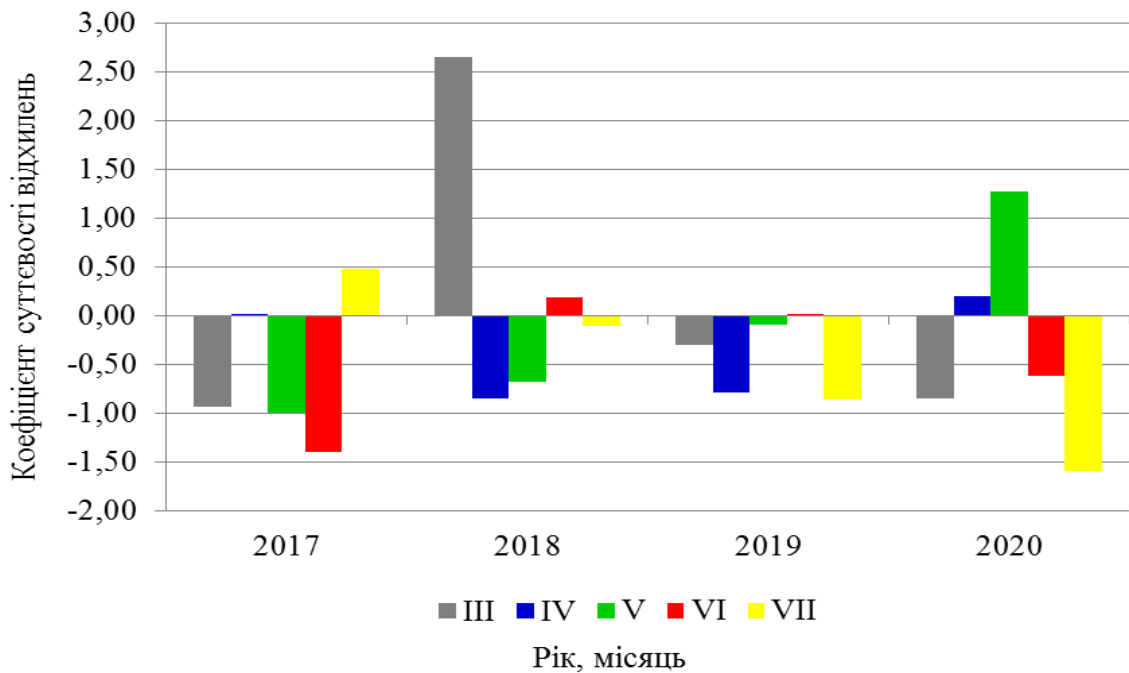


Рисунок 2.4 – Коефіцієнт суттєвості відхилень суми опадів від середнього багаторічного значення в передпосівний та вегетаційний періоди ячменю ярого, 2017–2020 рр.

### 2.3 Вихідний матеріал та методика досліджень

Об'єктом досліджень були колекційні зразки різного походження, гібридні комбінації першого покоління ячменю ярого в діалельних схрещуваннях і селекційні лінії, створені за допомогою генетичного різноманіття колекційних зразків в Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України. Проведені дослідження можна систематизувати у три досліді.

**Дослід 1.** З метою виокремлення нових генетичних джерел господарсько цінних ознак всебічно дослідили 71 колекційний зразок ячменю ярого, походженням із 13 країн світу (рис. 2.5, додаток Д.1). Генетичне різноманіття представлено двома підвидами шестирядного (різновидності *var. pallidum* і *var. rikotense*) і дворядного, який представлений двома групами різновидностей – плівчастими (*var. nutans*, *var. deficiens*, *var. inerme*, *var. medicum*, *var. submedicum*) та голозерними (*var. nudum*, *var. nigrinudum*).

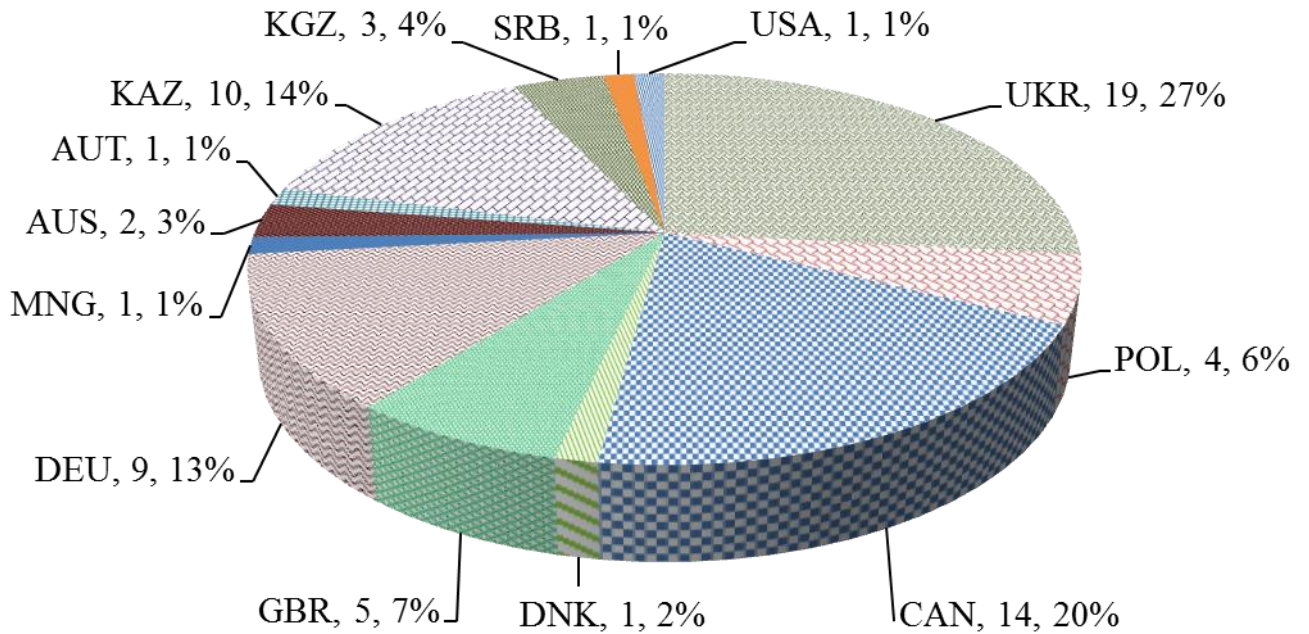


Рисунок 2.5 – Розподіл колекційних зразків ячменю ярого за країнами походження, шт., %

Зразки отримано з Національного центру генетичних ресурсів рослин України у рамках виконання програми наукових досліджень Національної академії аграрних наук відповідно до завдань другого рівня в 2016–2020 рр. (номер держреєстрації 0116U004013 та 0119U100208). Інтродуковані нові колекційні зразки після попереднього вивчення і «демаркації» за врожайністю та іншими цінними господарськими ознаками в 2017 р. були включені в дослід.

Для виявлення особливостей прояву та варіабельності ознаки у зразків різних підвидів і груп різновидностей, а також дворядних плівчастих зразків різного походження їх було розподілено на п'ять груп. Плівчасті дворядні зразки сформували три групи: I – зразки походженням з України, II – зразки із Західної Європи (сюди ж віднесли по одному зразку з Австралії та Канади), III – зразки із Казахстану, Киргизстану і Монголії. Голозерні зразки різного походження об'єднали в групу IV, шестирядні зразки віднесли до групи V. (додаток Д.1). Сівбу колекційного і гібридного розсадників проводили сівалкою СКС-6-10Ц за настання фізичної стиглості ґрунту. Облікова площа колекційної ділянки 1 м<sup>2</sup>. Повторність триразова. Розміщення ділянок – повними

рештованими блоками. Стандарт – сорт ячменю ярого Взірець розміщували через 20 номерів. Структурний аналіз проводили на 25 рослинах за кількісними ознаками продуктивності кожного колекційного зразка.

Оцінювання колекційного та селекційного матеріалу стійкості до збудників хвороб та вилягання проведено за дев'ятибальною шкалою у природних умовах відповідно до загальноприйнятої методики [374].

Оцінку відносної посухостійкості визначали методом пророщування насіння ячменю в розчині сахарози з осмотичним тиском 12 атмосфер [375]. За рівнем відносної посухостійкості зразки розподілили на п'ять груп. I група (висока толерантність) у розчині сахарози проростання більше 81% насіння порівняно з контролем (дистильована вода), II група (вище середньої толерантності) проростання 61-80% насіння, III група (середня толерантність) проростання 41-60% насіння, IV (низька толерантність) – 21-40% насіння, V група (дуже низька толерантність) проростання 0-20% насіння

Збирання врожаю колекційного і гібридного матеріалу проводили вручну після настання повної фази стиглості.

*Дослід 2.* Визначення селекційно-генетичних особливостей ячменю ярого в діалельних схрещуваннях. Досліджено особливості генетичного контролю продуктивної кущистості, кількості зерен у колосі, маси зерен з рослини, маси 1000 зерен у F<sub>1</sub> двох повних (6 x 6) діалельних схемах схрещувань.

Схема I включала сучасні вітчизняні (МІП Титул, Авгур) та зарубіжні (Datcha, Quench, Gladys, Beatrix) сорти ячменю ярого пивоварного напрямку (табл. 2.1). До схеми II залучили безості сорти створені в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (Козир, Вітраж), голозерні сорти з Канади (Condor, CDC Rattan), а також зернофуражний плівчастий остистий сорт МІП Мирослав та низькорослий високопродуктивний сорт пивоварного використання Sebastian (табл. 2.2).

Таблиця 2.1

Діалельна схема схрещувань ячменю ярого – I, 2018–2019 рр.

♂ \ ♀	Титул	Beatrix	Datcha	Quench	Gladys	Авгур
Титул	-	+	+	+	+	+
Beatrix	+	-	+	+	+	+
Datcha	+	+	-	+	+	+
Quench	+	+	+	-	+	+
Gladys	+	+	+	+	-	+
Авгур	+	+	+	+	+	-

Таблиця 2.2

Діалельна схема схрещувань ячменю ярого – II, 2018–2019 рр.

♂ \ ♀	Козир	Condor	Вітраж	Sebastian	Мирослав	Rattan
Козир	-	+	+	+	+	+
Condor	+	-	+	+	+	+
Вітраж	+	+	-	+	+	+
Sebastian	+	+	+	-	+	+
Мирослав	+	+	+	+	-	+
Rattan	+	+	+	+	+	-

Рослини батьківських компонентів та  $F_1$  вирощували у польових умовах в 2019 і 2020 рр. у триразовій повторності. Структурний аналіз снопового матеріалу (25 рослин) проводили з кожного повторення. Для виявлення особливостей успадкування продуктивної кущистості, кількості зерен у колосі, маси зерна з рослини і маси 1000 зерен та параметрів їх генетичної варіації та комбінаційної здатності, а також їхньої мінливості у різних генотипів за контрастних погодних умов проведено статистичний аналіз отриманих експериментальних даних у 2019 і 2020 рр.

**Дослід 3.** Комплексне оцінювання селекційних ліній ячменю ярого. Дослідження проведено в 2017–2020 рр. Об'єкт – 16 перспективних селекційних ліній ячменю ярого, створених методом гібридизації у МП

(додаток Е. 1). Стандарт – сорт ячменю ярого Взірець селекції Інституту рослинництва НААН.

Полюві випробування закладали в селекційній сівозміні МІП після попередника соя. Агротехніка загальноприйнята для центральної частини Лісостепу України. Сівбу проводили сівалкою СН-10 Ц при настанні фізичної стиглості ґрунту (остання декада березня – перша декада квітня). Збирали комбайном Samro 130 за настання повної стиглості зерна. Облікова площа ділянки 10 м<sup>2</sup>, повторність чотириразова. Посухостійкість визначали електролітичним методом [375]. Для детальнішої оцінки генотипів, проводили додаткове підсушування відібраного з поля рослинного матеріалу (прапорцевих листків) до 50 % втрати вологи. Величина інтенсивності виходу електролітів характеризує ступінь пошкодження клітинної мембрани під впливом стресу. Більше числове значення вказує на нижчу посухостійкість.

#### 2.4 Математичний і статистичний аналіз експериментальних даних

Статистичний аналіз здійснювали з використанням комп'ютерних програм Excel 2010 і Statistica 12. Визначали показники гомеостатичності ( $Hom_i$ ) та селекційної цінності ( $Sc_i$ ) відповідно до Хангільдіна В. В., Литвиненка М. А. [376]. Дисперсійний, варіаційний аналізи – за Доспєховим Б. А. [377].

Ступінь фенотипового домінування в  $F_1$  визначали за Veil G. M. і Atkins R. E. [378]. Комбінаційну здатність та параметри генетичної варіації визначали згідно з посібником Fedin M. A., Silis D. Y., Smiryaev A. V. [379] на основі Nauman V. I., Griffing B. [380–385].

Для наочного виявлення взаємодії генотип–середовище і диференціації генотипів за врожайністю та стабільністю використали AMMI (Additive main effects and multiplicative interaction) і GGE (genotype by genotype–environment interaction) biplot, при оцінюванні за комплексом ознак – GYT biplot. Для побудови графічних візуалізацій використали програму GEA-R.

Характеристика, порівняння та переваги AMMI, GGE biplot, GYT biplot, а також основні принципи інтерпретації експериментальних даних, описані в оригінальних працях [386–391].

## Висновки до розділу 2

1. Погодні умови 2017–2020 рр. були контрастними за гідротермічним режимом, що сприяло оцінюванню, диференціації та виокремленню генотипів з оптимальним поєднанням цінних ознак ячменю ярого. За коефіцієнтом суттєвості відхилень фактичних метеоданих виявлено загальну тенденцію збільшення температури повітря та зменшення кількості опадів у більшості місяців за роки досліджень.

2. За допомогою загальноприйнятих та сучасних графічних і статистичних методів проаналізовано результати досліджень, що дозволило зробити обґрунтовані висновки.

## РОЗДІЛ 3

### СЕЛЕКЦІЙНА ЦІННІСТЬ ЗРАЗКІВ ГЕНОФОНДУ І ВИДІЛЕННЯ ДЖЕРЕЛ ЗА ПРОДУКТИВНІСТЮ ТА АДАПТИВНИМИ ОЗНАКАМИ

3.1 Рівень прояву, варіабельність і стабільність за врожайністю та пов'язаними з нею ознаками

Сучасні молекулярно-генетичні дослідження поглиблюють уявлення щодо використання ячменю для задоволення різноманітних потреб людства [44, 272, 283]. Лише за рахунок селекції досягнуто значного підвищення потенціалу продуктивності та якісних показників зерна ячменю [392–394]. У свою чергу, загально визнано, що ефективна селекційна робота можлива лише за наявності у розпорядженні селекціонера достатньої кількості генетичного різноманітного вихідного матеріалу. Генетичною основою цього є колекції сільськогосподарських культур, зосереджені у генетичних банках різних країн [395]. Тому, залучення та використання нових колекційних зразків становить беззаперечну актуальність в селекції для створення сортів з високим потенціалом продуктивності у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками [396–398].

*Урожайність* – один з базових показників комерційного сорту. Рівень прояву врожайності колекційних зразків різних груп та в цілому у кожному з років та у середньому за 2018–2020 рр. наведено на рисунку 3.1 і в додатку Д.2. У розрізі груп зразків відмічено різний рівень прояву врожайності та розмах варіювання між зразками. У 2018 р. середня врожайність (Mean) становила  $306 \text{ г/м}^2$  з розмахом варіювання (R)  $239 \text{ г/м}^2$ , від максимальної (Max)  $455 \text{ г/м}^2$  у зразка Дар Носівщини (G11) (UKR) до мінімальної (Min)  $216 \text{ г/м}^2$  у зразка Баскак (G6) (UKR). У 2019 р. показники врожайності становили: Mean =  $460 \text{ г/м}^2$ , R =  $275 \text{ г/м}^2$ , Max =  $635 \text{ г/м}^2$  (Тівер (G7) (UKR)), Min =  $360 \text{ г/м}^2$  (Реванш(G3) (UKR)). У 2020 р. дані показники були наступними: Mean =  $484 \text{ г/м}^2$ , R =  $226 \text{ г/м}^2$ , Max =  $564 \text{ г/м}^2$  (Крок (G4) (UKR)), Min =  $338 \text{ г/м}^2$

(Арістей (G9) (UKR)). У середньому за 2018–2020 рр. врожайність у даній групі склала 417 г/м<sup>2</sup>. Розмах варіювання між зразками становив R = 133 г/м<sup>2</sup>. Найвищу врожайність (Max = 483 г/м<sup>2</sup>) у Групі I встановлено у зразка Смарагд (G12) (UKR), найнижчу (Min = 351 г/м<sup>2</sup>) – у зразка Арістей (G9) (UKR).

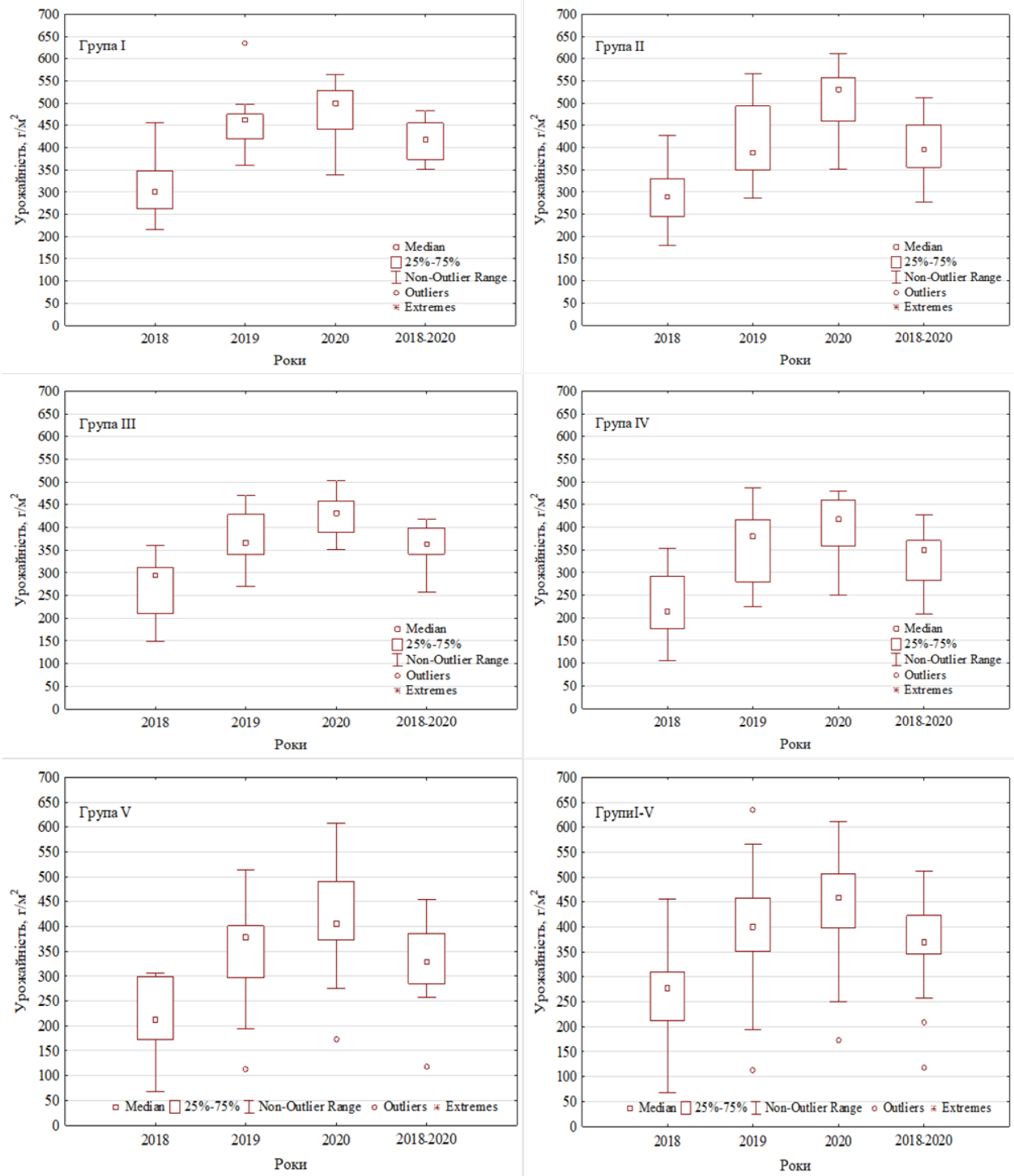


Рисунок 3.1 – Урожайність колекційних зразків ячменю ярого різних груп залежно від умов років досліджень, 2018–2020 рр.

У Групі II середній рівень прояву, розмах варіювання та ліміти врожайності були наступними: 2018 р. – Mean = 284 г/м<sup>2</sup>, R = 248 г/м<sup>2</sup>, Max = 428 г/м<sup>2</sup> (Almonte (G22) (CAN)), Min = 180 г/м<sup>2</sup> (Antigone (G16) (GBR)); 2019 р. – Mean = 410 г/м<sup>2</sup>, R = 280 г/м<sup>2</sup>, Max = 567 г/м<sup>2</sup> (Skald (G31) (POL)), Min = 287 г/м<sup>2</sup> (Karutar (G28) (AUS)); 2020 р. – Mean = 507 г/м<sup>2</sup>, R = 261 г/м<sup>2</sup>, Max = 612 г/м<sup>2</sup> (Almonte (G22) (CAN), Min = 351 г/м<sup>2</sup> (Antigone (G16) (GBR)). Загалом у 2018–2020 рр. середня врожайність у даній групі становила 401 г/м<sup>2</sup>. Розмах варіювання між зразками становив R = 235 г/м<sup>2</sup>. Найвищу врожайність (Max = 513 г/м<sup>2</sup>) встановлено у зразка Almonte (G22) (CAN), найнижчу (Min = 278 г/м<sup>2</sup>) – у зразка Karutar (G28) (AUS).

У Групі III особливості рівня прояву та варіювання врожайності були такими: 2018 р. – Mean = 269 г/м<sup>2</sup>, R = 212 г/м<sup>2</sup>, Max = 361 г/м<sup>2</sup> (Ватан (G38) (KGZ)), Min = 149 г/м<sup>2</sup> (Карагандинский 7 (G48) (KAZ)); 2019 р. – Mean = 376 г/м<sup>2</sup>, R = 201 г/м<sup>2</sup>, Max = 471 г/м<sup>2</sup> (Шынар (G39) (KAZ)), Min = 270 г/м<sup>2</sup>, як і у попередньому році, у зразка Карагандинский 7 (G48) (KAZ); 2020 р. – Mean = 425 г/м<sup>2</sup>, R = 152 г/м<sup>2</sup>, Max = 503 г/м<sup>2</sup> (КАЗСУФФЛЕ (G44) (CAZ)), Min = 351 г/м<sup>2</sup> (Владлен (G40) (KGZ)). У середньому за 2018–2020 рр. середня врожайність у даній групі становила 357 г/м<sup>2</sup>. Розмах варіювання між зразками становив R = 161 г/м<sup>2</sup>. Найвищу врожайність (Max = 419 г/м<sup>2</sup>) мав зразок Ватан (G38) (KGZ), найнижчу (Min = 258 г/м<sup>2</sup>) – Карагандинский 7 (G48) (KAZ).

Група IV характеризувалась такими значеннями у різні роки: 2018 р. – Mean = 226 г/м<sup>2</sup>, R = 249 г/м<sup>2</sup>, Max = 354 г/м<sup>2</sup> (Rosalina (G56) (DNK)), Min = 105 г/м<sup>2</sup> (Jet (G62) (CAN)); 2019 р. – Mean = 358 г/м<sup>2</sup>, R = 261 г/м<sup>2</sup>, Max = 486 г/м<sup>2</sup> (NSGJ-1(G59) (SRB)), Min = 225 г/м<sup>2</sup> (L 94 (G61) (DEU)); 2020 р. – Mean = 399 г/м<sup>2</sup>, R = 229 г/м<sup>2</sup>, Max = 479 г/м<sup>2</sup> (4-14 (G52) (UKR)), Min = 250 г/м<sup>2</sup> (L 94 (G61) (DEU)). У середньому за 2018–2020 рр. середня врожайність становила 328 г/м<sup>2</sup>. Розмах варіювання між зразками становив R = 219 г/м<sup>2</sup>. Найвищу врожайність (Max = 428 г/м<sup>2</sup>) мав зразок NSGJ-1 (G59) (SRB), найнижчу (Min = 209 г/м<sup>2</sup>) – L 94 (G61) (DEU).

Група V відзначалась наступними значеннями врожайності: 2018 р. – Mean = 211 г/м<sup>2</sup>, R = 238 г/м<sup>2</sup>, Max = 305 г/м<sup>2</sup> у зразка Glacier AL. 38 (G72) (GBR), Min = 67 г/м<sup>2</sup> у зразка Brier (G64) (USA); 2019 р. – Mean = 347 г/м<sup>2</sup>, R = 400 г/м<sup>2</sup>, Max = 513 г/м<sup>2</sup> у зразка Glacier AL. 38 (G72) (GBR), Min = 113 г/ у зразка Brier (G64) (USA); 2020 р. – Mean = 410 г/м<sup>2</sup>, R = 434 г/м<sup>2</sup>, Max = 607 г/м<sup>2</sup> у зразка AC Alma (G69) (CAN), Min = 173 г/м<sup>2</sup>, як і в попередні два роки, у зразка Brier (G64) (USA). У цілому за 2018–2020 рр. середня врожайність у даній групі становила 323 г/м<sup>2</sup>. Розмах варіювання між зразками склав R = 336 г/м<sup>2</sup>. Найвищу врожайність (Max = 453 г/м<sup>2</sup>) мав зразок AC Alma (G69) (CAN), найнижчу (Min = 209 г/м<sup>2</sup>) – Brier (G64) (USA).

Загалом у досліді (Групи I–V) середня врожайність була найвищою в 2020 р. (452 г/м<sup>2</sup>), найнижчою – у 2018 р. (265 г/м<sup>2</sup>). У 2019 р. її значення становило 395 г/м<sup>2</sup>. У середньому за 2018–2020 рр. середній рівень врожайності у досліді склав 371 г/м<sup>2</sup>. У той же час досить широкими були межі варіювання між зразками у кожному із років. Зокрема, у 2018 р. розмах варіювання становив R = 388 г/м<sup>2</sup> (Max = 455 г/м<sup>2</sup>, Min = 67 г/м<sup>2</sup>), у 2019 р. – R = 522 г/м<sup>2</sup> (Max = 635 г/м<sup>2</sup>, Min = 113 г/м<sup>2</sup>), 2020 р. – R = 439 г/м<sup>2</sup> (Max = 612 г/м<sup>2</sup>, Min = 173 г/м<sup>2</sup>). У середньому за 2018–2020 рр. – R = 395 г/м<sup>2</sup> (Max = 513 г/м<sup>2</sup>, Min = 118 г/м<sup>2</sup>).

Дисперсійним аналізом АММІ моделі (тестом Голоба) виявлено різні співвідношення часток внеску у загальну дисперсію факторів варіації (табл. 3.1). Найвищі значення внеску генотипу виявлено у Групі V (49,27 %), середовища – Групі I (63,05 %) і Групі II (63,01 %). Найвищою взаємодія генотип–середовище була в зразків Групи I (21,53 %), найменшою в Групі II (9,38 %). Дані вказують на суттєві відмінності за реакцією на умови років досліджень зразків різних груп. У цілому в досліді (Групи I–V) частка генотипу становила 38,84 %, середовища – 47,69 %, їх взаємодії – 13,47 %.

Таблиця 3.1

Частка внеску (%) факторів у загальну дисперсію за врожайністю колекційних зразків ячменю ярого, 2018–2020 рр.

Фактор варіації	Групи зразків					
	I	II	III	IV	V	I–V
Генотип	15,42	27,61	28,96	35,14	49,27	38,84
Середовище	63,05	63,01	57,21	52,69	36,73	47,69
Взаємодія	21,53	9,38	13,83	12,17	14,00	13,47

Примітка: \* – достовірно на 1 % рівні

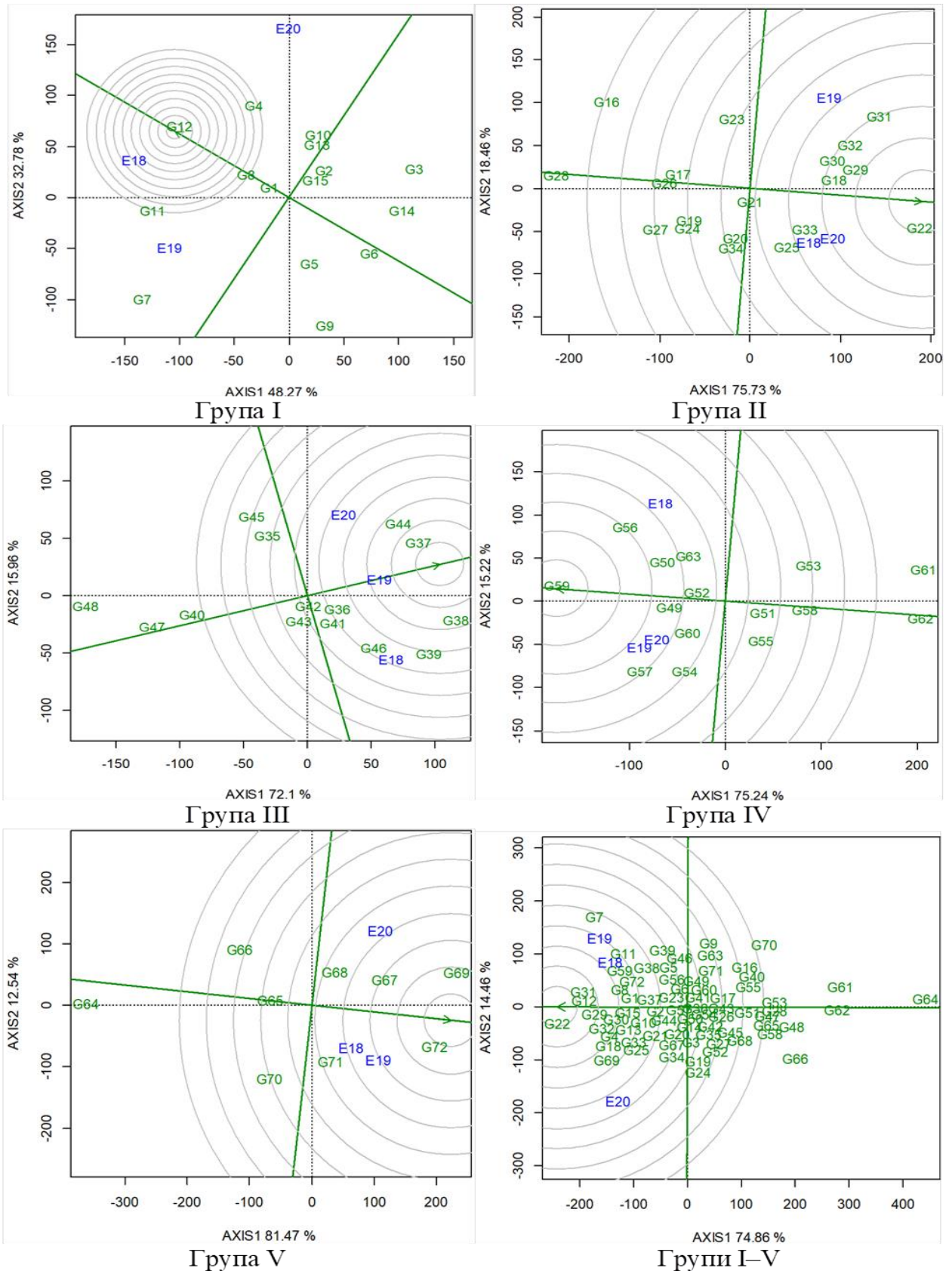
Особливістю статичних параметрів  $\text{Ном}_i$  і селекційної цінності  $\text{Sc}_i$ , є те, що вони не «прив'язані» до середнього значення у вибірці, а дають змогу характеризувати кожен зразок індивідуально, залежно від його рівня прояву та варіабельності.

Абсолютне найвище значення гомеостатичності ( $\text{Ном}_i = 13766,6$ ) встановлено у зразка Дар Носівщини (G11) (UKR) (Група I). Високими значеннями даного параметра ( $\text{Ном}_i = 1911\text{--}4614$ ) характеризувались також зразки різних груп Смарагд (G12) (UKR), Аверс (G8) (UKR), Крок (G4) (UKR), Арістей (G9) (UKR) – Група I; Almonte (G22) (CAN) – Групи II; Ватан (G38) (KGZ), Памяти Раисы (G46) (KAZ), Шынар (G39) (KGZ), Азык (G41) (KAZ), Сыр-Ауры (G36) (KAZ), Илек 16 (G43) (KAZ) – Група III; Rosalina (G56) (DNK), Millhouse (G63) (CAN), NSGJ-1 (G59) (SRB) (G59) – Група IV; AC Vision (G71) (CAN) – Група V. У стандарту Взірець цей параметр мав значення  $\text{Ном}_i = 1810$ . При цьому, лише зразки Almonte (G22) (CAN), Смарагд (G12) (UKR), Дар Носівщини (G11) (UKR), Крок (G4) (UKR), Аверс (G8) (UKR) (Група I) мали середню за три роки врожайність ( $441\text{--}513 \text{ г/м}^2$ ) вищу ніж у стандарту Взірець ( $431 \text{ г/м}^2$ ). Вищу селекційну цінність ( $\text{Sc}_i = 427\text{--}272$ ) ніж у Взірець ( $\text{Sc}_i = 270$ ) мали більшість зразків, виділених за показником  $\text{Ном}_i$ , але в дещо іншому порядку і за виключенням зразків Азык (G41) (KAZ), Сыр-Ауры (G36) (KAZ) (Група III), Арістей (G9) (UKR) (Група I), Millhouse (G63) (CAN) (Група IV), Skald (G31) (POL) (Група II). Значення показника  $\text{Sc}_i$  на рівні

стандарту ( $Sc_i = 270$ ) мали зразки з Групи II: Vienna (G29) (AUT), Mastvinster (G25) (DEU), Despina (G33) (DEU).

Найближчими до «ідеального генотипу» GGE biplot моделі, який повинен бути теоретично локалізованим у центрі центричних кіл, були: у Групі I – Смарагд (G12) (UKR), Групі II – Almonte (G22) (CAN), Групі III – Сымбат (G37) (KAZ), Групі IV – NSGJ-1 (G59) (SRB), Групі V – AC Alma (G69) (CAN) і Glacier AL. 38 (G72) (GBR) (рис. 3.2). У загальній вибірці досліджених зразків (Групи I–V) максимально наближеними до «ідеального генотипу» були зразки Almonte (G22) (CAN) (Група II), Смарагд (G12) (UKR) (Група I), Skald (G31) (POL) (Група II), Vienna (G29) (AUT) (Група II). Окрім них, також ближчими до оптимуму ніж стандарт Взірець (G1) (UKR) були зразки Kormoran (G30) (POL) (Група II), Suveren (G32) (POL) (Група II), Крок (G4) (UKR) (Група I), Аверс (G8) (UKR) (Група I).

Слід звернути увагу, що як наведено вище, максимальні значення показників гомеостатичності ( $Hom_i = 13766,6$ ) та селекційної цінності ( $Sc_i = 426,5$ ) були у зразка Дар Носівщини (G11) (UKR). Однак, даний сорт відповідно до GGE biplot був зміщеним відносно оптимального рівня прояву врожайності в напрямі вектору середовища E18. На наш погляд, це може бути пов'язано з тим, що наведені статистичні параметри враховують лише величину та варіабельність врожайності (стандартне відхилення та (або) ліміти варіювання) окремого генотипу за роками. Графічна ж модель характеризує на скільки відповідною є реакція конкретного генотипу відносно зміни середнього значення усіх зразків у певному середовищі (році). Іншими словами вони охоплюють дещо різні аспекти щодо величини та варіації врожайності генотипів. Так, врожайність Дар Носівщини (G11) (UKR) була найвищою в середовищі E18, однак у E20 вона була навіть дещо (не достовірно) нижчою ніж середня у досліді. У розрізі ж років, врожайність цього генотипу була практично на одному рівні. Таким чином, він не відреагував на загальне для усіх зразків збільшенням врожайності в E19 і E20.



Примітка: E18 – 2018 р.; E19 – 2019 р.; E20 – 2020 р.; шифрування генотипів G1..G72 відповідають значенням наведеному додатку Д.1

Рисунок 3.2 – GGE biplot ранжирування колекційних зразків ячменю ярого за врожайністю відносно до «ідеального генотипу», 2018–2020 рр.

Також слід звернути увагу, що врожайність даного зразка була нижчою порівняно із стандартом Взірець (G1) (UKR) в E19 (недостовірно) і E20 (достовірно).

У цілому, на основі графічного та статистичного аналізу серед дослідженої вибірки зразків як генетичні джерела за поєднанням врожайності та стабільності слід виділити Смарагд (G12) (UKR), Крок (G4) (UKR), Аверс (G8) (UKR) – Група I; Almonte (G22) (CAN), Vienna (G29) (AUT) – Група II. За результатами лише графічного аналізу до них слід додати зразки Групи II: Skald (G31) (POL), Kormoran (G30) (POL) і Suveren (G32) (POL). Для створення голозерних і шестирядних сортів відносно кращими (у межах груп) є голозерний зразок NSGJ-1 (G59) (SRB), шестирядні Glacier AL. 38 (G72) (GBR) і AC Alma (G69) (CAN).

Втім, навіть виділені зразки, які переважали решту за кращим поєднанням врожайності та стабільності відрізнялись за особливостями реакції на умови різних за погодними умовами років досліджень. Це слід враховувати при залученні їх до схрещувань з метою створення нового вихідного матеріалу. Найбільш доцільним буде комбінований підхід до підбору батьківських компонентів як за різним походженням (еколого-географічний принцип), так і за взаємодоповнюючою реакцією на різні умови років досліджень.

*Продуктивна куцистість.* Середній у 2018–2020 рр. рівень продуктивної куцистості для усієї вибірки зразків (Групи I–V) становив Mean = 3,48 стебел/рослину, з лімітами варіювання від Min = 2,34 стебел/рослину до Max = 4,49 стебел/рослину (рис. 3.3, Додаток Д.3). Загалом, найвищою продуктивна куцистість була у 2020 р. (Mean = 4,11 стебел/рослину, Max = 6,10 стебел/рослину, Min = 2,59), найнижчою – у 2018 р. (Mean = 2,10 стебел/рослину, Max = 3,85 стебел/рослину, Min = 1,83 стебел/рослину). У 2019 р. рівень прояву ознаки мав проміжне значення між вище названими роками (Mean = 3,47 стебел/рослину, Max = 5,20 стебел/рослину, Min = 1,99 стебел/рослину). Загальна тенденція за рівнем прояву продуктивної куцистості у різні роки була характерною і для окремих груп зразків.

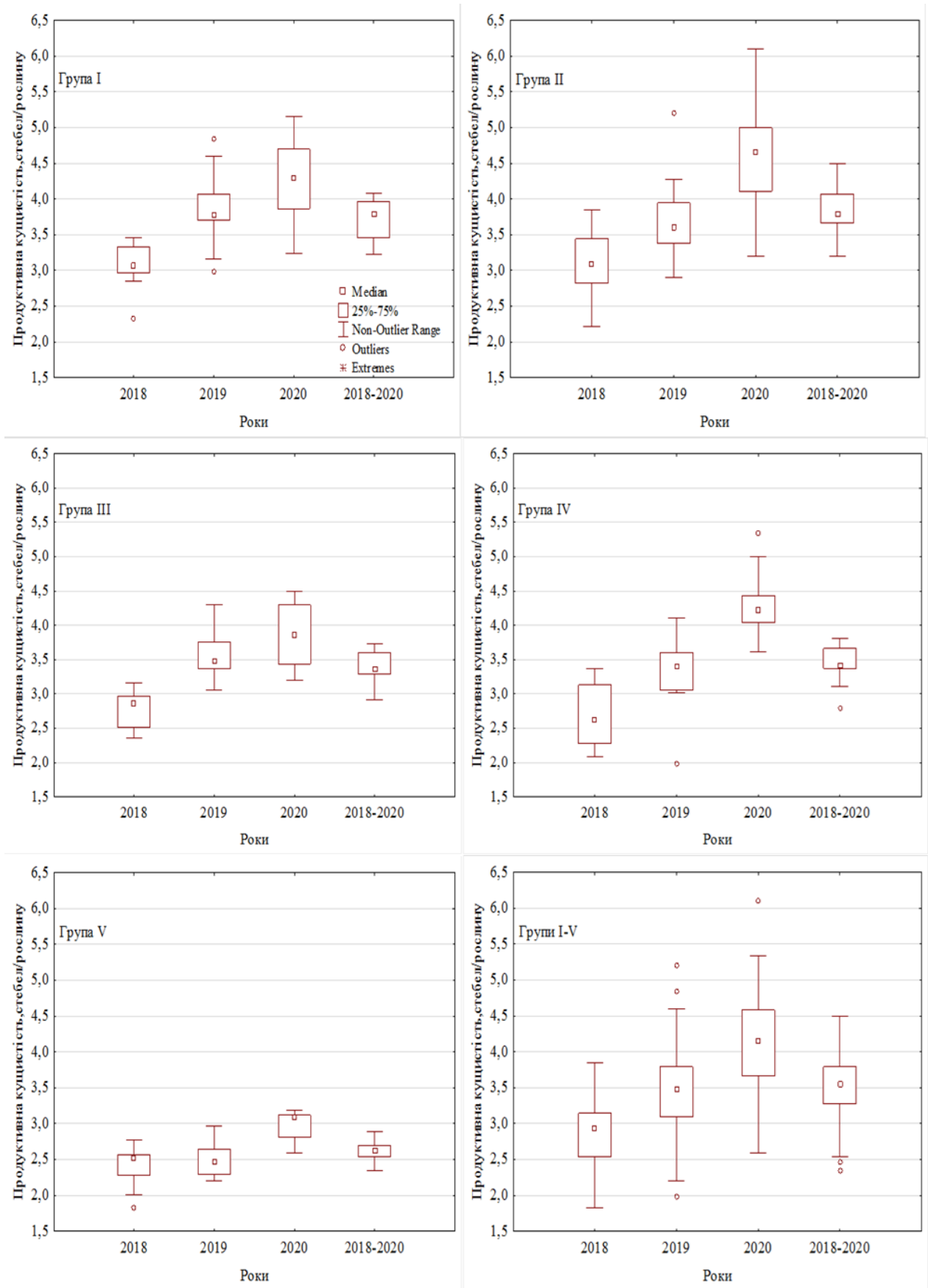


Рисунок 3.3 – Продуктивна куцність колекційних зразків ячменю ярого різних груп залежно від умов років досліджень, 2018–2020 рр.

Однак, групи відчутно різнилися за рівнем прояву ознаки та її лімітами варіювання. Вищий, порівняно з іншими групами, рівень прояву ознаки був у Групах I і II. Найнижчою, з найменшим варіюванням між зразками, у межах окремих років була продуктивна кущистість у Групі V.

За часткою внеску у загальну варіацію для усіх груп зразків виявлено найбільші внески умов середовища, з максимальними значеннями для Групи IV (69,14 %) і відчутно нижчими для Групи V (46,71 %) (табл.3.2). Ці ж групи мали і протилежні значення для частки внеску генотипу – 18,60 % у Групі IV та 11,14 % у Групі V, а також взаємодії генотип–середовище – 19,72 % у Групі IV і 34,69 % у Групі V. Загалом у розрізі груп зразків найнижчою була частка генотипу (11,14–18,60 %), взаємодія генотип–середовище мала проміжне місце між двома розглянутими (19,72–34,69 %). У той же час, при аналізі усієї дослідженої вибірки зразків (Групи I–V) суттєво вищою була частка внеску генотипу (33,79 %), хоча й поступалась умовам середовища (43,19 %). Взаємодія генотип–середовище була нижчою, але суттєвою (23,02 %). На наш погляд це підтверджує графічно відображені суттєві відмінності у особливостях рівня прояву ознаки між різними групами зразків.

Таблиця 3.2

Частка внеску (%) факторів у загальну дисперсію за продуктивною кущистістю колекційних зразків ячменю ярого, 2018–2020 рр.

Фактор варіації	Групи зразків					
	I	II	III	IV	V	I–V
Генотип	16,45	16,93	15,51	11,14	18,60	33,79
Середовище	54,21	58,65	63,70	69,14	46,71	43,19
Взаємодія	29,34	24,42	20,79	19,72	34,69	23,02

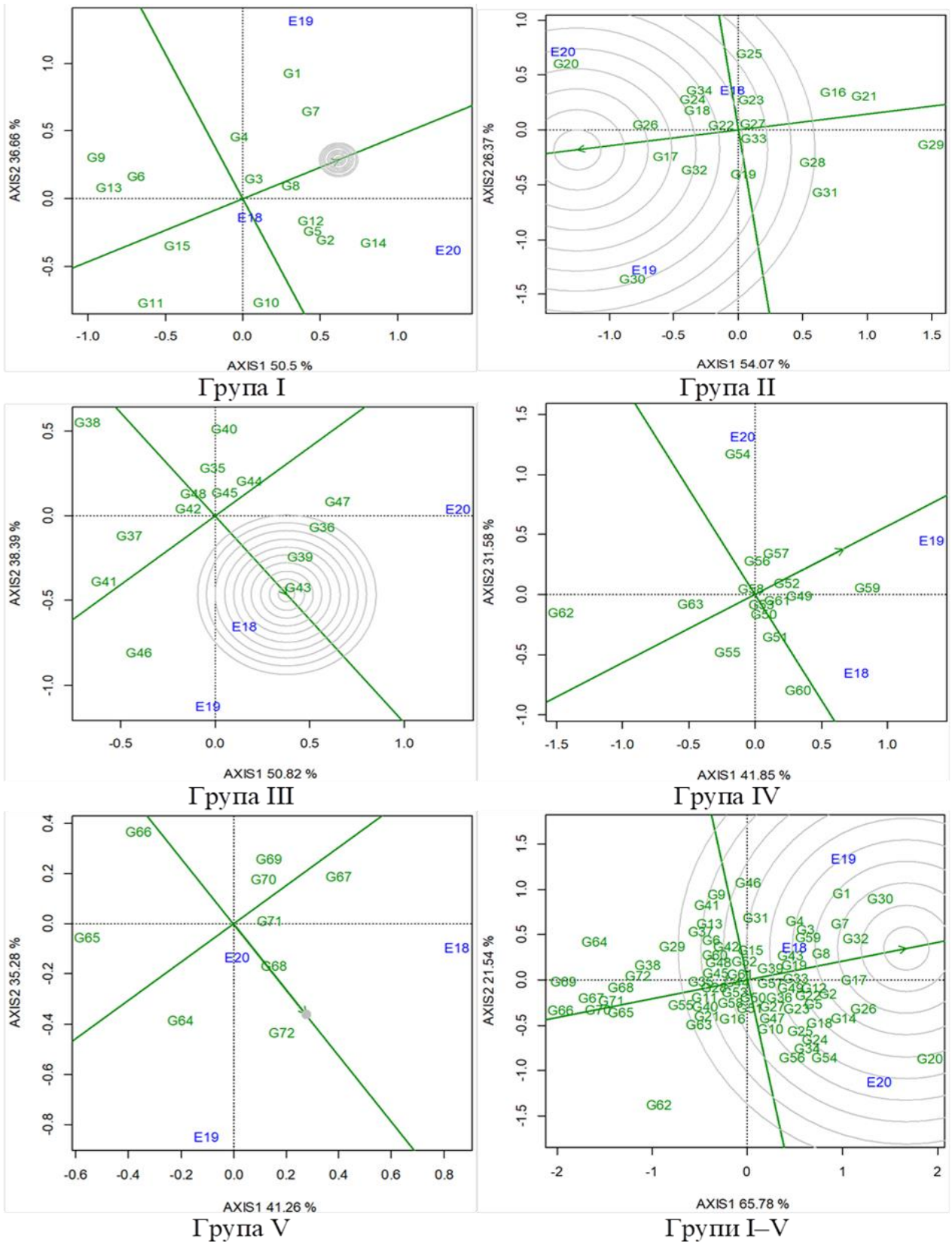
Примітка: \* – достовірно на 1 % рівні

Як для врожайності, так і елементів її структури, для використання в якості генетичних джерел з метою поліпшення, найбільшу цінність становитимуть генотипи, з оптимальним поєднанням рівня прояву ознаки та її відносної стабільності за роками.

Вищу у середньому за три роки продуктивну кущистість ніж у стандарту Взірець (G1) (UKR) (4,08 стебел/рослину) мали лише чотири зразки з Групи II (Concerto (G20) (GBR), Suveren (G32) (POL), Kormoran (G30) (POL), Jermina (G26) (GBR)). З них, Suveren (G32) (POL) оптимальніше поєднував високий рівень прояву ознаки (4,26 стебел/рослину) з показниками гомеостатичності ( $Hom_i = 45,41$ ) та селекційної цінності ( $Sc_i = 3,53$ ). Сорт Concerto (G20) (GBR) мав кращі значення ніж стандарт лише за показником селекційної цінності ( $Sc_i = 2,64$ ), однак поступався йому за гомеостатичністю.

Низка зразків різних груп дворядного плівчастого ячменю (Групи I, II і III) за середнім рівнем продуктивної кущистості дещо поступались стандарту Взірець (UKR) (G1), але переважали його за показниками гомеостатичності і селекційної цінності ( $Hom_i = 18,42$ ,  $Sc_i = 2,59$ ). Серед них слід виділити зразки Vienna (G29) (AUT), Skald (G31) (POL), Букат (G15) (UKR), Реванш (G3) (UKR), Сымбат (G37) (KAZ), Азык (G41) (KAZ), Святовіт (G13) (UKR), Арістей (G9) (UKR) та ін. Серед групи голозерних (Група IV) слід виділити AC Alberte (G60) (CAN), NSGJ-1 (G59) (SRB), 4-15 (G51) (UKR). Цікавими є той факт, що шестирядні зразки (Група V) AC Alma (G69) (CAN), Glacier AL.38 (G72) (GBR), AC Maple (G68) (CAN) внаслідок значно нижчої, але стабільної продуктивної кущистості за роками мали високі значення лише показника гомеостатичності ( $Hom_i = 26,18-37,36$ ). Ці зразки становлять інтерес для селекції як джерела відносної стабільності певного рівня прояву ознаки.

Результати графічного GGE biplot аналізу щодо диференціювання зразків відносно «ідеального генотипу» представлено на рисунку 3.4. У Групі I, не зважаючи на перевагу над іншими за середнім рівнем прояву ознаки, стандарт Взірець (G1) (UKR) та зразки Тівер (G7) (UKR), Рейнджер (G14) (UKR) були сильно віддаленими не лише від центру, але й в цілому від усього набору центричних кіл. Це пов'язано з сильною варіабельністю рівня прояву ознаки у різних зразків у різні роки. Стандарт Взірець (G1) (UKR) і зразок Тівер (G7) (UKR) сильно зміщені в сторону умов E19, Рейнджер (G14) (UKR) – E20.



Примітка: E18 – 2018 р.; E19 – 2019 р.; E20 – 2020 р.; шифрування генотипів G1...G72 відповідають значенням наведеному додатку Д.1

Рисунок 3.4 – GGE biplot ранжирування колекційних зразків ячменю ярого за продуктивною кущистістю відносно до «ідеального генотипу», 2018–2020 рр.

Дуже сильну віддаленість від центричних кіл виявлено у Групах IV та V з найвищим середнім рівнем прояву ознаки, відповідно, у зразків Rosalina (G56) (DNK) і Glacier AL.38 (G72) (GBR). У Групі II два зразки переважали інші і лежали в площині центричних кіл, хоча із сильним зміщенням в сторони різних умов: E19 – Kormoran (G30) (POL), E20 – Concerto (G20) (GBR). У Групі III у центрі центричних кіл був розташований зразок Илек 16 (G43) (KAZ). При аналізі зразків усіх груп разом, відносно ближчими до «ідеального генотипу» були Suveren (G32) (POL), Kormoran (G30) (POL), Тівер (G7) (UKR), Strier (G17) (POL) та стандарт Взірець (G1) (UKR). Зразок Concerto (G20) (GBR) був сильно зміщеним в сторону умов E20. Значна кількість зразків, поступались названим, але переважали інші за поєднанням прояву та стабільності ознаки і були ближчими до центру кіл від вертикальної розмежувальної лінії, яка перетинає основу біplot. Кращими за графічним та статистичним аналізом серед дослідженої вибірки зразків як генетичні джерела за поєднанням підвищеного рівня прояву та відносної стабільності продуктивної кущистості слід виділити зразки Групи I: Тівер (G7) (UKR), Групи II: Suveren (G32) (POL), Strier (G17) (POL), Jermina (G26) (GBR), Групи III: Илек 16 (G43) (KAZ). Для створення голозерних і шестирядних сортів відносно кращими (у межах груп) є NSGJ-1 (G59) (SRB), Glacier AL.38 (G72), AC Maple (G68) (CAN).

*Маса 1000 зерен.* Маса 1000 зерен суттєво варіювала, залежно від умов року і досліджених генотипів, що наочно ілюструє рисунок 3.5 та додаток Д.4. Найвищою середня маса 1000 зерен у досліді (Групи I–V) була в 2019 р. найнижчою – у 2020 р. У розрізі різних груп слід відмітити певні особливості. Зокрема найнижчою середня маса 1000 зерен була для всіх груп у 2020 р. (39,8 г). У той же час за три роки найвищим середнє значення маси 1000 зерен спостерігався у Групі I: 53,8 г у сорту Крок (G4), у Групі III: 50,4 г – Владлен (G40) і в Групі IV 50,3 г – NSGJ-1 (G59). Найбільшу різноманітність за рівнем прояву маси 1000 зерен у межах окремих років (розмах варіювання між зразками) виявлено у Групі I, меншу – у Групі III.

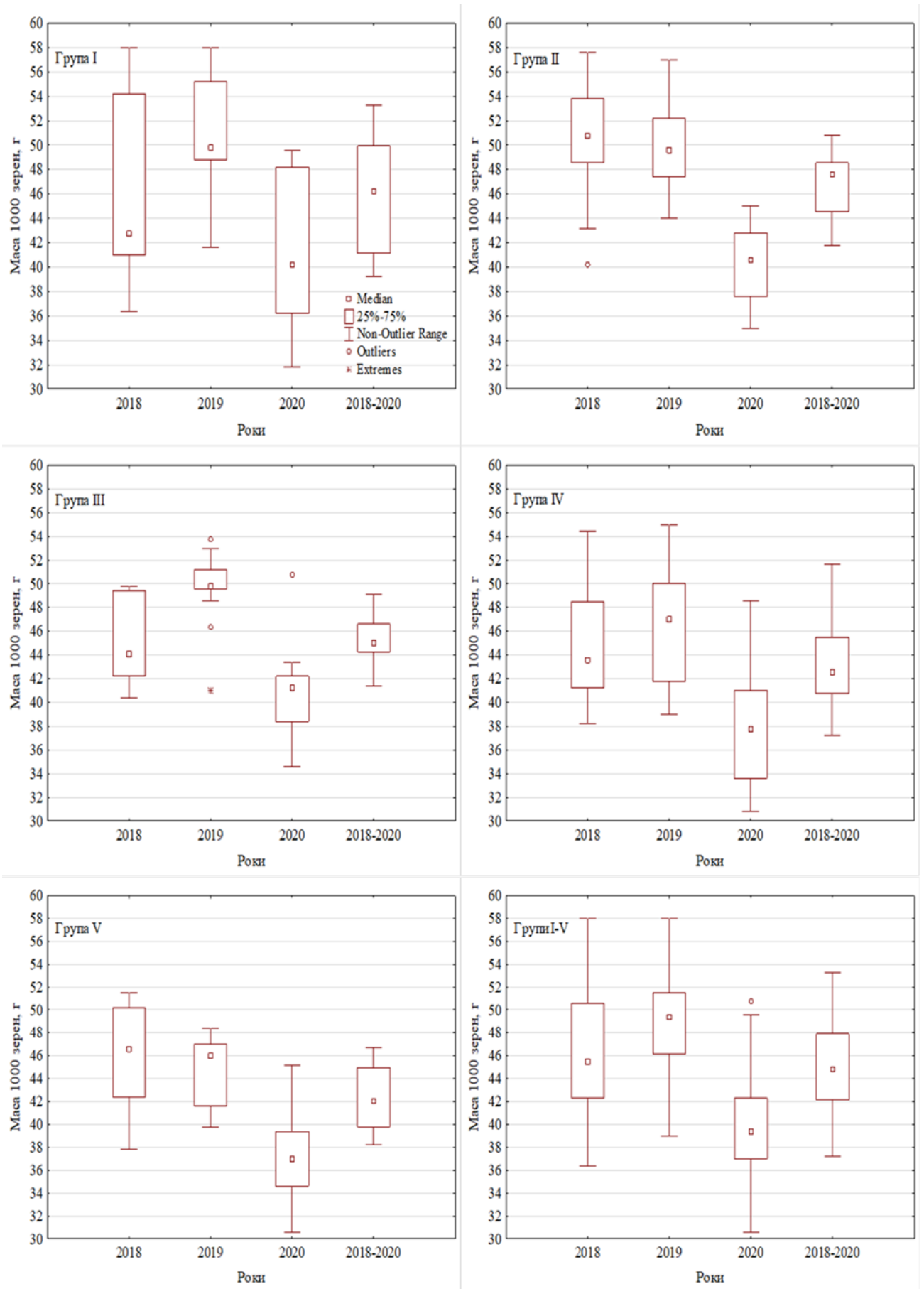


Рисунок 3.5 – Маса 1000 зерен колекційних зразків ячменю ярого різних груп залежно від умов років досліджень

Встановлено значні відмінності між групами за часткою внеску у загальну варіацію генотипу (від 15,61 % у Групі II до 44,61 % у Групі I) та середовища (від 26,05 % у Групі I до 60,87 % у Групі II) (табл. 3.3). При цьому частка взаємодії генотип–середовище була практично на одному рівні у різних груп зразків (22,46–29,34 %). Загальні значення факторів варіації для усієї вибірки зразків (Групи I–V) становили: генотип – 35,76 %, середовище – 36,15 %, їх взаємодія – 28,09 %. Дані вказують, як наявне у даній вибірці зразків суттєве генетичне різноманіття, але також значний вплив погодних умов року (середовища) на формування маси 1000 зерен, а також різну реакцію генотипів за рівнем прояву ознаки на умови окремих років досліджень.

Таблиця 3.3

Частка внеску (%) факторів у загальну дисперсію за масою 1000 зерен  
колекційних зразків ячменю ярого, 2018–2020 рр.

Фактор варіації	Групи зразків					
	I	II	III	IV	V	I–V
Генотип	44,61	15,61	20,05	37,70	28,31	35,76
Середовище	26,05	60,87	53,15	39,84	46,89	36,15
Взаємодія	29,34	23,52	26,80	22,46	24,80	28,09

Примітка: \* – достовірно на 1 % рівні

У Групі I найбільше у середньому за три роки значення маси 1000 зерен ( $X = 53,3$  г) у поєднанні з високими значеннями показників гомеостатичності ( $Ном_i = 578$ ) та селекційної цінності ( $Sc_i = 44,3$ ) мав зразок Святівіт (G13) (UKR). Дар Носівщини (G11) (UKR) оптимально поєднував високе середнє значення як маси 1000 зерен ( $Mean = 53,0$  г), так і статистичних показників ( $Ном_i = 675$ ;  $Sc_i = 45,9$ ). Окрім вище двох названих, також слід виділити Смарагд (G12) (UKR) ( $Mean = 50,9$  г;  $Ном_i = 561$ ;  $Sc_i = 42,8$ ).

Для порівняння, у стандарту Взірець рівень прояву маси 1000 зерен в середньому за роки досліджень становив 48,7 г з варіюванням від 56,2 г в 2018 р. до 40,2 г у 2020 р., і значеннями статистичних показників  $Ном_i = 294,6$ ;  $Sc_i = 34,8$ .

Максимальне значення показника гомеостатичності ( $\text{Hom}_i = 750,2$ ) у цій групі було в зразка Реванш (G3) (UKR). Однак, середнє значення маси 1000 зерен у нього становило 41,1 г, а тому він характеризувався лише близьким до середнього значення для даної вибірки генотипів значенням селекційної цінності ( $\text{Sc}_i = 36,9$ ).

У Групі II максимальну в середньому за три роки масу 1000 зерен мали зразки Victorianna (G24) (DEU) (50,8 г) і Despina (G33) (DEU) (50,6 г). Однак, у зв'язку з варіабельністю рівня прояву ознаки за роками вони характеризувались відносно низькими значеннями статистичних параметрів. Зокрема, у зразка Victorianna (G24) (DEU) маса 1000 зерен коливалась від 57,0 г у 2019 р. до 40,6 г у 2020 р. і, відповідно,  $\text{Hom}_i = 289,9$ ,  $\text{Sc}_i = 36,2$  У зразка Despina (G33) (DEU) розмах варіювання був у межах від 57,6 г у 2018 р. до 38,40 г у 2020 р., а тому  $\text{Hom}_i = 241,5$ ,  $\text{Sc}_i = 33,7$ . Деяко поступалися названим зразкам за середньою масою 1000 зерен, але суттєво їх переважали за показниками гомеостатичності та селекційної цінності генотипи Lilly (G34) (DEU) (Mean = 48,5 г;  $\text{Hom}_i = 654,0$ ;  $\text{Sc}_i = 41,8$ ) та Sunshine (G19) (DEU) (Mean = 47,6 г;  $\text{Hom}_i = 663,0$ ;  $\text{Sc}_i = 41,2$ ).

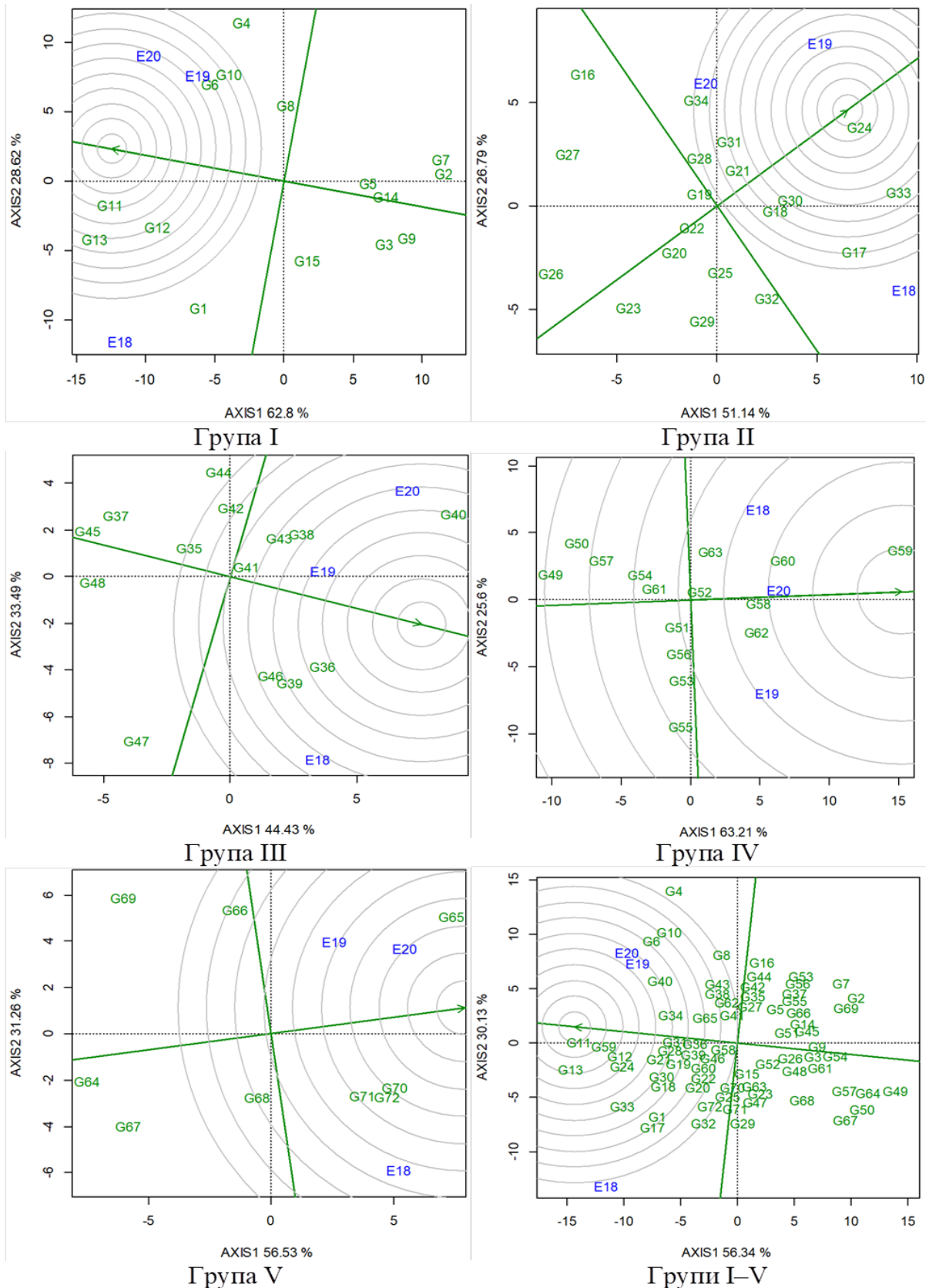
У Групі III поза конкуренцією був зразок Владлен (G40) (KGZ), який поєднував максимальні значення маси 1000 зерен (49,1 г) та статистичних показників ( $\text{Hom}_i = 1082,5$ ;  $\text{Sc}_i = 45,1$ ). Найвищий рівень прояву ознаки та високі гомеостатичність і селекційну цінність у Групі IV мав зразок NSGJ-1 (G59) (SRB) (Mean = 51,7 г;  $\text{Hom}_i = 916,0$ ;  $\text{Sc}_i = 46,2$ ). Серед зразків Групи V групи також явним лідером за поєднанням середньої маси 1000 зерен (Mean = 46,7 г) та статистичних параметрів ( $\text{Hom}_i = 1361,5$ ;  $\text{Sc}_i = 43,6$ ) був Yerong (G65) (AUS).

Таким чином, у I, III, IV і V групах зразків виділено генотипи які поєднували максимальну масу 1000 зерен та високі значення показників гомеостатичності і стабільності. Для зразків Групи II характерним було те, що генотипи які в середньому за три роки мали вищий рівень прояву маси 1000 зерен унаслідок більшої варіабельності в окремі роки характеризувались

не високими значеннями показників гомеостатичності та селекційної цінності. Тобто, кращі показники статистичних параметрів були у зразків з дещо нижчим середнім рівнем прояву ознаки, але меншою її варіабельністю в окремі роки. Також слід відмітити, що варіювання маси 1000 зерен у зразків не мало лінійності, а змінювалось від мінімального до максимального значення у різних зразків у різні роки.

Відповідно до GGE biplot моделі у Групі I відносно ближчим до ідеального генотипу був зразок Дар Носівщини (G11) (UKR), Групі II – Victorianna (G24) (DEU), Групі IV – NSGJ-1 (G59) (SRB). У Групах III і V зразків сильно наближених до центру центричних кіл не виявлено (рис. 3.6). Відповідно до цього при аналізі зразків усіх груп разом ближчими до ідеального генотипу були зразки Дар Носівщини (G11) (UKR), NSGJ-1 (G59) (SRB), Святовіт (G13) (UKR), Смарагд (G12) (UKR), Victorianna (G24) (DEU). Ці ж п'ять зразків слід характеризувати як кращі за поєднанням рівня прояву та стабільності маси 1000 зерен як за статистичними, так і графічним методами. Слід виділити, що особливу цінність для селекції голозерного ячменю становить NSGJ-1 (G59) (SRB).

*Кількість зерен у колосі.* У зв'язку з родовою особливістю морфології колоса ячменю кількість зерен колосі для дворядних та шестирядних зразків необхідно оцінювати окремо. Для дворядних зразків різних груп особливості прояву середнього значення кількості зерен для зразків за роками мали схожі тенденції – з відносно більшим рівнем прояву ознаки у 2019 р., меншим – у 2018 р. (рис. 3.7, додаток Д.5). Близькими були середні значення кількості зерен у колосі для груп дворядних зразків. Однак, групи суттєво різнилися за розмахом варіювання між зразками у межах окремих років та в середньому за 2018–2020 рр. Найбільше різноманіття за рівнем прояву у межах років було характерним для зразків Групи IV. У зразків шестирядного підвиду найвищою кількістю зерен була у 2020 р.



Примітка: E18 – 2018 р.; E19 – 2019 р.; E20 – 2020 р.; шифрування генотипів G1..G72 відповідають значенням наведеному додатку Д.1

Рисунок 3.6 – GGE biplot ранжирування колекційних зразків ячменю ярого за масою 1000 зерен відносно до «ідеального генотипу», 2018–2020 рр.

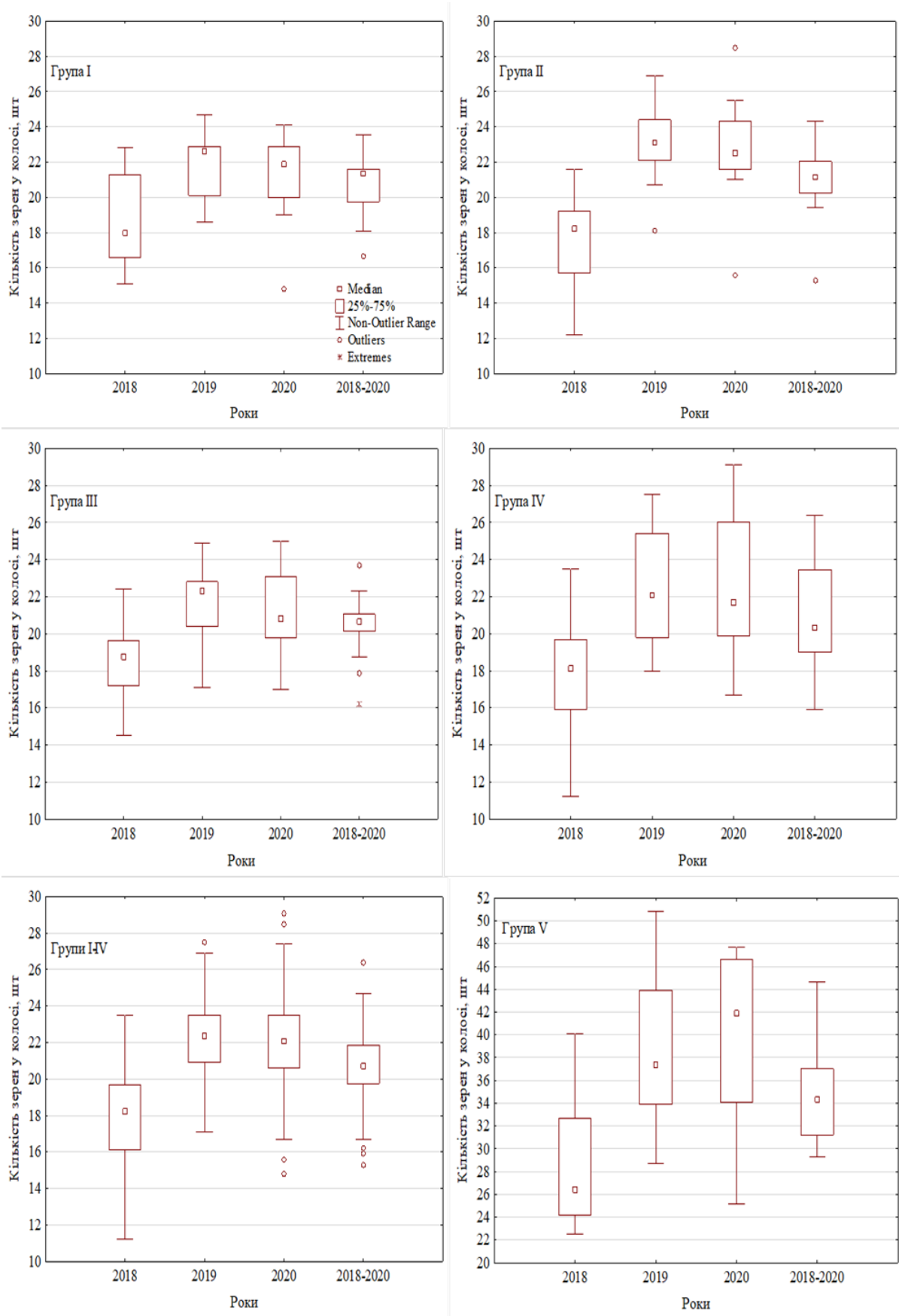


Рисунок 3.7 – Кількість зерен у колосі колекційних зразків ячменю ярого різних груп залежно від умов років досліджень, 2018–2020 рр.

Найвища частка внеску генотипу була у Групі IV (47,66 %), найменшою – у Групі II (28,61 %). (табл. 3.4 ). Для останньої був характерний найбільший внесок середовища (54,39 %) і порівняно нижчий до інших груп внесок взаємодії генотип–середовище (17,00 %). Загалом для дворядних зразків ячменю (Групи I–IV) частка внеску у спадаючому порядку була такою – генотип (40,81 %), середовище (36,37 %), їх взаємодія (22,82 %). Переважання частки генотипу вказує на суттєві відмінності між рівнем прояву ознаки у різних зразків. Для Групи V (шестирядні зразки) частки внеску трьох джерел варіації були практично на одному рівні (32,51–35,31 %).

Таблиця 3.4

Частка внеску (%) факторів у загальну дисперсію за кількістю зерен у колосі колекційних зразків ячменю ярого, 2018–2020 рр.

Фактор варіації	Групи зразків					
	I	II	III	IV	I–IV	V
Генотип	42,56	28,61	47,56	47,66	40,81	33,18
Середовище	28,82	54,39	30,01	34,09	36,37	32,51
Взаємодія	28,62	17,00	22,43	18,25	22,82	35,31

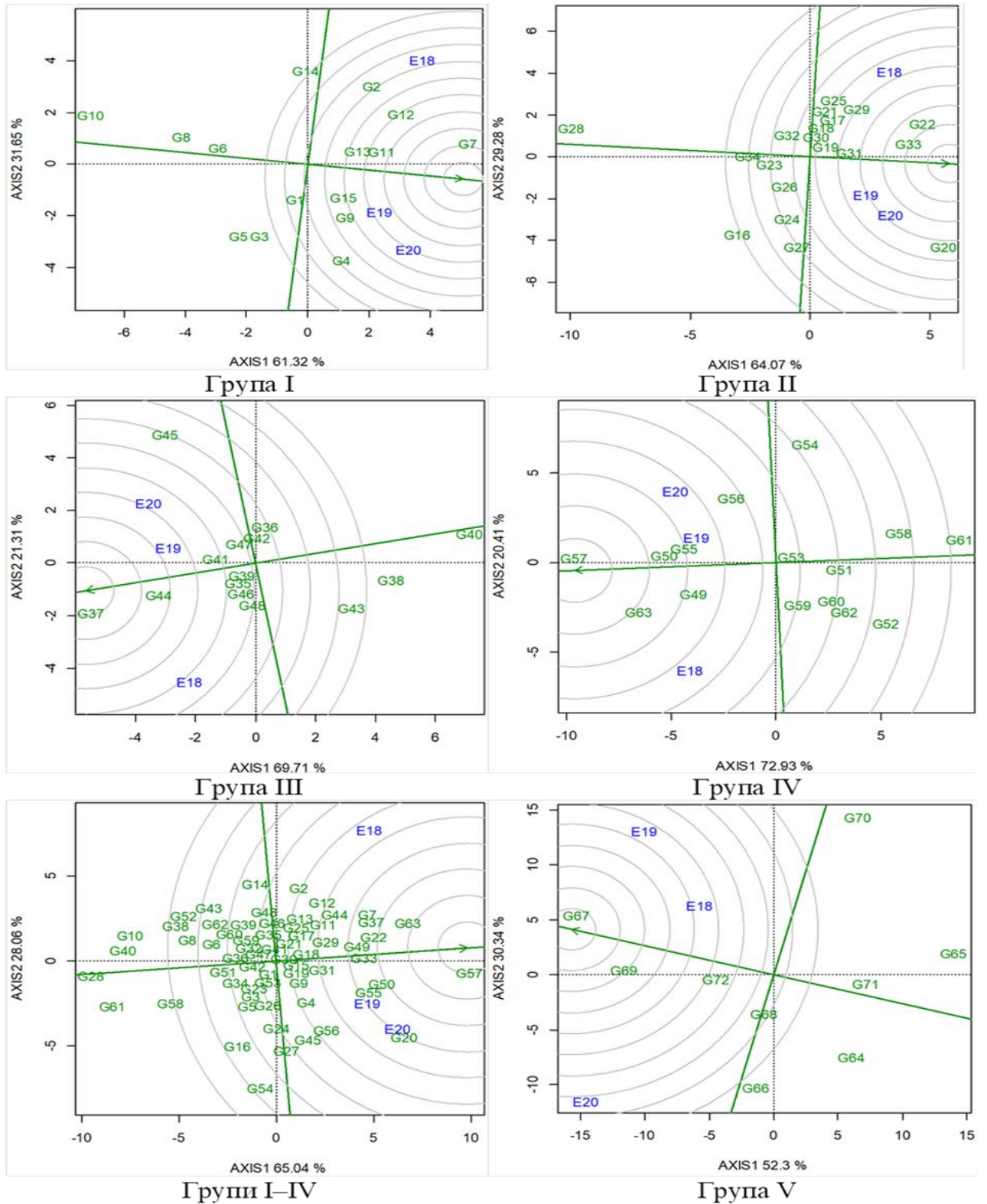
Примітка: \* – достовірно на 1 % рівні

Дворядний плівчастий сорт–стандарт Взірець (G1) (UKR) мав рівень прояву ознаки на рівні середніх значень для більшості дворядних груп зразків ( $Mean = 20,6$ ), але не високі показники гомеостатичності ( $Hom_i = 144,7$ ) та селекційної цінності ( $Sc_i = 15,6$ ). Найбільшу величину показника гомеостатичності виявлено у зразків Групи I Смарагд (G12) (UKR) ( $Hom_i = 871,9$ ), Тівер (G7) (UKR) ( $Hom_i = 831,8$ ) і Новатор (G2) (UKR) ( $Hom_i = 723,5$ ). Ці ж зразки мали і найбільші значення показника у межах даної групи, хоча у дещо іншому порядку розміщення. Тому, для них виявлено і одні з найвищих показників селекційної цінності ( $Sc_i = 21,2–22,3$ ). Наочним прикладом необхідності не лише високого середнього значення рівня прояву ознаки за роками, але і його стабільності є сорт Concerto (G20) (GBR), який мав високу кількість зерен у колосі ( $Mean = 24,3$ ) як у Групі II, так і загалом для усіх дворядних плівчастих зразків (Групи I–IV). Однак, внаслідок варіювання за

роками, даний сорт мав дуже низькі показники гомеостатичності ( $\text{Hom}_i = 100,6$ ) та селекційної цінності ( $\text{Sc}_i = 15,0$ ). Серед зразків Групи II за поєднанням озерненості та статистичних показників слід відмітити Almonte (G22) (CAN) ( $\text{Mean} = 25,5$ ,  $\text{Hom}_i = 284,0$ ,  $\text{Sc}_i = 19,93$ ), Despina (G33) (DEU) ( $\text{Mean} = 23,3$ ,  $\text{Hom}_i = 220,7$ ,  $\text{Sc}_i = 19,1$ ), Vienna (G29) (AUT) ( $\text{Mean} = 22,1$ ,  $\text{Hom}_i = 325,1$ ,  $\text{Sc}_i = 19,3$ ), Mastvinster (G25) (DEU) ( $\text{Mean} = 22,35$ ,  $\text{Hom}_i = 300,0$ ,  $\text{Sc}_i = 18,7$ ). У Групі III поєднували відносно високе значення ознаки у середньому за три роки зразки Сымбат (G37) (KAZ) ( $\text{Mean} = 23,7$ ,  $\text{Hom}_i = 448,3$ ,  $\text{Sc}_i = 21,3$ ), КАЗСУФФЛЕ 1 (G44) (KAZ) ( $\text{Mean} = 22,3$ ,  $\text{Hom}_i = 431,2$ ,  $\text{Sc}_i = 20,1$ ) і Памяти Раисы (G46) (KAZ) ( $\text{Mean} = 20,7$ ,  $\text{Hom}_i = 435,7$ ,  $\text{Sc}_i = 19,0$ ). У голозерного сорту CDC Candle (G57) (CAN) ( $\text{Mean} = 26,4$ ) (Група IV) виявлено абсолютне максимальне значення ознаки серед досліджених дворядних зразків (Групи I–IV), але у зв'язку з варіабельністю за роками показник його гомеостатичності був посереднім ( $\text{Hom}_i = 205,8$ ). Хоча за рахунок середнього значення ознаки селекційна цінність даного сорту була порівняно високою ( $\text{Sc}_i = 20,5$ ). Найкраще поєднання рівня прояву ознаки ( $\text{Mean} = 24,7$ ), показників гомеостатичності ( $\text{Hom}_i = 483,5$ ) та селекційної цінності ( $\text{Sc}_i = 22,3$ ) серед зразків Групи IV мав Millhouse (G63) (CAN). Серед зразків шестирядного ячменю Групи V оптимальніше поєднував озерненість та її стабільність AC Alma (CAN) (G69) (43,0 зерен,  $\text{Hom}_i = 462,3$ ;  $\text{Sc}_i = 36,1$ ).

Ближчими до ідеального генотипу GGE biplot (рис. 3.8) були: у Групі I – Тівер (G7) (UKR), Групі II – Despina (G33) (DEU) і Almonte (G22) (CAN), Групі III – Сымбат (G37) (KAZ), Групі IV – CDC Candle (G57) (CAN). Загалом для дворядних зразків (Групи I–IV) значно переважав інші зразок CDC Candle (G57) (CAN), дещо поступався йому Millhouse (G63) (CAN). У Групі V шестирядних зразків кращим був AC Westech (G67) (CAN) поступався йому, але переважав інші – AC Alma (G69) (CAN). Таким чином, генетичними джерелами озерненості та її стабільності є дворядні плівчасті зразки – Concerto (G20) (GBR), Almonte (G22) (CAN), Despina (G33) (DEU), Vienna (G29) (AUT),

Сымбат (G37) (KAZ), КАЗСУФФЛЕ 1 (G44) (KAZ), дворядні голозерні зразки – CDC Candle (G57) (CAN) та Millhouse (G63) (CAN).



Примітка: E18 – 2018 р.; E19 – 2019 р.; E20 – 2020 р.; шифрування генотипів G1..G72 відповідають значенням наведеному додатку Д.1

Рисунок 3.8 – GGE biplot ранжирування колекційних зразків ячменю ярого за кількістю зерен з колоса відносно до «ідеального генотипу», 2018–2020 рр.

*Маса зерен з рослини.* Найбільший прояв середнього значення маси зерен з рослини за роками спостерігали у 2019 і 2020 рр. (рис. 3.9, додаток Д.6). Групи також різнилися за розмахом варіювання між зразками у межах окремих років та в середньому за 2018–2020 рр. Вищі за стандарт значення продуктивності рослини у поєднанні з показниками гомеостатичності та селекційної цінності мали зразки Групи I – Тівер (G7) (UKR), Дар Носівщини (G11) (UKR), Смарагд (G12) (UKR), Групи II – Almonte (G22) (CAN), Skald (G31) (POL), Despina (G33) (DEU), Групи IV – Millhouse (G63) (CAN) і Phoenix (G49) (CAN). Також можна виділити зразок Skarb (G18) (POL), який мав дещо вищу за стандарт масу зерен з рослини і селекційну цінність на рівні стандарту. Дещо поступалися стандарту за рівнем прояву ознаки, але переважали його за показниками гомеостатичності та селекційної цінності зразки Святівіт (G13) (UKR), Suveren (G32) (POL), NSGJ-1 (G59) (SRB).

Ближчими до ідеального генотипу GGE biplot (рис. 3.10) були: у Групі I – Смарагд (G12) (UKR), Тівер (G7) (UKR), у Групі II – Kormoran (G30) (POL), Almonte (G22) (CAN), у Групі IV – NSGJ-1 (G59) (SRB). Загалом для дворядних зразків (Групи I–IV) значно переважали інші зразки Крок (G4) (UKR), Смарагд (G12) (UKR), Kormoran (G30) (POL).

Порівняно вищі частки внеску у загальну варіацію генотипу були у Групі I (33,11 %) та Групі V (31,72 %). Внесок умов середовища понад 50 % був характерний для зразків Груп II, III і IV. (табл. 3.5)

Таблиця 3.5

Частка внеску (%) факторів у загальну варіацію за масою зерен з рослини колекційних зразків ячменю ярого, 2018–2020 рр.

Фактор варіації	Групи зразків					
	I	II	III	IV	V	I–V
Генотип	33,11	22,82	20,53	22,87	31,72	30,80
Середовище	39,34	51,09	58,18	56,89	44,17	42,24
Взаємодія	27,54	26,09	21,29	20,24	24,11	26,96

Примітка: \* – достовірно на 1 % рівні

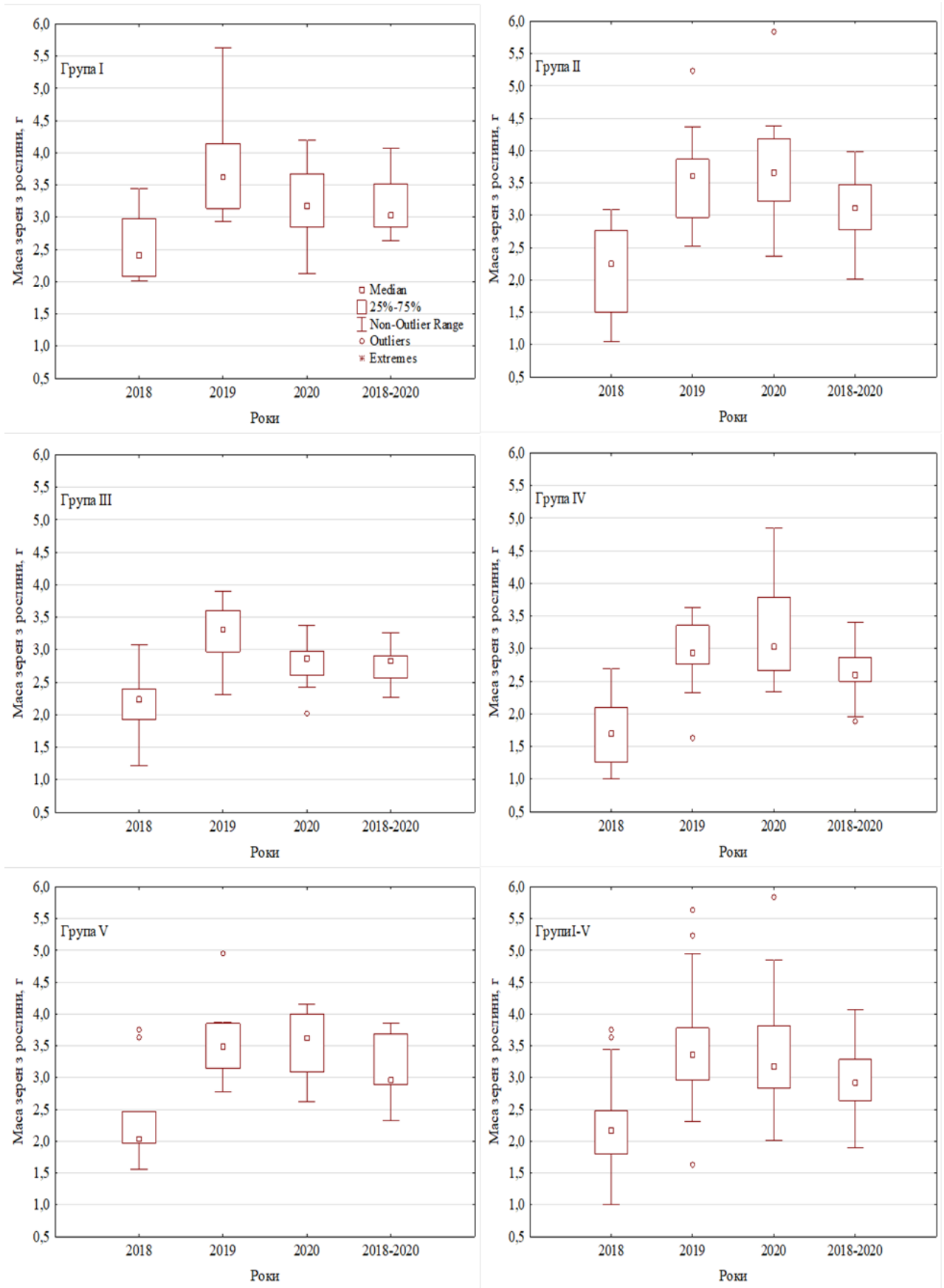
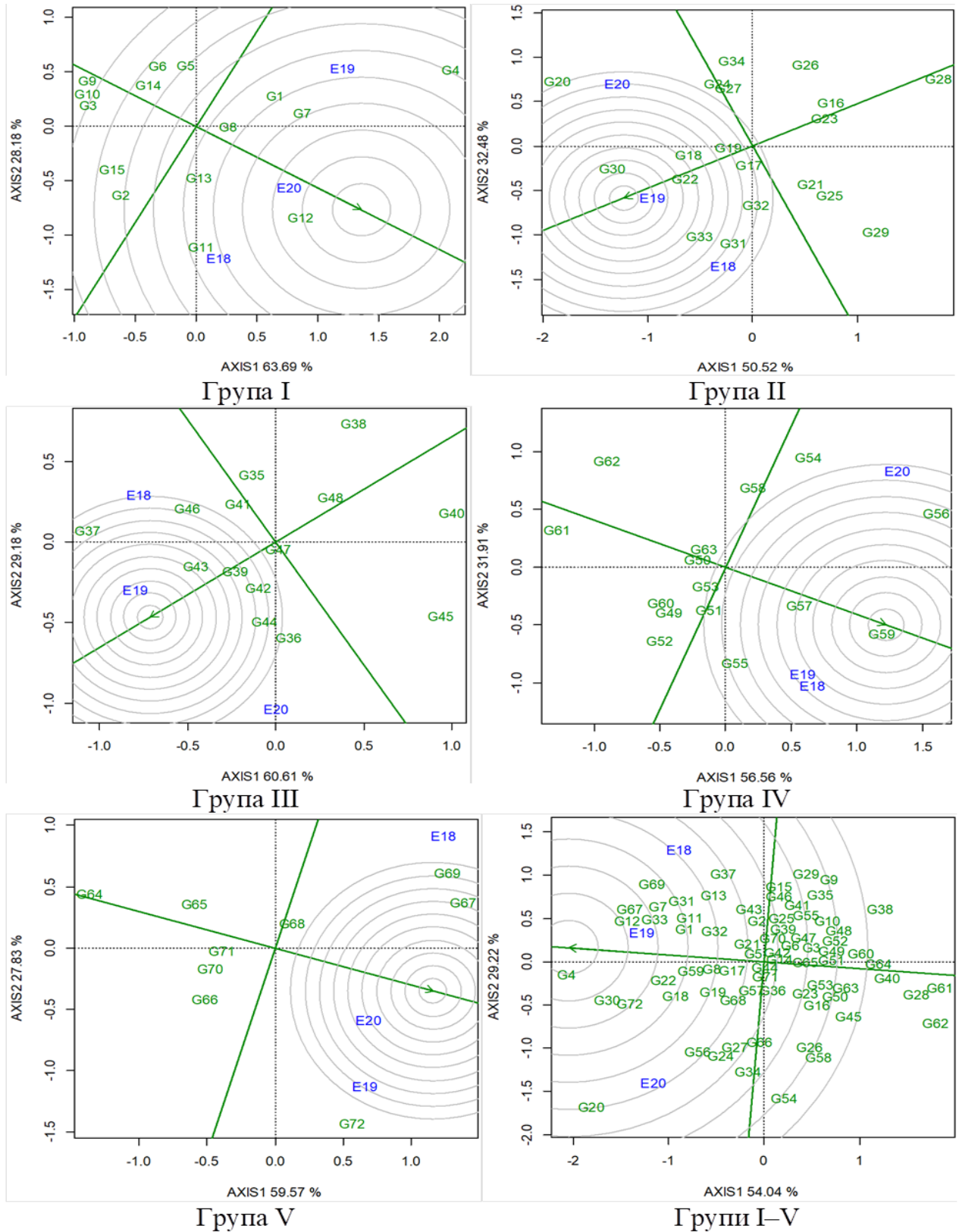


Рисунок 3.9 – Маса зерен з рослини колекційних зразків ячменю ярого різних груп залежно від умов років досліджень, 2018–2020 рр.



Примітка: E18 – 2018 р.; E19 – 2019 р.; E20 – 2020 р.; шифрування генотипів G1...G72 відповідають значенням наведеному додатку Д.1

Рисунок 3.10 – GGE biplot ранжирування колекційних зразків ячменю ярого за масою зерен з рослини відносно до «ідеального генотипу», 2018–2020 рр.

Взаємодія генотип–середовище для окремих груп мала не значну мінливість (20,24–27,54 %). При аналізі зразків усіх груп разом найвищою була частка умов середовища – 42,24 %. Для генотипу це значення становило 30,80 %, взаємодії генотип–середовище – 26,96 %.

### 3.2 Висота рослин і стійкість до вилягання

В умовах центральної частини Лісостепу України актуальною є необхідність створення сортів ячменю ярого з поєднанням високого потенціалу врожайності та стійкості до вилягання. Метою дослідження було виявити особливості варіювання висоти колекційних зразків ячменю ярого різного екологічного походження в погодно-контрастні роки, а також виділити нові генетичні джерела стійкості до вилягання з поєднанням підвищеної урожайності.

У цілому по всій вибірці (Групи I–V) висота рослин варіювала від 38 см сорту Karputar (G28) (AUS) у 2018 році до 118 см у сортах Nord (G66) (CAN) і Nobarb (G70) (CAN) у 2020 році. У середньому за три роки найбільша частина (80%) належала до середньо низьких зразків (табл. 3.6).

Максимальна середня урожайність  $455 \text{ г/м}^2$  за досліджені роки відмічено у сортозразків, які належали до середньорослих. Найвищу ступінь вилягання зразків спостерігали у 2018 р., більшість зразків були оцінені у 7 і 6 балів, що відповідає 43% та 25% всіх досліджуваних зразків. Найменший прояв цього явища був у 2019 р. – 44% відзначились у 9 балів (рис. 3.11).

За роки досліджень кращими були зразки з Групи II Concerto (G20) (GBR), Biatlon (G27) (GBR), Strief (G17) (DEU), Skarb (G18) (POL) за показниками гомеостатичності та селекційної цінності (Mean = 8,4–8,8;  $\text{Hom}_i = 185,3\text{--}225,3$ ;  $\text{Sc}_i = 7,8\text{--}8,1$ ), з Групи III найвищий показник гомеостатичності (Mean = 7,1;  $\text{Hom}_i = 262,8$ ;  $\text{Sc}_i = 6,8$ ) спостерігали у сорту Сыр-аруы (G36) (KAZ) (додаток Д.7).

Таблиця 3.6

Розподіл зразків ячменю ярого на групи за рівнем прояву висоти рослин та стійкості до вилягання

№ з/П	Рівень прояву ознаки	2018 р.			2019 р.			2020 р.			Середнє		
		% зразків	Стійкість до вилягання, бал	Урожайність, г/м <sup>2</sup>	% зразків	Стійкість до вилягання, бал	Урожайність, г/м <sup>2</sup>	% зразків	Стійкість до вилягання, бал	Урожайність, г/м <sup>2</sup>	% зразків	Стійкість до вилягання, бал	Урожайність, г/м <sup>2</sup>
1	дуже низькі (41–60 см)	20	7	278	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Низькорослі (61–70 см)	80	7	313	60	9	458	-	-	-	13	8	448
3	Середньо низькі (71–80 см)	-	-	-	33	8	468	7	8	338	80	7	408
4	середньо рослі (81–95 см)	-	-	-	7	8	442	60	7	481	7	7	455
5	середньовисокі (96–110 см)	-	-	-	-	-	-	33	7	519	-	-	-

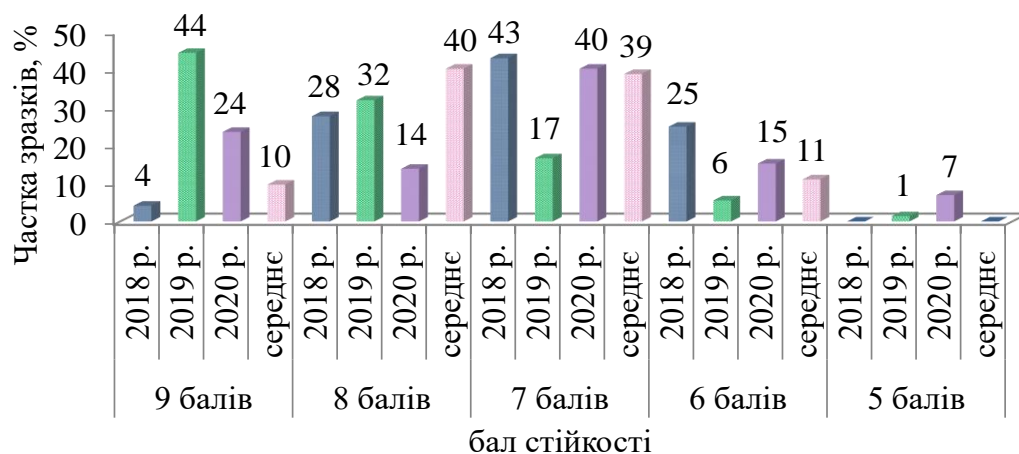


Рисунок 3.11 – Розподіл зразків за рівнем стійкості до вилягання

### 3.3 Відносна посухостійкість

Здатність насіння проростати в умовах штучної фізіологічної посухи пов'язана з його потенційною здатністю проростати за відсутності вологи в природних умовах. У нашому дослідженні в середньому за 2018–2020 рр. більшість зразків мали дуже низьку або низьку толерантність (рис. 3.12). Було лише п'ять зразків, які відносились до Групи IV: CDC Cartel (G50) (CAN), AC Alberte (G60) (CAN), CDC Candle (G57) (CAN), Phoenix (G49) (CAN) і 4-15 (G51) (UKR), що характеризувались високою відносною посухостійкістю. Чотири зразки цієї групи 4-1 (G55) (UKR), 4-2 (G54) (UKR), 4-14 (G52) (UKR), Millhouse (G63) (CAN), а також AC Westech (G67) (CAN) (V Група) мали толерантність вищу за середню. Також чотири зразки CDC Alamo (G58) (CAN), L94 (G61) (DEU) і Rosalina (G56) (DNK) (IV Група) і AC Maple (G68) (CAN) (V Група), мали середню відносну посухостійкість. З проведених нами досліджень доведено, що більшість голозерних зразків Групи IV мали високий рівень відносної посухостійкості.

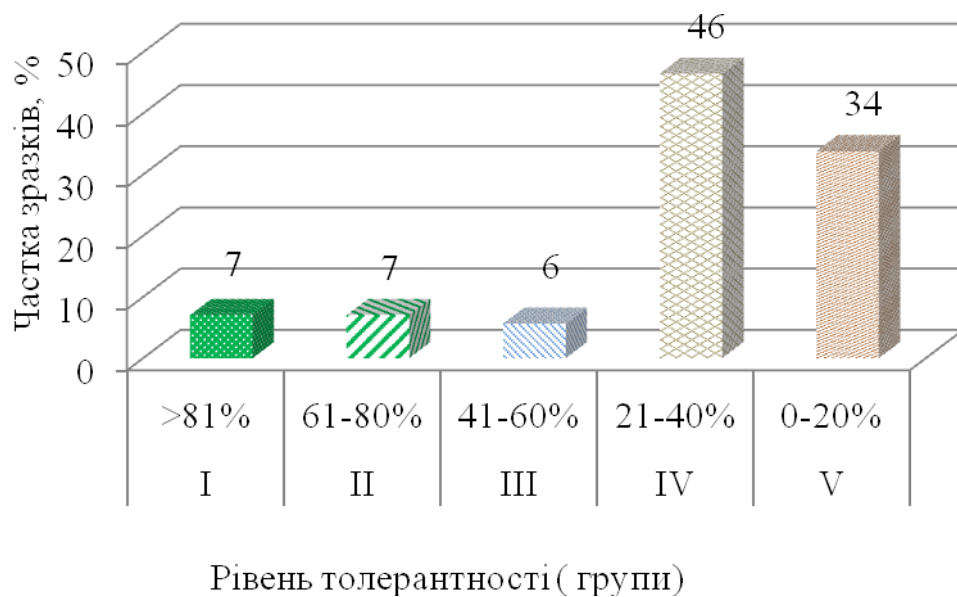


Рисунок 3.12 – Розподіл зразків за рівнем відносної посухостійкості

### 3.4 Стійкість до збудників хвороб

Найбільший розвиток борошнистої роси спостерігали у 2019 році (рис. 3.13). У середньому за 2018–2020 рр. найвищий показник гомеостатичності ( $Mean = 7,67–8,00$ ;  $Hom_i = 176,3–640,0$ ;  $Sc_i = 7,0–8,0$ ) мали лише 12 зразків, сім з яких належить до Групи II: Antigone (G16) (GBR), Concerto (G20) (GBR), Biatlon (G27) (GBR), Strief (G17) (DEU), Mastvinster (G25) (DEU), Despina (G33) (DEU), Kormoran (G30) (POL); три – до Групи IV: Rosalina (G56) (DNK), L 94 (G61) (DEU), 4-14 (G52) (UKR). За поєднанням показника гомеостатичності ( $Hom_i = 533,3–640,0$ ) та селекційної цінності ( $Sc_i = 8,0$ ) слід виділити Concerto (G20) (GBR), Despina (G33) (DEU) (додаток Д.8). Розподіл зразків за рівнем стійкості до борошнистої роси, в середньому за 2018–2020 рр. на рисунку 3.13.

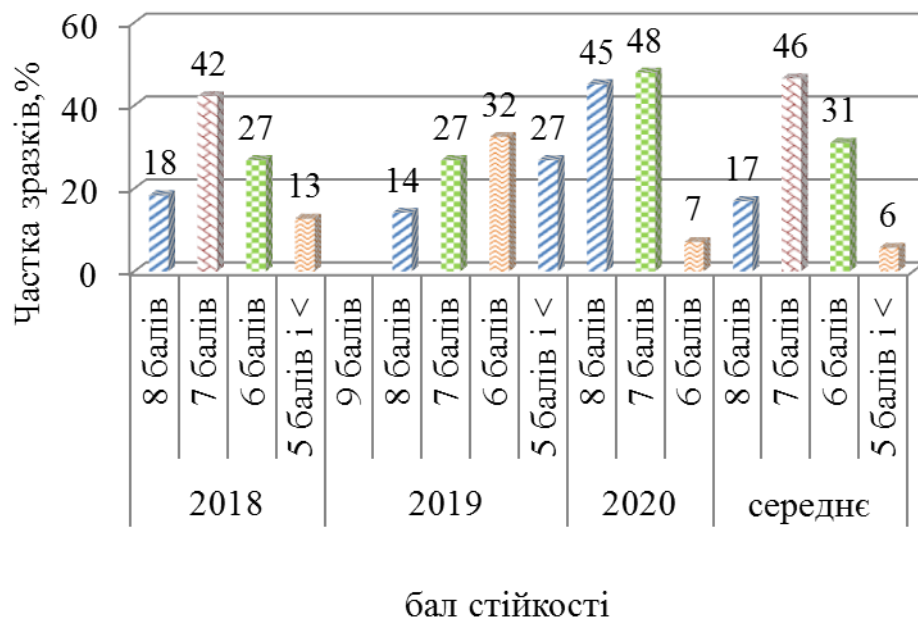


Рисунок 3.13 – Розподіл зразків за рівнем стійкості до борошнистої роси

За роки досліджень найбільший прояв сітчастої плямистості спостерігали у 2018 р. (рис. 3.14), темно бурої – у 2019 р. (рис. 3.15). Стійкість до сітчастої плямистості (8 балів) відмічено у 24 зразків, серед яких Реванш (G3) (UKR),

Аверс (G8) (UKR) – Група I, Куралай (G35) (KAZ), Илек 16 (G43) (KAZ) – Група III, , Jet (G62) (CAN), CDC Cartel (G50) (CAN), NSGJ-1 (G59) (SRB), L 94 (G61) (DEU) – Група IV, Nord (G66) (CAN), AC Westech (G67) (CAN) – Група V та ін. Найбільший показник гомеостатичності ( $Hom_i = 581,8-640,0$ ) та селекційної цінності ( $Sc_i = 8,0$ ) мали сорти CDC Cartel (G50) (CAN) – група I, AC Alma (G69) (CAN), AC Maple (G68) (CAN) – Група V (додаток Д.9).

Високу стійкість до темно бруї плямистості мали лише чотири зразка Групи V – AC Alma (G68) (CAN), AC Westech (G66) (CAN), AC Vision (G71) (CAN) та Jet (G18) (CAN) – Групи II. Максимальний показник гомеостатичності та селекційної цінності відмічено у сорту AC Westech (G66) (CAN) ( $Hom_i = 323,4$ ;  $Sc_i = 7,6$ ) та у сорту Jet (G18) (CAN) ) ( $Hom_i = 157,2$ ;  $Sc_i = 7,1$ ) (додаток Д.10).

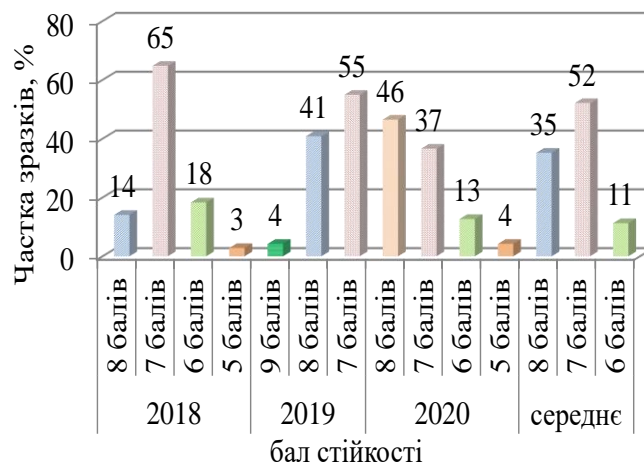


Рисунок 3.14 – Розподіл зразків за рівнем стійкості до сітчастої плямистості

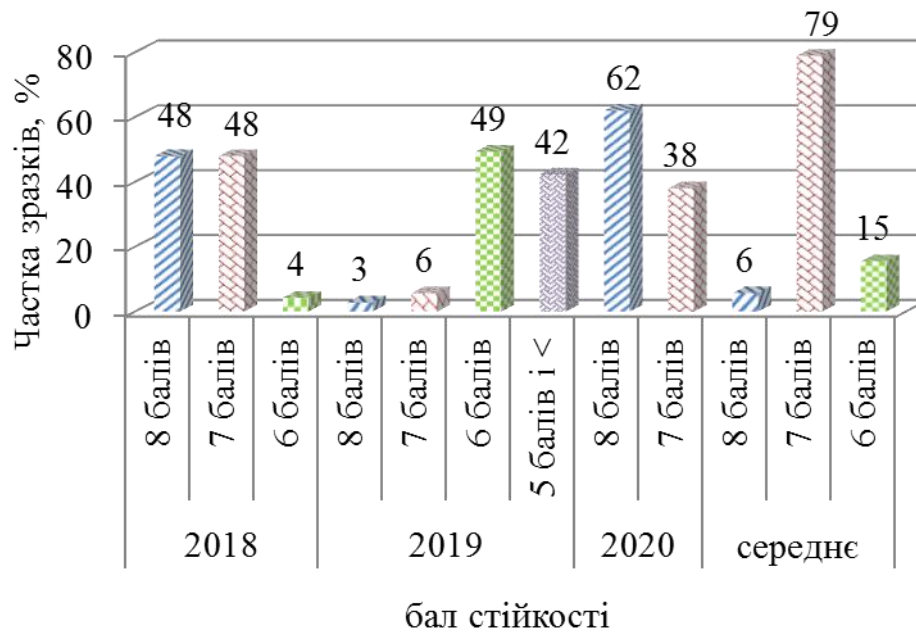


Рисунок 3.15– Розподіл зразків за рівнем стійкості до темно бурої плямистості

Карликова іржа сильно розвинулась у 2018 та 2019 роках (рис. 3.16). Не було виявлено зразків з імуністю (9 балів) або високою стійкістю (8 балів) до *Puccinia hordei*. Стійкими (7 балів) до листової іржі виявилися 14 зразків Suveren (G32) (POL), Lilly (G34) (DEU), Despina (G33) (DEU), Victoriana (G24) (DEU), Mastvinster (G25) (DEU), Diplom (G23) (DEU), Jermina (G26) (GBR), Concerto (G20) (GBR), Antigone (G16) (GBR), Biathlon (G27) (GBR) – Група II, CDC Cartel (G50) (CAN), Millhouse (G63) (CAN) Phoenix (G49) (CAN) – Група IV та Дар Носівщини G11 (UKR) – Група I. Найбільший показник гомеостатичності ( $Hom_i = 201,2$ ;  $Sc_i = 5,9$ ) визначено у зразка Владлен (G40) (KGZ) – Група III, більшу селекційну цінність ( $Hom_i = 133$ ;  $Sc_i = 6,0$ ) – у зразка Phoenix (G49) (CAN) (додаток Д.11).

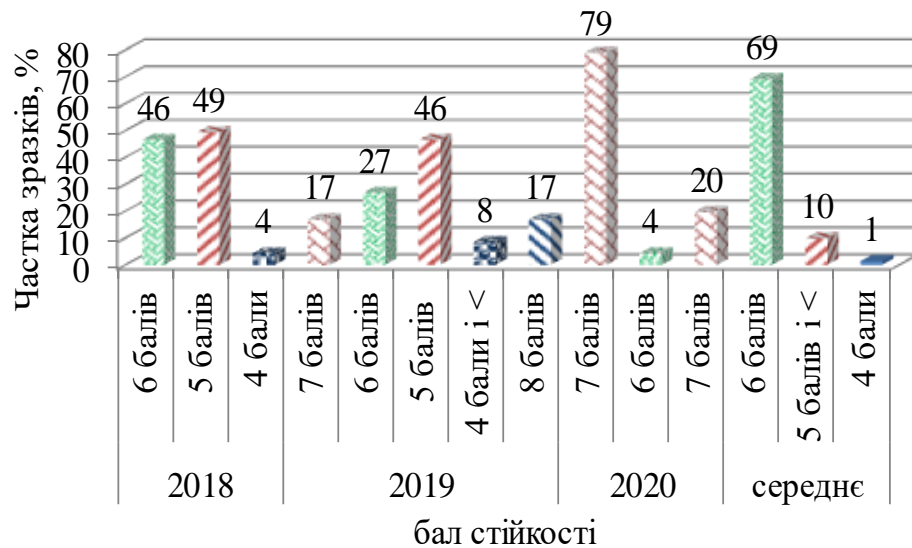


Рисунок 3.16 – Розподіл зразків за рівнем стійкості до карликової іржі

Таким чином, виявлено суттєві відмінності за показниками врожайності та адаптаційними реакціями серед досліджуваних 71 зразків ячменю ярого різного походження. Виявлені нові генетичні джерела мають цінність у селекції ярого ячменю для отримання вихідного матеріалу з поєднанням урожайності, її стабільності та толерантності до найпоширеніших абіотичних і біотичних стресів в умовах центральної частини Українського Лісостепу.

### Висновки до розділу 3

1. На основі графічного та статистичного аналізу серед дослідженої вибірки як генетичні джерела за поєднанням врожайності та стабільності виділено зразки Смарагд (G12) (UKR), Крок (G4) (UKR), Аверс (G8) (UKR) – Група I; Almonte (G22) (CAN), Vienna (G29) (AUT) – Група II. Для створення голозерних і шестирядних сортів відносно кращими (у межах груп) є голозерний зразок NSGJ-1 (G59) (SRB), шестирядні Glacier AL. 38 (G72) (GBR) і AC Alma (G69) (CAN).

2. Як генетичні джерела за поєднанням підвищеного рівня прояву та відносної стабільності продуктивної кущистості слід виділити зразки Групи I: Тівер (G7) (UKR), Групи II: Suveren (G32) (POL), Strier (G17) (POL), Jermina (G26) (GBR), Групи III: Илек 16 (G43) (KAZ). Для створення голозерних і шестирядних сортів відносно кращими (у межах груп) є NSGJ-1 (G59) (SRB), Glacier AL.38 (G72), AC Maple (G68) (CAN).

3. За поєднанням підвищеної маси 1000 зерен та показників гомеостатичності і селекційної цінності у різних за підвидами, різновидностями, а також країнами походження групах зразків ячменю ярого виділено нові генетичні джерела для використання в селекційному процесі: Дар Носівщини (G11) (UKR), NSGJ-1 (G59) (SRB), Святівіт (G13) (UKR), Смарагд (G12) (UKR), Victorianna (G24) (DEU). Ці ж п'ять зразків слід характеризувати як кращі за поєднанням рівня прояву та стабільності маси 1000 зерен як за статистичними, так і графічним методами. Слід виділити, що особливу цінність для селекції голозерного ячменю становить NSGJ-1 (G59) (SRB).

4. Генетичними джерелами озерненості колоса та її стабільності є дворядні плівчасті зразки – Concerto (G20) (GBR), Almonte (G22) (CAN), Despina (G33) (DEU), Vienna (G29) (AUT), Сымбат (G37) (KAZ), КАЗСУФФЛЕ 1 (G44) (KAZ), дворядні голозерні зразки – CDC Candle (G57) (CAN) та Millhouse (G63) (CAN).

5. Вищі за стандарт значення продуктивності рослини у поєднанні з показниками гомеостатичності та селекційної цінності (мали зразки Групи I – Тівер (G7) (UKR), Дар Носівщини (G11) (UKR), Смарагд (G12) (UKR), Групи II – Almonte (G22) (CAN), Skald (G31) (POL), Despina (G33) (DEU), Групи IV – Millhouse (G63) (CAN) і Phoenix (G49) (CAN).

6. Узагальнюючи результати досліджень колекційних зразків ячменю ярого різного походження та ботанічної приналежності можемо зазначити наступне: кращими зразками в поєднанні кількісних ознак продуктивності були сортозразки Групи I – Тівер (G7) (UKR), Групи II – Strief (G17) (DEU), Jermina (G26) (GBR), Suveren (G32) (POL).

7. Слід враховувати, що навіть виділені зразки, які переважали решту за кращим поєднанням рівня прояву тих чи інших ознак та їх стабільності відрізнялись за особливостями реакції на умови різних за погодними умовами років досліджень. Це слід враховувати при залученні їх до схрещувань з метою створення нового вихідного матеріалу. Найбільш доцільним буде комбінований підхід до підбору батьківських компонентів, як за різним походженням (еколого-географічний принцип), так і за взаємодоповнюючими особливостями реакції на різні умови років досліджень.

8. Виявлено сильну нелінійність рівня прояву окремих елементів структури врожайності у межах різних груп зразків. Таким чином загальне формування врожайності пов'язано з відносно різними внесками тих чи інших елементів продуктивності. За рахунок їх генетичної детермінації та здатності до компенсаторних ефектів залежно від генотипів та дії тих чи інших зовнішніх чинників. Встановлено, що для підвищення загальної врожайності голозерних зразки потребують значного поліпшення за масою 1000 зерен, у той час як шестирядні зразки потребують поліпшення за продуктивною кущистістю.

9. Встановлено різні особливості за часткою внеску у варіацію різних факторів (генотипу, середовища, взаємодії генотип–середовище) для різних ознак, різних груп зразків.

10. Узагальнюючи результати аналізу експериментальних даних з використанням GGE biplot та статистичних параметрів, очевидним є, що для ґрунтового оцінювання такого явища як взаємодія генотип–середовище і виокремлення генотипів з оптимальним поєднання рівня врожайності (чи інших ознак) і стабільності доцільним є використання статистичних підходів та (або) графічних моделей з різними математичними принципами розрахунків. Зокрема, як такими, що враховують середнє значення ознаки для усієї дослідженої вибірки, так і методами, які характеризують рівень прояву ознаки та її варіабельність у конкретного генотипу за різних умов середовищ. Графічні моделі є більш практичними, порівняно з табличними даними, для візуальної диференціації великої вибірки досліджених генотипів.

11. Виділено зразки з підвищеним та відносно стабільним рівнем прояву стійкості до абіотичних та біотичних чинників і вилягання:

стійкості до вилягання: Concerto (G20) (GBR), Biatlon (G27) (GBR), Strief (G17) (DEU), Skarb (G18) (POL), Сыр-аруы (G36) (KAZ);

– стійкості до борошнистої роси: Concerto (G20) (GBR), Despina (G33) (DEU) та ін.;

– стійкості до сітчастої плямистості: CDC Cartel (G50) (CAN), AC Maple (G68) (CAN), AC Alma (G69) (CAN) та ін.;

– стійкості до темно-бурої плямистості: AC Alma (G68) (CAN), AC Westech (G66) (CAN), AC Vision (G71) (CAN) Група V та Jet (G18) (CAN) та ін.;

– стійкості до карликової іржі: Владлен (G40) (KGZ), Phoenix (G49) (CAN) та ін.;

– відносної посухостійкості: CDC Cartel (G50) (CAN), AC Alberte (G60) (CAN), CDC Candle (G57) (CAN), Phoenix (G49) (CAN) і 4-15 (G51) (UKR).

12. Виділені зразки є цінними генетичними джерелами для використання в селекційному процесі ячменю ярого. Важливим результатом досліджень, з огляду розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу для селекції, є генетичні джерела, походженням не лише з України, але й різних країн Західної Європи і, особливо, Канади. Не зважаючи на те, що останнім часом обмін генетичним матеріалом у світі відбувається досить активно, значна географічна віддаленість Канади і, відповідно, інші кліматичні умови дають можливість передбачати зразки канадського походження як носії більш відмінної генетичної плазми, порівняно із зразками з Європейського континенту.

13. Зразки з різним, але відносно стабільним рівнем прояву ознак становлять практичний інтерес і можуть бути використані як сорти–еталони при формуванні колекцій ячменю ярого в НЦГРРУ та при проведенні кваліфікаційної експертизи Українського інституту експертизи сортів рослин.

14. Виділені за результатами виконання дисертаційної роботи колекційні зразки ячменю ярого включені до селекційного процесу Інституту сільського господарства Степу НААН, Носівської СДС Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН з метою створення нового селекційного матеріалу (додаток А.1, А.2).

Результати досліджень розділу 3 опубліковано в наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [416–421] і представлено в додатку Ж.

**РОЗДІЛ 4**  
**СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА**  
**ЕЛЕМЕНТАМИ СТРУКТУРИ ВРОЖАЙНОСТІ**

4.1 Ступінь фенотипового домінування

Системні, зокрема діалельні схрещування дають найповнішу селекційно-генетичну інформацію щодо особливостей мінливості цінних ознак та їх успадкування вже з ранніх гібридних поколінь.

*Продуктивна кущистість.* Середнє значення ознаки у батьківських компонентів (P) та всіх гібридів (F<sub>1</sub>) з їх участю наведено у таблиці 4.1.

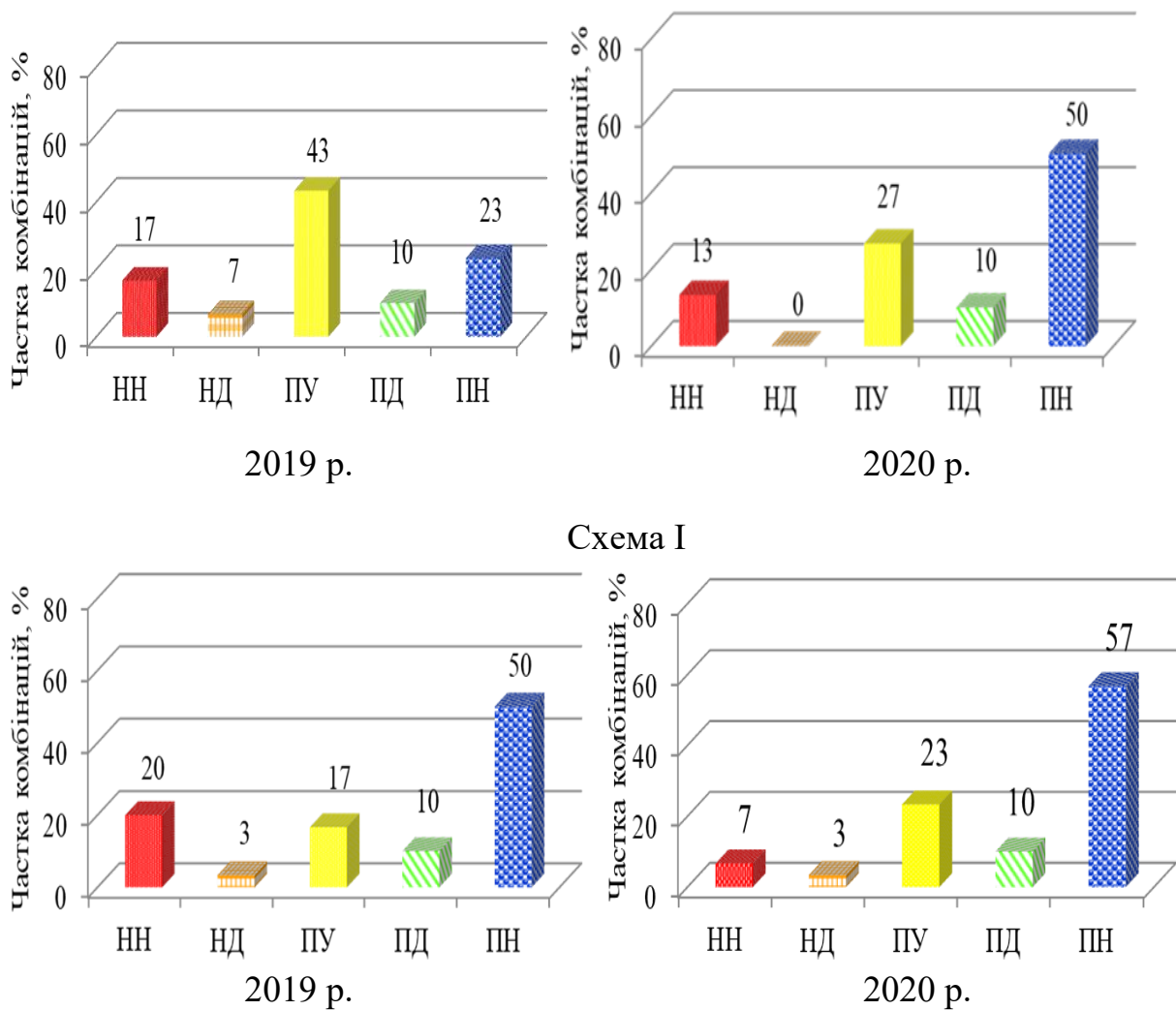
*Таблиця 4.1*

Рівень прояву продуктивної кущистості у компонентів схрещування та F<sub>1</sub> з їх  
участю

Сорт	2019 р.		2020 р.		Середнє	
	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>
Схема I						
МІП Титул	5,87	6,50	7,03	7,71	6,45	7,10
Beatrix	6,03	6,57	7,57	8,16	6,80	7,37
Datcha	7,17	6,42	7,70	8,16	7,43	7,29
Quench	6,37	6,28	8,10	7,70	7,23	6,99
Gladys	4,79	5,70	6,93	7,55	5,86	6,62
Авгур	6,90	6,09	8,03	7,72	7,47	6,90
Середнє	6,19	6,26	7,56	7,83	6,87	7,05
НІР <sub>05</sub>	0,17	0,28	0,28	0,38	0,23	0,33
Схема II						
Козир	5,17	5,28	9,33	9,44	7,25	7,36
Condor	4,52	5,10	7,08	9,07	5,80	7,08
Вітраж	4,97	4,80	8,83	8,43	6,90	6,61
Sebastian	5,03	5,41	7,20	8,08	6,12	6,74
МІП Мирослав	4,97	5,98	8,47	8,81	6,72	7,40
CDC Rattan	4,00	4,54	6,45	8,17	5,23	6,36
Середнє	4,78	5,19	7,89	8,67	6,33	6,93
НІР <sub>05</sub>	0,31	0,34	0,30	0,45	0,31	0,40

Примітка: P – рівень прояву ознаки батьківського компонента; F<sub>1</sub> – середнє значення рівня прояву ознаки усіх гібридів з участю відповідного батьківського компонента.

Розподіл комбінацій схрещування  $F_1$  ячменю ярого за ступенем фенотипового домінування за ознакою «продуктивна кущистість» відображено на рис. 4.1. Детальну характеристику гібридів наведено у таблиці (табл. 4.2). У Схемі I ступінь прояву продуктивної кущистості у 2019 р. серед батьківських компонентів варіював від  $4,79 \pm 0,10$  стебел/рослину у сорту Gladys до  $7,17 \pm 0,06$  стебел/рослину у сорту Datcha.



#### Схема II

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

Рисунок 4.1 – Розподіл комбінацій схрещування  $F_1$  ячменю ярого за ступенем фенотипового домінування продуктивної кущистості

Таблиця 4.2

Рівень прояву та ступінь фенотипового домінування продуктивної кущистості

F<sub>1</sub> ячменю ярого (Схема I)

Гібридна комбінація	2019 р.			2020 р.		
	Продуктивна кущистість, стебел/рослину	Показник фенотипового домінування		Продуктивна кущистість, стебел/рослину	Показник фенотипового домінування	
		hp	тип		hp	тип
МІП Титул / Beatrix	7,00 ± 0,20	13,13	ПН	8,35 ± 0,35	3,89	ПН
МІП Титул/ Datcha	6,57 ± 0,21	0,08	ПУ	7,97 ± 0,08	180,0	ПН
МІП Титул / Quench	6,70±0,20	2,30	ПН	6,93 ± 0,15	-1,19	НН
МІП Титул / Gladys	5,20 ± 0,10	-0,24	ПУ	7,10 ± 0,05	2,50	ПН
МІП Титул / Авгур	6,60±0,10	0,42	ПУ	7,52±0,13	5,00	ПН
Beatrix / МІП Титул	7,73±0,15	22,29	ПН	9,07±0,12	6,54	ПН
Beatrix / Datcha	6,80±0,20	0,35	ПУ	8,83±0,29	18,00	ПН
Beatrix / Quench	7,00±0,20	4,71	ПН	7,88±0,16	0,19	ПУ
Beatrix / Gladys	6,05±0,13	1,03	ПН	7,67±0,21	1,30	ПН
Beatrix / Авгур	6,73±0,62	0,62	ПД	8,02±0,10	0,94	ПД
Datcha / МІП Титул	7,20±0,22	1,05	ПН	7,92±0,16	1,65	ПН
Datcha / Beatrix	6,62±0,16	0,03	ПУ	8,45±0,25	12,20	ПН
Datcha / Quench	6,70±0,17	-0,17	ПУ	8,40±0,36	2,50	ПН
Datcha / Gladys	6,10±0,20	0,10	ПУ	7,75±0,30	1,13	ПН
Datcha / Авгур	6,27±0,15	-5,53	НН	8,55±0,13	4,18	ПН
Quench / МІП Титул	5,92±0,10	-0,79	НД	7,43±0,21	-0,25	ПУ
Quench / Beatrix	6,48±0,03	1,67	ПН	8,00±0,10	0,63	ПД
Quench / Datcha	6,17±0,14	-1,49	НН	7,88±0,08	-0,08	ПУ
Quench / Gladys	5,70±0,13	0,15	ПУ	7,72±0,10	0,34	ПУ
Quench / Авгур	6,80±0,10	0,63	ПД	7,72±0,08	-10,50	НН
Gladys / МІП Титул	5,23±0,08	-0,18	ПУ	7,12±0,10	2,86	ПН
Gladys / Beatrix	5,48±0,23	0,11	ПУ	7,95±0,35	2,19	ПН
Gladys / Datcha	6,47±0,06	0,41	ПУ	7,62±0,20	0,78	ПД
Gladys / Quench	5,77±0,21	0,24	ПУ	7,75±0,15	0,40	ПУ
Gladys / Авгур	5,30±0,20	-0,52	НД	7,43±0,52	-0,11	ПУ
Авгур / МІП Титул	6,80±0,20	0,81	ПД	7,67±0,15	0,27	ПУ
Авгур / Beatrix	5,83±0,21	-1,45	НН	7,40±0,36	-1,74	НН
Авгур / Datcha	5,33±0,24	-12,3	НН	8,23±0,12	2,24	ПН
Авгур / Quench	5,53±0,06	-4,09	НН	7,27±0,21	-24,00	НН
Авгур/ Gladys	5,73±0,25	-0,11	ПУ	7,37±0,40	-0,21	ПУ

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

Максимальне значення ознаки було в гібридній комбінації Beatrix / МП Титул ( $7,73 \pm 0,15$  стебел/рослину), мінімальне значення – у комбінації МП Титул / Gladys ( $5,20 \pm 0,10$  стебел/рослину). У 2020 році середній рівень продуктивної кущистості був вищим ( $7,79$  стебел/рослину), порівняно з 2019 роком ( $6,25$  стебел/рослину). Найбільша продуктивну кущистість між батьківськими компонентами ( $8,10 \pm 0,17$  стебел/рослину) була у сорту Quench, і найменша ( $6,93 \pm 0,12$  стебел/рослину), як і в попередньому році, у сорту Gladys. У  $F_1$  найвищий рівень прояву ознаки був у гібридній комбінації Beatrix / МП Титул ( $9,07 \pm 0,12$  стебел/рослину), найнижчий рівень прояву – у гібридній комбінації МП Титул / Gladys ( $7,10 \pm 0,05$  стебел/рослину).

Серед гібридів найбільшу різницю між роками спостерігали у комбінації Авгур / Datcha ( $2,90$  стебел/рослину). У сорту Datcha різниця рівня прояву ознаки між роками була мінімальною ( $0,53$  стебел/рослину). Серед  $F_1$  найменша варіація продуктивної кущистості була у комбінації МП Титул / Quench ( $0,23$  стебел/рослину). В середньому за два роки найвищий рівень прояву ознаки був у сортів Авгур ( $7,47 \pm 0,04$  стебел/рослину) та Datcha ( $7,43 \pm 0,13$  стебел/рослину), а найнижчий – у сорту Gladys ( $5,86 \pm 0,11$  стебел/рослину). Таким чином, у сорту Datcha було виявлено високий рівень прояву ознаки при її відносній фенотиповій стабільності у різні роки.

У  $F_1$  найбільша продуктивна кущистість була у комбінації Beatrix / МП Титул ( $8,40 \pm 0,13$  стебел/рослину). Відповідно до показника ступеня фенотипового домінування у 2019 р. було виявлено всі типи успадкування від позитивного наддомінування до депресії, тоді як у 2020 р. відмічали також всі типи успадкування, окрім негативного наддомінування.

Позитивне наддомінування було виявлено в 2019 р. в семи комбінаціях і в 2020 р. в 15 комбінаціях. Позитивне домінування спостерігали у трьох гібридних комбінаціях за два роки. Проміжне успадкування відмічали у 13 комбінацій 2019 р. та у восьми комбінацій схрещувань в 2020 р. Слід відмітити наступні гібридні комбінації, у яких ступінь фенотипового домінування в обидва роки досліджень успадковувався за типом позитивного наддомінування

( $h_p > 1$ ) – МП Титул / Beatrix, Beatrix / МП Титул, Beatrix / Gladys, Datcha / МП Титул. Негативне домінування виявлено у трьох комбінаціях схрещувань. У кількох комбінацій в залежності від року випробування позитивне наддомінування змінювалося негативним наддомінуванням: МП Титул / Quench, Datcha / Авгур і Авгур / Datcha.

У Схемі II у 2019 р. рівень прояву продуктивної кущистості батьківських компонентів варіював від  $5,17 \pm 0,31$  стебел/рослину у сорту Козир до  $4,00 \pm 0,05$  стебел/рослину сорту CDC Rattan. Максимальне значення продуктивної кущистості ( $6,83 \pm 0,40$  стебел/рослину) було у гібридній комбінації МП Мирослав / Sebastian та мінімальне ( $3,71 \pm 0,19$  стебел/рослину) у комбінації CDC Rattan / Condor. У 2020 році найвища продуктивна кущистість серед батьківських компонентів була також у сорту Козир ( $9,33 \pm 0,15$  стебел/рослину), а найменша – у сорту CDC Rattan ( $6,45 \pm 0,18$  стебел/рослину). Максимальний рівень прояву ознаки в середньому за два роки був у сорту Козир ( $7,25 \pm 0,23$  стебел/рослину), а мінімальний – у сорту CDC Rattan ( $5,23 \pm 0,12$  стебел/рослину).

У  $F_1$  максимальну продуктивну кущистість в середньому за два роки у визначили у гібридній комбінації Козир / МП Мирослав ( $8,78 \pm 0,23$  стебел/рослину), мінімальну – в комбінації CDC Rattan / Козир ( $5,66 \pm 0,22$  стебел/рослину) (табл. 4.3). Слід підкреслити, що у схемі II мінливість рівня прояву продуктивної кущистості між роками була вищою порівняно зі Схемою I. У середньому у батьківських компонентах і  $F_1$  у Схемі II було 3,42 продуктивних стебел. В той самий час, у схемі I – 1,54. Найвищий рівень прояву ознаки «продуктивна кущистість» за два роки досліджень було відмічено у сортів МП Мирослав (7,40 стебел/рослину), Козир (7,36 стебел/рослину) та у сорту Condor (7,08 стебел/рослину) – Схема II, тоді як найменший рівень прояву ознаки відмічали у сорту CDC Rattan (6,36 стебел/рослину). У 2019 р. виявлено позитивне наддомінування у 14 комбінаціях, а у 2020 р. – у 17. Проміжне успадкування в 2019 р. спостерігали у п'яти комбінацій, а у 2020 р. – у семи.

Таблиця 4.3

Рівень прояву та ступінь фенотипового домінування продуктивної кущистості у  $F_1$  ячменю ярого (Схема II)

Гібридна комбінація	2019 р.			2020 р.		
	Продуктивна кущистість стебел/рослину	Показник фенотипового домінування		Продуктивна кущистість стебел/рослину	Показник фенотипового домінування	
		hp	тип		hp	тип
Козир / Condor	5,53±0,12	2,11	ПН	10,63±0,76	2,16	ПН
Козир / Вітраж	4,67±0,06	-3,87	НН	10,17±0,29	4,39	ПН
Козир / Sebastian	5,73±0,31	9,05	ПН	8,25±0,30	-0,02	ПУ
Козир / МІП Мирослав	6,60±0,40	14,84	ПН	10,97±0,06	4,81	ПН
Козир / CDC Rattan	4,65±0,18	0,11	ПУ	8,60±0,20	0,49	ПУ
Condor / Козир	5,50±0,10	2,01	ПН	10,60±0,36	2,13	ПН
Condor / Вітраж	5,32±0,03	2,52	ПН	9,02±0,10	1,21	ПН
Condor / Sebastian	5,02±0,08	0,95	ПД	8,47±0,35	22,71	ПН
Condor / МІП Мирослав	6,73±0,21	8,72	ПН	8,83±0,32	1,52	ПН
Condor / Rattan	4,17±0,07	-0,32	ПУ	9,37±0,32	8,30	ПН
Вітраж / Козир	4,68±0,26	-3,71	НН	9,60±0,10	2,09	ПН
Вітраж / Condor	4,10±0,10	-2,81	НН	8,07±0,15	0,12	ПУ
Вітраж / Sebastian	4,90±0,17	-3,33	НН	7,38±0,41	-0,78	НД
Вітраж / МІП Мирослав	5,27±0,23	90,00	ПН	8,13±0,12	-2,87	НН
Вітраж / CDC Rattan	4,48±0,33	0,00	ПУ	7,23±0,15	-0,34	ПУ
Sebastian / Козир	5,55±0,05	6,43	ПН	8,30±0,26	0,03	ПУ
Sebastian / Condor	4,90±0,13	0,49	ПУ	7,50±0,10	6,14	ПН
Sebastian / Вітраж	5,10±0,10	3,33	ПН	8,56±0,29	0,67	ПД
Sebastian / МІП Мирослав	6,08±0,23	35,89	ПН	8,70±0,20	1,36	ПН
Sebastian / CDC Rattan	5,02±0,08	0,97	ПД	7,63±0,15	2,16	ПН
МІП Мирослав / Козир	6,13±0,21	10,32	ПН	9,73±0,23	1,94	ПН
МІП Мирослав / Condor	5,98±0,23	5,44	ПН	9,02±0,10	1,79	ПН
МІП Мирослав / Вітраж	5,50±0,20	160,0	ПН	8,08±0,03	-3,15	НН
МІП Мирослав / Sebastian	6,83±0,40	61,11	ПН	8,23±0,32	0,63	ПД
МІП Мирослав / CDC Rattan	6,10±0,36	3,32	ПН	8,20±0,20	0,73	ПД
CDC Rattan / Козир	3,77±0,20	-1,39	НН	7,55±0,25	-0,24	ПУ
CDC Rattan / Condor	3,71±0,19	-2,10	НН	9,18±0,06	7,71	ПН
CDC Rattan / Вітраж	4,00±0,26	-0,99	НД	8,01±0,48	0,31	ПУ
CDC Rattan / Sebastian	4,93±0,15	0,81	ПД	7,74±0,25	2,43	ПН
CDC Rattan / МІП Мирослав	4,62±0,10	0,27	ПУ	8,20±0,20	445,0	ПН

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

Слід відмітити гібридні комбінації, у яких виявлено в обидва роки досліджень позитивне наддомінування ( $h_p > 1$ ) – Козир / МПМ Мирослав, Condor / Козир, Condor / Вітраж, Condor / МПМ Мирослав, Sebastian / МПМ Мирослав, МПМ Мирослав / Козир, МПМ Мирослав / Condor. Негативне домінування було в одній комбінації щороку. Зміну від позитивного до негативного наддомінування виявлено у шести комбінацій Козир / Вітраж, Козир / МПМ Мирослав, Вітраж / Козир, Вітраж / МПМ Мирослав, МПМ Мирослав / Вітраж, CDC Rattan / Condor.

*Кількість зерен у колосі.* У Схемі I максимальну кількість зерен у колосі за два роки відмічено у сорту Quench, найменший – сорту Авгур (табл. 4.4). У Схемі II краще значення мав сорт CDC Rattan, найнижче – сорт Sebastian

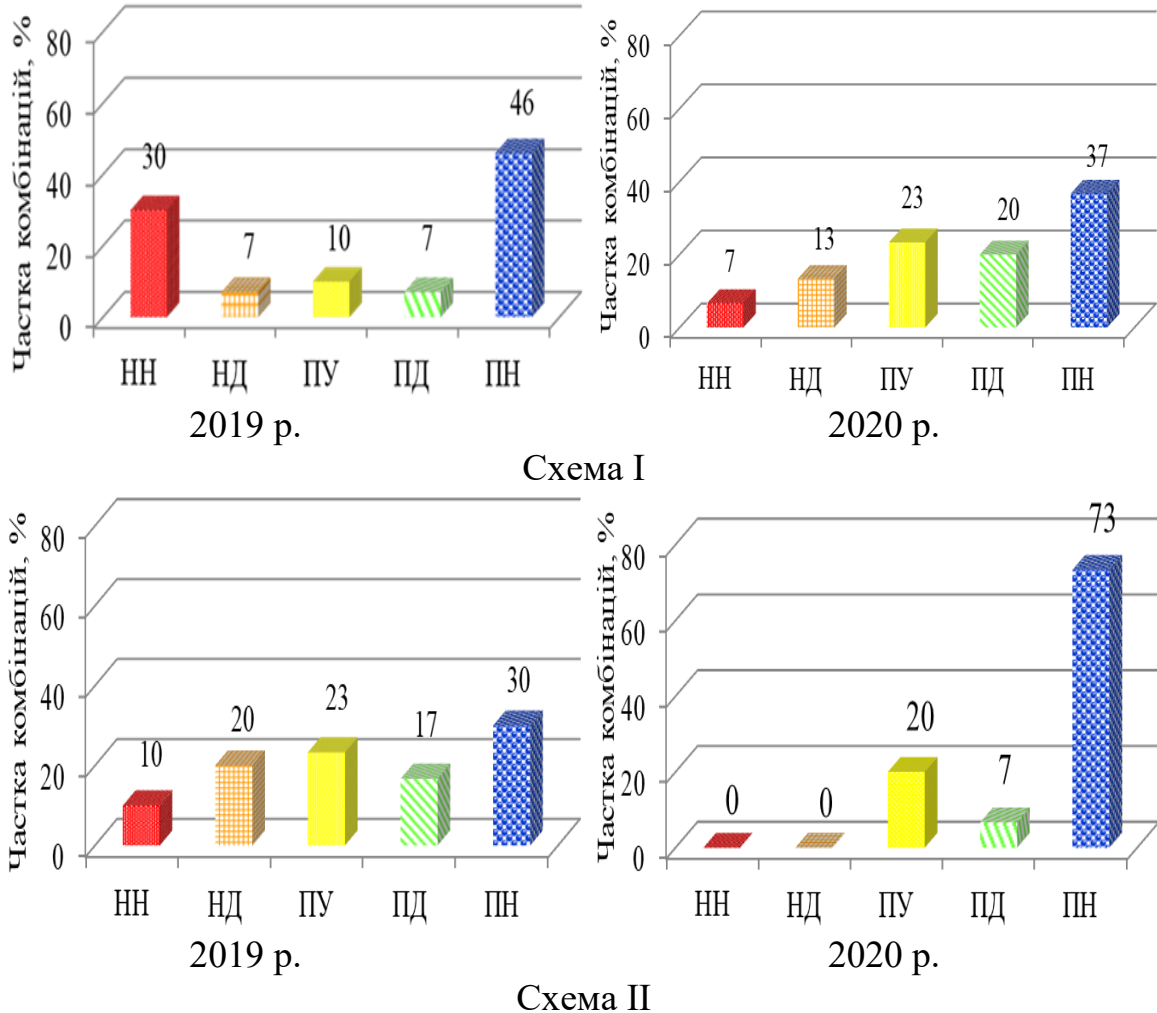
Таблиця 4.4

Рівень прояву кількості зерен у колосі в компонентів схрещування та  $F_1$  з їх участю

Сорт	2019 р.		2020 р.		Середнє	
	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>
Схема I						
МПМ Титул	22,47	21,49	22,46	22,13	22,47	21,81
Beatrix	20,87	21,85	21,21	22,15	21,04	22,00
Datcha	21,67	21,66	23,10	23,89	22,39	22,78
Quench	22,43	22,60	24,93	23,04	23,68	22,82
Gladys	21,61	22,74	19,23	21,67	20,42	22,21
Авгур	19,72	23,12	19,57	22,82	19,65	22,97
Середнє	21,46	22,24	21,75	22,62	21,61	22,43
НІР <sub>05</sub>	0,57	0,63	0,96	0,94	0,77	0,79
Схема II						
Козир	21,67	23,47	20,00	23,74	20,83	23,61
Condor	24,44	22,76	22,00	24,01	23,22	23,38
Вітраж	20,97	22,42	21,83	23,20	21,40	22,81
Sebastian	19,20	22,59	18,80	22,60	19,00	22,59
МПМ Мирослав	24,20	24,20	21,27	23,13	22,73	23,66
CDC Rattan	27,10	23,73	24,73	24,30	25,92	24,02
Середнє	22,93	23,19	21,44	23,50	22,18	23,35
НІР <sub>05</sub>	1,45	0,74	1,23	0,82	1,34	0,78

Примітка: P – рівень прояву ознаки у батьківського компонента; F<sub>1</sub> – середнє значення рівня прояву ознаки усіх гібридів з участю відповідного батьківського компонента

Розподіл комбінацій схрещування за градаціями показника ступеня фенотипового домінування вказує на переважання для обох схем схрещування в обидва роки позитивного наддомінування (рис. 4.2).



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

Рисунок 4.2 – Розподіл комбінацій схрещування  $F_1$  ячменю ярого за ступенем фенотипового домінування кількості зерен у колосі

У той же час, слід відмітити відмінності частки комбінацій за характером успадкування в різних схемах схрещування та їх мінливість за роками. За показником ступеня фенотипового домінування у Схемі I виявлено усі можливі типи успадкування (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Рівень прояву та ступінь фенотипового домінування за кількістю зерен у колосі у F1 ячменю ярого (Схема I)

Гібридна комбінація	2019 р.			2020 р.		
	Кількість зерен у колосі, шт	Показник фенотипового домінування		Кількість зерен у колосі, шт	Показник фенотипового домінування	
		hp	тип		hp	тип
МІП Титул / Beatrix	20,70±0,36	-1,20	НН	20,92±0,45	-1,48	НН
МІП Титул / Datcha	20,53±0,35	-3,80	НН	23,07±0,06	0,90	ПД
МІП Титул / Quench	20,70±0,10	-87,50	НН	23,27±0,32	-0,35	ПУ
МІП Титул / Gladys	21,23±0,06	-1,86	НН	20,60±0,10	-0,15	ПУ
МІП Титул / Авгур	21,37±0,21	0,20	ПУ	22,02±0,10	0,69	ПД
Beatrix / МІП Титул	22,47±0,15	1,00	ПД	21,23±0,25	-0,97	НД
Beatrix / Datcha	21,49±0,18	0,55	ПД	25,37±0,12	3,40	ПН
Beatrix / Quench	20,77±0,40	-1,13	НН	21,63±0,45	-0,78	НД
Beatrix / Gladys	21,03±0,31	-0,55	НД	20,68±0,39	0,47	ПУ
Beatrix / Авгур	22,77±0,25	4,30	ПН	21,60±0,10	1,48	ПН
Datcha / МІП Титул	19,57±0,55	-6,20	НН	24,70±0,53	6,03	ПН
Datcha / Beatrix	20,87±0,85	-0,99	НД	24,77±0,99	2,77	ПН
Datcha / Quench	21,93±0,15	-0,31	ПУ	24,93±0,64	1,00	ПН
Datcha / Gladys	21,43±0,50	-6,47	НН	22,53±1,91	0,71	ПД
Datcha / Авгур	22,40±0,70	1,75	ПН	23,60±0,62	1,28	ПН
Quench / МІП Титул	22,40±0,20	-2,50	НН	22,70±0,10	-0,81	НД
Quench / Beatrix	21,57±0,15	-0,11	ПУ	21,93±0,15	-0,61	НД
Quench / Datcha	24,27±0,38	5,83	ПН	22,87±0,59	-1,26	НН
Quench / Gladys	23,53±0,15	3,70	ПН	22,20±0,10	0,04	ПУ
Quench / Авгур	24,70±0,10	2,68	ПН	23,23±0,15	0,37	ПУ
Gladys / МІП Титул	21,50±0,10	-1,25	НН	20,60±0,10	-0,15	ПУ
Gladys / Beatrix	24,93±0,07	9,92	ПН	21,43±0,38	1,23	ПН
Gladys / Datcha	22,17±0,58	16,68	ПН	22,50±1,04	0,69	ПД
Gladys / Quench	23,00±0,10	2,40	ПН	22,40±0,10	0,11	ПУ
Gladys / Авгур	24,37±0,45	3,92	ПН	22,57±0,06	18,63	ПН
Авгур / МІП Титул	24,43±0,45	2,43	ПН	22,17±0,71	0,80	ПД
Авгур / Beatrix	21,91±0,60	2,81	ПН	21,97±0,75	1,92	ПН
Авгур / Datcha	21,97±0,71	1,30	ПН	24,60±0,26	1,85	ПН
Авгур / Quench	23,13±0,15	1,52	ПН	25,27±0,29	1,13	ПН
Авгур / Gladys	24,17±0,25	3,71	ПН	21,13±0,72	10,20	ПН

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

Однак, слід відмітити у низці комбінацій схрещування зміну типу успадкування залежно від року дослідження. Як приклад, у комбінації Quench / Datcha ступінь фенотипового домінування у 2019 р. відповідав позитивному наддомінуванню ( $h_p = 6,83$ ), а у 2020 р. – негативному наддомінуванню ( $h_p = -1,26$ ).

У частини комбінацій амплітуда зміни показника ступеня фенотипового домінування була меншою. Враховуючи зазначене, а також той факт, що для кількості зерен у колосі, селекція спрямована на її збільшення, вищу практичну цінність, порівняно з іншими, матимуть комбінації із позитивним наддомінуванням та позитивним домінуванням. У Схемі I позитивне наддомінування в обидва роки виявлено у восьми комбінаціях (Beatrix / Авгур, Datcha / Авгур, Gladys / Beatrix, Gladys / Авгур, Авгур / Beatrix, Авгур / Datcha, Авгур / Quench, Авгур / Gladys). Зміна позитивного домінування на наддомінування була характерною для комбінації Beatrix / Datcha, Glays / Datcha, Авгур / МПП Титул.

У Схемі II також виявлено усі типи успадкування, а також їх варіабельність у низці комбінацій залежно від року досліджень (табл. 4.6). Зокрема, простежували кардинальну зміну (негативного наддомінування у 2019 р. на позитивне наддомінування у 2020 р.) для комбінацій МПП Мирослав / Condor (від  $h_p = -3,30$  до  $h_p = 3,18$ ) і CDC Rattan / Condor (від  $h_p = -2,68$  до  $h_p = 1,44$ ). Позитивне наддомінування в обидва роки виявлено у восьми комбінацій (Козир / Condor, Козир / Вітраж, Козир / Sebastian, Condor / МПП Мирослав, Вітраж / Козир, Вітраж / Sebastian, Sebastian / Козир, МПП Мирослав / Sebastian).

У різні роки позитивне домінування та наддомінування спостерігали у чотирьох комбінаціях (Козир / МПП Мирослав, Condor / Козир, Sebastian / МПП Мирослав, МПП Мирослав / Вітраж). У частини комбінацій встановлено зміну типу успадкування залежно від року дослідження.

Найбільшу кількість комбінацій із позитивним наддомінуванням в обидва роки відмічено у комбінаціях схрещування пивоварного плівчастого остистого сорту Авгур та безостого сорту Козир.

Таблиця 4.6

Рівень прояву та ступінь фенотипового домінування за кількістю зерен у колосі у F<sub>1</sub> ячменю ярого (Схема II)

Гібридна комбінація	2019 р.			2020 р.		
	Кількість зерен у колосі, шт	Показник фенотипового домінування		Кількість зерен у колосі, шт	Показник фенотипового домінування	
		hp	тип		hp	тип
Козир / Condor	24,50±0,72	1,04	ПН	27,00±0,10	6,00	ПН
Козир / Вітраж	23,33±0,32	5,71	ПН	25,67±0,12	5,20	ПН
Козир / Sebastian	22,37±0,25	1,56	ПН	22,87±0,59	5,78	ПН
Козир / МІП Мирослав	23,70±0,52	0,61	ПД	23,10±0,10	3,87	ПН
Козир / CDC Rattan	23,50±0,26	-0,33	ПУ	22,10±0,61	-0,11	ПУ
Condor / Козир	23,97±0,42	0,66	ПД	26,80±0,26	5,80	ПН
Condor / Вітраж	21,23±0,83	-0,85	НД	23,23±0,15	15,80	ПН
Condor / Sebastian	20,60±0,10	-0,47	ПУ	21,13±0,15	0,46	ПУ
Condor / МІП Мирослав	24,63±0,15	2,64	ПН	23,03±0,12	3,82	ПН
Condor / Rattan	24,79±0,50	-0,74	НД	26,00±0,10	1,93	ПН
Вітраж / Козир	23,33±0,31	5,71	ПН	23,90±0,20	3,27	ПН
Вітраж / Condor	21,10±0,53	-0,93	НД	22,57±0,25	7,80	ПН
Вітраж / Sebastian	21,73±0,55	1,86	ПН	22,00±0,10	1,11	ПН
Вітраж / МІП Мирослав	23,39±0,34	0,50	ПУ	22,90±0,36	4,82	ПН
Вітраж / CDC Rattan	21,97±0,55	-0,67	НД	23,07±0,06	-0,15	ПУ
Sebastian / Козир	22,40±0,10	1,59	ПН	22,40±0,10	5,00	ПН
Sebastian / Condor	20,60±0,10	-0,47	ПУ	22,20±0,10	1,13	ПН
Sebastian / Вітраж	20,77±0,15	0,77	ПД	20,43±0,07	0,07	ПУ
Sebastian / МІП Мирослав	23,20±0,10	0,60	ПД	22,47±0,21	1,97	ПН
Sebastian / CDC Rattan	24,33±0,38	0,30	ПУ	23,73±0,32	0,66	ПД
МІП Мирослав / Козир	24,77±1,06	1,45	ПН	20,83±0,59	0,31	ПУ
МІП Мирослав / Condor	23,93±0,06	-3,30	НН	22,80±0,10	3,18	ПН
МІП Мирослав / Вітраж	23,83±0,76	0,77	ПД	23,20±0,10	5,89	ПН
МІП Мирослав / Sebastian	25,13±0,46	1,37	ПН	23,37±0,35	2,70	ПН
МІП Мирослав/CDC Rattan	26,57±0,47	-0,63	НД	25,20±0,70	1,27	ПН
CDC Rattan / Козир	22,80±0,10	-0,58	НД	22,78±0,45	0,17	ПУ
CDC Rattan / Condor	22,21±0,26	-2,68	НН	25,33±1,67	1,44	ПН
CDC Rattan / Вітраж	23,53±0,23	-0,16	ПУ	25,05±1,33	1,22	ПН
CDC Rattan / Sebastian	24,77±0,41	0,41	ПУ	25,39±0,74	1,22	ПН
CDC Rattan/МІП Мирослав	22,84±0,38	-1,94	НН	24,36±0,29	0,78	ПД

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

*Маса 1000 зерен.* Вищий рівень прояву ознаки мали генотипи у 2019 р. в обох схемах схрещувань. Максимальний рівень прояву маси 1000 зерен за два роки був у сорту Datcha (Схема I) та Козир (Схема II). Голозерні сорти Condor і CDC Rattan суттєво поступалися півчастим за масою 1000 зерен (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Рівень прояву маси 1000 зерен в компонентів схрещування та F<sub>1</sub> з їх участю

Сорт	2019 р.		2020 р.		Середнє	
	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>
Схема I						
МІП Титул	43,43	51,71	46,67	51,18	45,05	51,45
Beatrix	52,77	52,97	51,13	52,57	51,95	52,77
Datcha	55,57	53,98	51,80	52,21	53,69	53,10
Quench	49,40	52,80	48,40	50,78	48,90	51,79
Gladys	52,80	54,42	50,27	52,49	51,54	53,46
Авгур	49,67	53,80	50,13	51,02	49,90	52,41
Середнє	50,61	53,28	49,73	51,71	50,17	52,49
НІР <sub>05</sub>	1,60	1,42	0,73	0,82	1,20	1,15
Схема II						
Козир	55,20	53,47	48,47	50,17	51,84	51,82
Condor	45,60	48,60	37,60	47,39	41,60	48,00
Вітраж	53,93	51,85	46,80	48,29	50,37	50,07
Sebastian	49,80	51,43	41,60	47,10	45,70	49,27
МІП Мирослав	49,33	51,34	45,47	48,85	47,40	50,10
CDC Rattan	36,80	45,64	35,60	45,91	36,20	45,78
Середнє	48,44	50,39	42,59	47,95	45,52	49,17
НІР <sub>05</sub>	0,92	0,95	0,74	0,81	0,85	0,90

Примітка: P – рівень прояву ознаки у батьківського компонента; F<sub>1</sub> – середнє значення рівня прояву ознаки усіх гібридів з участю відповідного батьківського компонента

На рисунку 4.3 представлено розподіл гібридних комбінацій відповідно до градацій величини показника ступеня фенотипового домінування. Для більшості характерним було позитивне наддомінування. Його частка збільшувалась в 2020 р., порівняно з 2019 р., у першій схемі схрещувань від 47 % до 67 %, другій – від 40 до 73 %, у 2019 р. досить високу частку (37 %) становило проміжне успадкування. Слід зазначити, що в жодному з варіантів не виявлено негативного домінування. У першій схемі виявлено негативне

наддомінування в 2019 р. у 7 % комбінацій, 2020 р. – 10 %. У Схемі II гібридна депресія мала менший прояв і відмічена лише в 2019 р. у 3 % комбінацій.

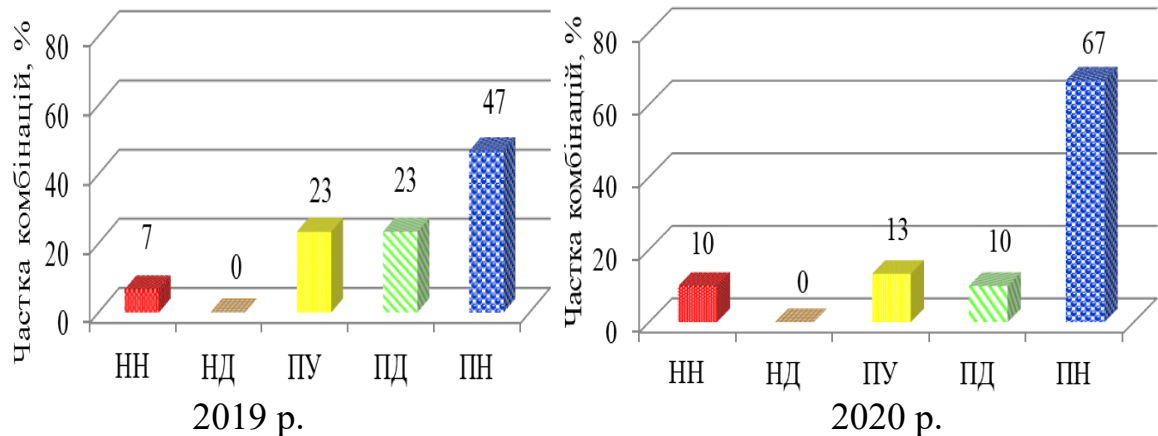


Схема I

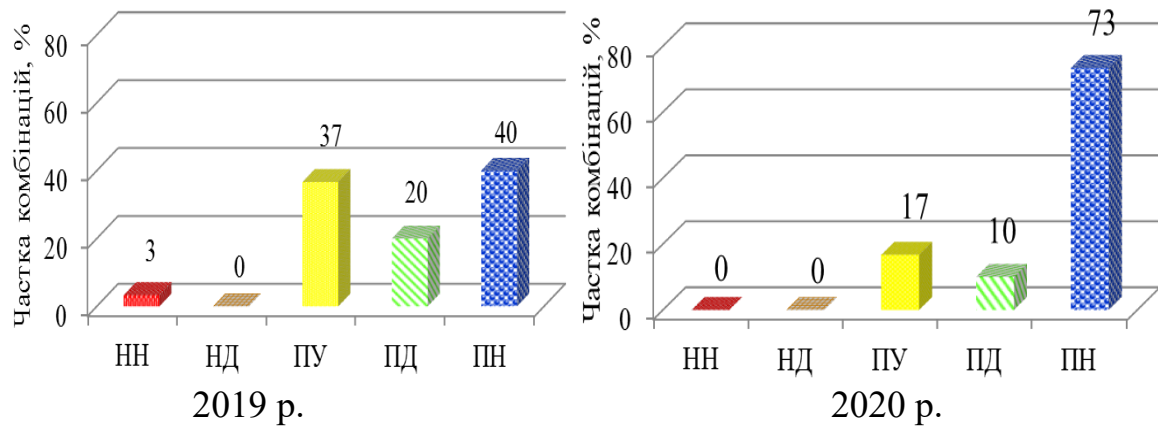


Схема II

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

Рисунок 4.3 – Розподіл комбінацій схрещування  $F_1$  ячменю ярого за ступенем фенотипового домінування маси 1000 зерен

У Схемі I проміжне успадкування варіювало за роками від 23 % до 13 %, а позитивне домінування від 23 до 10 %. Для другої схеми характерним було зменшення проміжного успадкування в 2020 р., порівняно з 2019 р., від 37 до 17 %, а також позитивного домінування від 20 до 10 %. Також відзначено зміну характеру успадкування ознаки в одних і тих же комбінацій у різні роки. Повну характеристику досліджених гібридних комбінацій за ступенем фенотипового домінування наведено у таблицях 4.8 (Схема I) і 4.9 (Схема II).

Таблиця 4.8

Рівень прояву та ступінь фенотипового домінування маси 1000 зерен у  $F_1$   
ячменю ярого (Схема I)

Гібридна комбінація	2019 р.			2020 р.		
	Маса 1000 зерен, г	Показник фенотипо-вого домінування		Маса 1000 зерен, г	Показник фенотипо-вого домінування	
		hp	тип		hp	тип
МІП Титул / Beatrix	48,43±0,59	0,07	ПУ	53,67±0,21	2,13	ПН
МІП Титул/ Datcha	51,97±0,32	0,41	ПУ	49,13±0,45	-0,04	ПУ
МІП Титул / Quench	52,07±0,12	1,89	НП	50,07±0,15	2,92	ПН
МІП Титул / Gladys	53,17±0,21	1,08	ПН	51,37±0,57	1,61	ПН
МІП Титул / Авгур	51,07±0,12	1,45	ПН	50,70±0,10	1,33	ПН
Beatrix / МІП Титул	49,33±0,31	0,26	ПУ	53,90±0,26	2,24	ПН
Beatrix / Datcha	54,10±0,10	-0,05	ПУ	55,63±0,25	12,50	ПН
Beatrix / Quench	52,30±0,30	0,72	ПД	52,83±0,80	2,24	ПН
Beatrix / Gladys	59,00±0,10	373,00	ПН	52,53±0,50	4,23	ПН
Beatrix / Авгур	55,60±0,40	2,82	ПН	51,03±0,15	0,80	ПД
Datcha / МІП Титул	52,13±0,38	0,43	ПУ	52,00±0,72	1,08	ПН
Datcha / Beatrix	53,93±0,42	-0,17	ПУ	51,73±0,40	0,80	ПД
Datcha / Quench	54,87±0,42	0,77	ПД	50,47±0,42	0,22	ПУ
Datcha / Gladys	54,27±0,31	0,06	ПУ	52,80±0,40	2,30	ПН
Datcha / Авгур	55,40±0,72	0,94	ПД	51,20±0,20	0,28	ПУ
Quench / МІП Титул	51,55±0,05	1,72	ПН	49,97±0,23	2,81	ПН
Quench / Beatrix	52,00±0,10	0,54	ПД	52,13±0,06	1,73	ПН
Quench / Datcha	51,90±0,30	-6,73	НН	50,30±0,10	0,12	ПУ
Quench / Gladys	52,50±0,40	0,82	ПД	53,00±0,10	3,93	ПН
Quench / Авгур	54,00±0,10	32,68	ПН	48,20±0,10	-1,23	НН
Gladys / МІП Титул	52,80±0,10	1,00	ПД	50,97±0,06	1,39	ПН
Gladys / Beatrix	54,73±0,61	117,00	ПН	51,27±0,25	1,32	ПН
Gladys / Datcha	56,20±0,26	1,45	ПН	54,53±0,12	4,57	ПН
Gladys / Quench	53,13±0,42	1,20	ПН	52,80±0,40	3,70	ПН
Gladys / Авгур	54,30±0,26	1,96	ПН	53,60±0,40	48,57	ПН
Авгур / МІП Титул	54,60±0,35	2,58	ПН	50,07±0,64	0,96	ПД
Авгур / Beatrix	50,27±0,61	-0,61	НД	51,00±0,35	-110,00	НН
Авгур / Datcha	55,00±0,60	0,81	ПД	54,27±0,46	990,00	ПН
Авгур / Quench	53,67±0,21	30,24	ПН	48,03±0,32	-1,43	НН
Авгур/ Gladys	54,07±0,46	1,81	ПН	52,07±0,70	26,67	ПН

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

Таблиця 4.9

Рівень прояву та ступінь фенотипового домінування маси 1000 зерен з  $F_1$   
ячменю ярого (Схема II)

Гібридна комбінація	2019 р.			2020 р.		
	Маса 1000 зерен, г	Показник фенотипового домінування		Маса 1000 зерен, г	Показник фенотипового домінування	
		hp	тип		hp	тип
Козир / Condor	55,07±0,12	0,97	ПД	54,80±0,20	2,17	ПН
Козир / Вітраж	55,53±0,35	1,53	ПН	50,80±0,10	3,80	ПН
Козир / Sebastian	57,07±0,42	1,69	ПН	45,47±0,15	0,13	ПУ
Козир / МІП Мирослав	55,47±0,31	1,09	ПН	55,37±0,21	5,60	ПН
Козир / CDC Rattan	49,47±0,46	0,38	ПУ	46,20±0,20	0,65	ПД
Condor / Козир	52,40±0,53	0,42	ПУ	52,97±0,15	1,83	ПН
Condor / Вітраж	50,07±1,17	0,07	ПУ	43,50±0,10	0,28	ПУ
Condor / Sebastian	49,70±0,10	0,95	ПД	48,80±0,10	4,60	ПН
Condor / МІП Мирослав	49,87±0,42	1,29	ПН	48,40±0,10	1,75	ПН
Condor / Rattan	44,53±0,12	0,76	ПД	44,40±0,10	7,80	ПН
Вітраж / Козир	56,37±0,21	2,84	ПН	50,60±0,10	3,56	ПН
Вітраж / Condor	50,63±0,06	0,21	ПУ	43,57±0,15	0,30	ПУ
Вітраж / Sebastian	54,13±0,50	1,10	ПН	53,30±0,10	3,50	ПН
Вітраж / МІП Мирослав	55,13±0,70	1,52	ПН	49,80±0,53	5,50	ПН
Вітраж / CDC Rattan	49,30±0,30	0,46	ПУ	46,77±0,06	0,99	ПД
Sebastian / Козир	56,03±0,31	1,31	ПН	45,20±0,10	0,05	ПУ
Sebastian / Condor	47,90±0,30	0,10	ПУ	48,60±0,10	4,50	ПН
Sebastian / Вітраж	48,83±0,38	-1,47	НН	48,20±0,20	1,54	ПН
Sebastian / МІП Мирослав	49,80±0,70	1,00	ПД	42,60±0,20	-0,48	ПУ
Sebastian / CDC Rattan	48,50±0,10	0,80	ПД	41,90±0,10	1,10	ПН
МІП Мирослав / Козир	55,53±0,31	1,11	ПН	51,73±0,31	3,18	ПН
МІП Мирослав / Condor	46,60±0,53	-0,47	ПУ	46,43±0,15	1,24	ПН
МІП Мирослав / Вітраж	55,13±0,23	1,52	ПН	50,20±0,10	6,10	ПН
МІП Мирослав / Sebastian	53,93±0,29	18,71	ПН	49,07±0,29	2,86	ПН
МІП Мирослав / CDC Rattan	51,20±0,20	1,30	ПН	48,27±0,31	1,57	ПН
CDC Rattan / Козир	41,73±0,23	-0,46	ПУ	48,60±0,20	1,02	ПН
CDC Rattan / Condor	39,20±0,20	-0,45	ПУ	42,40±0,40	5,80	ПН
CDC Rattan / Вітраж	43,33±0,50	-0,24	ПУ	46,13±0,21	0,88	ПД
CDC Rattan / Sebastian	48,40±0,20	0,78	ПД	47,83±0,40	3,08	ПН
CDC Rattan / МІП Мирослав	40,70±0,44	-0,38	ПУ	46,63±0,21	1,24	ПН

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

У Схемі I ступінь фенотипового домінування у реципрокних схрещуваннях сортів Quench і Авгур варіював від позитивного наддомінування у 2019 р. ( $h_p = 32,68$ ;  $h_p = 30,24$ ) до негативного наддомінування у 2020 р. ( $h_p = -1,23$ ;  $h_p = -1,43$ ). У Схемі II у комбінації Sebastian / Вітраж показник фенотипового домінування навпаки змінювався від депресії у 2019 р. ( $h_p = -1,47$ ) до позитивного наддомінування у 2020 р. ( $h_p = 1,54$ ).

*Маса зерен з рослини.* Максимальне значення маси зерен з рослини у Схемі I було у сорту Datcha, найменше – у сорту Gladys. У Схемі II найбільший прояв ознаки відмічено у сорту Козир, найменший – у сорту Sebastian (табл. 4.10).

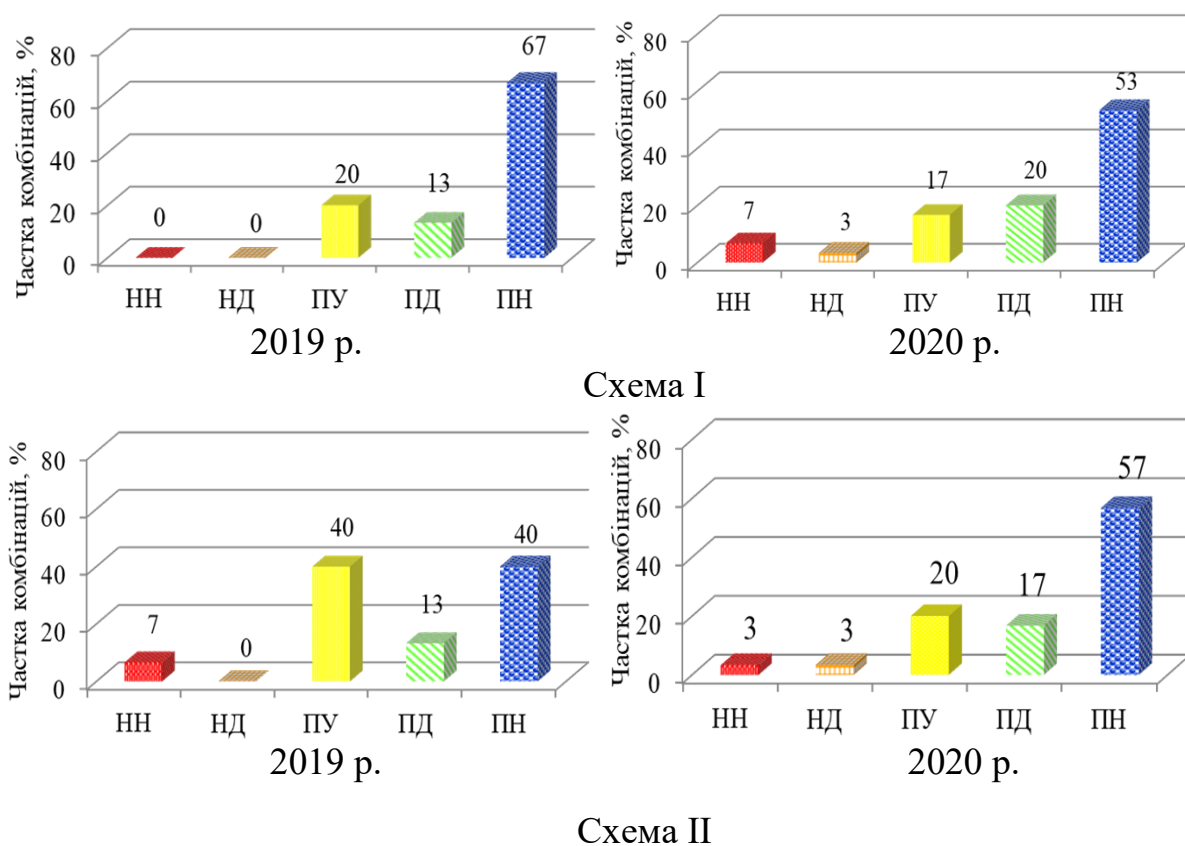
Таблиця 4.10

Рівень прояву маси зерен з рослини в компонентів схрещування та  $F_1$  з їх участю

Сорт	2019 р.		2020 р.		Середнє	
	P	$F_1$	P	$F_1$	P	$F_1$
Схема I						
МІП Титул	4,58	6,01	6,10	6,39	5,34	6,20
Beatrix	5,40	5,89	5,73	6,71	5,57	6,30
Datcha	6,64	6,32	7,50	7,44	7,07	6,88
Quench	5,26	5,89	6,19	6,56	5,73	6,23
Gladys	4,38	5,75	5,14	6,28	4,76	6,02
Авгур	5,01	6,04	5,52	6,61	5,27	6,33
Середнє	5,21	5,98	6,03	6,67	5,62	6,33
НІР <sub>05</sub>	0,32	0,43	0,50	0,45	0,41	0,44
Схема II						
Козир	4,98	5,50	7,33	7,55	6,16	6,53
Condor	4,04	4,82	4,93	7,49	4,49	6,16
Вітраж	4,82	4,75	6,71	6,44	5,77	5,60
Sebastian	3,68	5,05	3,62	5,53	3,65	5,29
МІП Мирослав	4,79	6,07	6,50	7,48	5,65	6,78
CDC Rattan	3,09	4,23	4,73	6,63	3,91	5,43
Середнє	4,23	5,07	5,64	6,85	4,94	5,96
НІР <sub>05</sub>	0,34	0,46	0,25	0,31	0,30	0,39

Примітка: P – рівень прояву ознаки батьківського компонента;  $F_1$  – середнє значення рівня прояву ознаки усіх гібридів з участю відповідного батьківського компонента

Закономірності розподілу комбінацій схрещування за показником ступеня фенотипового домінування показали переважання позитивного наддомінування в обох схемах схрещування в обидва роки (рис. 4.4). У більшості комбінацій схрещування переважало позитивне наддомінування, за винятком Схеми II у 2019 р. У даному випадку виявлено однакову кількість комбінацій схрещування з проміжним успадкуванням і позитивним наддомінуванням. Поряд з цим, слід відзначити варіабельність частки комбінацій з особливостями типу успадкування в різних схемах схрещування в різні роки.



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

Рисунок 4.4 – Розподіл комбінацій схрещування  $F_1$  ячменю ярого за ступенем фенотипового домінування маси зерен з рослини

Розгорнуту характеристику гібридних комбінацій за рівнем прояву ознаки та ступенем фенотипового домінування наведено у таблицях 4.11 (Схема I) і 4.12 (СхемаII).

Таблиця 4.11

Рівень прояву та ступінь фенотипового домінування маси зерен з рослини у F<sub>1</sub> ячменю ярого (Схема I)

Гібридна комбінація	2019 р.			2020 р.		
	Маса зерен з рослини, г	Показник фенотипового домінування		Маса зерен з рослини, г	Показник фенотипового домінування	
		hp	тип		hp	тип
МІП Титул / Beatrix	5,73±0,21	1,81	ПН	7,43±0,39	8,36	ПН
МІП Титул/ Datcha	6,13±0,49	0,51	ПД	6,72±0,10	-0,12	ПУ
МІП Титул / Quench	5,65±0,25	2,15	ПН	5,55±0,18	-13,71	НН
МІП Титул / Gladys	5,32±0,40	8,38	ПН	5,69±0,17	0,14	ПУ
МІП Титул / Авгур	5,87±0,35	5,04	ПН	6,31±0,16	1,74	ПН
Beatrix / МІП Титул	6,57±0,04	3,87	ПН	6,44±0,12	2,86	ПН
Beatrix / Datcha	6,12±0,22	0,17	ПУ	7,45±0,21	0,94	ПД
Beatrix / Quench	6,19±0,13	12,40	ПН	7,10±0,07	4,94	ПН
Beatrix / Gladys	5,42±0,23	1,03	ПН	6,19±0,32	2,57	ПН
Beatrix / Авгур	6,46±0,31	6,47	ПН	6,41±0,16	7,52	ПН
Datcha / МІП Титул	6,81±0,41	1,16	ПН	7,24±0,30	-0,62	НД
Datcha / Beatrix	6,18±0,08	0,26	ПУ	7,89±0,24	1,45	ПН
Datcha / Quench	7,37±0,14	2,05	ПН	7,90±0,54	1,62	ПН
Datcha / Gladys	6,10±0,17	0,52	ПД	7,37±0,05	0,89	ПД
Datcha / Авгур	6,48±0,45	0,80	ПД	8,33±0,68	1,84	ПН
Quench / МІП Титул	5,49±0,20	1,67	ПН	5,90±0,12	-5,73	НН
Quench / Beatrix	5,84±0,15	7,31	ПН	7,04±0,17	4,70	ПН
Quench / Datcha	5,76±0,31	-0,27	ПУ	6,86±0,13	0,02	ПУ
Quench / Gladys	4,94±0,28	0,28	ПУ	6,17±0,10	0,97	ПД
Quench / Авгур	6,11±0,11	7,88	ПН	6,28±0,14	1,26	ПН
Gladys / МІП Титул	5,39±0,08	9,05	ПН	5,84±0,03	0,45	ПУ
Gladys / Beatrix	5,25±0,31	0,70	ПД	5,48±0,14	0,16	ПУ
Gladys / Datcha	6,81±0,09	1,15	ПН	7,17±0,31	0,72	ПД
Gladys / Quench	6,05±0,38	2,79	ПН	6,48±0,14	1,55	ПН
Gladys / Авгур	5,70±0,17	3,20	ПН	6,34±0,45	5,24	ПН
Авгур / МІП Титул	7,16±0,20	11,06	ПН	6,83±0,30	3,54	ПН
Авгур / Beatrix	5,13±0,08	-0,41	ПУ	5,71±0,26	0,78	ПЛ
Авгур / Datcha	5,48±0,19	-0,42	ПУ	7,41±0,26	0,91	ПД
Авгур / Quench	5,46±0,08	2,65	ПН	6,36±0,21	1,50	ПН
Авгур/ Gladys	6,56±0,41	5,93	ПН	6,10±0,27	4,00	ПН

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

Таблиця 4.12

Рівень прояву та ступінь фенотипового домінування маси зерен з рослини у F<sub>1</sub> ячменю ярого (Схема II)

Гібридна комбінація	2019 р.			2020 р.		
	Маса зерен з рослини, г	Показник фенотипового домінування		Маса зерен з рослини, г	Показник фенотипового домінування	
		hp	тип		hp	тип
Козир / Condor	6,06±0,47	3,30	ПН	10,1±0,77	3,32	ПН
Козир / Вітраж	5,19±0,30	3,62	ПН	5,94±0,19	-3,53	НН
Козир / Sebastian	5,81±0,33	2,28	ПН	4,98±0,17	-0,27	ПУ
Козир / МП Мирослав	6,90±0,68	21,68	ПН	9,94±0,16	7,34	ПН
Козир / CDC Rattan	4,64±0,35	0,64	ПД	7,15±0,08	0,86	ПД
Condor / Козир	6,12±0,20	3,43	ПН	9,29±0,31	2,64	ПН
Condor / Вітраж	4,69±0,24	0,66	ПД	7,21±0,03	1,57	ПН
Condor / Sebastian	4,36±0,01	2,74	ПН	6,82±0,25	3,90	ПН
Condor / МП Мирослав	6,68±0,01	6,04	ПН	7,03±0,12	1,68	ПН
Condor / Rattan	3,91±0,17	0,74	ПД	8,25±0,18	35,42	ПН
Вітраж / Козир	5,24±0,41	4,30	ПН	6,72±0,07	-0,98	НД
Вітраж / Condor	4,03±0,05	-1,02	НН	6,45±0,26	0,71	ПД
Вітраж / Sebastian	4,61±0,14	0,63	ПД	5,32±0,50	0,10	ПУ
Вітраж / МП Мирослав	5,53±0,17	48,07	ПН	7,45±0,66	8,29	ПН
Вітраж / CDC Rattan	4,31±0,16	0,41	ПУ	6,22±0,13	0,50	ПУ
Sebastian / Козир	5,16±0,05	1,28	ПН	5,01±0,19	-0,25	ПУ
Sebastian / Condor	3,56±0,21	-1,61	НН	5,65±0,17	2,10	ПН
Sebastian / Вітраж	4,30±0,20	0,08	ПУ	4,80±0,16	-0,24	ПУ
Sebastian / МП Мирослав	5,35±0,26	2,00	ПН	6,26±0,16	0,84	ПД
Sebastian / CDC Rattan	4,62±0,05	4,14	ПН	4,14±0,32	-0,06	ПУ
МП Мирослав / Козир	6,61±0,12	0,09	ПУ	9,24±0,15	5,63	ПН
МП Мирослав / Condor	6,00±0,39	0,08	ПУ	7,24±0,11	1,95	ПН
МП Мирослав / Вітраж	6,20±0,23	0,07	ПУ	7,52±0,25	9,03	ПН
МП Мирослав / Sebastian	7,35±0,39	0,16	ПУ	6,29±0,40	0,85	ПД
МП Мирослав / CDC Rattan	6,35±0,55	0,12	ПУ	7,01±0,16	1,58	ПН
CDC Rattan / Козир	3,26±0,11	-0,03	ПУ	7,10±0,40	0,82	ПД
CDC Rattan / Condor	2,79±0,20	-0,03	ПУ	6,84±0,81	20,74	ПН
CDC Rattan / Вітраж	3,39±0,30	-0,02	ПУ	6,78±0,37	1,07	ПН
CDC Rattan / Sebastian	5,34±0,19	0,08	ПУ	6,06±0,12	3,39	ПН
CDC Rattan / МП Мирослав	3,73±0,13	-0,01	ПУ	6,77±0,33	1,30	ПН

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

Стабільний прояв наддомінування у контрастні роки виявлено у комбінаціях МІП Титул / Beatrix, МІП Титул / Авгур, Beatrix / МІП Титул, Beatrix / Quench, Beatrix / Gladys, Beatrix / Авгур, Datcha / Quench, Quench / Beatrix, Quench / Авгур, Gladys / Quench, Gladys / Авгур, Авгур / МІП Титул, Авгур / Quench, Авгур/ Gladys (Схема I), Козир / Condor, Козир / МІП Мирослав, Condor / Козир, Condor / Sebastian, Condor / МІП Мирослав, Вітраж / МІП Мирослав (Схема II).

#### 4.2 Параметри генетичної варіації

*Продуктивна кущистість.* Відповідно до параметрів генетичної варіації нами виявлено, що в обох схемах в обидва роки ефекти домінування переважали над адитивними (табл. 4.13).

Таблиця 4.13

Параметри генетичної варіації за продуктивною кущистістю в  $F_1$  ячменю ярого

Параметри генетичної варіації	Схема I		Схема II	
	2019 р.	2020 р.	2019 р.	2020 р.
D	0,69	0,21	0,17	1,25
$H_1$	0,94	0,74	1,27	2,49
$H_2$	0,66	0,54	0,80	1,93
F	0,46	0,16	-0,24	0,49
$\sqrt{H_1/D}$	1,17	1,86	2,72	1,41
$(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$	1,78	1,51	0,60	1,32
$H_2/4H_1$	0,18	0,18	0,16	0,19
$r[(W_r + V_r)_I; x_i]$	-0,52±0,43	-0,66±0,37	-0,06±0,50	0,19±0,49
$F_1 - P$	0,07	0,27	0,41	0,77

Примітка: D – адитивні ефекти;  $H_1$  і  $H_2$  – ефекти домінування; F – показник відносної частоти розподілу домінуючих і рецесивних алелів;  $\sqrt{H_1/D}$  – середній ступінь домінування в локусах;  $(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$  – співвідношення загальної кількості домінуючих 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 напрямку домінування.

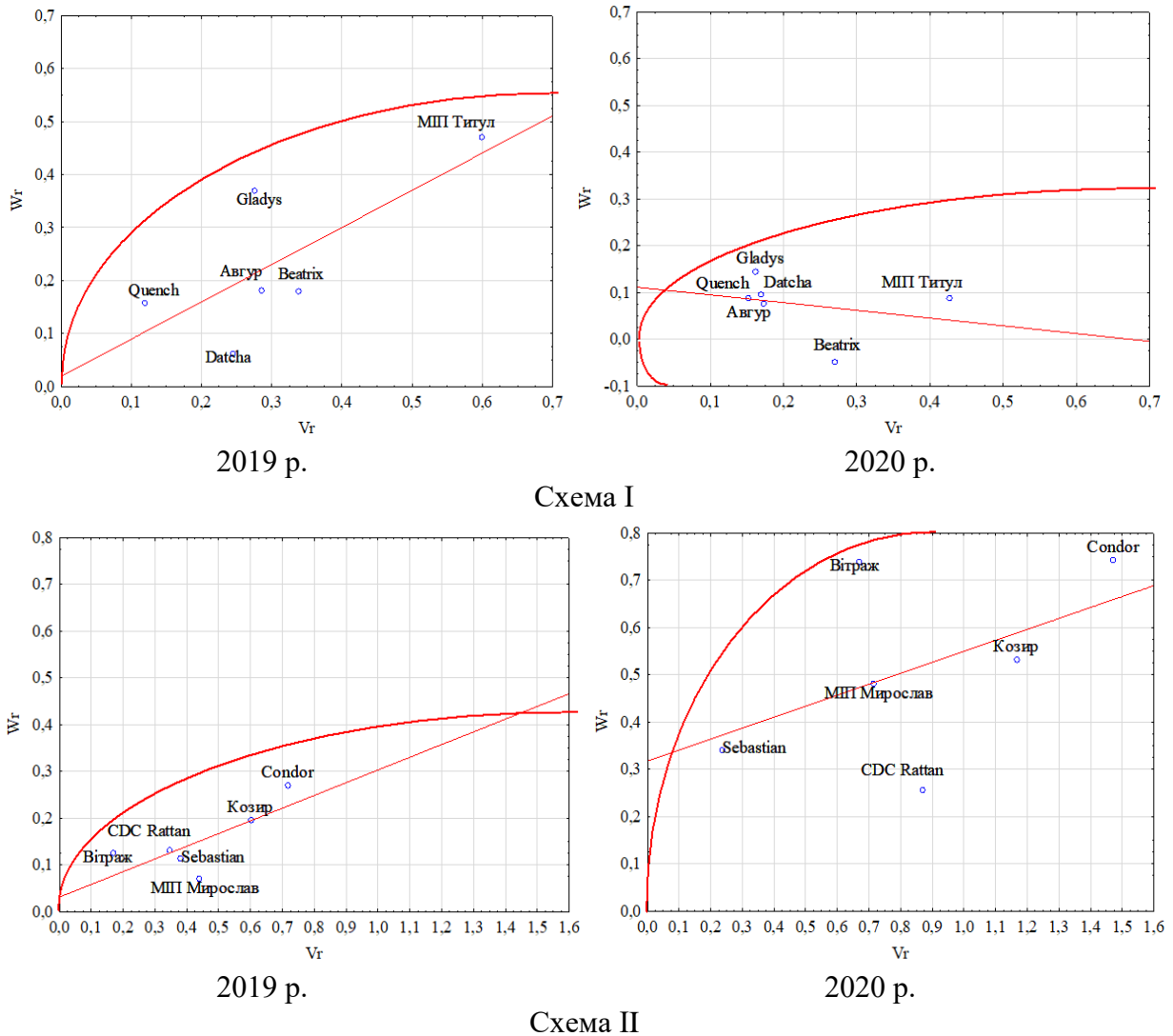
Отже, у всіх варіантах дослідження показник середнього ступеня домінування в локусах вказував на наддомінування. Параметри відносної частоти розподілу

та співвідношення загальної кількості домінантних і рецесивних алелей свідчили про переважання домінантних ефектів над рецесивними у Схемі I в обидва роки, а у Схемі II лише у 2020 р. Для всіх варіантів досліду виявлена сильна асиметрія у розподілі домінантних та рецесивних ефектів. В обох схемах схрещування в обидва роки показник  $F_1$ -P мав позитивне значення, а тому вказував, що середній рівень цінності у гібридів був вищим, ніж у батьківських компонентів. Тобто домінування було спрямоване на збільшення ознаки. У Схемі I від'ємні значення коефіцієнта кореляції суми коваріації, дисперсії та середнього значення ознаки свідчили про те, що в обидва роки переважало односпрямоване домінування зумовлене домінантними ефектами. Разом з тим, у Схемі II в обидва роки значення показника спрямованості домінування не були достовірними і вказували на різноспрямованість домінування. Тобто, у Схемі II присутні рецесивні ефекти, які знижують прояв ознаки та рецесивні ефекти, що підвищують прояв ознаки, а також домінантні ефекти, що посилюють прояв ознаки, та домінантні ефекти, що знижують прояв ознаки.

Графічний аналіз регресії коваріанси ( $W_r$ ) на варіансу ( $V_r$ ) підтверджує та доповнює інформацію отриману за генетичними параметрами (рис. 4.5). Коефіцієнт регресії у Схемі I в 2019 р. становив  $b = 0,70 \pm 0,29$ , а в 2020 р. він був  $b = -0,05 \pm 0,31$ . Таким чином, для даного набору генотипів продуктивна кущистість в 2019 р. в основному визначалась адитивно-домінантною системою, а в 2020 р. виявлено сильний прояв неалельної взаємодії. Комплементарний епістаз чітко помітний на графіку за зміною нахилу лінії регресії. У Схемі II значення коефіцієнту регресії в 2019 р. було  $b = 0,28 \pm 0,11$ , а в 2020 р. –  $b = 0,25 \pm 0,15$ . Таким чином, у Схемі II в обидва роки виявлено сильний прояв епістазу.

Як відомо, комплементарний епістаз, особливо за наявності генів, що підвищують рівень прояву ознаки (у нашому випадку різноспрямованість домінування в обидва роки у Схемі II дозволяє припускати їх наявність) сприяє тому, що по мірі гомозиготизації рецесивних локусів ознака тривалий час

збільшується у сторону добору. Іншими словами, має місце тривалий відклик на добір. Таким чином, у Схемі II є можливість досягти суттєвого підвищення ознаки.



Примітка:  $W_r$  – коваріанса,  $V_r$  – варіанса

Рисунок 4.5 – Графіки регресії  $W_r / V_r$  для продуктивної кущистості  $F_1$  ячменю ярого

*Кількість зерен у колосі.* За параметрами генетичної варіації у Схемі I у 2019 р. суттєво переважали ефекти домінування ( $H_1$  і  $H_2$ ). Однак, у 2020 р. внесок адитивних (D) ефектів був практично на рівні з параметром  $H_1$ , і навіть більшим за параметр  $H_2$  (табл. 4.14). У Схемі II, навпаки, у 2019 р. переважали адитивні ефекти, але в 2020 р. значно більшими були ефекти домінування. Відповідно до цього, показник  $\sqrt{H_1/D}$  вказував на наддомінування у локусах у

Схемі I у 2019 р. ( $\sqrt{H_1/D} = 2,54$ ), а також у Схемі II у 2020 р. ( $\sqrt{H_1/D} = 1,57$ ). Однак, у Схемі I у 2020 р. відмічено домінування ( $\sqrt{H_1/D} = 1,04$ ), а у Схемі II у 2019 р. неповне домінування ( $\sqrt{H_1/D} = 0,90$ ). Параметри F і  $(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$  вказують на переважання в обох схемах в обидва роки домінантних алелів над рецесивними. Виявлено надзвичайно сильну асиметричність розподілу домінантних і рецесивних алелів у локусах. Зокрема, у Схемі I в обидва роки ( $H_2/4H_1 = 0,16$  і  $0,17$ ), а у Схемі II у 2019 р. ( $H_2/4H_1 = 0,17$ ). У 2020 р. у другій схемі розподіл також був нерівномірним, але менш вираженим ( $H_2/4H_1 = 0,23$ ).

Таблиця 4.14

Параметри генетичної варіації за кількістю зерен у колосі в  $F_1$  ячменю ярого

Параметри генетичної варіації	Схема I		Схема II	
	2019 р.	2020 р.	2019 р.	2020 р.
D	1,02	4,64	8,19	4,04
$H_1$	6,61	4,99	6,66	10,02
$H_2$	4,13	3,38	4,44	9,38
F	2,55	2,94	6,76	2,06
$\sqrt{H_1/D}$	2,54	1,04	0,90	1,57
$(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$	2,93	1,88	2,69	1,39
$H_2/4H_1$	0,16	0,17	0,17	0,23
$r[(W_r+V_r)_I; x_i]$	-0,79±0,30	-0,58±0,41	-0,22±0,49	-0,76±0,32
$F_1-P$	0,78	0,86	0,26	2,06

Примітка: 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,  $(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$  – співвідношення загальної кількості домінантних алелів до рецесивних,  $H_2/4H_1$  – середнє значення алелів у локусах,  $r[(W_r+V_r)_I; x_i]$  – показник спрямованості домінування,  $F_1-P$  – показник напряму домінування

Коефіцієнт кореляції суми коваріанс і варіанс із середнім значенням ознаки ( $r[(W_r+V_r)_I; x_i]$ ), а також показник  $F_1-P$  вказують, що домінування спрямованим на збільшення рівня прояву ознаки. У Схемі I в обидва роки воно зумовлювалось переважно домінантними ефектами, хоча в 2020 р. значення показника спрямованості домінування були близькими до межі достовірності

( $r = -0,58 \pm 0,41$ ). У Схемі II більше значення ознаки у 2020 р. визначалось домінантними ефектами ( $r = -0,76 \pm 0,32$ ). Однак, у 2019 р. коефіцієнт кореляції був не достовірним ( $r = -0,22 \pm 0,49$ ), а тому не можна однозначно стверджувати домінантні чи рецесивні ефекти збільшували ознаку. Таким чином, у даному випадку можуть мати місце як домінантні ефекти, які збільшують ознаку, так і домінантні, що її знижують, а також (або) рецесивні, які знижують ознаку і рецесивні ефекти, які її збільшують.

Графічний аналіз регресії коваріанси ( $W_r$ ) на варіансу ( $V_r$ ) між середнім значенням батьківських компонентів і гібридів узгоджується із особливостями виявленими за параметрами генетичної варіації та доповнює їх (рис. 4.6).

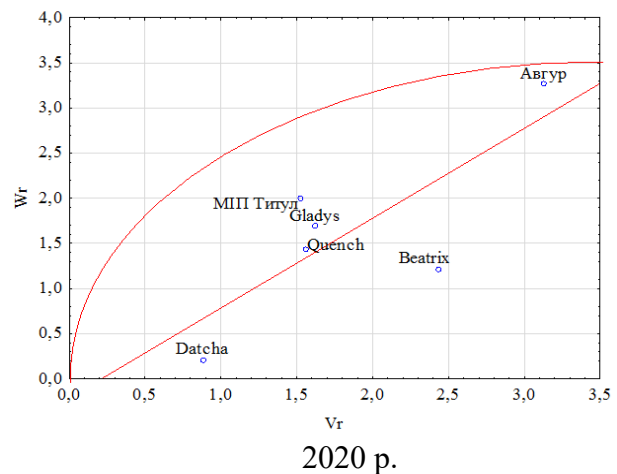
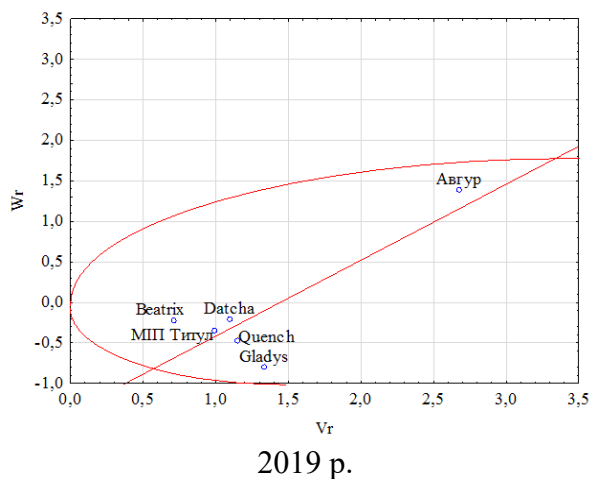


Схема I

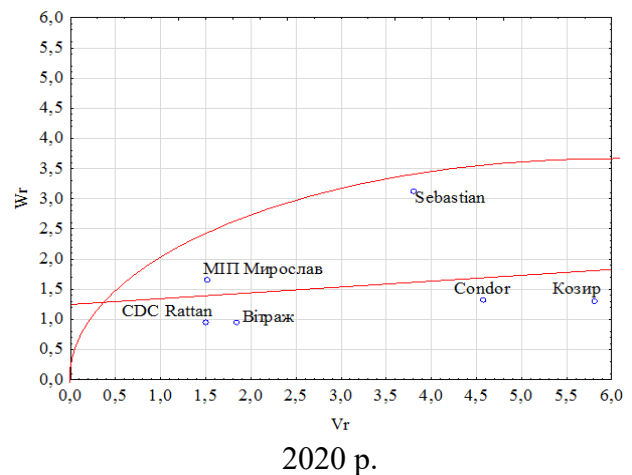
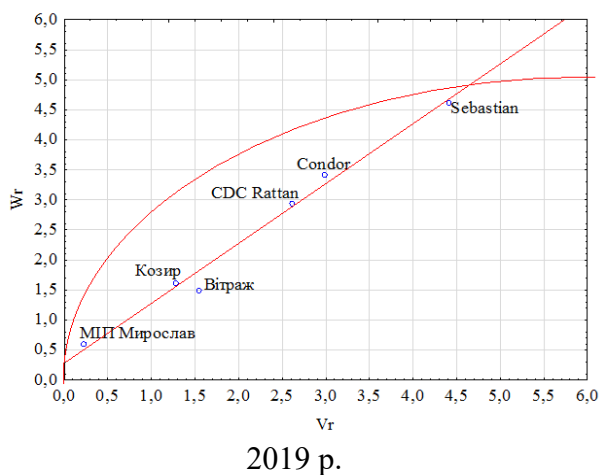


Схема II

Примітка:  $W_r$  – коваріанса,  $V_r$  – варіанса

Рисунок 4.6 – Графіки регресії  $W_r / V_r$  для кількості зерен у колосі у  $F_1$  ячменю ярого

Коефіцієнт регресії у Схемі I у 2019 р. становив  $b = 0,92$ , а у 2020 р. –  $b = 0,97$ . Тобто, в обидва роки між локусами виявлено відповідність адитивно-домінантній системі. У Схемі II у 2019 р. значення коефіцієнту регресії було достовірно високим ( $b = 1,00$ ), а тому контроль ознаки також визначався адитивно-домінантною системою. Однак, у 2020 р. коефіцієнт регресії був недостовірним  $b = 0,16$ , що вказує на сильний прояв неалельної взаємодії. Комплементарний епістаз чітко помітний на графіку за зміною нахилу лінії регресії до осі  $V_r$ .

Таким чином, на основі аналізу параметрів генетичної варіації та графіків регресії можемо відмітити, що у Схемі II дія генів була більш складною і більшою мірою змінювалася у різні роки досліджень. Зокрема, спостерігали зміну адитивно-домінантної системи комплементарним епістазом, неповне домінування у локусах – наддомінуванням, односпрямованість домінування у напрямку збільшення ознаки – різноспрямованістю домінування.

*Маса 1000 зерен.* В обох схемах схрещувань у 2019 р. перевагу мали адитивні ефекти генів (D), а у 2020 р. – ефекти домінування ( $H_1$  і  $H_2$ ) (табл. 4.15). Відповідно до цього показник  $\sqrt{H_1/D}$  вказував на неповне домінування в локусах у 2019 р. та наддомінування у 2020 р. Параметри відносної частоти розподілу (F) та відношення загальної кількості домінантних і рецесивних алелів  $[(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)]$  вказують на переважання (прояв) у Схемі I в обидва роки домінантних ефектів. У Схемі II у 2019 р. переважали рецесивні ефекти, а у 2020 р. – домінантні. Для всіх варіантів досліду виявлено нерівномірний розподіл домінантних і рецесивних ефектів ( $H_2/4H_1 \neq 0,25$ ). Проте для генотипів Схеми I асиметрія була більш вираженою.

Коефіцієнт кореляції суми коваріанс і варіанс та середнього значення ознаки  $r[(W_r + V_r)_i; x_i]$  в усіх випадках мав від'ємне значення, що характеризує спрямованість домінування на збільшення ознаки та його зумовленість домінантними ефектами. На домінування в бік збільшення ознаки також вказує значення  $F_1 - P$ . Однак, у другій схемі схрещувань у 2019 р. значення показника спрямованості домінування було статистично недостовірним.

Таблиця 4.15

Параметри генетичної варіації за масою 1000 зерен в F<sub>1</sub> ячменю ярого

Параметри генетичної варіації	Схема I		Схема II	
	2019 р.	2020 р.	2019 р.	2020 р.
D	17,69	3,55	44,31	27,09
H <sub>1</sub>	15,44	9,21	11,89	46,23
H <sub>2</sub>	12,33	8,24	11,01	43,59
F	12,52	1,15	-1,94	12,83
$\sqrt{H_1/D}$	0,93	1,61	0,52	1,31
$(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$	2,22	1,22	0,92	1,44
H <sub>2</sub> /4H <sub>1</sub>	0,20	0,22	0,23	0,24
$r[(W_r + V_r)_I; x_i]$	-0,67±0,37	-0,81±0,29	-0,30±0,48	-0,83±0,28
F <sub>1</sub> – P	2,67	1,98	1,94	5,36

Примітка. D – адитивні ефекти; H<sub>1</sub> і H<sub>2</sub> – ефекти домінування; F – показник відносної частоти розподілу домінуючих і рецесивних алелів;  $\sqrt{H_1/D}$  – середній ступінь домінування в локусах;  $(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$  – співвідношення загальної кількості домінуючих і рецесивних алелів, H<sub>2</sub>/4H<sub>1</sub> – середнє значення алелів у локусах;  $r[(W_r + V_r)_I; x_i]$  – показник спрямованості домінування; F<sub>1</sub> – P – показник напрямку домінування.

Графічний аналіз регресії коваріанси (W<sub>r</sub>) на варіансу (V<sub>r</sub>) між середнім значенням батьківських компонентів і гібридів підтверджує та доповнює інформацію генетичних компонентів щодо наддомінування у 2019 р. та неповного домінування у 2020 р. (рис. 4.7). У першому випадку в обох схемах схрещувань лінія регресії перетинала вісь W<sub>r</sub> нижче нульової позначки, а у 2020 р. – на додатній частині шкали. Графіки дають змогу окомірно характеризувати батьківські компоненти за відносним співвідношенням домінуючих і рецесивних генів. Зокрема, у першій схемі схрещувань в умовах обох років у рецесивній зоні розміщувався сорт МПІ Титул, у домінуючій – Gladys і Datcha. Значною мінливістю відносно лінії регресії характеризувався сорт Beatrix. У другій схемі схрещувань у домінуючій зоні стабільно знаходився сорт Sebastian, у рецесивній – Condor.

Коефіцієнт регресії в першій схемі у 2019 р. становив  $b = 0,74$ , у 2020 р. –  $b = 0,81$ . У другій схемі його значення становили  $b = 1,12$  і  $0,72$ , відповідно.

Отже, можемо зазначити, що в обох схемах схрещування в обидва роки маса 1000 зерен визначалась переважно адитивно-домінантною системою.

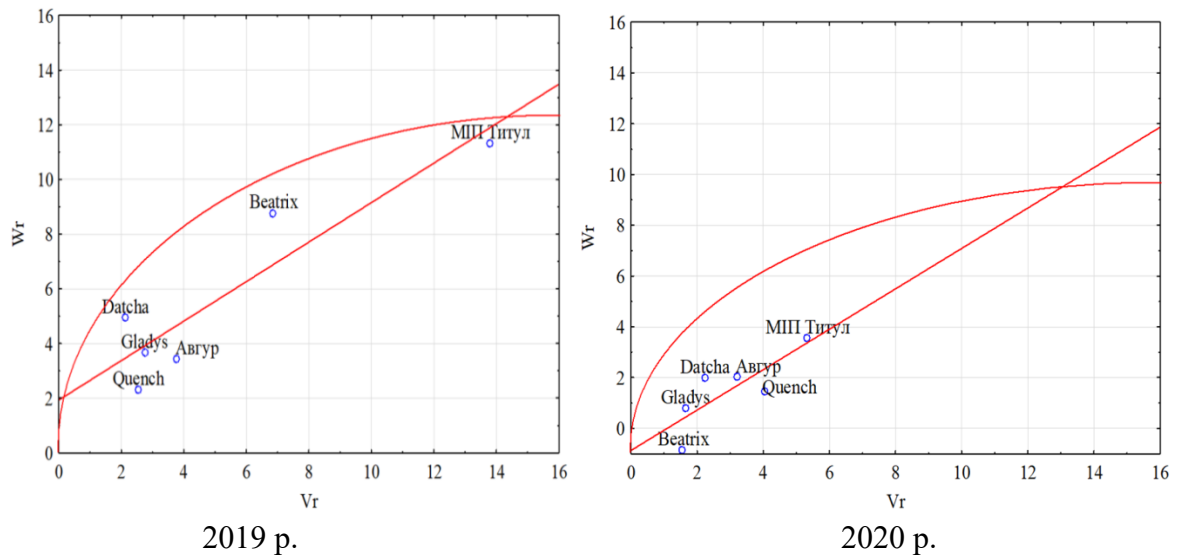


Схема I

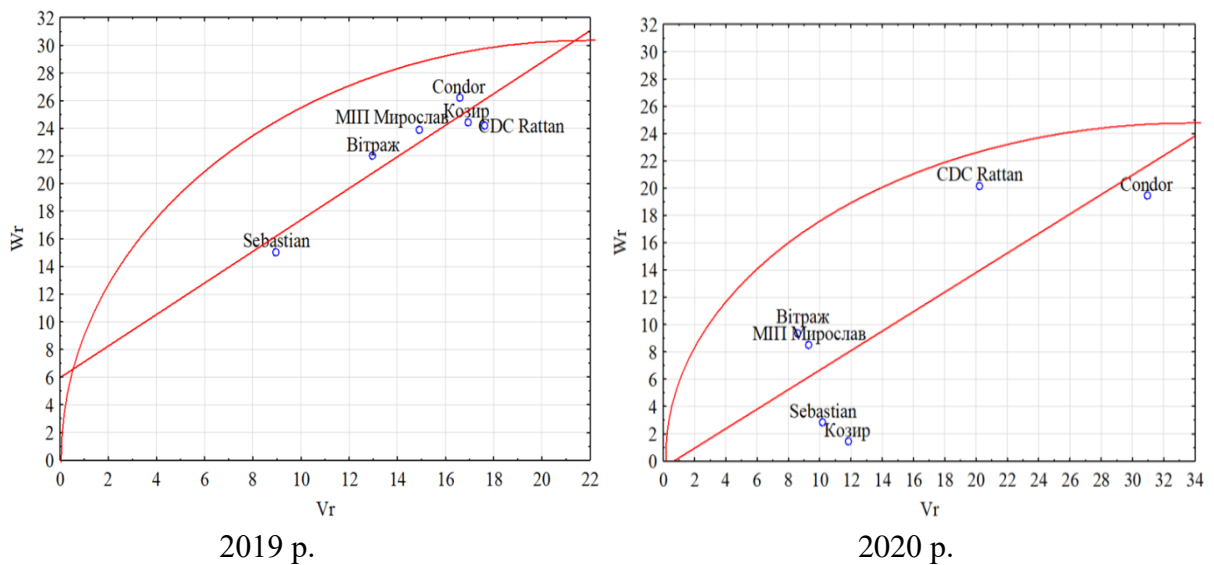


Схема II

Примітка:  $W_r$  – коваріанса,  $V_r$  – варіанса

Рисунок 4.7 – Графіки регресії  $W_r / V_r$  для маси 1000 зерен в  $F_1$  ячменю ярого

*Маса зерен з рослини.* Параметри генетичної мінливості показали, що в обох схемах схрещування в обидва роки ефекти домінування ( $H_1$  і  $H_2$ ) переважали над адитивними (D) (табл. 4.16). Отже, у всіх випадках показник  $(\sqrt{H_1/D})$  виявив наддомінування в локусах. Параметри відносної частоти розподілу доміnantних і рецесивних алелей (F) і співвідношення загальної кількості доміnantних і рецесивних алелей  $(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$  свідчили

про перевагу домінантних ефектів над рецесивними у Схемі I у 2019 р. та у Схемі II у 2020 р. Відповідно, у Схемі I у 2020 році, а також у Схемі II у 2019 році рецесивні ефекти переважали над домінантними. Для всіх варіантів досліду виявлено нерівномірний розподіл домінантного та рецесивного ефектів ( $H_2/4H_1 \neq 0,250$ ). Особливо сильна асиметрія виявлена на Схемі II.

Таблиця 4.16

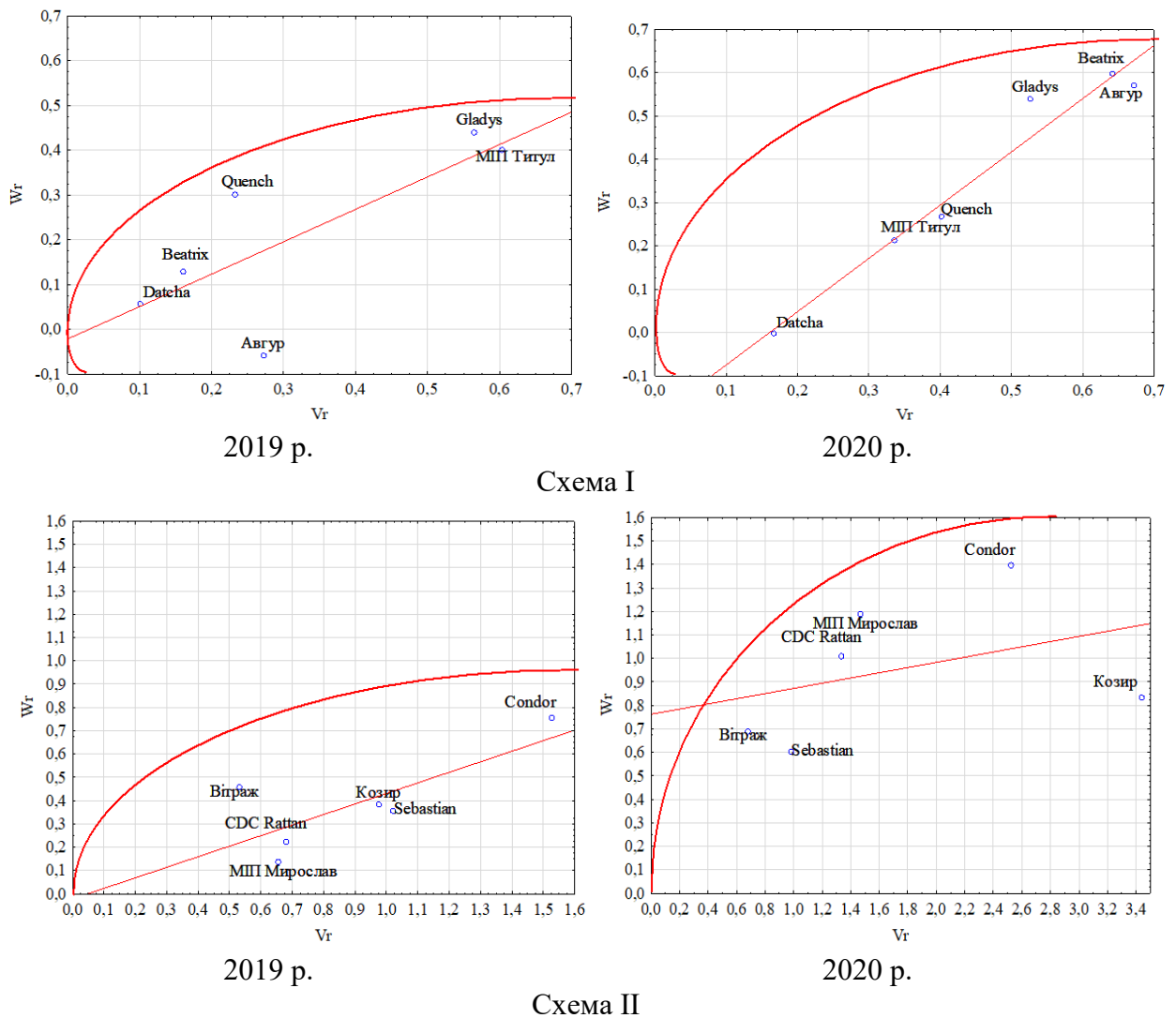
Параметри генетичної варіації маси зерен з рослини в  $F_1$  ячменю ярого

Параметри генетичної варіації	Схема I		Схема II	
	2019 р.	2020 р.	2019 р.	2020 р.
D	0,60	0,66	0,53	1,95
$H_1$	0,93	0,92	2,46	4,93
$H_2$	0,84	0,82	1,86	3,91
F	0,38	-0,09	-0,44	0,15
$\sqrt{H_1/D}$	1,57	1,18	4,68	2,52
$(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$	1,70	0,89	0,68	1,05
$H_2/4H_1$	0,23	0,22	0,19	0,20
$r[(W_r + V_r)_I; x_i]$	-0,78±0,31	-0,88±0,23	-0,10±0,50	0,34±0,47
$F_1-P$	0,77	0,64	0,84	1,21

Примітка. 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;  $(\sqrt{4DH_1} + F)/(\sqrt{4DH_1} - F)$  – 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 напрямку домінування.

В обох схемах схрещування в обидва роки показник  $F_1-P$  мав позитивне значення, оскільки середній рівень прояву маси зерна з рослини у гібридів був вищим, ніж у батьківських компонентів. Тобто домінування було спрямоване на підвищення ознаки. У Схемі I достовірно від'ємне значення коефіцієнта кореляції між сумою коваріанс і варіанс та середнього значення ознаки ( $r[(W_r + V_r)_I; x_i]$ ) вказувало, що в обидва роки домінування був односпрямованим і зумовлене домінантними ефектами. У Схемі II виявлено не спрямованість домінування.

Якщо адитивно-домінантна модель несуперечлива, графіки дають змогу візуально охарактеризувати батьківські компоненти щодо відносного співвідношення домінантного та рецесивного ефектів (рис. 4.8). Зокрема, у Схемі I сорт Datcha в обидва роки знаходився в домінантній зоні. Відповідно, цей сорт характеризується переважанням домінантних ефектів над рецесивними. Усі інші сорти у Схемі I показали значні зміни у своєму розташуванні відносно лінії регресії в різні роки. У Схемі II виявлено значну мінливість для всіх сортів у різні роки за відносним співвідношенням домінантних та рецесивних ефектів. Отримані результати можуть бути пов'язані з сильним впливом епістазу.



Примітка:  $W_r$  – коваріанса,  $V_r$  – варіанса

Рисунок 4.8 – Графіки регресії  $W_r / V_r$  для маси зерен з рослини в  $F_1$  ячменю ярого

### 4.3 Комбінаційна здатність

*Продуктивна кущистість.* Характеристику генотипів, залучених в обидві схеми діалельних схрещувань за ефектами загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) наведено на рисунку 4.9. У Схемі I достовірно високі (достовірно відрізнялись від нуля) ефекти ЗКЗ в обидва роки були лише у двох сортів Beatrix ( $g = 0,39 - 0,41$ ) і Datcha ( $g = 0,20 - 0,41$ ). У сорту МІП Титул ефекти ЗКЗ змінювалися від високого ( $g = 0,29$ ) у 2019 р. до низького ( $g = -0,16$ ) значень у 2020 р. У сорту Quench ефекти ЗКЗ були середніми (суттєво не відрізнялися від нуля) у 2019 р. ( $g_i = 0,02$ ), а у 2020 році вони були статистично низькими ( $g = -0,17$ ). У роки досліджень низькі ефекти ЗКЗ були у сортів Gladys ( $g = -0,70 - -0,36$ ) та Авгур ( $g = -0,21 - -0,14$ ).

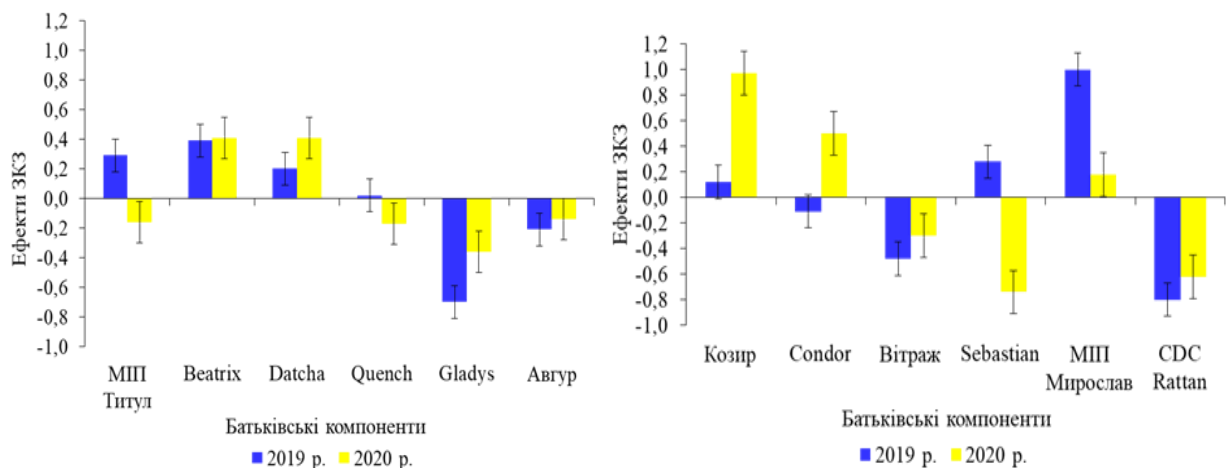


Схема I

Схема II

Рисунок 4.9 – Ефекти загальної комбінаційної здатності за продуктивною кущистістю у  $F_1$  ячменю ярого

У Схемі II у сорту Козир ефекти ЗКЗ змінювалися від недостовірних у 2019 р. ( $g_i = 0,12$ ) до високодостовірних у 2020 р. ( $g = 0,97$ ). І навпаки, у сорту МІП Мирослав значення ЗКЗ було високим ( $g = 1,00$ ) у 2019 р. та близьким до межі достовірності у 2020 р. ( $g = 0,18$ ). Рівень ЗКЗ варіювався від високого до низького у сортів Condor ( $g = -0,11 - 0,50$ ) і Sebastian ( $g = -0,74 - 0,28$ ). Статистично низькі ефекти ЗКЗ в обидва роки виявлені у сортів Вітраж ( $g = -0,48 - -0,30$ ) і CDC Rattan ( $g = -0,80 - -0,62$ ).

Таким чином, у Схемі I в обидва роки лише сорти Beatrix і Datcha мали достовірно високі ефекти ЗКЗ на продуктивну кущистістю. У Схемі II сорти МП Мирослав і Козир були відносно кращими за ефектами ЗКЗ, порівняно до інших. Константи специфічної комбінаційної здатності (СКЗ) наведено в таблицях 4.17 (Схема I) і 4.18 (Схема II).

Таблиця 4.17

Константи специфічної комбінаційної здатності в F<sub>1</sub> ячменю ярого за продуктивною кущистістю (Схема I)

Сорт	Рік	Сорт				
		МП Титул	Beatrix	Datcha	Quench	Gladys
Beatrix	2019	0,42	–	–	–	–
	2020	0,62	–	–	–	–
Datcha	2019	0,13	-0,14	–	–	–
	2020	-0,14	-0,01	–	–	–
Quench	2019	-0,27	0,07	-0,05	–	–
	2020	-0,33	-0,14	0,07	–	–
Gladys	2019	-0,64	-0,19	0,52	0,15	–
	2020	-0,21	-0,08	-0,20	0,43	–
Авгур	2019	0,36	-0,16	-0,45	0,09	0,16
	2020	0,06	-0,39	0,29	-0,03	0,07

Примітка. НІР<sub>0,05</sub>: 2019 р. – 0,18; 2020 р. – 0,24

Таблиця 4.18

Константи специфічної комбінаційної здатності в F<sub>1</sub> ячменю ярого за продуктивною кущистістю (Схема II)

Сорт	Рік	Сорт				
		Козир	Condor	Вітраж	Sebastian	МП Мирослав
Condor	2019	0,32	–	–	–	–
	2020	0,48	–	–	–	–
Вітраж	2019	-0,15	0,11	–	–	–
	2020	0,55	-0,33	–	–	–
Sebastian	2019	0,06	-0,39	0,02	–	–
	2020	-0,62	-0,45	0,34	–	–
МП Мирослав	2019	0,06	-0,29	-0,32	0,00	–
	2020	0,54	-0,43	-0,44	0,36	–
CDC Rattan	2019	-0,30	-0,33	0,34	0,32	-0,02
	2020	-0,94	0,72	-0,12	0,37	-0,03

Примітка. НІР<sub>0,05</sub>: 2019 р. – 0,22 ; 2020 р. – 0,30

*Кількість зерен у колосі.* Характеристику батьківських компонентів обох схем схрещувань за ефектами ЗКЗ подано на рисунку 4.10.

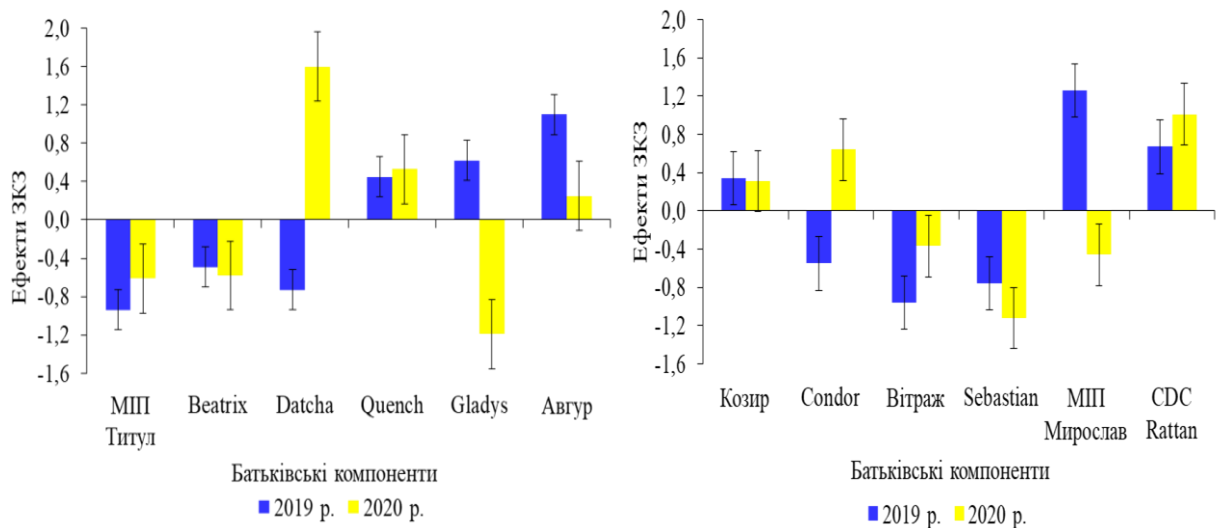


Схема I  
Схема II  
Рисунок 4.10 – Ефекти загальної комбінаційної здатності за кількістю зерен у колосі у  $F_1$  ячменю ярого

Достовірно високі ефекти ЗКЗ в обидва роки відмічено у сорту Quench. У сорту Авгур у 2019 р. ЗКЗ була достовірно високою, а у 2020 р. позитивною, але недостовірною (середньою). У сортів Datcha та Gladys у різні роки ефекти ЗКЗ змінювались від достовірно високих до достовірно низьких. Стабільно низькі ефекти ЗКЗ мали сорти МПП Титул і Beatrix. У Схемі II достовірно високі значення ЗКЗ в обидва роки виявлено у сорту CDC Rattan. У сорту Козир значення ЗКЗ були позитивними, але на межі достовірності з середніми. У сортів МПП Мирослав і Condor ефекти ЗКЗ варіювали від достовірно високих до достовірно низьких, але у кожного у різні роки. У сортів Вітраж і Sebastian виявлено низьку ЗКЗ як у 2019 р., так і у 2020 р.

У Схемі I не виявлено комбінацій з достовірно високими константами СКЗ в обидва роки (табл. 4.19). Варіювання від достовірно високих до позитивних, але недостовірних (середніх) значень виявлено у комбінаціях Datcha / Beatrix, Gladys / Beatrix, Авгур / Quench і Авгур / Gladys. У решти

комбінацій константи СКС варіювали від високих до низьких, або щороку були низькими.

Таблиця 4.19

Константи специфічної комбінаційної здатності в F<sub>1</sub> ячменю ярого за кількістю зерен у колосі (Схема I)

Сорт	Рік	Сорт				
		МПП Титул	Beatrix	Datcha	Quench	Gladys
Beatrix	2019	0,77	–	–	–	–
	2020	-0,35	–	–	–	–
Datcha	2019	-0,53	0,15	–	–	–
	2020	0,28	1,43	–	–	–
Quench	2019	-0,20	-1,03	1,14	–	–
	2020	0,45	-0,79	-0,85	–	–
Gladys	2019	-0,55	0,61	-0,33	-0,04	–
	2020	-0,22	0,21	-0,51	0,34	–
Авгур	2019	0,50	-0,51	-0,43	0,13	0,31
	2020	-0,16	-0,50	-0,36	0,85	0,17

Примітка: 2019 р.: НІР<sub>05</sub> – 0,35, 2020 р.: НІР<sub>05</sub> – 0,60

Варіювання від достовірно високих до позитивних, але недостовірних (середніх) значень виявлено у комбінаціях Datcha / Beatrix, Gladys / Beatrix, Авгур / Quench і Авгур / Gladys. У решти комбінацій константи СКС варіювали від високих до низьких, або щороку були низькими.

У Схемі II високі значення констант СКЗ як у 2019 р., так і у 2020 р. були у комбінаціях Condor / Козир, Вітраж / Козир і CDC Rattan / Sebastian (табл. 4.20). Від високих до середніх константи варіювали у комбінації МПП Мирослав / Sebastian. Середніми щороку були константи СКЗ у комбінацій МПП Мирослав / Вітраж, CDC Rattan / Condor, CDC Rattan / Вітраж. У решти комбінацій константи СКЗ варіювали від середніх до низьких, або були низькими у кожному з років досліджень.

Таблиця 4.20

Константи специфічної комбінаційної здатності в F<sub>1</sub> ячменю ярого за кількістю зерен у колосі (Схема II)

Сорт	Рік	Сорт				
		Козир	Condor	Вітраж	Sebastian	МПП Мирослав
Condor	2019	1,25	–	–	–	–
	2020	2,45	–	–	–	–
Вітраж	2019	0,76	-0,52	–	–	–
	2020	1,35	-0,87	–	–	–
Sebastian	2019	-0,40	-1,29	-0,22	–	–
	2020	-0,05	-1,35	-0,79	–	–
МПП Мирослав	2019	-0,56	0,38	0,13	0,47	–
	2020	-1,38	-0,76	0,39	1,01	–
CDC Rattan	2019	-1,06	0,18	-0,15	1,44	-0,42
	2020	-2,37	0,52	-0,07	1,18	0,74

Примітка: 2019 р.: НІР<sub>05</sub> – 0,48, 2020 р.: НІР<sub>05</sub> – 0,55

Маса 1000 зерен. У першій схемі достовірно високі ефекти ЗКЗ в обидва роки відзначено для сортів Datcha і Gladys, достовірно низькі – у МПП Титул і Quench (рис. 4.11).

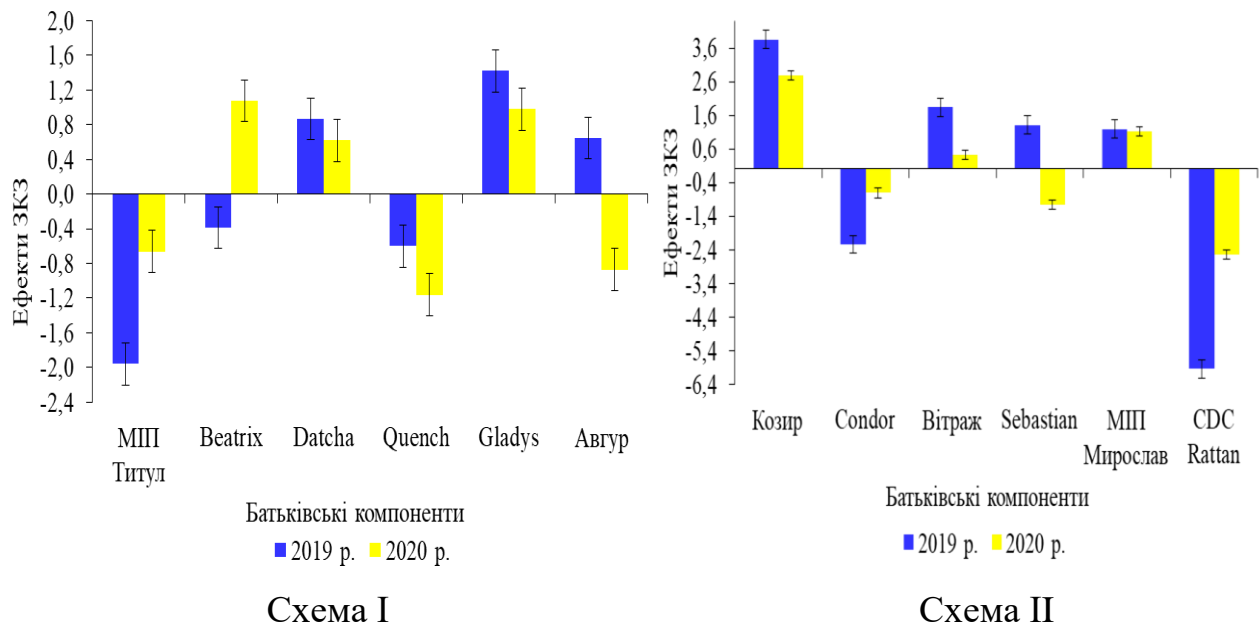


Рисунок 4.11 – Ефекти загальної комбінаційної здатності за масою 1000 зерен у F<sub>1</sub> ячменю ярого

Варіювали від достовірно високих до низьких значень за роками ефекти ЗКЗ в сортів Beatrix і Авгур. У Схемі II високими ефектами ЗКЗ характеризувалися сорти Козир, Вітраж і МПП Мирослав. Достовірно низьку ЗКЗ мали Condor і CDC Rattan. Зміною ефектів від позитивних до негативних у різні роки вирізнявся сорт Sebastian.

У Схемі I варіювання від достовірно високих до середніх позитивних значень СКЗ за роками відзначено для комбінацій Quench / МПП Титул, Авгур / МПП Титул (табл. 4.21).

Таблиця 4.21

Константи специфічної комбінаційної здатності в F<sub>1</sub> ячменю ярого за масою 1000 зерен (Схема I)

Сорт	Рік	Сорт				
		МПП Титул	Beatrix	Datcha	Quench	Gladys
Beatrix	2019	-2,05	–	–	–	–
	2020	1,65	–	–	–	–
Datcha	2019	-0,14	0,25	–	–	–
	2020	-1,11	0,27	–	–	–
Quench	2019	1,09	-0,14	-0,17	–	–
	2020	0,13	0,86	-0,79	–	–
Gladys	2019	0,24	2,55	-0,34	-1,28	–
	2020	-0,87	-1,87	0,35	1,37	–
Авгур	2019	0,87	-0,61	0,40	0,51	-1,17
	2020	0,20	-0,91	1,27	-1,57	1,01

Примітка. НР<sub>0,05</sub>: 2019 р. – 0,39; 2020 р. – 0,41.

У комбінації Datcha / Beatrix значення СКЗ в обидва роки було позитивним, але не достовірним, тобто мало середній рівень. Для решти ж комбінацій відзначено або варіювання від достовірно високих значень в одному році до достовірно низьких у другому, або низький рівень в обидва роки.

У другій схемі схрещувань стабільно високими були значення констант СКЗ в комбінаціях Condor / Козир, МПП Мирослав / Вітраж, CDC Rattan / Sebastian (табл. 4.22). Мінливість від високого до середнього рівня СКЗ за роками відзначено для комбінацій МПП Мирослав / Козир, CDC Rattan / Вітраж, CDC Rattan / МПП Мирослав.

Таблиця 4.22

Константи специфічної комбінаційної здатності в F<sub>1</sub> ячменю ярого за масою  
1000 зерен (Схема II)

Сорт	Рік	Сорт				
		Козир	Condor	Вітраж	Sebastian	МПП Мирослав
Condor	2019	1,73	–	–	–	–
	2020	3,86	–	–	–	–
Вітраж	2019	-0,11	0,37	–	–	–
	2020	-0,45	-4,13	–	–	–
Sebastian	2019	1,01	-0,66	-2,03	–	–
	2020	-4,33	2,52	3,45	–	–
МПП Мирослав	2019	0,07	-1,11	1,73	-1,01	–
	2020	1,70	-0,95	0,51	-2,17	–
CDC Rattan	2019	-2,70	-0,35	0,04	2,69	0,31
	2020	-0,78	-1,30	0,63	0,53	0,92

Примітка. НІР<sub>0,05</sub>: 2019 р. – 0,46; 2020 р. – 0,24.

Маса зерен з рослини. У Схемі I достовірно високі ефекти ЗКЗ в обидва роки спостерігалися лише для сорту Datcha (рис. 4.12). Низьку ЗКЗ стабільно мав сорт Gladys.

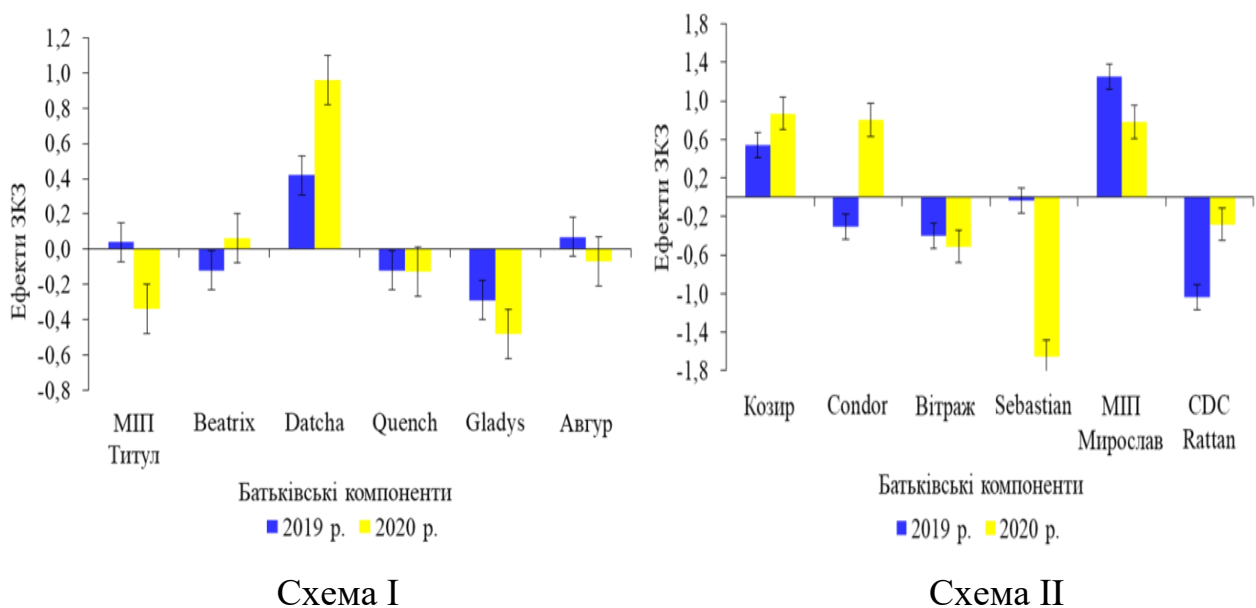


Рисунок 4.12 – Ефекти загальної комбінаційної здатності за масою зерен з рослини у F<sub>1</sub> ячменю ярого

У Схемі II високі значення ефектів ЗКЗ в обидва роки виявлено для сортів Козир та МІП Мирослав. Найменші значення ефектів ЗКЗ спостерігали у сорту Sebastian у 2020 р.

У сорту Condor показник ЗКЗ варіював від дуже низького у 2019 р. до високого у 2020 р. Для інших сортів ярого ячменю виявлено низьку ЗКЗ в обидва роки або коливання ефектів ЗКЗ від низьких до середніх. У Схемі I достовірно високі константи специфічної комбінаційної здатності (СКЗ) в обидва роки спостерігали лише в комбінації схрещування Авгур / МІП Титул (табл. 4.23).

Таблиця 4.23

Константи специфічної комбінаційної здатності в  $F_1$  ячменю ярого за масою зерен з рослини (Схема I)

Сорт	Рік	Сорт				
		МІП Титул	Beatrix	Datcha	Quench	Gladys
Beatrix	2019	0,25	–	–	–	–
	2020	0,55	–	–	–	–
Datcha	2019	0,03	-0,14	–	–	–
	2020	-0,31	-0,02	–	–	–
Quench	2019	-0,33	0,27	0,28	–	–
	2020	-0,48	0,47	-0,12	–	–
Gladys	2019	-0,38	-0,24	0,33	-0,08	–
	2020	-0,08	-0,41	0,12	0,27	–
Авгур	2019	0,43	-0,14	-0,50	-0,14	0,36
	2020	0,32	-0,59	0,32	-0,15	0,10

Примітка.  $HP_{0,05}$ : 2019 р. – 0,28; 2020 р. – 0,27.

Позитивні в обидва роки, але достовірні лише в один рік були значення СКЗ у комбінаціях схрещування Beatrix / МІП Титул, Quench / Beatrix, Gladys / Datcha, і Авгур / Gladys. У Схемі II значення констант СКЗ були стабільно високими лише в комбінації схрещування Condor / Козир (табл. 4.24). У комбінаціях схрещування CDC Rattan / Вітраж і CDC Rattan / Sebastian СКЗ був позитивним в обидва роки, але лише за один рік він має достовірне значення.

Таблиця 4.24

Константи специфічної комбінаційної здатності в  $F_1$  ячменю ярого за масою зерен з рослини (Схема II)

Сорт	Рік	Сорт				
		Козир	Condor	Вітраж	Sebastian	МІП Мирослав
Condor	2019	0,79	–	–	–	–
	2020	1,18	–	–	–	–
Вітраж	2019	0,01	0,00	–	–	–
	2020	-0,88	-0,30	–	–	–
Sebastian	2019	-0,09	-0,77	-0,19	–	–
	2020	-1,08	0,24	0,37	–	–
МІП Мирослав	2019	-0,10	0,33	-0,05	0,06	–
	2020	1,09	-1,29	0,37	0,29	–
CDC Rattan	2019	-0,61	-0,61	0,23	0,98	-0,24
	2020	-0,32	0,17	0,44	0,17	-0,47

Примітка.  $HP_{0,05}$ : 2019 р. – 0,30; 2020 р. – 0,35.

#### Висновки до розділу 4

1. Виявлені в умовах центральної частини Лісостепу України селекційно-генетичні особливості генотипів ячменю, які належать до плівчастих і голозерних, остистих та безостих різновидностей, дають змогу оптимально комбінувати батьківські компоненти схрещувань та планувати проведення цілеспрямованого добору на збільшення кількісних ознак продуктивності ячменю ярого у створених гібридних популяціях.

2. Встановлено, що для продуктивної кущистості показник ступеня фенотипового домінування суттєво варіював залежно як від сортів, залучених до схем схрещування, так і від умов років випробувань. Спостерігали наддомінування в локусах в обох схемах в обидва роки досліджень. Інші параметри генетичної варіації вказували на значні відмінності в дії генів на фенотипів прояв продуктивної кущистості у генотипів, залучених до схрещування. У схемі схрещування між комерційними сортами пивоварного ячменю (Схема I) від'ємні значення коефіцієнта кореляції між сумою коваріанс

і варіанс та середнім значенням ознаки свідчать про те, що в обидва роки домінування було переважно односпрямованим і зумовлене домінантним ефектами. При схрещуванні сортів різних різновидностей (Схема II) в обидва роки значення показника на пряму домінування були недостовірними і вказували на різноспрямоване домінування. У Схемі I в один рік виявлено відповідність адитивно-домінантній системі та наддомінування в локусах, а в інший – сильний епістаз. У Схемі II в обидва роки виявлено неалельну взаємодію. Загалом за ступенем виявили дуже складну дію генів на фенотиповий прояв продуктивної кущистості, а також значну роль негенетичних факторів у фенотиповому прояві ознаки. У Схемі I остаточний відбір за продуктивною кущистістю буде більш ефективним у пізніших поколіннях, коли домінантні алелі перейдуть у гомозиготний стан. У Схемі II, враховуючи різноспрямованість домінування, теоретично можна відібрати рослини з підвищеним продуктивним кущенням як на рецесивній, так і за домінантній основі. В обох схемах слід брати до уваги наявність неалельної взаємодії. Сорти ячменю ярого півчастого Beatrix, Datcha (пивоварні), МП Мирослав (зернофуражний), а також безостий сорт Козир можуть бути використані як ефективні генетичні джерела для залучення до схрещувань з метою поліпшення продуктивної кущистості.

3. Відповідно до показників ступеня фенотипового домінування і параметрів генетичної варіації, графічного регресійного аналізу, ефектів ЗКЗ і констант СКЗ, у переважної більшості створених гібридних комбінацій необхідним буде остаточний добір за масою 1000 зерен у пізніших поколіннях. Ефективними генетичними джерелами для залучення до схрещувань спрямованих на підвищення маси 1000 зерен можуть бути остисті сорти Gladys, МП Мирослав і Datcha, а також безості – Козир і Вітраж.

4. За кількістю зерен у колосі виявлено усі можливі типи успадкування кількості зерен у колосі за показником ступеня фенотипового домінування. Встановлено зміну типу успадкування залежно від року дослідження у частини комбінацій. Найвищу кількість комбінацій з наддомінуванням в обидва роки

відмічено у комбінаціях схрещування пивоварного плівчастого остистого сорту Авгур та безостого сорту Козир. За параметрами генетичної варіації у схемі схрещувань пивоварних сортів відмічено відповідність адитивно-домінантній моделі, наддомінування і домінування в локусах та односпрямованість домінування на збільшення ознаки, зумовлене домінантними ефектами. У схемі схрещувань різних різновидностей спостерігали більш складну дію генів і її зміну у різні роки. Зокрема, зміну адитивно-домінантної системи комплементарним епістазом, неповного домінування – наддомінуванням, односпрямованості домінування на збільшення ознаки – різноспрямованістю. Загалом, виявлені особливості за параметрами генетичної варіації вказують на значне різноманіття за співвідношенням домінантних і рецесивних ефектів пов'язаних з рівнем прояву ознаки у залучених до схрещувань компонентів. Таким чином, є можливість добору різноманітних рекомбінантів. Як ефективні генетичні джерела для збільшення кількості зерен у колосі можуть бути використані сорти з вищою, порівняно з іншими ЗКЗ: плівчасті остисті сорти пивоварного напрямку Quench і Авгур, голозерний сорт CDC Rattan, а також безостий сорт Козир. На основі констант СКС більш перспективними для подальшої селекційної роботи при створенні плівчастих остистих сортів є комбінації: Datcha / Beatrix, Gladys / Beatrix, Авгур / Quench і Авгур / Gladys (пивоварного напрямку), МПП Мирослав / Sebastian (зернофуражного напрямку); безостих плівчастих – Вітраж / Козир; остистих голозерних – CDC Rattan / Condor. Можливий добір з підвищеною кількістю зерен у колосі різних форм в одних і тих же комбінаціях: плівчастих і голозерних остистих – CDC Rattan / Sebastian, плівчастих остистих і безостих – МПП Мирослав / Вітраж, усіх можливих комбінацій (плівчастих остистих, плівчастих безостих, голозерних остистих, голозерних безостих) – Condor / Козир і CDC Rattan / Вітраж.

5. Виділено гібридні комбінації, які у контрастні за погодними умовами роки характеризувались позитивним наддомінуванням ( $h_p > 1$ ) як за окремими, так і низкою елементів структури врожайності. За продуктивністю рослини стабільний прояв наддомінування виявлено у комбінаціях МПП Титул / Beatrix,

МПП Титул / Авгур, Beatrix / МПП Титул, Beatrix / Quench, Beatrix / Gladys, Beatrix / Авгур, Datcha / Quench, Quench / Beatrix, Quench / Авгур, Gladys / Quench, Gladys / Авгур, Авгур / МПП Титул, Авгур / Quench, Авгур / Gladys, Козир / Condor, Козир / МПП Мирослав, Condor / Козир, Condor / Sebastian, Condor / МПП Мирослав, Вітраж / МПП Мирослав.

6. Для продуктивності рослини у Схемі I виявлено відповідність адитивно-домінантній системі та наддомінування за локусами. Ознаку збільшували домінантні ефекти. Значно складніший генетичний контроль ознаки був виявлено у Схемі II – визначено сильний прояв епістазу та різноспрямованість домінування. Таким чином, ефективний добір за цією ознакою також буде більш ефективним у пізніших поколіннях. Як і для продуктивної кущистості у Схемі II теоретично можна відібрати рослини з підвищеною продуктивністю як на рецесивній, так і домінантній основі, але з урахуванням неалельної взаємодії. Остисті сорти ярого ячменю Datcha та МПП Мирослав, а також безостий сорт Козир можуть бути використані як ефективні генетичні джерела для залучення до схрещувань, спрямованих на підвищення маси зерна рослини. Проте лише сорт ярого ячменю Datcha характеризується великою кількістю домінантних ефектів, які достовірно підвищують ознаку. У сортів ярого ячменю МПП Мирослав та Козир генетичний контроль маси зерен з рослини більш складний.

Результати досліджень розділу 4 опубліковано в наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [422–427] і представлено в додатку Ж.

## РОЗДІЛ 5

### КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА ВРОЖАЙНІСТЮ ТА СТІЙКІСТЮ ДО АБІОТИЧНИХ ТА БІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ

#### 5.1 Диференціювання перспективних селекційних ліній за комплексом адаптивних ознак

Унаслідок безперервної мінливості погодних умов навколишнього середовища, потреба у створенні нових сортів залишається актуальною. Прогнози на основі різних систем моделювання вказують, що такі зміни будуть відбуватися й надалі, а в певних аспектах навіть суттєво загострюватись, що значною мірою впливатиме на врожайність основних сільськогосподарських культур, зокрема ячменю [399–402]. Отже, поряд з підвищенням потенціалу врожайності, поліпшення адаптивності створюваних сортів – одне з головних завдань селекції [90, 403–405]. Саме тому, значну увагу вітчизняних та зарубіжних авторів приділено генотип–середовищним дослідженням та пошукам ефективних статистичних або графічних моделей для диференціювання й добору генотипів з оптимальним поєднанням урожайності та стабільності і певних умовах [406, 407].

Існування генотипів з відносно широкою адаптацією є можливим, але також лише в межах певного спектру середовищ [408]. Така сукупність умов означена як цільова сукупність середовищ (*target population environments*) [409, 410]. Однак навіть у межах таких сукупностей середовищ (грунти, погодні умови тощо) специфічні для різних генотипів реакції можуть призводити до зміни рангів у рівні вияву певних ознак унаслідок взаємодії генотип–середовище [411]. Перелік ознак, що сприяють реалізації певного рівня генетичного потенціалу сорту, визначається агроекологічними умовами й чинниками, які діють на агроценоз ячменю впродовж вегетації [412–414]. Водночас комерційну цінність сорт становить лише за умови, що названі

ознаки поєднані з достатнім рівнем узагальнувального інтегрального параметра – урожайності. За низької врожайності, такі генотипи можуть мати значення лише як джерела деяких ознак для використання в селекційних і генетичних дослідженнях.

Для оцінювання й добору генотипів за поєднанням урожайності та комплексу інших ознак нещодавно запропоновано новий методичний підхід – GYT (genotype by yield\*trait) biplot [415]. За визначенням авторів, підґрунтям для GYT biplot є зміна парадигми, відповідно до якої генотипи слід оцінювати за поєднанням урожайності з комплексом інших цінних господарських ознак та параметрів (елементи структури врожайності, показники якості зерна, стійкість до біо- та абіотичних чинників тощо).

Методом гібридизації створено новий вихідний матеріал. У всіх ланках селекційного процесу створено, оцінено та відібрано нові перспективні номери (додаток Е.1). У наших дослідженнях у середньому за роки, стандарт (G1) Взірець за врожайністю достовірно ( $HP_{05}$ ) перевищували селекційні лінії (G6) Нутанс 5073, (G13) Дефіцієнс 5162, (G12) Дефіцієнс 5161 і (G3) Нутанс 4816 (табл. 5.1). У межах похибки перевищили стандарт селекційні лінії (G7) Нутанс 4966, (G2) Нутанс 4705, (G4) Нутанс 4893, (G17) Нутанс 5193, (G14) Нутанс 5184, (G11) Нутанс 5159, (G5) Нутанс 4693 і (G10) Дефіцієнс 5145. Недостовірно поступались сорту (G1) Взірець селекційні лінії (G9) Нутанс 5070, (G16) Нутанс 5191 і (G8) Нутанс 5061. Лише селекційна лінія (G15) Нутанс 5185 мала достовірно нижчу врожайність за стандарт.

У той же час, врожайність досліджених генотипів суттєво варіювала за роками, на що вказує зміна їхньої рангової оцінки (табл. 5.2). Найбільший розмах варіювання (зміна на 13 рангів) відмічено для селекційних ліній (G14) Нутанс 5184 і (G10) Дефіцієнс 5145.

При цьому, числовий ранг селекційної ліній (G14) Нутанс 5184 змінювався від першого в 2017 р. до 14 в 2019 р. Для селекційної лінії (G10) Дефіцієнс 5145 варіювання було від третього рангу в 2020 р. до 16 рангу в 2018 і 2019 рр. Селекційна лінія (G4) Нутанс 4893 за роками мала різницю

врожайності в 11 рангів, (G16) Нутанс 5159 – у 10, а селекційні лінії (G2) Нутанс 4705, (G3) Нутанс 4816, (G5) Нутанс 4693 і (G15) Нутанс 5185 – у дев'ять.

Таблиця 5.1

Характеристика селекційних ліній ячменю ярого за врожайністю, гомеостатичністю та селекційною цінністю

Шифр	Сорт, селекційна лінія	Урожайність, т/га				Mean	V	Hom <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>
		2017	2018	2019	2020				
		E17	E18	E19	E20				
G1	Взірець – стандарт	4,66	2,90	4,65	5,07	4,32	22,38	4,11	2,47
G2	Нутанс 4705	4,91	3,33	4,77	4,91	4,48	17,18	3,17	3,04
G3	Нутанс 4816	4,76	3,06	5,52	5,43	4,69	24,31	5,82	2,60
G4	Нутанс 4893	4,65	3,47	4,74	5,06	4,48	15,53	2,84	3,07
G5	Нутанс 4693	4,65	2,98	4,86	5,07	4,39	21,77	4,11	2,58
G6	Нутанс 5073	5,09	3,54	5,51	5,68	4,96	19,66	4,77	3,09
G7	Нутанс 4966	4,82	3,40	4,69	5,22	4,53	17,39	3,29	2,95
G8	Нутанс 5061	4,47	2,62	4,58	4,82	4,12	24,57	4,19	2,24
G9	Нутанс 5070	4,82	2,71	4,49	4,96	4,25	24,52	4,52	2,32
G10	Дефіцієнс 5145	5,09	2,70	4,23	5,48	4,38	28,14	6,18	2,16
G11	Нутанс 5159	4,68	2,98	4,6	5,33	4,40	22,73	4,40	2,46
G12	Дефіцієнс 5161	4,97	3,39	5,17	5,36	4,72	19,12	4,06	2,99
G13	Дефіцієнс 5162	5,15	3,56	5,56	5,55	4,96	19,14	4,57	3,18
G14	Нутанс 5184	5,18	3,05	4,29	5,22	4,44	22,93	4,56	2,59
G15	Нутанс 5185	4,85	2,79	3,72	4,77	4,03	24,20	3,89	2,32
G16	Нутанс 5191	4,38	2,85	4,25	5,24	4,18	23,67	4,12	2,27
G17	Нутанс 5193	4,94	2,88	4,96	5,09	4,47	23,72	4,89	2,53
Mean		4,83	3,07	4,74	5,19	4,46	21,82	4,32	2,64
Max		5,18	3,56	5,56	5,68	4,96	28,14	6,18	3,18
Min		4,38	2,62	3,72	4,77	4,03	15,53	2,84	2,16
R		0,80	0,94	1,84	0,91	0,93	12,61	3,34	1,02
HP <sub>05</sub>		0,18	0,18	0,23	0,27	–	–	–	–

Примітка: роки випробувань позначено як 2017 р. – E17, 2018 р. – E18, 2019 р. – E19, 2020 р. – E20; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальнє, мінімальнє значення у досліді та розмах варіювання ознаки, відповідно; V – коефіцієнт варіації, %; Hom<sub>i</sub> – гомеостатичність; Sc<sub>i</sub> – селекційна цінність.

Таблиця 5.2

Ранжирування селекційних ліній ячменю ярого за врожайністю, залежно від року випробувань

Шифр	E17	E18	E19	E20	Mean	Max	Min	R <sub>(max-min)</sub>
G1	13	11	10	12	12	13	10	3
G2	7	6	7	15	9	15	6	9
G3	11	7	2	4	6	11	2	9
G4	14	3	8	13	10	14	3	11
G5	15	10	6	11	11	15	6	9
G6	3	2	3	1	2	3	1	2
G7	9	4	9	8	8	9	4	5
G8	16	17	12	16	15	17	12	5
G9	10	15	13	14	13	15	10	5
G10	4	16	16	3	10	16	3	13
G11	12	9	11	6	10	12	6	6
G12	5	5	4	5	5	5	4	1
G13	2	1	1	2	2	2	1	1
G14	1	8	14	9	8	14	1	13
G15	8	14	17	17	14	17	8	9
G16	17	13	15	7	13	17	7	10
G17	6	12	5	10	8	12	5	7

Примітка: найвищій врожайності відповідає 1 ранг, найнижчій – 17; Mean, Max, Min, R<sub>(max - min)</sub> – середнє, максимальне, мінімальне значення та розмах варіювання рангів, відповідно

Таким чином, середнє значення врожайності не характеризує повною мірою здатність досліджених селекційних ліній стабільно формувати певний рівень врожайності в різні за метеорологічними умовами роки. Враховуючи наявність перехресної взаємодії генотип–середовище для диференціації генотипів застосували різні статистичні та графічні моделі.

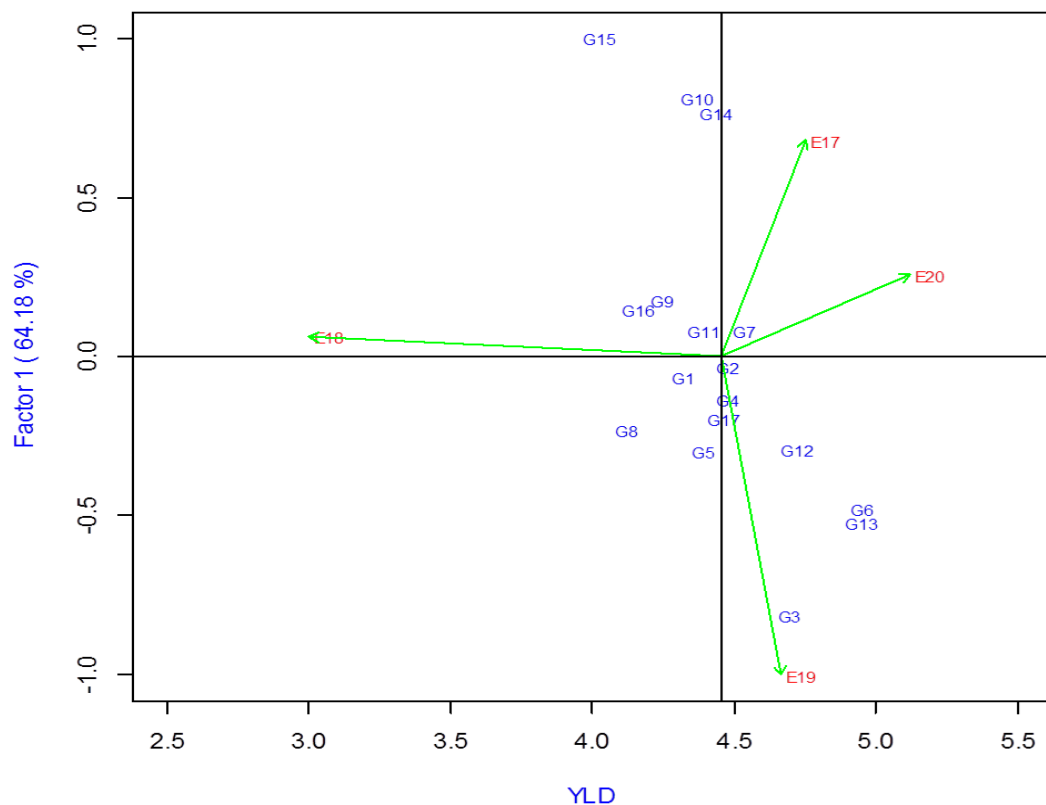
Дисперсійний аналіз АММІ моделі вказує на переважання частки внеску у загальній дисперсії умов середовища (85,78 %) (табл. 5.3). Значення генотипу становило 8,21 %, а взаємодії генотип–середовище – 6,01 %. Перші дві головні компоненти (Factor 1 і Factor 2) охоплюють 86,28 % взаємодії генотип–середовище.

Таблиця 5.3

Дисперсійний аналіз АММІ моделі за врожайністю селекційних ліній ячменю ярого, 2017–2020 рр.

Фактор варіації	Сума квадратів	Число ступенів волі	Середній квадрат	Частка внеску у варіацію, %
Генотип	17,42	16	1,09	8,21**
Середовище	182,02	3	60,67	85,78**
Взаємодія	12,75	48	0,27	6,01**
Factor 1*	8,18	18	0,45	64,18**
Factor 2*	2,82	16	0,18	22,10**
Factor 3*	1,75	14	0,12	13,72**
Factor 4*	0,00	12	0,00	0,00
Залишки	4,85	204	0,02	0,00

Примітка: \*Factor 1...4 – головні компоненти; \*\* – достовірно на 1 % рівні



Примітка: тут і на рисунках 5.2–5.6 шифрування генотипів та середовищ відповідають значенням наведеним у таблиці 5.3

Рисунок 5.1 – АММІ1 biplot – дисперсія селекційних ліній ячменю ярого і років випробувань у просторі: середня врожайність (YLD) – головна компонента 1 (Factor 1), 2017–2020 рр.

АММІ1 biplot (рис. 5.1) відображає варіансу головних адитивних ефектів (середню врожайність) селекційних ліній (G1...G17) і років випробувань (E17...E20) на горизонтальній осі (YLD) та варіансу мультиплікативних ефектів взаємодії генотип–середовище (селекційна лінія – рік випробувань) на вертикальній осі (Factor 1). Помітно, що найнижчий рівень продуктивності (середнє значення усіх селекційних ліній в досліді) був у середовищі E17, найвищий – в E18. У той же час, хоча продуктивність в E17 і E19 була відносно близькою, однак, на умови даних років різні селекційні лінії реагували по-різному, на що вказує різнонаправленість векторів середовищ.

Сильно зміщеними в сторону вектора середовища E17 були селекційні лінії (G10) Дефіцієнс 5145, (G14) Нутанс 5184, (G15) Нутанс 5185, середовища E19 – (G3) Нутанс 4816, і меншою мірою – (G13) Дефіцієнс 5162 і (G6) Нутанс 5073. Така закономірність підтверджується і АММІ2 biplot, який відображає мультиплікативні ефекти взаємодії генотип–середовище в площині перших двох головних компонент (Factor 1 і Factor 2) (рис. 5.2).

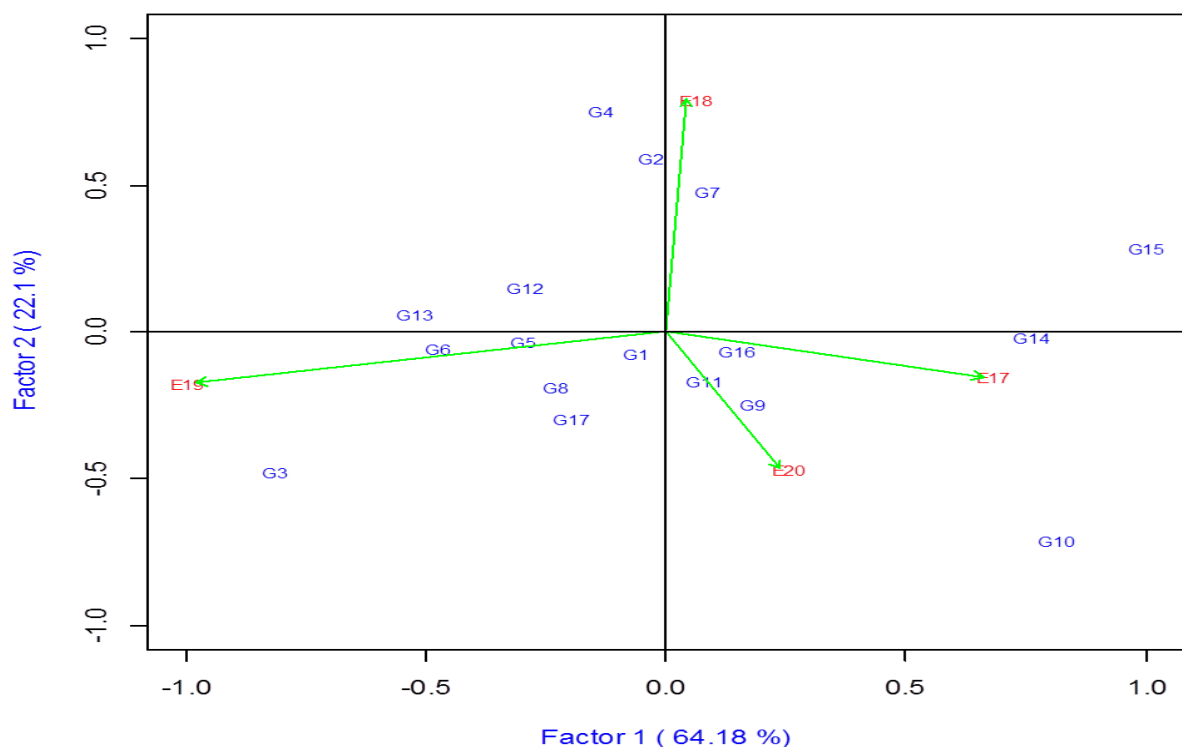


Рисунок 5.2 – АММІ2 biplot – мультиплікативні ефекти взаємодії генотип–середовище і дисперсія селекційних ліній ячменю ярого та років випробувань у просторі перших двох головних компонент, 2017–2020 рр.

Перші дві головні компоненти GGE biplot пояснюють 85,02 % взаємодії генотип–середовище (рис. 5.3). Найбільшу диференціюючу здатність мали умови середовища E19, найменшу – E20. Середовища E17 і E19 були найбільш віддаленими одне від одного, а також характеризувались нижчою репрезентативністю. Схожими між собою були E18 і E20, які також мали вищу, порівняно з E17 і E19, репрезентативність. Таким чином, середовище E18 характеризувалось відносно кращим поєднанням репрезентативності та диференціюючої здатності.

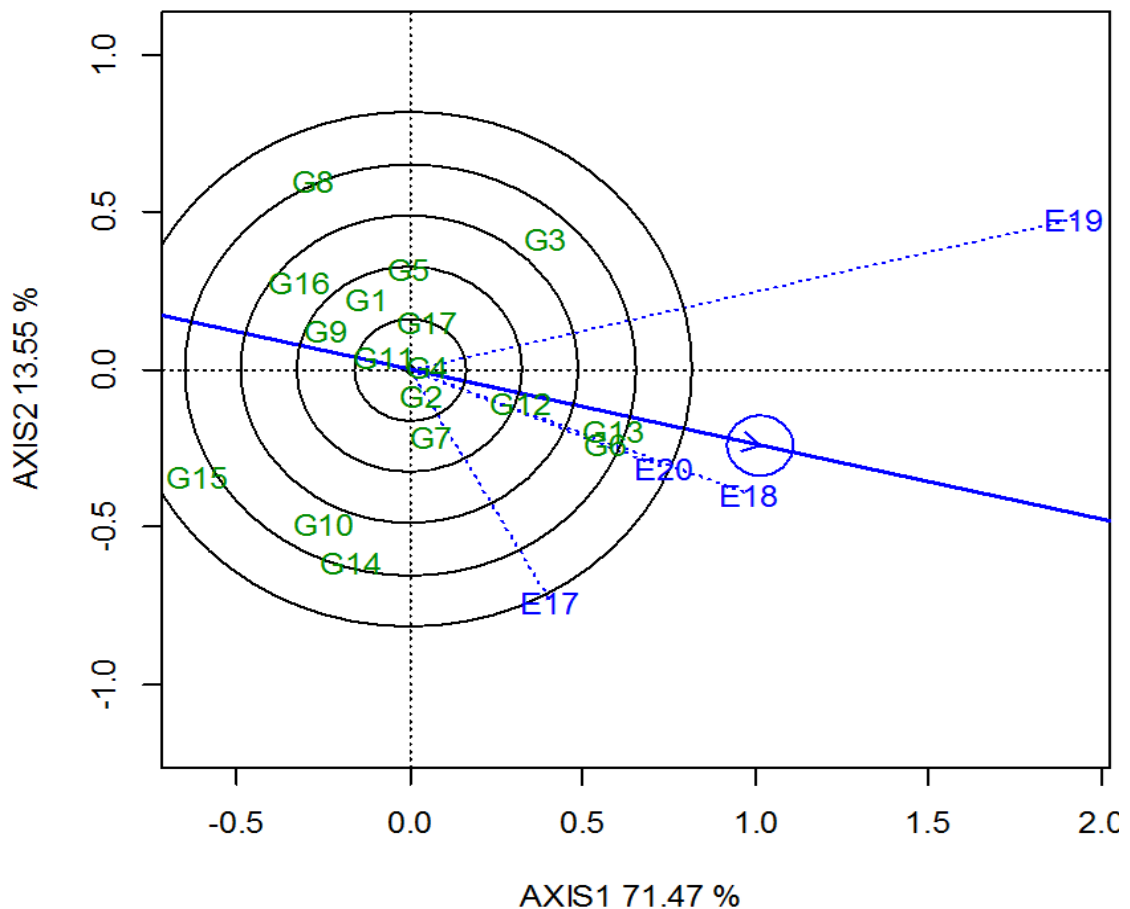


Рисунок 5.3 – GGE biplot диференціюючої здатності та репрезентативності середовищ, 2017–2020 рр.

GGE biplot «хто-де-переміг» дає можливість візуалізувати реакцію селекційних ліній на умови середовища (років випробування) (рис. 5.4). Помітно, що сукупність середовищ E18, E19 і E20 утворили одне мегасередовище, в якому розмістились селекційні лінії (G6) Нутанс 5073, (G13) Дефіцієнс 5162, (G3) Нутанс 4816, (G12) Дефіцієнс 5161 і (G4) Нутанс 4893.

Суттєвою перевагою в даному мегасередовищі характеризувались селекційні лінії (G6) Нутанс 5073 і (G13) Дефіцієнс 5162. Селекційна лінія (G3) Нутанс 4816 мала сильну специфічну реакцію на умови E19. На лінії, що розмежовує сформоване мегасередовище з вузьким сектором розташовано селекційні лінії (G2) Нутанс 4705 і (G7) Нутанс 4966. На іншій розмежувальній лінії даного сектору розташоване середовище E17.

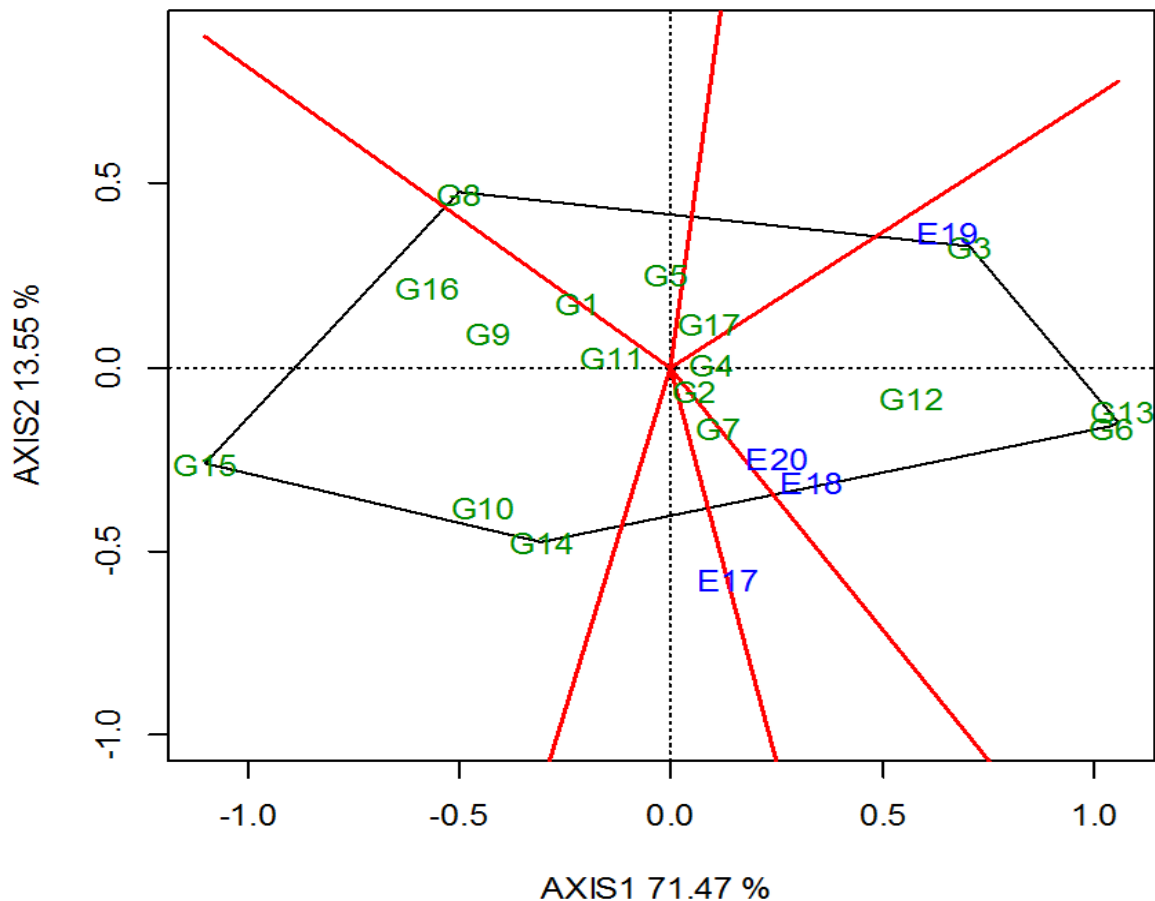


Рисунок 5.4 – GGE biplot «хто-де-переміг», 2017–2020 рр.

Характеристика селекційних ліній за поєднанням середньої врожайності та стабільності також вказує на значну перевагу за середньою врожайністю селекційних ліній (G6) Нутанс 5073 і (G13) Дефіцієнс 5162 (рис. 5.5). Однак, вони дещо сильніше реагували на умови середовища E19, порівняно з селекційними лініями (G12) Дефіцієнс 5161, (G7) Нутанс 4966, (G4) Нутанс 4893, (G2) Нутанс 4705, (G17) Нутанс 5193. Сильну специфічну адаптованість до умов середовища E19 підтверджено для селекційної лінії (G3) Нутанс 4816. Для названої вище групи селекційних ліній характерною була вища ніж середня продуктивність, виражена через одиниці головних компонент. Решта

селекційних ліній та стандарт поступались середньому для вибірки генотипів значенню продуктивності. Серед них сильною реакцією на умови E17 характеризувались селекційні лінії (G14) Нутанс 5184, (G10) Дефіцієнс 5145 і (G15) Нутанс 5185. Це вказує на те, що порівняно високий рівень врожайності даних генотипів у 2017 р. (E17), на основі якого вони були залучені до випробувань, не було підтверджено в наступуючі роки.

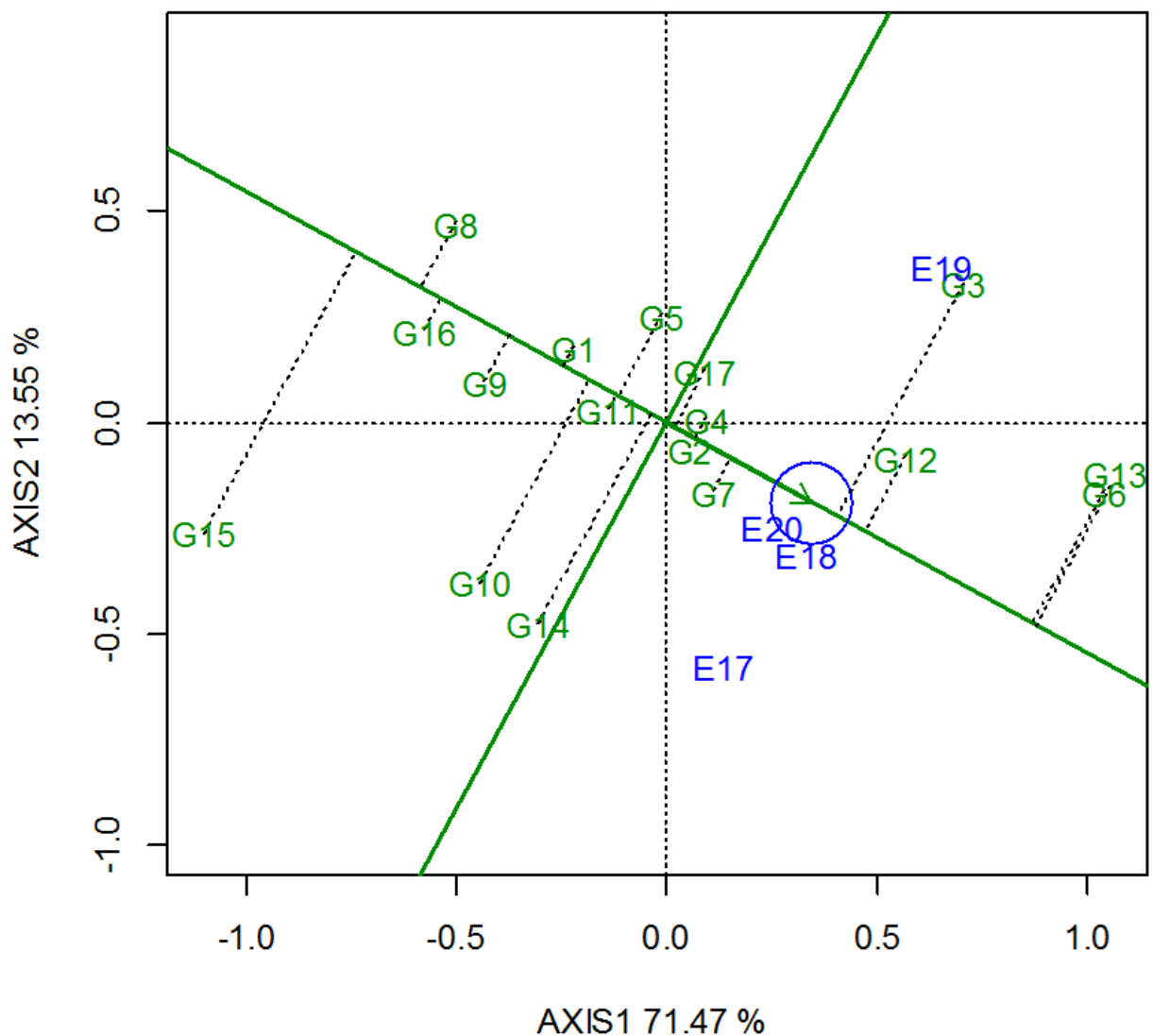


Рисунок 5.5– GGE biplot середньосередовищна координація селекційних ліній ячменю ярого за середньою врожайністю та стабільністю, 2017–2020 рр.

Ранжирування відносно «ідеального генотипу» вказує на наближеність до нього селекційних ліній (G6) Нутанс 5073, (G13) Дефіцієнс 5162 і (G12)

Дефіцієнс 5161 (рис. 5.6). Хоча повної відповідності розташування названих генотипів із центром центричних кіл не було.

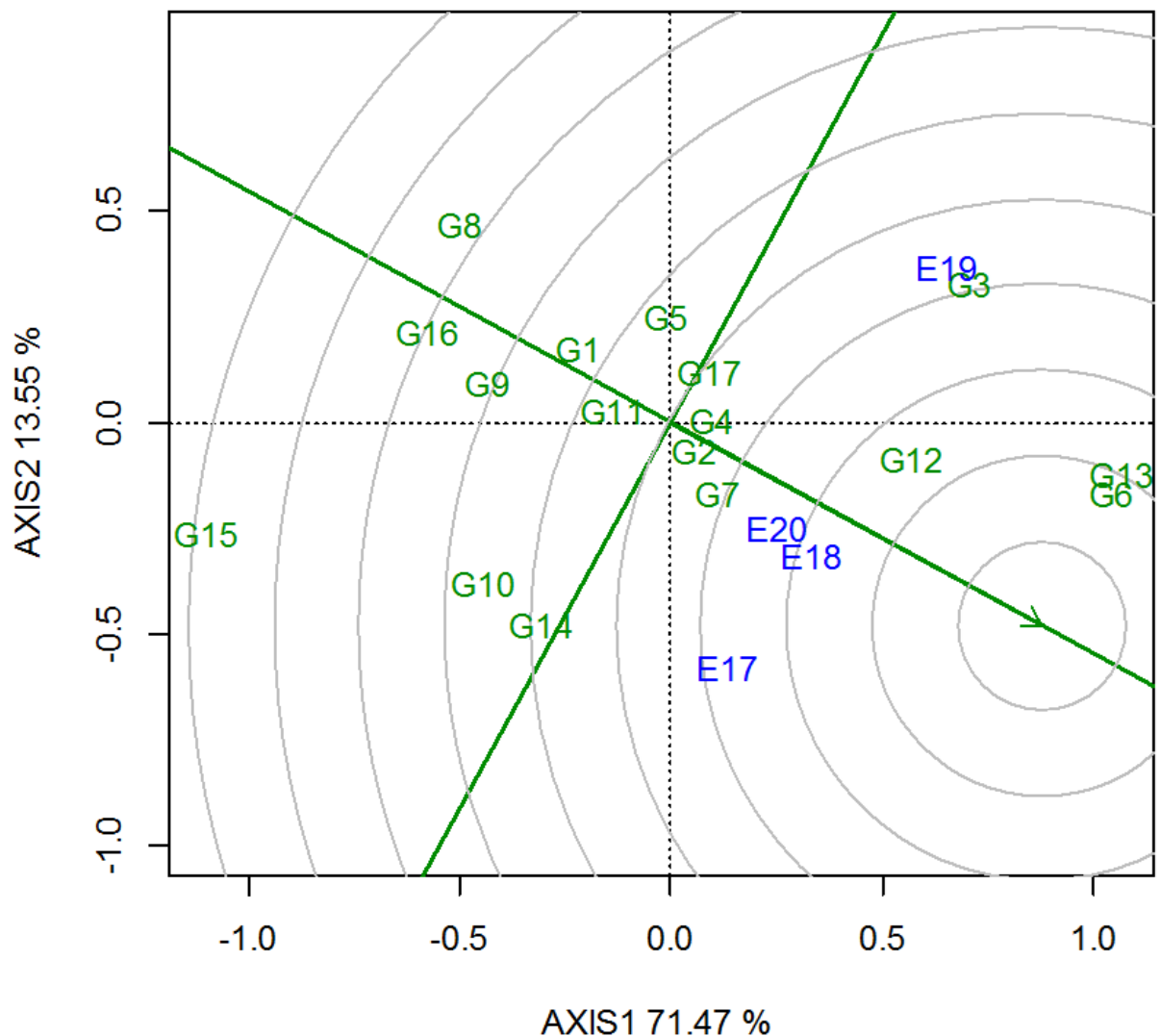


Рисунок 5.6 – GGE biplot ранжирування селекційних ліній ячменю ярого відносно «ідеального» генотипу, 2017–2020 рр.

Для комплексної характеристики селекційних ліній, окрім врожайності, враховували посухостійкість за електролітичним методом, стійкість до хвороб, а також масу 1000 зерен.

Стійкість до вилягання в усі роки досліджень дорівнювала дев'яти балам, тому дані за ознакою не наведено, а також не включено в подальший статистичний аналіз. У таблиці 5.4 наведено середні значення комплексу ознак у селекційних ліній ячменю ярого за 2017–2020 рр.

Таблиця 5.4

Характеристика селекційних ліній ячменю ярого за комплексом ознак,  
2017–2020 рр.

Шифр	YLD	TKW	LE	PM	SB	NB	PH
G1	4,32±0,11	44,1±1,61	63,0±2,22	7,5±0,14	7,0±0,20	6,8±0,13	7,0±0,20
G2	4,48±0,15	43,9±1,70	64,0±1,21	6,8±0,13	7,5±0,14	8,0±0,00	7,8±0,13
G3	4,69±0,17	43,7±1,62	69,5±1,90	6,5±0,15	7,5±0,10	7,0±0,20	7,3±0,13
G4	4,48±0,17	42,3±1,47	70,5±1,34	6,8±0,13	7,5±0,20	7,3±0,10	7,3±0,15
G5	4,39±0,14	43,9±1,61	53,5±1,67	7,5±0,10	6,8±0,30	7,0±0,25	6,3±0,23
G6	4,96±0,12	46,5±1,44	43,3±0,49	7,5±0,14	7,5±0,14	7,8±0,13	6,8±0,13
G7	4,53±0,16	45,2±1,43	46,7±1,46	7,5±0,14	7,3±0,13	8,0±0,00	7,3±0,13
G8	4,12±0,19	45,6±1,47	52,8±1,34	7,5±0,15	6,5±0,20	6,5±0,32	6,5±0,20
G9	4,25±0,16	48,1±1,59	60,4±1,37	7,5±0,14	7,3±0,13	6,5±0,32	7,3±0,15
G10	4,38±0,13	41,5±1,46	47,8±1,65	6,5±0,20	7,3±0,15	7,3±0,13	7,3±0,13
G11	4,40±0,10	43,4±1,76	74,4±2,09	7,5±0,14	6,5±0,25	6,8±0,20	6,5±0,20
G12	4,72±0,12	48,2±1,63	70,9±2,85	8,3±0,10	7,5±0,14	7,8±0,13	7,5±0,14
G13	4,96±0,16	47,5±1,43	39,0±0,21	9,0±0,00	8,0±0,10	8,0±0,10	7,8±0,13
G14	4,44±0,14	50,3±1,05	46,9±1,05	6,3±0,13	7,5±0,14	8,0±0,00	6,5±0,14
G15	4,03±0,10	47,5±1,55	75,6±2,07	7,5±0,14	6,5±0,14	6,0±0,20	7,0±0,10
G16	4,18±0,15	44,6±1,73	58,6±2,34	7,0±0,10	7,5±0,14	6,8±0,31	7,3±0,13
G17	4,47±0,15	46,0±1,59	40,4±1,72	7,0±0,15	7,3±0,13	7,0±0,20	7,3±0,13
Mean	4,46	45,4	57,5	7,3	7,2	7,2	7,1
Max	4,96	50,3	75,6	9,0	8,0	8,0	7,8
Min	4,03	41,5	39,0	6,3	6,5	6,0	6,3
R	0,92	8,8	36,6	2,8	1,5	2,0	1,5
σ	0,26	2,3	12,2	0,7	0,4	0,6	0,4

Примітка: YLD – врожайність, т/га; TKW – маса 1000 зерен, г; LE – витік електролітів, %; PM – стійкість до борошнистої роси, бал; SB – стійкість до темно-бурої плямистості, бал; NB – стійкість до сітчастої плямистості, бал; PH – стійкість до карликової іржі, бал; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальне, мінімальне значення ознаки і розмах варіювання, відповідно; σ – стандартне відхилення

На першому етапі GYT biplot аналізу експериментальні дані за низкою ознак модифікували шляхом їх сполучення з врожайністю. Якщо «кращим» є більше числове значення ознаки використовували множення врожайності на ознаку, а якщо бажаним є менше числове значення (у нашому випадку вихід електролітів) – ділення. На основі проміжної GYT таблиці (додаток Е.2)

отримали індексні стандартизовані значення шляхом віднімання даних сполучення врожайність\*ознака конкретного генотипу від середнього значення у досліді з послідуочим діленням на стандартне відхилення для усієї вибірки (табл. 5.5). За низкою індексних показників визначено загальний (середній) GYT index, який характеризує комплексну оцінку кожного генотипу.

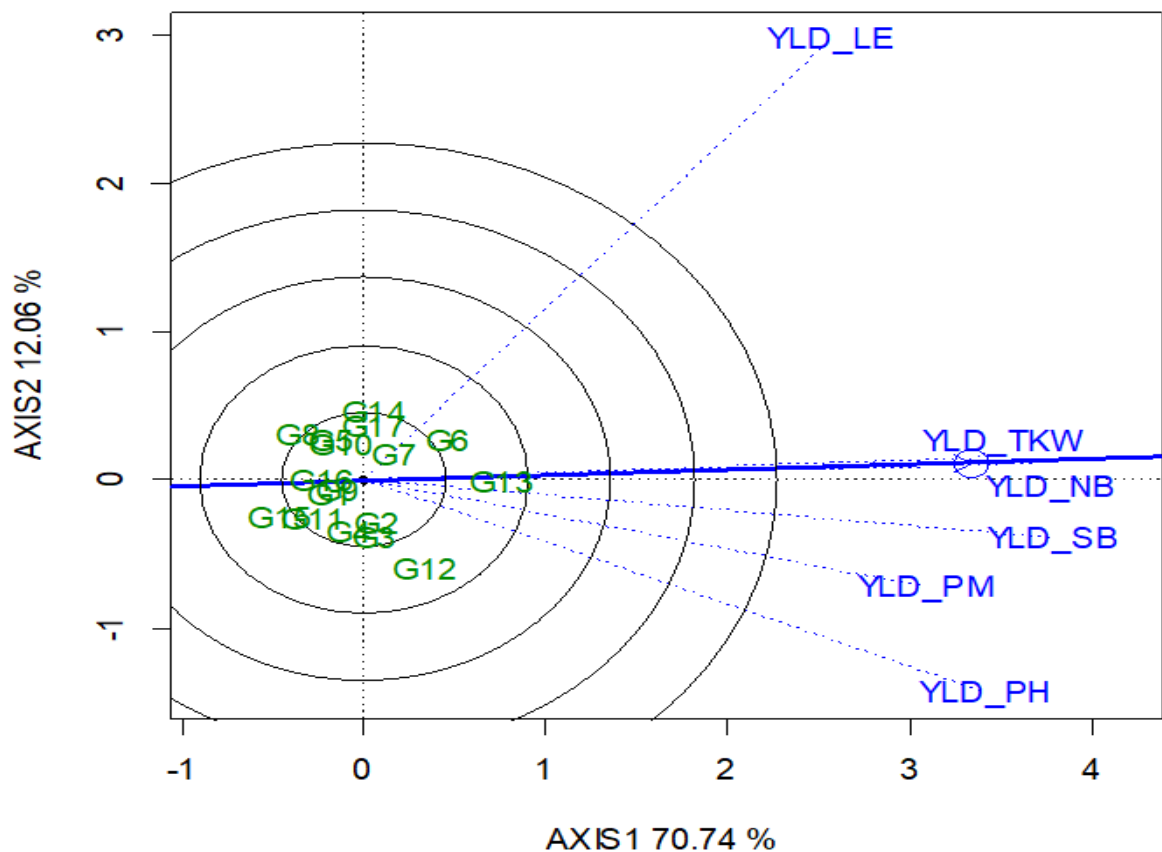
Таблиця 5.5

Індексні стандартизовані значення сполучення врожайності та інших ознак у селекційних ліній ячменю ярого, 2017–2020 рр.

Шифр	YLD_TKW	YLD_LE	YLD_PM	YLD_SB	YLD_NB	YLD_PH	GYT index
G1	-0,72	-0,51	-0,04	-0,58	-0,69	-0,43	-0,49
G2	-0,36	-0,49	-0,55	0,38	0,84	1,01	0,14
G3	0,16	-0,79	-0,49	0,84	0,16	0,79	0,11
G4	-0,77	-0,97	-0,55	0,38	0,07	0,29	-0,26
G5	-0,59	0,22	0,08	-0,75	-0,33	-1,32	-0,45
G6	1,65	1,50	1,09	1,40	1,43	0,60	1,28
G7	0,13	0,85	0,34	0,17	0,94	0,41	0,47
G8	-0,87	0,07	-0,39	-1,56	-1,23	-1,53	-0,92
G9	0,11	-0,37	-0,17	-0,42	-1,05	-0,25	-0,36
G10	-1,25	0,63	-0,98	-0,15	-0,10	0,05	-0,30
G11	-0,70	-1,29	0,10	-1,05	-0,57	-0,96	-0,75
G12	1,48	-0,88	1,51	0,90	1,02	1,23	0,88
G13	1,95	1,85	2,84	2,11	1,72	2,19	2,11
G14	1,21	0,74	-1,15	0,29	0,76	-0,88	0,16
G15	-0,65	-1,53	-0,55	-1,73	-1,83	-1,07	-1,23
G16	-0,95	-0,29	-0,78	-0,26	-0,91	-0,40	-0,60
G17	0,18	1,25	-0,31	0,04	-0,21	0,26	0,20

Примітка: YLD\_TKW – поєднання врожайності і маси 1000 зерен; YLD\_LE – поєднання врожайності і посухостійкості; YLD\_PM – поєднання врожайності і стійкості до борошнистої роси; YLD\_SB – поєднання врожайності і стійкості до темно-бурої плямистості; YLD\_NB – поєднання врожайності і стійкості до сітчастої плямистості; YLD\_PH – поєднання врожайності і стійкості до карликової іржі; GYT index – загальний індекс генотипу за поєднанням врожайності з іншими ознаками

На основі даних таблиці 5.5 проведено графічний аналіз. Принципи побудови графіків GYT biplot тіж самі, що й для GGE biplot, лише з тією відмінністю, що термін «середовище» замінено на комбінацію «врожайність\*ознака». На рисунку 5.7 помітно, що в даному випадку практично всі поєднання врожайності та ознак мали досить високу диференціюючу здатність, на що вказує довжина векторів. У той же час, найменш репрезентативними були поєднання ознак врожайності та посухостійкості (YLD\_LE), а також врожайності і стійкості до карликової іржі (YLD\_PH). YLD\_LE і YLD\_PH водночас були і найбільш віддаленими одне від одного. Як високою репрезентативністю, так і диференціюючою здатністю характеризувались поєднання врожайності і маси 1000 зерен (YLD\_TKW) та врожайності і стійкості до сітчастої плямистості (YLD\_NB).



Примітка: тут і на рисунках 5.8–5.10 шифрування генотипів відповідають значенням наведеним у таблиці 5.1, позначення поєднання врожайності і ознак – таблиці 5.5.

Рисунок 5.7 – GYT biplot диференціюючої здатності та репрезентативності за поєднанням врожайності з іншими ознаками, 2017–2020 рр.

Рисунок 5.8 інформує, що селекційні лінії G13 Дефіцієнс 5162, G12 Дефіцієнс 5161, G6 Нутанс 5073, а також G7 Нутанс 4966 потрапили до одного сектору (мегасередовища) де також знаходились і більшість поєднань ознак. На межі даного мегасередовища розташовано селекційні лінії G2 Нутанс 4705 і G3 Нутанс 4816. Поєднання YLD\_LE потрапило до вузького сектору з лише двома генотипами – G14 Нутанс 5184 і G17 Нутанс 5193.

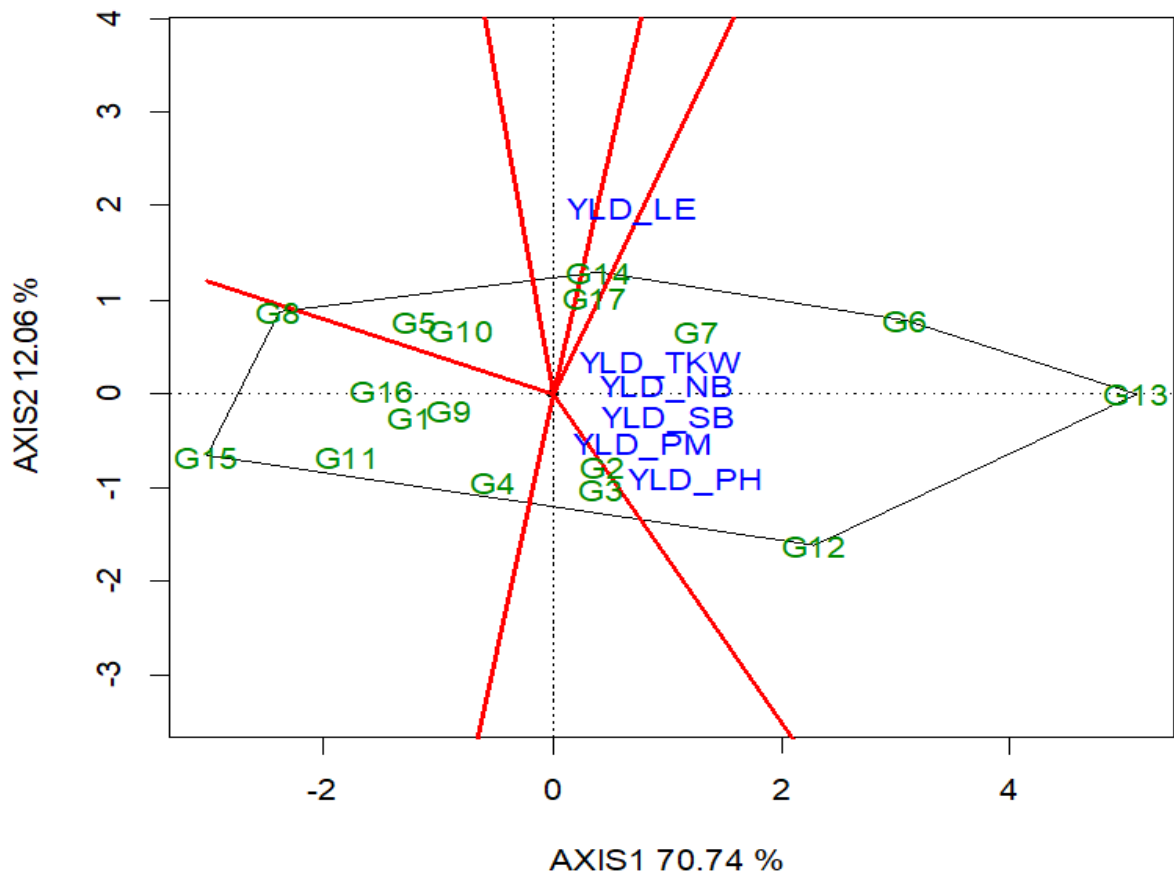


Рисунок 5.8 – GYT biplot «хто-де-переміг» за поєднанням врожайності з іншими ознаками, 2017–2020 рр.

GYT biplot за рівнем прояву поєднання ознак і стабільністю (рис. 5.9) вказує, що середні значення в досліді за комплексом досліджених поєднань ознак (в одиницях головних компонент) переважали селекційні лінії G13 Дефіцієнс 5162, G6 Нутанс 5073, G12 Дефіцієнс 5161, G7 Нутанс 4966, G2 Нутанс 4705, G3 Нутанс 4816, G14 Нутанс 5184, G17 Нутанс 5193. Решта селекційних ліній і стандарт поступались названим генотипам. Незважаючи на те, що для стандарту G1 Взірець та селекційних ліній G9 Нутанс 5070, G16 Нутанс 5191 характерною була висока стабільність.

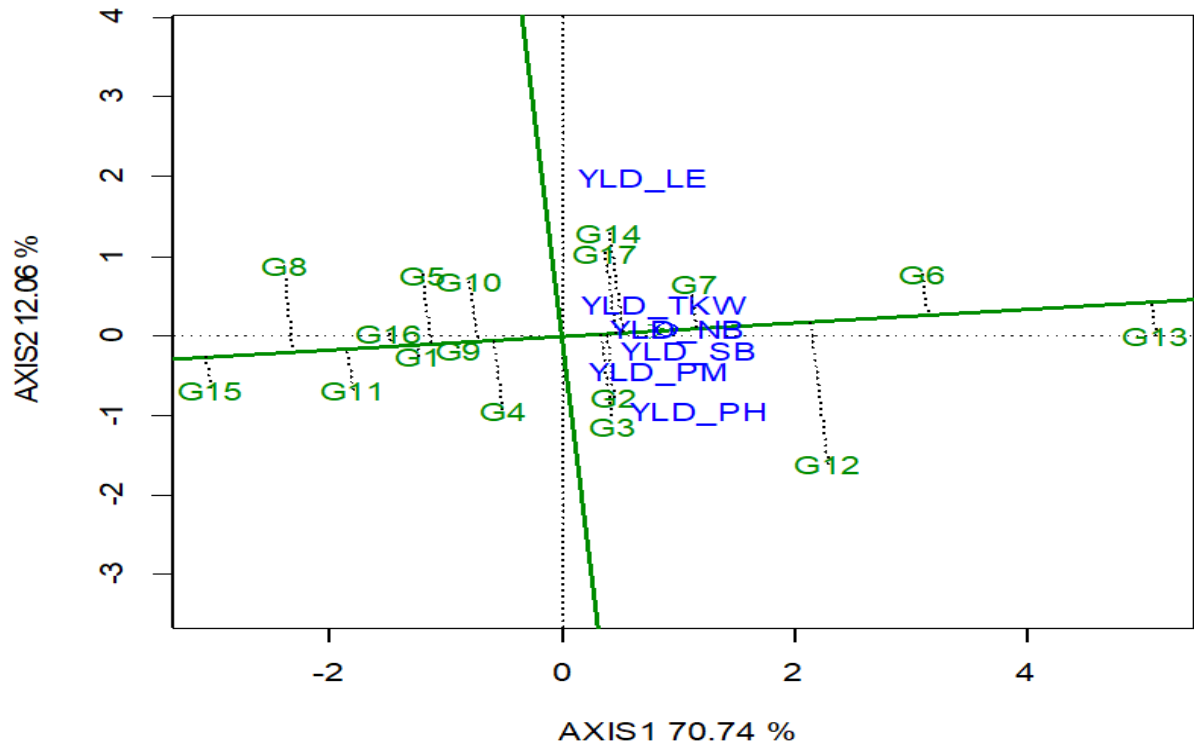


Рисунок 5.9 – GYT biplot за рівнем прояву поєднання врожайності з іншими ознаками та стабільністю селекційних ліній ячменю ярого, 2017–2020 рр.

Найбільш оптимальне поєднання високо рівня прояву комплексу ознак та стабільності мала селекційна лінія G13 Дефіцієнс 5162. Про це свідчить її локалізація в центрі центричних кіл, де теоретично повинен бути «ідеальний генотип» для дослідженої вибірки селекційних ліній (рис. 5.10). Дещо поступалась їй селекційна лінія G6 Нутанс 5073, яка розмістилась в наступному колі.

Селекційні лінії Дефіцієнс 5162 та Нутанс 5073 було передано на державну кваліфікаційну експертизу як сорти ячменю ярого МПП Люкс і МПП Акцент, відповідно. У 2020 році дані сорти занесено до Державного реєстру сортів рослин України.

Під час виконання дисертаційної роботи селекційні лінії ячменю ярого включені до селекційного процесу Інституту сільського господарства Степу НААН, Носівської СДС Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН з метою створення нового селекційного матеріалу (додаток Б.1, Б.2).

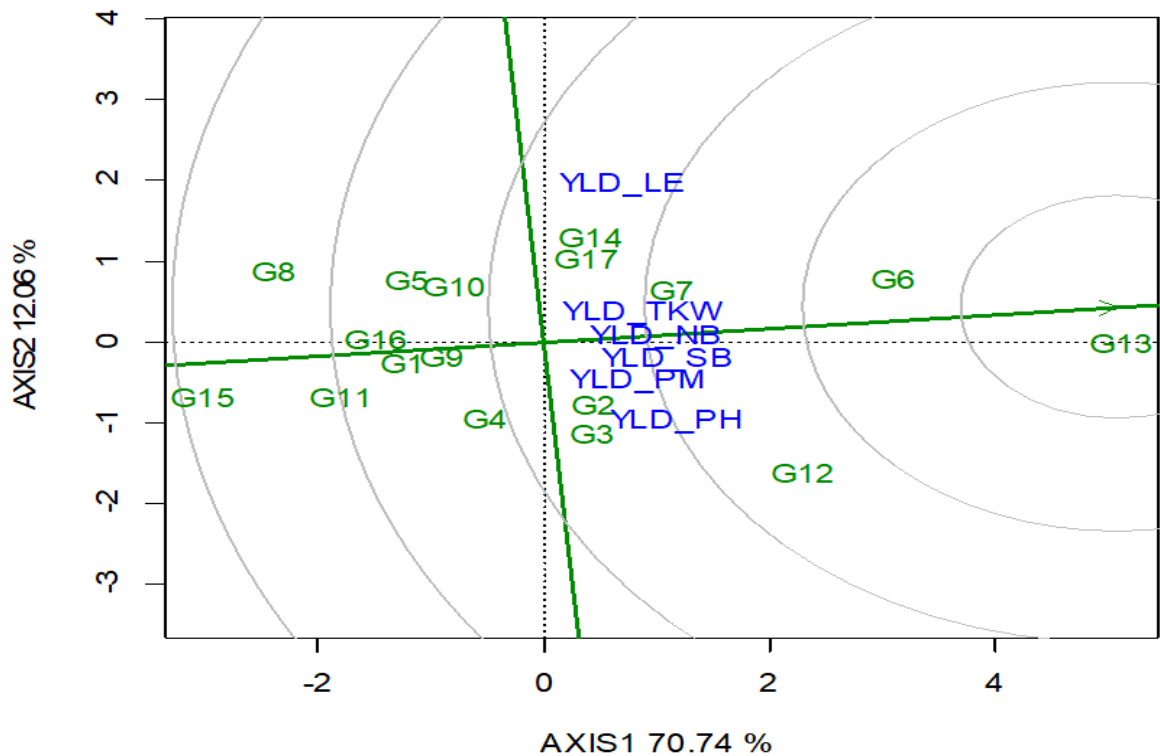


Рисунок 5.10 – GYT biplot ранжирування селекційних ліній ячменю ярого за поєднанням врожайності та інших ознак відносно до «ідеального генотипу», 2017–2020 рр.

## 5.2 Економічна ефективність вирощування створених сортів ячменю ярого

Економічну ефективність вирощування нових сортів ячменю ярого приведено на прикладі сортів МПП Люкс і МПП Акцент, порівняно до сорту Взірець (табл. 5.6). Сорти МПП Акцент та МПП Люкс в середньому за чотири роки досліджень переважали стандарт за врожайністю, тому прогнозовано мали кращі показники економічної ефективності. Умовно чистий прибуток від вирощування сорту-стандарту Взірець 1780 грн, тоді як в МПП Акцент та МПП Люкс на 2560 грн більше. Рентабельність їх вирощування склала 28%, тоді як у стандарту – 11,5%.

Якщо врахувати, що сорти ячменю ярого МПП Акцент і МПП Люкс на державній кваліфікаційній експертизі засвідчили високу комплексну стійкість до збудників основних хвороб у зонах Лісостеп і Степ, при їх вирощуванні

можна заощадити, зменшивши кількість застосування засобів захисту рослин під час вегетації цих сортів.

Таблиця 5.6

Середні показники економічної ефективності вирощування нових сортів ячменю ярого, 2018–2020 рр.

Сорт	Урожайність, середнє за 2017-2020 рр., т/га	+ до сорту стандарту, т/га	Вартість зерна, станом на 01.12.2020р.грн. з га	Умовно чистий прибуток, грн./га	Рівень рентабельності, %
Взірець – St	4,32	-	17280	1780	11,5
МПП Акцент	4,96	0,64	19840	4340	28,0
МПП Люкс	4,96	0,64	19840	4340	28,0

### Висновки до розділу 5

1. У результаті комплексного оцінювання з використанням графічних моделей АММІ, GGE biplot та GYT biplot виокремлено селекційні лінії ячменю ярого Дефіцієнс 5162 і Нутанс 5073 з оптимальним поєднанням урожайності, стабільності, маси 1000 зерен, посухостійкості та стійкості до основних збудників хвороб, які передано на державну кваліфікаційну експертизу як нові сорти ячменю ярого МПП Люкс і МПП Акцент, відповідно. З 2020 р. сорти МПП Люкс і МПП Акцент внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні (додаток В. 1, В. 2).

2. Визначено економічну ефективність вирощування нових сортів ячменю ярого МПП Люкс і МПП Акцент, порівняно до стандарту. Встановлено, що сорти МПП Акцент та МПП Люкс переважали за умовно чистим прибутком на 2560 грн. сорт Вірець. Рентабельність вирощування нових сортів склала 28%, тоді як у стандарту – 11,5%.

3. Практичну цінність для селекції ячменю мають виділені селекційні лінії Дефіцієнс 5161, Нутанс 4966, Нутанс 4705, Нутанс 4816, Нутанс 5184, Нутанс

5193, які переважали середнє значення в досліді за поєднанням врожайності та низки адаптивних ознак. Виділені селекційні лінії ячменю ярого, окрім Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН, включено до селекційного процесу Інституту сільського господарства Степу НААН, Носівської СДС Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН з метою створення нового селекційного матеріалу (*додаток Б. 1, Б. 2*).

Результати досліджень викладені у розділі 4 опубліковано в наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [428,429] і представлено в додатку Ж.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі теоретично узагальнено та практично вирішено важливу наукову проблему, щодо встановлення селекційно-генетичних особливостей підвищення продуктивності та адаптивності ячменю ярого у Центральному Лісостепу України шляхом виділення джерел цінних господарських ознак, визначення параметрів генетичної варіації, комбінаційної здатності, ступеня фенотипового домінування в системних схрещуваннях різних за походженням, напрямом використання та різновидностями батьківських компонентів, створення нового вихідного матеріалу та виведення на їх основі конкурентоздатних сортів ячменю ярого.

1. Виділено на основі графічних та статистичних моделей генетичні джерела за поєднанням врожайності та стабільності: Смарагд, Крок, Аверс (UKR); Almonte (CAN), Vienna (AUT). За результатами лише графічного аналізу – зразки Skald, Kormoran і Suveren (POL), статистичного – Дар Носівщини (UKR). Для створення голозерних і шестирядних сортів відносно кращими (у межах груп) є голозерний зразок NSGJ-1 (SRB), шестирядні – Glacier AL. 38 (GBR) і AC Alma (CAN). Однак, слід зазначити, що навіть виділені зразки, які переважали решту за кращим поєднанням врожайності та стабільності, відрізнялись за особливостями реакції на умови різних за погодними умовами років досліджень. Це слід враховувати при залученні їх до схрещувань з метою створення нового вихідного матеріалу. Найбільш доцільним буде комбінований підхід до підбору батьківських компонентів як за різним походженням (еколого-географічний принцип), так і за взаємодоповнюючою реакцією на різні умови років досліджень.

2. Виокремлено за поєднанням підвищеного рівня прояву продуктивної кущистості та її відносної стабільності зразки дворядного плівчастого ячменю: Тівер (UKR), Suveren (POL), Strier (POL), Jermina (GBR), Илек 16 (KAZ). Для селекції голозерних і шестирядних сортів перспективними (у межах груп) є зразки NSGJ-1 (SRB), Glacier AL.38, AC Maple (CAN).

3. Визначено за поєднанням підвищеної маси 1000 зерен та показників гомеостатичності і селекційної цінності плівчасті зразки Дар Носівщини (UKR), Святовіт (UKR), Смарагд (UKR), Victorianna (DEU), голозерний – NSGJ-1 (SRB).

4. Генетичними джерелами озерненості колоса та її стабільності є дворядні плівчасті зразки – Concerto (GBR), Almonte (CAN), Despina (DEU), Vienna (AUT), Сымбат (KAZ), КАЗСУФФЛЕ 1 (KAZ), дворядні голозерні зразки – CDC Candle (CAN) та Millhouse (CAN).

5. Вищі за стандарт значення продуктивності рослини у поєднанні з показниками гомеостатичності та селекційної цінності виявлено у дворядних плівчастих зразків Тівер (UKR), Дар Носівщини (UKR), Смарагд (UKR), Almonte (CAN), Skald (POL), Despina (DEU), голозерні – Millhouse (CAN) і Phoenix (CAN).

6. Виявлено сильну нелінійність рівня прояву окремих елементів структури врожайності у межах різних груп зразків. Таким чином, загальне формування врожайності було пов'язане з відносно різними внесками окремих елементів продуктивності за рахунок їх генетичної детермінації та здатності до компенсаторних ефектів залежно від генотипів і дії тих чи інших зовнішніх чинників. Встановлено, що для підвищення врожайності голозерні генотипи потребують значного поліпшення за масою 1000 зерен, у той час як шестирядні – за продуктивною кущистістю.

7. Виділено колекційні зразки ячменю ярого Concerto, Biatlon (GBR), Strief (DEU), Skarb (POL), Сыр-аруы (KAZ), які поєднували врожайність зі стійкістю до вилягання.

8. Доведено стійкість колекційних зразків ячменю ярого проти збудників поширених хвороб і виділено джерела стійкості. Зокрема, до борошнистої роси – Antigone, Concerto, Biatlon (GBR); Strier, Mastvinster, Despina (DEU) та ін.; Арістей (UKR); до сітчастої плямистості – CDC Cartel, AC Alma, AC Maple (CAN) та ін.; до темно-бурої плямистості – AC Alma, AC Westech, AC Vision (CAN) та ін.; до карликової іржі – Suveren (POL), Diplom (DEU), Concerto

(GBR); Phoenix (CAN); Дар Носівщини (UKR) та ін.

9. Джерелами відносної посухостійкості у ювенільний період є голозерні зразки CDC Cartel, AC Alberte, CDC Candle, Phoenix (CAN) і 4-15 (UKR).

10. Виявлені в діалельних схрещуваннях селекційно-генетичні особливості генотипів ячменю, які належать до плівчастих і голозерних, остистих та безостих різновидностей, пивоварного, зернофуражного та харчового напрямів використання дають змогу оптимально комбінувати батьківські компоненти схрещувань та планувати проведення цілеспрямованого добору на збільшення кількісних ознак продуктивності ячменю ярого у створених гібридних популяціях.

11. Установлено суттєві відмінності за показником ступеня фенотипового домінування, залежно від досліджених елементів структури врожайності, умов року та схем схрещувань. Виділено гібридні комбінації, які у контрастні за погодними умовами роки характеризувались позитивним наддомінуванням ( $h_p > 1$ ) як за окремими, так і низкою елементів структури врожайності. Зокрема, за продуктивною кущистістю, масою 1000 зерен і кількістю зерен з колоса – Condor / МПП Мирослав; за продуктивною кущистістю і масою 1000 зерен – Beatrix / Gladys, Козир / МПП Мирослав, МПП Мирослав / Condor; за кількістю зерен у колосі і масою 1000 зерен – Козир / Вітраж, Вітраж / Козир, Вітраж / Sebastian, МПП Мирослав / Sebastian. За загальною продуктивністю рослини стабільний прояв наддомінування виявлено у комбінаціях МПП Титул / Beatrix, МПП Титул / Авгур, Beatrix / МПП Титул, Beatrix / Quench, Beatrix / Gladys, Beatrix / Авгур, Datcha / Quench, Quench / Beatrix, Quench / Авгур, Gladys / Quench, Gladys / Авгур, Авгур / МПП Титул, Авгур / Quench, Авгур / Gladys, Козир / Condor, Козир / МПП Мирослав, Condor / Козир, Condor / Sebastian, Condor / МПП Мирослав, Вітраж / МПП Мирослав.

12. За параметрами генетичної варіації для продуктивної кущистості спостерігали наддомінування в локусах в обох схемах схрещувань в обидва роки досліджень. За рештою параметрів виявлено суттєві відмінності. При схрещуванні лише комерційних сортів пивоварного ячменю (Схема I) виявлено

в обидва роки односпрямоване домінування, зумовлене домінантним ефектами. І навпаки, при комбінуванні сортів різних різновидностей (Схема II) в обидва роки встановлено різноспрямованість домінування. У Схемі I в один рік виявлено відповідність адитивно-домінантній системі та наддомінування в локусах, а в інший – сильний епістаз. У Схемі II в обидва роки виявлено неалельну взаємодію. Загалом встановлено дуже складну дію генів на фенотиповий прояв продуктивної кущистості, а також значну роль негенетичних факторів у фенотиповому прояві ознаки. У Схемі I остаточний відбір за продуктивною кущистістю буде більш ефективним у пізніших поколіннях, коли домінантні алелі перейдуть у гомозиготний стан. У Схемі II теоретично можна відібрати рослини з підвищеним продуктивним кущенням як на рецесивній, так і за домінантній основі. Однак, в обох схемах слід брати до уваги наявність неалельної взаємодії.

13. Відповідно до показників ступеня фенотипового домінування і гетерозису, параметрів генетичної варіації, графічного регресійного аналізу, ефектів ЗКЗ і констант СКЗ за масою 1000 зерен у переважної більшості створених гібридних комбінацій необхідним буде остаточний добір за масою у пізніших поколіннях.

14. За кількістю зерен у колосі у Схемі I відмічено відповідність адитивно-домінантній моделі, наддомінування і домінування в локусах та односпрямованість домінування на збільшення ознаки, зумовлене домінантними ефектами. У схемі Схемі II спостерігали більш складну дію генів і її зміну у різні роки. Зокрема, зміну адитивно-домінантної системи комплементарним епістазом, неповного домінування – наддомінуванням, односпрямованості домінування на збільшення ознаки – різноспрямованістю. Загалом, виявлені особливості за параметрами генетичної варіації вказують на значне різноманіття за співвідношенням домінантних і рецесивних ефектів пов'язаних з рівнем прояву ознаки у залучених до схрещувань компонентів. Таким чином, є можливість добору різноманітних рекомбінантів.

15. Для продуктивності рослини у Схемі I виявлено відповідність адитивно-домінантній системі та наддомінування за локусами. Ознаку збільшували домінантні ефекти. Значно складніший генетичний контроль ознаки був виявлено у Схемі II. Зокрема, визначено сильний прояв епістазу та різноспрямованість домінування. Як і для продуктивної кущистості у Схемі II теоретично можна відібрати рослини з підвищеною масою зерен з рослини як на рецесивній, так і домінантній основі, але з урахуванням неалельної взаємодії.

16. Виділено джерела підвищеної загальної комбінаційної здатності за окремими елементами структури врожайності, які є цінними батьківськими компонентами для залучення до схрещувань: продуктивна кущистість – Beatrix (DEU), Datcha (DEU), МПП Мирослав (UKR), Козир (UKR); кількість зерен у колосі – Quench (DEU), CDC Rattan (CAN); маса 1000 зерен – Datcha (DEU), Gladys (DEU), МПП Мирослав (UKR), Козир (UKR), Вітраж (UKR); маса зерен з рослини – Datcha (DEU), Козир (UKR), МПП Мирослав (UKR).

17. У результаті комплексного оцінювання з використанням графічних моделей АММІ, GGE biplot та GYT biplot виокремлено селекційні лінії ячменю ярого Дефіцієнс 5162 і Нутанс 5073 з оптимальним поєднанням урожайності, стабільності, маси 1000 зерен, посухостійкості та стійкості до основних збудників хвороб, які передано на державну кваліфікаційну експертизу як нові сорти ячменю ярого МПП Люкс і МПП Акцент, відповідно. З 2020 р. сорти МПП Люкс і МПП Акцент внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

18. Практичну цінність для селекції ячменю мають виділені селекційні лінії Дефіцієнс 5161, Нутанс 4966, Нутанс 4705, Нутанс 4816, Нутанс 5184, Нутанс 5193, які переважали середнє значення в досліді за поєднанням врожайності та низки адаптивних ознак.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ТА ВИРОБНИЦТВА

### 1. Науково-дослідним установам:

– залучати в селекційний процес виділені генетичні джерела та селекційні лінії з високим та стабільним рівнем прояву врожайності, її елементів структури, стійкості до абіотичних та біотичних чинників і вилягання;

– використовувати при створенні вихідного матеріалу ячменю ярого як батьківські компоненти схрещування джерела підвищеної комбінаційної здатності: продуктивна кущистість – Beatrix (DEU), Datcha (DEU), МІП Мирослав (UKR), Козир (UKR); кількість зерен у колосі – Quench (DEU), CDC Rattan (CAN); маса 1000 зерен – Datcha (DEU), Gladys (DEU), МІП Мирослав (UKR), Козир (UKR), Вітраж (UKR); маса зерен з рослини – Datcha (DEU), Козир (UKR), МІП Мирослав (UKR).

### 2. Сільгосп підприємствам різних форм власності:

– впроваджувати у виробництво високопродуктивні, стійкі до збудників основних хвороб сорти ячменю ярого, внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні – МІП Акцент і МІП Люкс.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Geng L., Li M., Zhang G., Ye L. Barley: a potential cereal for producing healthy and functional foods. *Food Quality and Safety*. 2022. V. 6: fyac012 <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac012>
2. Raj R., Shams R., Pandey V. K., Dash K. K., Singh P., Bashir O. Barley phytochemicals and health promoting benefits: A comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023. V. 14: 100677. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100677>
3. Kosová K., Vitámvás P., Urban M.O., Kholová J., Práši I.T. Breeding for enhanced drought resistance in barley and wheat – drought-associated traits, genetic resources and their potential utilization in breeding programmes. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2014. № 50, № 4. P. 247–261.
4. Kraakman A.T.W., Martinez F., Mussiraliev B., Van Eewijk F.A., Niks R. E. Linkage disequilibrium mapping of morphological, resistance, and other agronomically relevant traits in modern spring barley cultivars. *Molecular Breeding*. 2006. № 17. P. 41–58. <https://doi.org/10.1007/S11032-005-1119-8>
5. Blum A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agriculture Research*. 2005. № 56. P. 1159–1169. <https://doi.org/10.1071/AR05069>.
6. Luck J., Campbell I. D., Magarey R., Isard S., Aurambout J. P., Finlay K. Climate change and plant biosecurity: implications for policy. *The Handbook of Plant Biosecurity*. Dordrecht: Springer, 2014. P. 655–691. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7365-3\\_21](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7365-3_21)
7. Hakala K., Jauhiainen L., Himanen S. J., Rötter R., Salo T., Kahiluoto H. Climate change agriculture paper. Sensitivity of barley varieties to weather in Finland. *Journal of Agriculture Science*. 2012. № 150. P. 145–160. <https://doi.org/10.1017/S0021859611000694>

8. Лінчевський А. А. 95 років селекції ячменю в Селекційно-генетичному інституті. *Збірник наукових праць СГІ – НЦНС*. 2012. Вип. 20 (60). С. 66–83.
9. Philipp N., Liu G., Zhao Y., He S., Spiller M., Stiewe G., Pillen K., Reif J. C., Li Z. Genomic prediction of barley hybrid performance. *Plant Genome*. 2016. V. 9, Iss. 2. P. 1–8. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2016.02.0016>
10. Kumari A., Vishwakarma S. R., Singh Y. Evaluation of combining ability and gene action in barley (*Hordeum vulgare* L.) using Line  $\times$  Tester analysis. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2020. V. 11, Iss. 1. P. 97–102. <https://doi.org/10.37992/2020.1101.017>
11. 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. V. 119. С. 106–116. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237026>
12. Fasahat P., Rajabi A., Rad J. M., Derera J. Principles and utilization of combining ability in plant breeding. *Biometrics & Biostatistics International Journal*. 2016. V. 4, Iss.1. P. 1–22. <https://doi.org/10.15406/bbij.2016.04.00085>
13. Солонечний П. М. Оцінка адаптивної здатності та стабільності сортів ячменю ярого за продуктивністю. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 4 С. 48–53.
14. Петухова І. А., Рябчун В. К., Музафарова В. А., Падалка О. І. Оцінка сортів ячменю ярого для круп'яного напрямку використання за комплексом цінних господарських ознак в умовах Лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин*. 2016. № 18. С. 31–40.
15. Xu J. Q., Wang L., Liu B. L., Xia T. F., Liu D. C., Chang X., Zhang T. W., Zhang H. G., Shen Y. H. Genome-wide scan using DArT markers for selection footprints in six-rowed naked barley from the Tibetan Plateau. *Cereal Research Communications*. 2018. V. 46, № 4. P. 591–603. <https://doi.org/10.1556/0806.46.2018.041>

16. Камінський В. Ф., Породько М. А. Ячмінь в зерновій групі України. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2018. Вип. 4. С. 81–89.
17. Сільське господарство України 2019. *Статистичний збірник*. Київ : Державна служба статистики України. 2020. С. 230.
18. Посівні площі сільськогосподарських культур під урожай 2017 року. *Статистичний бюлетень*. Київ: Держстат України. 2017. С. 49.
19. Демиденко О. В., Кривда Ю. І., Бойко П. І. Трансформація структури посівних площ, урожайність зернових і стан родючості ґрунтів Черкаської області. *Вісник аграрної науки*. 2019. Т. 97, № 7. С. 5–13. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201907-01>
20. Никоненко А. В. Аналіз виробництва ярого ячменю в Україні та світі. *Вісник студентського наукового товариства*. 2017. Вип. 2. С. 90–91.
21. Камінська В. В., Дудка О. Ф., Мушик Б. В. Продуктивність ячменю ярого за різних технологій вирощування. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2016. Вип. 3–4. С. 114–122.
22. Бабан Т. О. Стан та оцінка ефективності виробництва ячменю в Україні. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 1. С. 25–31.
23. Кузіна В. Ю. Сорт – найрезультативніший засіб підвищення ефективності виробництва пивоварного ячменю. *Агросвіт*. 2020. № 15. С. 60–66. <https://doi.org/10.32702/2306&6792.2020.15.60>
24. Жемела Г. П., Шкурко В. С. Особливості впливу умов вирощування та сортових властивостей на крупність і вміст білка в зерні пивоварного ячменю. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 3. С. 10–13.
25. Липчук В. В., Малаховський Д. В. Сортові ресурси зернових культур в Україні: стан та проблеми розвитку. *Інноваційна економіка*. 2015. № 1. С. 12–17.
26. Компанець К. В., Козаченко М. Р. Селекційна цінність та ефективність використання в селекції безостих та остистих сортів ячменю

ярого. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 112. С. 56–66.  
<https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.120421>

27. Fang Y., Zhang X., Xue D. Genetic analysis and molecular breeding applications of malting quality QTLs in barley. *Frontiers in Genetics*. 2019. V. 10: 352. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00352>

28. Rani M., Singh G., Siddiqi R. A., Gill B. S., Sogi D. S., Bhat M. A. Comparative quality evaluation of physicochemical, technological, and protein profiling of wheat, rye, and barley cereals. *Frontiers in Nutrition*. 2021. V. 8: 694679. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.694679>

29. Mesterházy Á., Oláh J., Popp J. Losses in the grain supply chain: causes and solutions. *Sustainability*. 2020. V. 12: 2342. <https://doi.org/10.3390/su12062342>

30. Черчель В. Ю., Алдошин А. В., Лященко О. І. Ячмінь – стан виробництва, нові сорти і можливості. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 6. С. 42–47.

31. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Моргун Б. В. Нові напрями в селекції зернових культур на якість зерна. *Вісник аграрної науки*. 2018. Т. 96, № 11. С. 120–133. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-16>

32. Trovell H. Letters to the editor: Coronary heart disease and dietary fiber. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1975. V. 28, № 8. P. 798–800.

33. Лінчевський А. А. Ячмінь – джерело здорового способу життя сучасної людини. *Вісник аграрної науки*. 2017. Т. 95, № 12. С. 14–21. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201712-03>

34. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Поздняков В. В., Діденко С. Ю. Антиоксидантна активність та інші характеристики харчової цінності зерна ячменю. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Серія: Біологія. 2016. Вип. 3. С. 64–71.

35. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Моргун Б. В. Чинники життєздатності насіння голозерного ячменю. *Физиология растений и генетика*. 2014. Т. 46, № 6. С. 463–472.

36. Vasko N. I., Kozachenko M. R., Naumov O. G., Solonechnyi P. M., Vazhenina O. E., Solonechna O. V., Pozdniakov V. V., Sheliakina T. A., Ilchenko N. K., Suprun O. G., Serik M. L. Waxy barley starch as raw material for healthy food products. *Селекція і насінництво*. 2019. Вип. 115. С. 18–32. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2019.172657>

37. Kaur S., Kaur H., Singh P., Cheema B. S., Kumar V. Genetic variation and evaluation of exotic barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes for grain protein content, starch content and agronomic traits. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2016. V. 7, № 4. P. 1114–1121. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2016.00154.X>

38. Roljevic S., Dolijanović Ž., Kovačević D., Oljaca S. Šeremešić S. Morphological and productive characteristics of hulless barley in organic farming. *Ratarstvo i povrtarstvo*. 2020. V. 57. P. 27–34. <https://doi.org/10.5937/ratpov57-24808>

39. 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. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2018.152128>

40. 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. С. 45–55. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2018.134357>

41. Boros D., Rek-Cieply B., Cyran M. A note on the composition and nutritional value of hulless barley. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 1996. V. 5, № 4. С. 417–424. <https://doi.org/10.22358/jafs/69619/1996>

42. Сардак М. О., Сардак М. І., Гвоздь О. О. Формування врожаю голозерного та півчастого ярого ячменю залежно від норм висіву та

мінерального живлення в умовах північного Лісостепу України. *Миронівський вісник*. 2016. Вип. 2. С. 249–261.

43. Коданев И. М. Ячмень. М.: Колос, 1964. 239 с.

44. Guo X., Sarup P., Jensen J. D., Orabi J., Kristensen N. H., Mulder F. A. A., Jahoor A., Jensen J. Genetic variance of metabolomic features and their relationship with malting quality traits in spring barley. *Frontiers in Plant Science*. 2020. V. 11: 575467. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.575467>

45. Васько Н. І., Козаченко М. Р., Наумов О. Г., Важеніна О. Є., Солонечний П. М., Садовой О. О., Цехмейструк М. Г., Звягінцева Г. М., Бабушкіна Т. В., Зимогляд О. В., Шевченко Г. С. Технологія та ефективність вирощування ячменю ярого, придатного для пивоваріння. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 16. С. 26–38.

46. Dimova D., Mihova G., Vulcheva D., Vulchev D., Ivanova I. Using polymorphism of grain storage proteins for identification of feed barley varieties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2010. V. 16, № 4. С. 436–442.

47. Солонечна О. В. Сорти ячменю ярого кормового напрямку використання як джерела цінних ознак. *Генетичні ресурси рослин*. 2015. № 16. С. 57–64.

48. Tavares L. C. V., Portela de Carvalho C. G., Bassoi M. C., Foloni J. S. S., Prete C. E. C. Adaptability and stability as selection criterion for wheat cultivars in Paraná State. *Semina: Ciências Agrárias*. 2015. V. 36, № 5. P. 2933–2942. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n5p2933>

49. Niero M., Ingvordsen C. H., Peltonen-Sainio P., Jalli M., Lyngkjær M. F., Hauschild M. Z., Jørgensen R. B. Eco-efficient production of spring barley in a changed climate: a life cycle assessment including primary data from future climate scenarios. *Agricultural Systems*. 2015. V. 136. P. 46–60. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.02.007>

50. Ghimire N. H., Mahat P. M. Variability, heritability and genetic advance of advanced breeding lines of barley (*Hordeum vulgare* L.) under mountain environment of Nepal. *International Journal of Advanced Research in Biological*

*Sciences*. 2019. V. 6, Iss. 11. P. 34–42. <https://doi.org/10.22192/ijarbs.2019.06.11.006>

51. Ващенко В. В., Шевченко О. О. Адаптивність і стабільність сортів ячменю ярого за показниками продуктивності. *Вісник Дніпропетровського ДАУ*. 2013. № 1. С. 11–15.

52. Вінюков О. О., Бондарева О. Б., Коробова О. М. Екологічна пластичність нових сортів ячменю ярого до стресових факторів. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 110. С. 29–35. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2016.87579>

53. Козаченко М. Р., Важеніна О. Є., Васько Н. І., Наумов О. Г. Адаптивність сортів та урожайність створених на їх основі ліній ячменю ярого. *Таврійський науковий вісник*. 2013. № 86. С. 43–49.

54. Гудзенко В. М., Васильківський С. П., Демидов О. А., Поліщук Т. П., Бабій О. О. Селекція ячменю ярого на підвищення продуктивного та адаптивного потенціалу. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 111. С. 51–61. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.104887>

55. Демидов О. А., Васильківський С. П., Гудзенко В. М. Еколого-генетичні аспекти селекції ячменю озимого щодо підвищення його продуктивного та адаптивного потенціалу у Лісостепі України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 194–200.

56. Poudyal C., Pathak S., Ojha B. R., Marahatta S. Agro-morphological variability of barley under normal and late sown conditions in Chitwan, Nepal. *Journal of Nepal Agricultural Research Council*. 2019. V. 5. P. 43–52. <https://doi.org/10.3126/jnarc.v5i1.23803>

57. Abebe T. D., Naz A. A., Léon J. Landscape genomics reveal signatures of local adaptation in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Frontiers in Plant Science*. 2015. V. 6:813. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00813>

58. Poudel M. R., Ghimire S., Pandey M. P., Dhakal K., Thapa D. B., Poudel H. K. Yield stability analysis of wheat genotypes at irrigated, heat stress and drought condition. *Journal of Biology and Today's World*. 2020. V. 9, № 5: 220.

59. Xia T., Chen S., Wang L., Xu J., Wang H., Zhang H., Liu D., Shen Y. The genetic structure of six-rowed naked barley landraces from the Qinghai-Tibetan Plateau is correlated with variation for ecogeographical factors. *Canadian Journal of Plant Science*. 2018. V. 98. P. 81–92. <https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0132>
60. Ващенко В. В. Экологическое сортоиспытание как этап адаптивной селекции ячменя ярового. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2010. Вип. 9. С. 32–37.
61. Ващенко В. В., Шевченко А. А. Дифференцирующая способность сред как метод отбора исходного материала в селекции ячменя ярового. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 108. С. 8–11. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2015.57337>
62. Марухняк А. Я., Воробйова Ю. В., Яремко В. Я. Рейтинговий розподіл селекційних ліній ячменю ярого за адаптивністю. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С. 106–117.
63. Vasko N. I., Solonechnyi P. M., Kozachenko M. R., Vazhenina O. E., Solonechna O. V., Naumov O. G., Zymogliad O. V. Environmental stability and plasticity of spring barley cultivars. *Селекція і насінництво*. 2019. Вип. 116. P. 17–30. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2019.190449>
64. Солонечный П. Н. АММІ и GGE biplot анализ взаимодействия генотип–среда линий ячменя ярового. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017. Т. 21, № 6. С. 657–662. <https://doi.org/10.18699/VJ17.283>
65. Matin M. Q. I., Amiruzzaman M., Billah M. M., Banu M. B., Naher N., Choudhury D. A. Genetic variability and path analysis studies in barley (*Hordeum vulgare* L.). *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*. 2019. V. 7, № 2. P. 243–247. <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v7i2.24635>
66. Mohammadi R., Roostaei M., Ansari Y., Aghaee M., Amri A. Relationships of phenotypic stability measures for genotypes of three cereal crops. *Canadian Journal of Plant Science*. 2010. V. 90. P. 819–830. <https://doi.org/10.4141/CJPS09102>

67. Pour-Aboughadareh A., Yousefian M., Moradkhani H., Poczai P., Siddique K. H. M. STABILITYSOFT: A new online program to calculate parametric and non-parametric stability statistics for crop traits. *Applications in Plant Sciences*. 2019. V. 7, № 1: e1211. <https://doi.org/10.1002/aps3.1211>
68. Jat M. L., Jat R. K., Singh P., Jat S.L., Sidhu H. S., Jat H. S., Bijarniya D., Parihar C. M., Gupta R. K. Predicting yield and stability analysis of wheat under different crop management systems across agro-ecosystems in India. *American Journal of Plant Sciences*. 2017. V. 8, № 8. P. 1977–2012. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.88133>
69. Verma A., Kumar V., Kharab A. S., Singh G. P. Comparative performance of parametric and non-parametric measures for analyzing  $G \times E$  interactions of grain yield for dual Purpose barley genotypes. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2018. V. 9, № 3. P. 846–855. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2018.00105.9>
70. Verma A., Singh J., Kumar V., Kharab A. S., Singh G. P. Non parametric measures to investigate genotype  $\times$  environment interaction for feed barley genotypes evaluated under multi environment trials. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2017. V. 8, № 3. P. 849–856. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2017.00135.1>
71. Sabaghnia N. Identification of the most stable genotypes in multi-environment trials by using nonparametric methods. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2015. V. 105. P. 103–110. <https://doi.org/10.14720/AAS.2015.105.1.11>
72. Choi H., Esser A., Murphy K. M. Genotype  $\times$  environment interaction and stability of  $\beta$ -glucan content in barley in the Palouse region of eastern Washington. *Crop Science*. 2020. V. 60, Iss. 5. P. 2500–2510. <https://doi.org/10.1002/csc2.20181>
73. Tsige T., Shiferaw T., Gezahegn S., Taye K. Assessment of malt barley genotypes for grain yield and malting quality traits in the central highlands of Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2020. V. 10, № 20. P. 1–7. <https://doi.org/10.7176/JBAH/10-20-01>

74. Öztürk I. Yield stability and physiological parameters of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes under rainfed conditions. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*. 2020. V. 4, № 4. P. 473–488. <https://doi.org/10.29329/ijjaar.2020.320.9>
75. Abdipour M., Vaezi B., Younessi-Hamzekhanlu M., Ramazan S. H. R. Nonparametric phenotypic stability analysis in advanced barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2017. V. 20, № 4. P. 305–314. <https://doi.org/10.1007/s12892-017-0050-0>
76. Mirosavljevic M., Pržulj N., Bocanski J., Stanisavljevic D., Mitrovic B. The application of AMMI model for barley cultivars evaluation in multi-year trials. *Genetika*. 2014. V. 46, № 2. P. 445–454. <https://doi.org/10.2298/GENSR1402445M>
77. Sarkar B., Sharma R. C., Verma R. P. S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. *Indian Journal of Genetics*. 2014. V. 74, № 1. P. 26–33. <https://doi.org/10.5958/j.0975-6906.74.1.004>
78. Jalata Z. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in Southeastern Ethiopia Highlands. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2011. V. 5, Iss. 1. P. 59–75. <https://doi.org/10.3923/ijpbg.2011.59.75>
79. Kendal E. GGE biplot analysis of multi-environment yield trials in barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Journal of Crop Breeding and Genetics*. 2016. V. 2, № 1. P. 90–99.
80. Maniruzzaman M., Islam M. Z., Begum F., Khan M. A. A., Amiruzzaman M., Hossain A. Evaluation of yield stability of seven barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in multiple environments using GGE biplot and AMMI model. *Open Agriculture*. 2019. V. 4. P. 284–293. <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0027>
81. Asres T., Tadesse D., Wossen T., Sintayehu A. Performance evaluation of malt barley: from malting quality and breeding perspective. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2018. V. 21. P. 451–457. <https://doi.org/10.1007/s12892-018-0199-0>

82. Göransson M., Hallsson J. H., Lillemo M., Orabi J., Backes G., Jahoor A., Hermannsson J., Christerson T., Tuvevsson S., Gertsson B., Reitan L., Alsheikh M., Aikasalo R., Isolahti M., Veteläinen M., Jalli M., Krusell L., Hjortshøj R. L., Eriksen B., Bengtsson T. Identification of ideal allele combinations for the adaptation of spring barley to northern latitudes. *Frontiers in Plant Science*. 2019. V. 10: 542. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00542>
83. Демидов О. А., Гудзенко В. М., Сардак М. О., Іщенко В. А., Дем'янюк О. С. Екологічне сортовипробування ячменю ярого на завершальному етапі селекції. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 4. С. 58–65. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2017.219770>
84. Демидов О. А., Гудзенко В. М., Сардак М. О., Іщенко В. А., Смульська І. В., Коляденко С. С. Багатосередовищні випробування ячменю ярого за врожайністю та стабільністю. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. V. 13, № 4. P. 343–350. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.4.2017.117727>
85. Solonechnyi P. M., Kozachenko M. R., Vasko N. I., Naumov O. G., Solonechna O. V., Vazhenina O. E., Bondareva O. B., Kovalenko A. L. “GGE biplot” assessment of phenotypic stability of spring barley varieties. *Plant Breeding and Seed Production*. 2015. Iss. 107. P. 205–214.
86. Solonechnyi P., Vasko N., Naumov A., Solonechnaya O., Vazhenina O., Bondareva O., Logvinenko Y. GGE biplot analysis of genotype by environment interaction of spring barley varieties. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2015. V. 102, № 4. P. 431–436. <https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.055>
87. Солонечний П. М., Козаченко М. Р., Васько Н. І., Наумов О. Г., Важеніна О. Є., Солонечна О. В., Дмитренко П. П., Коваленко О. Л. GGE biplot аналіз взаємодії генотип–середовище сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 93–102.
88. Солонечний П. М., Козаченко М. Р., Васько Н. І., Наумов О. Г., Бондарева О. Б., Логвиненко Ю. В. Оцінка взаємодії генотип × середовище сортів ячменю ярого за допомогою GGE biplot аналізу. *Вісник Харківського НАУ. Сер. «Рослинництво, селекція і насінництво»*. 2015. № 1. С. 79–86.

89. Solonechnyi P., Kozachenko M., Vasko N., Hudzenko V., Ishenko V., Kozelets G., Usova N., Logvinenko Y., Vinyukov A. AMMI and GGE biplot analysis of yield performance of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties in multi environment trials. *Agriculture & Forestry*. 2018. V. 64, Iss. 1. P. 121–132. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.64.1.15>
90. Macholdt J., Honermeier B. Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*. 2016. V. 6, № 3: 40. <https://doi.org/10.3390/agronomy6030040>.
91. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Урожайність ячменю ярого залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду у Центральному Лісостепу України. *Агробіологія*. 2016. Вип. 2. С. 11–17.
92. Daničić M., Zekić V., Miroslavljević M., Lalić B., Putnik-Delić M., Maksimović I., Marta A. D. The response of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) to climate change in Northern Serbia. *Atmosphere*. 2019. V. 10, № 1: 14. <https://doi.org/10.3390/atmos10010014>
93. Neumann K., Zhao Y., Chu J., Keilwagen J., Reif J. C., Kilian B., Graner A. Genetic architecture and temporal patterns of biomass accumulation in spring barley revealed by image analysis. *BMC Plant Biology*. 2017. V. 17: 137. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1085-4>
94. Acevedo E., Fereres E., Hayward M. D., Bosemark N. O., Romagosa I., Cerezo M. Resistance to abiotic stresses. *Plant Breeding*. 1993. P. 406–421. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-1524-7\\_25](https://doi.org/10.1007/978-94-011-1524-7_25)
95. Шкурко В. С. Вплив погодних умов на врожайність ячменю ярого і можливості прогнозування врожаїв. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 4. С. 156–159.
96. Hakala K., Jauhiainen L., Rajala A. A., Jalli M. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future. *Field Crops Res.* 2020. V. 259: 107956. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107956>

97. Pham A. T., Maurer A., Pillen K., Brien C., Dowling K., Berger B., Eglinton J. K., March T. J. Genome-wide association of barley plant growth under drought stress using a nested association mapping population. *BMC Plant Biology*. 2019. V. 19, № 1: 134. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1723-0>
98. Al-Ghzawi A. L. A., Al-Ajlouni Z. I., Al Sane K. O., Bsoul E. Y., Musallam I., Khalaf Y. B., Al-Hajaj N., Al-Tawaha A. R., Aldwairi Y., Al-Saqqar H. Yield stability and adaptation of four spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under rainfed conditions. *Research on Crops*. 2019. V. 20, № 1. P. 10–18. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2019.002>
99. Камінська В. В., Буслаєва Н. Г. Продуктивність ячменю ярого залежно від погодних умов і рівня інтенсифікації технології вирощування. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 5. С. 30–37. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-04>
100. Польовий А. М., Барсукова О. А. Вплив змін клімату на темпи розвитку ярого ячменю в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. № 16. С. 113–119.
101. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А. Оцінка впливу змін агрокліматичних ресурсів України на формування урожайності ярого ячменю. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2014. № 17. С. 34–45.
102. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А. Фотосинтетична продуктивність ярого ячменю в умовах змін клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 18. С. 72–81.
103. Дудкіна А. П., Вінюков О. О., Гирка А. Д. Вплив ґрунтово-кліматичних умов східної частини Північного Степу на сорти ячменю ярого екологічного сортовипробування. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 115. С. 48–58. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.7>
104. Mahalingam R. Phenotypic, physiological and malt quality analyses of US barley varieties subjected to short periods of heat and drought stress. *Journal of Cereal Science*. 2017. V. 76. P. 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.06.007>

105. Carter A. Y., Hawes M. C., Ottman M. J. Drought-tolerant barley: I. Field observations of growth and development. *Agronomy*. 2019. V. 9, № 5: 221. <https://doi.org/10.3390/agronomy9050221>

106. Mikołajczak K., Ogrodowicz P., Ćwiek-Kupczyńska H., Weigelt-Fischer K., Mothukuri S. R., Junker A., Altmann T., Krystkowiak K., Adamski T., Surma M., Kuczyńska A., Krajewski P. Image phenotyping of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) RIL population under drought: selection of traits and biological interpretation. *Frontiers in Plant Science*. 2020. V. 11: 743. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00743>

107. Mikołajczak K., Ogrodowicz P., Gudyś K., Krystkowiak K., Sawikowska A., Frohberg W., Górny A., Kędziora A., Jankowiak J., Józefczyk D., Karg G., Andrusiak J., Krajewski P., Szarejko I., Surma M., Adamski T., Guzy-Wróbelska J., Kuczyńska A. Quantitative trait loci for yield and yield-related traits in spring barley populations derived from crosses between European and Syrian cultivars. *PLoS ONE*. 2016. V. 11, № 5: e0155938. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155938>

108. Istanbuli T., Baum M., Touchan H., Hamwieh A. Evaluation of morphophysiological traits under drought stress conditions in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Photosynthetica*. 2020. V. 58, № 4. P. 1059–1067. <https://doi.org/10.32615/ps.2020.041>

109. Kandic V., Dodig D., Secanski M., Prodanovic S., Brankovic G., Titan P. Grain yield, agronomic traits, and protein content of two- and six-row barley genotypes under terminal drought conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2019. V. 79, № 4. P. 648–657. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392019000400648>

110. Moualeu-Ngangue' D., Dolch C., Schneider M., Le'on J., Uptmoor R., Stützel H. Physiological and morphological responses of different spring barley genotypes to water deficit and associated QTLs. *PLoS ONE*. 2020. V. 15, № 8: e0237834. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237834>

111. Afshari-Behbahanizadeh S., Akbari G. A., Shahbazi M., Alahdadi I., Farahani L., Tabatabaee S. A., Ganji M. Qualitative and physical properties of barley grains under terminal drought stress conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2016. V. 18, № 5. P. 1303–1317.
112. Luo H., Hill C. B., Zhou G., Zhang X. Q., Li C. Genome-wide association mapping reveals novel genes associated with coleoptile length in a worldwide collection of barley. *BMC Plant Biology*. 2020. V. 20: 346. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02547-5>
113. Merchuk-Ovnat L., Silberman R., Laiba E., Maurer A., Pillen K., Faigenboim A., Fridman E. Genome scan identifies flowering-independent effects of barley HsDry2.2 locus on yield traits under water deficit. *Journal of Experimental Botany*. 2018. V. 69, № 7. P. 1765–1779. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery016>
114. Gol L., Haraldsson E. B., von Korff M. Ppd-H1 integrates drought stress signals to control spike development and flowering time in barley. *Journal of Experimental Botany*. 2021. V. 72, № 1. P. 122–136. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa261>
115. Pournosrat R., Kaya S., Shaaf S., Kilian B., Ozkan H. Geographical and environmental determinants of the genetic structure of wild barley in southeastern Anatolia. *PLoS ONE*. 2018. V. 13, № 2: e0192386. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192386>
116. Naz A. A., Arifuzzaman M., Muzammil S., Pillen K., Léon J. Wild barley introgression lines revealed novel QTL alleles for root and related shoot traits in the cultivated barley (*Hordeum vulgare* L.). *BMC Genetics*. 2014. V. 15: 107. <https://doi.org/10.1186/s12863-014-0107-6>
117. Abou-Elwafa S. F. Association mapping for yield and yield-contributing traits in barley under drought conditions with genome-based SSR markers. *Comptes Rendus Biologies*. 2016. V. 339. P. 153–162.
118. De la Fuente Cantó C., Russell J., Hackett C. A., Booth A., Dancey S., George T. S., Waugh R. Genetic dissection of quantitative and qualitative traits using

a minimum set of barley recombinant chromosome substitution lines. *BMC Plant Biology*. 2018. V. 18: 340. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1527-7>

119. Sharma R., Draicchio F., Bull H., Herzig P., Maurer A., Pillen K., Thomas W. T. B., Flavell A. J. Genome-wide association of yield traits in a nested association mapping population of barley reveals new gene diversity for future breeding. *Journal of Experimental Botany*. 2018. V. 69, № 16. P. 3811–3822. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery178>

120. Tanaka R., Nakano H. Barley yield response to nitrogen application under different weather conditions. *Scientific Reports*. 2019. V. 9: 8477. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44876-y>

121. Дубовий В. І., Чайка О. В., Янішевський Л. І. Агроекологічна оцінка сортів ячменю ярого різного еколого-географічного походження в умовах перехідної зони Полісся. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 1. С. 63–68.

122. 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. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202009-05>

123. Буряк Ю. І., Огурцов Ю. Є., Клименко І. І., Клименко І. В., Чернобаб О. В., Попова К. М. Посівні якості та врожайні властивості насіння ячменю ярого залежно від попередника і фону живлення та способів їх підвищення. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 112. С. 164–170. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.120444>

124. Marzec M., Alqudah A. M. Key hormonal components regulate agronomically important traits in barley. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018. V. 19, № 3: 795. <https://doi.org/10.3390/ijms19030795>

125. Kandemir N. Search for high yielding, lodging resistant barley cultivars with satisfactory straw yields for a fertile production area of Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2004. V.7, Iss. 6. P. 971–976. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.971.976>

126. Křen J., Klem K., Svobodová I., Míša P., Neudert L. Yield and grain quality of spring barley as affected by biomass formation at early growth stages. *Plant, Soil and Environment*. 2014. V. 60, № 5. P. 221–227.
127. Matušinsky P., Svobodová I., Míša P. Spring barley stand structure as an indicator of lodging risk. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2015. V. 102, № 3. P. 273–280. <https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.035>
128. Rahal-Bouziane H., Abdelguerfi A. Lodging resistance and its associated traits in barley landraces (*Hordeum vulgare* L.) from arid areas in Algeria. *Journal Algérien des Régions Arides (JARA)*. 2016. № 13. P. 107–112.
129. Солонечний П. М., Васько Н. І., Козаченко М. Р., Наумов О. Г., Солонечна О. В., Важеніна О. Є., Зимогляд О. В. Селекційна цінність сортів ячменю ярого за продуктивністю та елементами структури. *Селекція і насінництво*. 2017. № 112. С. 127–134. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.120437>
130. Зимогляд О. В. Мінливість продуктивності та її структурних елементів у сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2019. Вип. 115. С. 40–50. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2019.172660>
131. Shah L., Yahya M., Shah S. M. A., Nadeem M., Ali A., Ali A., Wang J., Riaz M. W., Rehman S., Wu W., Khan R. M., Abbas A., Riaz A., Anis G. B., Si H., Jiang H., Ma C. Improving lodging resistance: using wheat and rice as classical examples. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. V. 20: 4211. <https://doi.org/10.3390/ijms20174211>
132. Khobra R., Sareen S., Meena B. K., Kumar A., Tiwari V., Singh G. P. Exploring the traits for lodging tolerance in wheat genotypes: a review. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2019. V. 25, № 3. P. 589–600. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0629-x>
133. Muszynska A., Guendel A., Melzer M., Moya Y. A. T., Röder M. S., Rolletschek H., Rutten T., Munz E., Melz G., Ortleb S., Borisjuk L., Börner A. A mechanistic view on lodging resistance in rye and wheat: a multiscale comparative

study. *Plant Biotechnology Journal*. 2021.V. 19, № 2. P. 2646–2661. <https://doi.org/10.1111/pbi.13689>

134. Dorairaj D., Ismail M. R. Distribution of silicified microstructures, regulation of cinnamyl alcohol dehydrogenase and lodging resistance in silicon and paclobutrazol mediated *Oryza sativa*. *Frontiers in Physiology*. 2017. V. 8: 491. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00491>

135. Begovića L., Abičićb I., Lalićb A., Lepeduš H., Cesara V., Leljak-Levanićd D. Lignin synthesis and accumulation in barley cultivars differing in their resistance to lodging. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2018. V. 133. P. 142–148. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.10.036>

136. Madić M., Knežević D., Paunović A., Đurović D. Plant height and internode length as components of lodging resistance in barley. *Acta Agriculturae Serbica*. 2016. V. 21, № 42. P. 99–106.

137. Xiao Y., Liu J., Li H., Cao X., Xia X., He Z. Lodging resistance and yield potential of winter wheat: effect of planting density and genotype. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*. 2015. V. 2, № 2. P. 168–178. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2015061>

138. Демидов О. А., Васильківський С. П., Гудзенко В. М. Рівень вияву та зв'язок урожайності, висоти рослин і стійкості до вилягання ячменю озимого у Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 10. С. 30–34. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201610-06>

139. 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. Вип. 116. С. 31–40. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2019.190451>

140. Stanley J. D., Mehring G. H., Wiersma J. J., Ransom J. K. A standardized method for determining tillering capacity of wheat cultivars. *American Journal of Plant Sciences*. 2020. V. 11, № 5. P. 604–625. <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.115046>

141. Zhou Y., Zhou G., Broughton S., Westcott S., Zhang X., Xu Y., Xu L., Li C., Zhang W. Towards the identification of a gene for prostrate tillers in barley (*Hordeum vulgare* L.). *PLoS ONE*. 2018. V. 13, № 2: e0192263. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192263>
142. Ващенко В. В., Шевченко О. О. Оцінка сортів ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) за різними густотами посіву. *Збірник наукових праць СГП–НЦНС*. 2017. Вип. 29, № 69. С. 18–25.
143. Бердін С. І., Ткаченко О. М. Формування структури продуктивності посівів ячменю ярого в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. Вип. 11. С. 152–155.
144. Bargougui M. A. Genetic analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) grain yield components. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology*. 2016. V. 31, № 8. P. 1794–1799.
145. Ye L., Wang Y., Long L., Luo H., Shen Q., Broughton S., Wu D., Shu X., Dai F., Li C., Zhang G. A trypsin family protein gene controls tillering and leaf shape in barley. *Plant Physiology*. 2019. V. 181, Iss. 2. P. 701–713. <https://doi.org/10.1104/pp.19.00717>
146. Shaaf S., Bretani G., Biswas A., Fontana I. M., Rossini L. Genetics of barley tiller and leaf development. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2019. V. 61, Iss. 3. P. 226–256. <https://doi.org/10.1111/jipb.12757>
147. Haaning A. M., Smith K. P., Brown-Guedira G. L., Chao S., Tyagi P., Muehlbauer G. J. Natural genetic variation underlying tiller development in barley (*Hordeum vulgare* L.). *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 2020. V. 10, № 4. P. 1197–1212. <https://doi.org/10.1534/g3.119.400612>
148. Hoseinzadeh P., Zhou R., Mascher M., Himmelbach A., Niks R. E., Schweizer P., Stein N. High resolution genetic and physical mapping of a major powdery mildew resistance locus in barley. *Frontiers in Plant Science*. 2019. V. 10: 146. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00146>

149. Kusch S., Panstruga R. *Mlo*-based resistance: An apparently universal "weapon" to defeat powdery mildew disease. *Molecular Plant–Microbe Interactions*. 2017. V. 30, № 3. P. 179–189. <https://doi.org/10.1094/MPMI-12-16-0255-CR>
150. Backes G., Madsen L. H., Jaiser H., Stougaard J., Herz M., Mohler V., Jahoor A. Localisation of genes for resistance against *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* and *Puccinia graminis* in a cross between a barley cultivar and a wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) line. *Theoretical and Applied Genetics*. 2003. V. 106, № 2. P. 353–362. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-1148-1>
151. Tsai H.-Y., Janss L. L., Andersen J. R., Orabi J., Jensen J. D., Jahoor A., Jensen J. Genomic prediction and GWAS of yield, quality and disease-related traits in spring barley and winter wheat. *Scientific Reports*. 2020. V. 10: 3347. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60203-2>
152. Piechota U., Czembor P. C., Słowacki P., Czembor J. H. Identifying a novel powdery mildew resistance gene in a barley landrace from Morocco. *Journal of Applied Genetics*. 2019. V. 60. P. 243–254. <https://doi.org/10.1007/s13353-019-00505-y>
153. Piechota U., Czembor P. C., Czembor J. H. Evaluating barley landraces collected in North Africa and the Middle East for powdery mildew infection at seedling and adult plant stages. *Cereal Research Communications*. 2020. V. 48. P. 179–185. <https://doi.org/10.1007/s42976-020-00021-4>
154. Czembor J. H., Pietrusińska A., Piechota U., Mańkowski D. Resistance to powdery mildew in barley recombinant lines derived from crosses between *Hordeum vulgare* and *Hordeum bulbosum*. *Cereal Research Communications*. 2019. V. 47, № 3. P. 463–472. <https://doi.org/10.1556/0806.47.2019.16>
155. Pogoda M., Liu F., Douchkov D., Djamei A., Reif J. C., Schweizer P., Schulthess A. W. Identification of novel genetic factors underlying the host-pathogen interaction between barley (*Hordeum vulgare* L.) and powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*). *PLoS ONE*. 2020. V. 15, № 7: e0235565. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235565>

156. Lyngkjær M. F., Newton A. C., Atzema J. L., Baker S. J. The Barley *mlo*-gene: an important powdery mildew resistance source. *Agronomie*. 2000. V. 20. P. 745–756.
157. Dreiseitl A. A novel way to identify specific powdery mildew resistance genes in hybrid barley cultivars. *Scientific Reports*. 2020. V. 10: 18930. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75978-7>
158. Dreiseitl A. Specific resistance of barley to powdery mildew, its use and beyond: a concise critical review. *Genes*. 2020. V. 11, № 9: 971. <https://doi.org/10.3390/genes11090971>
159. Dreiseitl A. Powdery mildew resistance genes in barley varieties bred for human consumption. *Agronomy*. 2022. V. 12, № 10: 2245 <https://doi.org/10.3390/agronomy12102245>
160. Dreiseitl A. Powdery mildew resistance genes in European barley cultivars registered in the Czech republic from 2016 to 2020. *Genes*. 2022. V. 13, № 7: 1274. <https://doi.org/10.3390/genes13071274>
161. Сабадин В. Донори стійкості до борошнистої роси ячменю ярого для селекції у центральному Лісостепу України. *Збірник наукових праць АООС*. 2020. С. 30–31. <https://doi.org/10.36074/24.01.2020.v1.08>
162. Carlsen S. A., Neupane A., Wyatt N. A., Richards J. K., Faris J. D., Xu S. S., Brueggeman R. S., Friesen T. L. Characterizing the *Pyrenophora teres* f. *maculata*–barley interaction using pathogen genetics. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 2017. V. 7, № 8. P. 2615–2626. <https://doi.org/10.1534/g3.117.043265>
163. Syme R. A., Martin A., Wyatt N. A., Lawrence J. A., Muria-Gonzalez M. J., Friesen T. L., Ellwood S. R. Transposable element genomic fissuring in *Pyrenophora teres* is associated with genome expansion and dynamics of host–pathogen genetic interactions. *Frontiers in Genetics*. 2018. V. 9: 130. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00130>
164. Clare S. J., Wyatt N. A., Brueggeman R. S., Friesen T. L. Research advances in the *Pyrenophora teres*–barley interaction. *Molecular Plant Pathology*. 2020. V. 21, № 2. P. 272–288. <https://doi.org/10.1111/mpp.12896>

165. Mair W. J., Thomas G. J., Dodhia K., Hills A. L., Jayasena K. W., Ellwood S. R., Oliver R. P., Lopez-Ruiz F. J. Parallel evolution of multiple mechanisms for demethylase inhibitor fungicide resistance in the barley pathogen *Pyrenophora teres* f. sp. *maculata*. *Fungal Genetics and Biology*. 2020. V. 145: 103475. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2020.103475>
166. Tamang P., Neupane A., Mamidi S., Friesen T., Brueggeman R. Association mapping of seedling resistance to spot form net blotch in a worldwide collection of barley. *Phytopathology*. 2015. V. 105, Iss.4. P. 500–508. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-14-0106-R>
167. Muria-Gonzalez M. J., Zulak K. G., Allegaert E., Oliver R. P., Ellwood S. R. Profile of the *in vitro* secretome of the barley net blotch fungus, *Pyrenophora teres* f. *teres*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2020. V. 109: 101451. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2019.101451>
168. Amezrou R., Verma R. P. S., Chao S., Brueggeman R. S., Belqadi L., Arbaoui M., Rehman S., Gyawali S. Genome-wide association studies of net form of net blotch resistance at seedling and adult plant stages in spring barley collection. *Molecular Breeding*. 2018. V. 38: 58. <https://doi.org/10.1007/s11032-018-0813-2>
169. Jalata Z., Mekbib F., Lakew B. Generation mean analysis of net blotch and scald diseases on barley. *World Journal of Agricultural Research*. 2020. V. 8, № 4. P. 142–149. <https://doi.org/10.12691/wjar-8-4-6>
170. Jalata Z., Mekbib F., Lakew B., Ahmed S. Diallel analysis of scald and net blotch resistance in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2019. V. 11, № 6. P. 164–172. <https://doi.org/10.5897/JPBCS2018.0770>
171. Bulgarelli D., Biselli C., Collins N. C., Consonni G., Stanca A. M., Schulze-Lefert P., Valè G. The CC-NB-LRR-type *Rdg2a* resistance gene confers immunity to the seed-borne barley leaf stripe pathogen in the absence of hypersensitive cell death. *PLoS One*. 2010. V. 10, № 5: e12599. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012599>

172. Bulgarelli D., Collins N.C., Tacconi G., Dellaglio E., Brueggeman R., Kleinhofs A., Stanca A. M., Valè G. High-resolution genetic mapping of the leaf stripe resistance gene *Rdg2a* in barley. *Theoretical and Applied Genetics*. 2004. V. 108. P. 1401–1408. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1557-9>
173. Ghannam A., Alek H., Doumani S., Mansour D., Arabi M. I. E. Deciphering the transcriptional regulation and spatiotemporal distribution of immunity response in barley to *Pyrenophora graminea* fungal invasion. *BMC Genomic*. 2016. V. 17: 256. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-2573-x>
174. Arru L., Francia E., Pecchioni N. Isolate-specific QTLs of resistance to leaf stripe (*Pyrenophora graminea*) in the 'Steptoe' × 'Morex' spring barley cross. *Theoretical and Applied Genetics*. 2003. V. 106, № 4. P. 668–675. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-1115-x>
175. Arabi M. I. E., Idris I., Al-Shehadah E. Effect of several rhizobacteria strains on barley resistance against *Pyrenophora graminea* under field conditions. *Hellenic Plant Protection Journal*. 2017. V. 10, Iss. 1. C. 35–45. <https://doi.org/10.1515/hppj-2017-0004>
176. Si E., Meng Y., Ma X., Li B., Wang J., Yao L., Yang K., Zhang Y., Shang X., Wang H. Genome resource for barley leaf stripe pathogen *Pyrenophora graminea*. *Plant Disease*. 2019. V. 104, № 2. P. 320–322. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-19-1179-A>
177. Al-Daoude A., Alek H., Jawhar M., Al-Shehadah E., Shoiab A., Arabi M. I. E. Changes in *PR2* and *PAL* patterns in barley challenged with leaf stripe (*Pyrenophora graminea*) and powdery mildew (*Blumeria graminis*) diseases. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 2019. V. 54, № 1. P. 43–52. <https://doi.org/10.1556/038.54.2019.005>
178. Dokhanchi H., Arzanlou M., Abed-Ashtiani F. Genetic diversity of Iranian populations of *Pyrenophora graminea*, the causal agent of leaf stripe disease on barley. *Journal of Phytopathology*. 2022. V. 170, Iss. 7–8. P. 517–534. <https://doi.org/10.1111/jph.13102>

179. Adam A., Arabi M. I. E., Idris I., Al-Shehadah E. Effect of several rhizobacteria strains on barley resistance against *Pyrenophora graminea* under field conditions. *Hellenic Plant Protection Journal*. 2017. V. 10, Iss. 1. P. 35–45. <https://doi.org/10.1515/hppj-2017-0004>
180. Guo H., Yao Q., Chen L., Wang F., Lang X., Pang Y., Feng J., Zhou J., Lin R., Xu S. Virulence and molecular diversity in the *Cochliobolus sativus* population causing barley spot blotch in China. *Plant Disease*. 2019. V. 103, № 9. P. 2252–2262. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-18-2103-RE>
181. Whittle A. M. *Cochliobolus sativus* on barley in Scotland. *Plant Pathology*. 1977 V. 26, № 2. P. 67–74. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1977.tb01026.x>
182. Chełkowski J., Tyrka M., Sobkiewicz A. Resistance genes in barley (*Hordeum vulgare* L.) and their identification with molecular markers. *Journal of Applied Genetics*. 2003. V. 44, № 3. P. 291–309.
183. Bilgic H., Steffenson B. J., Hayes P. M. Molecular mapping of loci conferring resistance to different pathotypes of the spot blotch pathogen in barley. *Phytopathology*. 2006. V. 96. P. 699–708. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0699>
184. Visioni A., Rehman S., Viash S. S., Singh S. P., Vishwakarma R., Gyawali S., Al-Abdallat A. M., Verma R. P. S. Genome wide association mapping of spot blotch resistance at seedling and adult plant stages in barley. *Frontiers in Plant Science*. 2020. V. 25, № 11: 642. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00642>
185. Kızıl N., Karakaya A., Çelik A. O., Ergün N. Determination of seedling reactions of some barley cultivars, lines, and wild barley (*Hordeum spontaneum*) genotypes to *Cochliobolus* leaf spot disease. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*. 2023. V. 37, № 2. P. 373–388. <https://doi.org/10.15316/SJAIFS.2023.036>
186. Rodríguez-Decuadro S., Silva P., Bentancur O., Gamba F., Pritsch C. Histochemical characterization of early response to *Cochliobolus sativus* infection in selected barley genotypes. *Phytopathology*. 2014. V. 104. P. 715–723. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-13-0133-R>

187. Arabi M. I. E., Jawhar M. Pathotypes of *Cochliobolus sativus* (spot blotch) on barley in Syria. *Journal of Plant Pathology*. 2003. V. 85, № 3. P. 193–196.
188. Arabi M. I. E., AL-Daoude A., Shoaib A., Jawhar M. Accumulation of transcripts abundance after barley inoculation with *Cochliobolus sativus*. *The Plant Pathology Journal*. 2015. V. 31, № 1. P. 72–77. <https://doi.org/10.5423/ppj.oa.12.2014.0130>
189. Meldrum S. I., Platz D. G. J., Ogle H. J. Pathotypes of *Cochliobolus sativus* on barley in Australia. *Australasian Plant Pathology*. 2004. V. 33. P. 109–114. <https://doi.org/10.1071/AP03088>
190. Rehman S., Gyawali S., Amri A., Verma R. P. S. First report of spot blotch of barley caused by *Cochliobolus sativus* in Morocco. *Plant Disease*. 2020. V. 104, № 3. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-19-1923-PDN>
191. Valjavec-Gratian M., Steffenson B. J. Genetics of virulence in *Cochliobolus sativus* and resistance in barley. *Phytopathology*. 1997. V. 87, № 11. P. 1140–1143. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1997.87.11.1140>
192. Romero-Cortes T., Zavala-González E. A., España V. H. P., Aparicio-Burgos J. E., Cuervo-Parra J. A. Characterization of *Cochliobolus sativus* and *Pyrenophora teres* fungi belonging to the leaf spot complex of barley (*Hordeum vulgare*) isolated from barley seeds in Mexico. *Chilean Journal of Agriculture and Animal Science*. 2021. V. 37, № 3. P. 277–289. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS37-29CCTJ50029>
193. Sandhu K. S., Karaoglu H., Park R. F. Pathogenic and genetic diversity in *Puccinia hordei* Otth in Australasia. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2016. V. 8, № 10. P. 197–205. <https://doi.org/10.5897/JPBCS2016.0582>
194. Chen J., Wu J., Zhang P., Dong C., Upadhyaya N. M., Zhou Q., Dodds P., Park R. F. *De Novo* genome assembly and comparative genomics of the barley leaf rust pathogen *Puccinia hordei* identifies candidates for three avirulence genes. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 2019. V. 9, № 10. P. 3263–3271. <https://doi.org/10.1534/g3.119.400450>

195. Golegaonkar P. G., Park R. F., Singh D. Evaluation of seedling and adult plant resistance to *Puccinia hordei* in barley. *Euphytica*. 2009. V. 166. P. 183–197. <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9814-2>
196. Dracatos P. M., Khatkar M. S., Singh D., Park R. F. Genetic mapping of a new race specific resistance allele effective to *Puccinia hordei* at the *Rph9/Rph12* locus on chromosome *5HL* in barley. *BMC Plant Biology*. 2014. V. 14: 1598. <https://doi.org/10.1186/s12870-014-0382-4>
197. Park R. F. Pathogenic specialization and pathotype distribution of *Puccinia hordei* in Australia 1992 to 2001. *Plant Disease*. 2003. V. 87. P. 1311–1316. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.11.1311>
198. Sandhu K. S., Forrest K. L., Kong S., Bansal U. K., Singh D., Hayden M. J., Park R. F. Inheritance and molecular mapping of a gene conferring seedling resistance against *Puccinia hordei* in the barley cultivar Ricardo. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012. V. 125, № 7. P. 1403–1411. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1921-8>
199. Johnson P. A., Niks R. E., Meiyalaghan V., Blanchet E., Pickering P. *Rph22*: mapping of a novel leaf rust resistance gene introgressed from the non-host *Hordeum bulbosum* L into cultivated barley (*Hordeum vulgare* L). *Theoretical and Applied Genetics*. 2014. V. 126, № 6. P. 1613–1625. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2078-9>
200. Ziems L. A., Hickey L. T., Platz G. J., Franckowiak J. D., Dracatos P. M., Singh D., Park R. F. Characterization of *Rph24*: a gene conferring adult plant resistance to *Puccinia hordei* in barley. *Phytopathology*. 2017. V. 107, Iss. 7. P. 834–841. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-16-0295-R>
201. Niks R. E., Alemu S. K., Marcel T. C., van Heyzen S. Mapping genes in barley for resistance to *Puccinia coronata* from couch grass and to *P. striiformis* from brome, wheat and barley. *Euphytica*. 2015. V. 206, Iss. 2. P. 487–499. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1516-y>
202. Vatter T., Maurer A., Perovic D., Kopahnke D., Pillen K., Ordon F. Identification of QTL conferring resistance to stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp.

*hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei*) in barley using nested association mapping (NAM). *PLoS ONE*. 2018. V. 13, № 1: e0191666. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191666>

203. Ниска І. М., Петренкова В. П. Джерела стійкості ячменю ярого до шкідливих організмів у поєднанні з цінними господарськими ознаками. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 2. С. 7–10.

204. Zviahintseva A. M., Petrenkova V. P., Kobyzeva L. N., Nyska I. M., Kucherenko Y. Y., Zuieva K. V., Vasko N. I. Pathogenic organisms on spring barley in the eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 118. С. 119–129. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.222378>

205. Нарган Т. П. Виявлення джерел стійкості до листостеблових хвороб пшениці м'якої озимої для використання в селекції. *Генетичні ресурси рослин*. 2015. № 17. С. 11–20.

206. Осьмачко О. М., Власенко В. А., Бакуменко О. М., Тао Є., Ошомок Т. В. Стійкість до борошнистої роси зразків *Triticum aestivum* L. 4th WWSRRN CIMMYT в умовах північно-східного Лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин*. 2019. № 24. С. 74–88. <https://doi.org/10.36814/pgr.2019.24.06>

207. Біловус Г. Я. Оцінка сортозразків ячменю озимого за стійкістю до збудників листових хвороб та урожайністю. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 3. С. 20–27. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-03>

208. Солонечний П. М. Інтегральна оцінка ступеня генетичного захисту сортів ячменю ярого від шкідливих організмів. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 104. С. 32–39. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2013.42003>

209. Васильківський С. П., Сабадин В. Я. Стійкість рослин ячменю ярого проти хвороб залежно від генотипу сорту. *Миронівський вісник*. 2015. № 1. С. 156–169.

210. Сабадин В. Я. Імунологічний моніторинг ячменю ярого до хвороб в умовах центрального Лісостепу України. *Агробіологія*. 2015. № 2. С. 70–77.

211. Васько Н. І., Козаченко М. Р., Маркова Т. Ю., Наумов О. Г. Вихідний матеріал в селекції ячменю ярого на стійкість до біотичних чинників.

*Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 101. С. 56–65. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59683>

212. Сабадин В. Я. Оцінка сортів колекції ячменю ярого з цінними господарськими ознаками для селекції в центральному Лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин*. 2020. № 26. С. 20–30. <https://doi.org/10.36814/pgr.2020.26.02>

213. Марухняк А. Я., Біловус Г. Я., Пушак В. І. Оцінка генотипів ячменю ярого за урожайністю та стійкістю до хвороб. *Зернові культури*. 2020. Т. 4, № 1. С. 12–19. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0101>

214. Singh K., Gupta K., Tyagi V., Rajkumar S. Plant genetic resources in India: management and utilization. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020. V. 24, № 3. С. 306–314. <https://doi.org/10.18699/VJ20.622>

215. Pasam R. K., Sharma R., Walther A., Özkan H., Graner A., Kilian B. Genetic diversity and population structure in a legacy collection of spring barley landraces adapted to a wide range of climates. *PLoS ONE*. 2014. V. 9, Iss. 12: e116164. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116164>

216. 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. V. 9, № 2. P. 68–76. <https://doi.org/10.3923/ijpb.2015.68.76>

217. Keneni G., Bekele E., Imtiaz M., Dagne K. Genetic vulnerability of modern crop cultivars: causes, mechanism and remedies. *International Journal of Plant Research*. 2012. V. 2, № 3. P. 69–79. <https://doi.org/10.5923/j.plant.20120203.05>

218. Dawson I. K., Russell J., Powell W., Steffenson B., Thomas W. T. B., Waugh R. Barley: a translational model for adaptation to climate change. *New Phytologist*. 2015. V. 206. P. 913–931. <https://doi.org/10.1111/nph.13266>

219. Shiferaw T., Abate B., Lakew B. Genetic variability and association of traits in Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes at Holetta, Central

Ethiopia. *Journal of Agricultural and Crop Research*. 2020. V. 8, № 1. P. 11–19.  
[https://doi.org/10.33495/jacr\\_v8i1.19.171](https://doi.org/10.33495/jacr_v8i1.19.171)

220. Гудзенко В. М. Розширення генетичного різноманіття для селекції ячменю в умовах центральної частини Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 25–37.

221. Рябчун В. К., Кузьмишина Н. В., Богуславський Р. Л., Безугла О. М., Музафарова В. М., Бондаренко В. М., Докукіна К. І. Інтродукція рослин як пріоритний напрям наукової і практичної діяльності Національного центру генетичних ресурсів рослин України. *Генетичні ресурси рослин*. 2019. № 24. С. 11–25. <https://doi.org/10.36814/pgr.2019.24.01>

222. Музафарова В. А., Рябчун В. К., Петухова І. А., Падалка О. І. Генетична колекція ячменю ярого за стійкістю до хвороб. *Селекція і насінництво*. 2016. № 110. С. 107–116. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2016.87617>

223. Музафарова В. А., Рябчун В. К., Петухова І. А., Падалка О. І. Особливості формування врожайності зразків генофонду ячменю ярого в умовах східної частини Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 113. С. 111–124. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2018.137291>

224. Петухова І. А., Рябчун В. К., Музафарова В. А., Падалка О. І., Шелякіна Т. А., Любич В. В. Ознакова колекція ячменю ярого круп'яного напрямку використання. *Генетичні ресурси рослин*. 2018. № 23. С. 85–96.

225. Васько Н. І., Козаченко М. Р., Солонечний П. М., Наумов О. Г. Оригінальні форми ячменю ярого, створені методами мутагенезу та гібридизації. *Генетичні ресурси рослин*. 2013. № 13. С. 50–58.

226. Козаченко М. Р., Васько Н. І., Солонечний П. М., Наумов О. Г. Нові форми ячменю ярого, створені методом гібридизації. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 42–51. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2014.42102>

227. Важеніна О. Є., Васько Н. І., Солонечний П. М., Солонечна О. В. Мінливість природи та маси 1000 зерен пивоварних сортів ячменю в залежності

від генотипу та погодних умов. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 16–25. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.206935>

228. Sayd R. M., Amabile R. F., Faleiro F. G., Bellon G. Genetic variability of hull-less barley accessions based on molecular and quantitative data. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2015. V. 50. № 2. P. 160–167. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000200008>

229. Enyew M., Dejene T., Lakew B., Worede F. Clustering and principal component analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces for major morphological traits from North Western Ethiopia. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*. 2019. V. 5, № 1. P. 58–63. <http://doi.org/10.17352/2455-815X.000043>

230. Sayd R. M., Amabile R. F., Faleiro F. G., Costa M. C., Montalvão A. P. L. Genetic parameters and agronomic characterization of elite barley accessions under irrigation in the Cerrado. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2019. V. 41, № 1: e42630. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.42630>

231. Boanta E.-A., Muntean L., Russu F., Porumb I., Parlici R.-M., Ona A.-D. Variability of yield traits in a germoplasm of barley cultivars, studied at Turda Agricultural Research and Development Station, Cluj County, Romania. *Scientific Papers Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Developmen"*. 2020. V. 20, Iss. 1. P. 95–100.

232. 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. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2016.74194>

233. Новак Ж. М. Рівень прояву та варіація біометричних показників сортозразків ячменю ярого колекції Уманського національного університету садівництва. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2021. Вип. 98. С. 76–84. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2021-98-1-76-84>

234. Gebru A., Mekbib F., Lakew B. Estimation of genetic variability of malt barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties for yield, yield related trait, North Eastern Ethiopia. *International Journal of Plant Biology & Research*. 2018. V. 6, № 6: 1105.
235. Amabile R. F., Faleiro F. G., Capettini F., Peixoto J. R., Sayd R. M. Genetic variability in elite barley genotypes based on the agromorphological characteristics evaluated under irrigated system. *Ciência e Agrotecnologia*. 2017. V. 41, № 2. P. 147–158. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017412010116>
236. Carpici E. B., Celik N. Correlation and path coefficient analyses of grain yield and yield components in two-rowed of barley (*Hordeum vulgare* convar. *distichon*) varieties. *Notulae Scientia Biologicae*. 2012. V. 4, № 2. P. 128–131. <https://doi.org/10.15835/nsb427388>
237. Васько Н. І., Козаченко М. Р., Наумов О. Г., Солонечний П. М., Важеніна О. Є., Солонечна О. В., Зимогляд О. В. Варіабельність і кореляція господарських ознак сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 112. С. 25–36. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.120414>
238. Васько Н. І. Урожайність та маса 1000 зерен сортів ячменю ярого і кореляція між ними. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 111. С. 28–39. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.104883>
239. Kumar Y., Niwas R., Nimbai S., Dalal M. S. Hierarchical cluster analysis in barley genotypes to delineate genetic diversity. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2020. V. 11, № 3. P. 742–748. <https://doi.org/10.37992/2020.1103.122>
240. Новак Ж. М. Показники продуктивності та кореляційні зв'язки між ними у сортозразків ячменю ярого колекції Уманського національного університету садівництва. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2021. Вип. 99. С. 125–134. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2021-99-1-125-134>
241. Новак Ж. М. Продуктивність колоса сортозразків ячменю ярого колекції Уманського національного університету садівництва. *Таврійський*

науковий вісник. 2020. Вип. 111. С. 125–130. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.17>

242. Swati S., Tiwari K. C., Jaiswal J. P., Kumar A., Goel P. Genetic architecture of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes for grain yield and yield attributing traits. *Journal of Cereal Research*. 2018. V. 10, Iss. 3. P. 179–184. <https://doi.org/10.25174/2249-4065/2018/83148>

243. Xu X., Sharma R., Tondelli A., Russell J., Comadran J., Schnaithmann F., Flavell A. J. Genome-wide association analysis of grain yield-associated traits in a Pan-European barley cultivar collection. *Plant Genome*. 2018. V. 11, Iss. 1: 170073. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2017.08.0073>

244. Rodrigues O., Minella E., Costenaro E. R. Genetic improvement of barley (*Hordeum vulgare* L.) in Brazil: yield increase and associated traits. *Agricultural Sciences*. 2020. V. 11. P. 425–438. <https://doi.org/10.4236/as.2020.114025>

245. Russu F., Porumb I., Mureşanu F., Tritean 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. V. 36. P. 67–77.

246. Vasilescu L., Petcu E., Sîrbu A. Winter barley grain weight stability under different management practices at Nardi Fundulea. *Romanian Agricultural Research*. 2020. V. 37. P. 67–73.

247. Hu Y., Barmeier G., Schmidhalter U. Genetic variation in grain yield and quality traits of spring malting barley. *Agronomy*. 2021. V. 11: 1177. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061177>

248. Wang Q., Sun G., Ren X., Du B., Cheng Y., Wang Y., Li C., Sun D. Dissecting the genetic basis of grain size and weight in barley (*Hordeum vulgare* L.) by QTL and comparative genetic analyses. *Frontiers in Plant Science*. 2019. V. 10: 469. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00469>

249. Wang J., Wu X., Yue W., Zhao C., Yang J., Zhou M. Identification of QTL for barley grain size. *PeerJ*. 2021. V. 9: e11287. <https://doi.org/10.7717/peerj.11287>

250. Sharma Y., Sharma S. N. Effect of sowing dates on genetic components in six-rowed barley. *Acta Agronomica Hungarica*. 2008. V. 56, Iss. 3. P. 349–356. <https://doi.org/10.1556/AAgr.56.2008.3.11>
251. Ващенко В. В. Изменчивость и генетический контроль массы 1000 зерен у ярового ячменя. *Селекція і насінництво*. 2010. Вип. 98. С. 78–85. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2010.70227>
252. Shendy M. Z. Gene action and path coefficient studies for yield and yield components of some barley crosses. *Egyptian Journal of Plant Breeding*. 2015. V. 19, Iss. 4. P. 1155–1166. <https://doi.org/10.12816/0031662>
253. Васильківський С. П., Демидов О. А., Гудзенко В. М., Поліщук Т. П. Генетичний контроль маси 1000 зерен у сучасних сортів ячменю ярого. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 10. С. 37–43. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201710-08>
254. Madić M. R., Djurović D. S., Knezevi D. S., Paunović A. Combining abilities for spike traits in a diallel cross of barley. *J. Central Europ. Agric.* 2014. V.15, Iss.1. P. 108–116 <https://doi.org/10.5513/JCEA01/15.1.1419>
255. Panwar D., Sharma H. Study of combining ability analysis in barley (*Hordeum vulgare* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. V. 8, Iss. 12. P. 3004–3011. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.812.349>
256. Katiyar A., Sharma A., Singh S., Srivastava A., Vishwakarma S. R. Combining ability analysis for yield traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2021. V. 12, Iss. 2. P. 583–588. <https://doi.org/10.37992/2021.1202.082>
257. Dockter C., Gruszka D., Braumann I., Druka A., Druka I., Franckowiak J., Gough S. P., Janeczko A., Kurowska M., Lundqvist J., Lundqvist U., Marzec M., Matyszczyk I., Müller A. H., Oklestkova J., Schulz B., Zakhrabekova S., Hansson M. Induced variations in brassinosteroid genes define barley height and sturdiness, and expand the green revolution genetic toolkit. *Plant Physiology*. 2014. V. 166, № 4. P. 1912–1927. <https://doi.org/10.1104/pp.114.250738>

258. Abdel-Ghani A. H., Sharma R., Wabila C., Dhanagond S., Owais S. J., Duwayri M. A., Al-Dalain S. A., Klukas C., Chen D., Lübberstedt T., von Wirén N., Graner A., Kilian B., Neumann K. Genome-wide association mapping in a diverse spring barley collection reveals the presence of QTL hotspots and candidate genes for root and shoot architecture traits at seedling stage. *BMC Plant Biology*. 2019. V. 19: 216. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1828-5>
259. Babb S., Muehlbauer G. J. Genetic and morphological characterization of the barley *uniculm2* (*cul2*) mutant. *Theoretical and Applied Genetics*. 2003. V. 106, № 5. P. 846–857. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-1104-0>
260. Druka A., Franckowiak J., Lundqvist U., Bonar N., Alexander J., Houston K., Radovic S., Shahinnia F., Vendramin V., Morgante M., Stein N., Waugh R. Genetic dissection of barley morphology and development. *Plant Physiology*. 2011. V. 155, № 2. P. 617–627. <https://doi.org/10.1104/pp.110.166249>
261. Okagaki R. J., Cho S., Kruger W. M., Xu W. W., Heinen S., Muehlbauer G. J. The barley *UNICULM2* gene resides in a centromeric region and may be associated with signaling and stress responses. *Functional & Integrative Genomics*. 2013. V. 13, № 1. P. 33–41. <https://doi.org/10.1007/s10142-012-0299-7>
262. Dabbert T., Okagaki R. J., Cho S., Boddu J., Muehlbauer G. J. The genetics of barley low-tillering mutants: *absent lower laterals* (*als*). *Theoretical and Applied Genetics*. 2009. V. 118, № 7. P. 1351–1360. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-0985-6>
263. Dabbert T., Okagaki R. J., Cho S., Heinen S., Boddu J., Muehlbauer G. J. The genetics of barley low-tillering mutants: *low number of tillers-1* (*lnt1*). *Theoretical and Applied Genetics*. 2010. V. 121, № 4. P. 705–715. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1342-5>
264. Tavakol E., Okagaki R., Verderio G., Shariati J. V., Hussien A., Bilgic H., Scanlon M. J., Todt N. R., Close T. J., Druka A., Waugh R., Steuernagel B., Ariyadasa R., Himmelbach A., Stein N., Muehlbauer G. J., Rossini L. The barley *Uniculme4* gene encodes a BLADE-ON-PETIOLE-like protein that

controls tillering and leaf patterning. *Plant Physiology*. 2015. V. 168, № 1. P. 164–174. <https://doi.org/10.1104/pp.114.252882>

265. Hussien A., Tavakol E., Horner D. S., Muñoz-Amatriain M., Muehlbauer G. J., Rossini L. Genetics of tillering in rice and barley. *The Plant Genome*. 2014. V. 7, № 1. P. 1–20. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2013.10.0032>

266. Franckowiak J. D., Lundqvist U. Descriptions of barley genetic stocks. *Barley Genetics Newsletter*. 2013. V. 43. P. 48–223.

267. Marzec M., Gruszka D., Tylec P., Szarejko I. Identification and functional analysis of the *HvD14* gene involved in strigolactone signaling in *Hordeum vulgare*. *Physiologia Plantarum*. 2016. V. 158, № 3. P. 341–355. <https://doi.org/10.1111/ppl.12460>

268. Xu Y., Jia Q., Zhou G., Zhang X. Q., Angessa T., Broughton S., Yan G., Zhang W., Li C. Characterization of the *sdw1* semi-dwarf gene in barley. *BMC Plant Biology*. 2017. V. 17: 11. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0964-4>

269. Bauer B., von Wirén N. Modulating tiller formation in cereal crops by the signalling function of fertilizer nitrogen forms. *Scientific Reports*. 2020. V. 10: 20504. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77467-3>

270. Koprna R., Humplík J. F., Špišek Z., Bryksová M., Zatloukal M., Mik V., Novák O., Nisler J., Doležal K. Improvement of tillering and grain yield by application of cytokinin derivatives in wheat and barley. *Agronomy*. 2021. V. 11, № 1: 67. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010067>

271. Wang H., Chen W., Eggert K., Charnikhova T., Bouwmeester H., Schweizer P., Hajirezaei M. R., Seiler Ch., Sreenivasulu N., von Wirén N., Kuhlmann M. Abscisic acid influences tillering by modulation of strigolactones in barley. *Journal of Experimental Botany*. 2018. V. 69, № 16. P. 3883–3898, <https://doi.org/10.1093/jxb/ery200>

272. 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. V. 11: 638. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00638>

273. Riaz A., Kanwal F., Börner A., Pillen K., Dai F., Alqudah A. M. Advances in genomics-based breeding of barley: molecular tools and genomic databases. *Agronomy*. 2021. V. 11, № 5: 894. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050894>

274. Wang Z., Liu Y., Shi H., Mo H., Wu F., Lin Y., Gao S., Wang J., Wei Y., Liu C., Zheng Y. Identification and validation of novel low-tiller number QTL in common wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 2016. V. 129, № 3, P. 603–612. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2652-4>

275. Liu J., Luo W., Qin N., Ding P., Zhang H., Yang C., Mu Y., Tang H., Liu Y., Li W., Jiang Q., Ghen G., Wei Y., Zheng Y., Liu C., Lan X., Ma J. A 55 K SNP array-based genetic map and its utilization in QTL mapping for productive tiller number in common wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 2018. V. 131, № 11. P. 2439–2450. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3164-9>

276. He J., Shao G., Wei X., Huang F., Sheng Z., Tang S., Hu P. Fine mapping and candidate gene analysis of *qTAC8*, a major quantitative trait locus controlling tiller angle in rice (*Oryza sativa* L.). *PLoS ONE*. 2017. V. 12, № 5: e0178177. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178177>

277. Kong W., Guo H., Goff V. H., Lee T. H., Kim C., Paterson A. H. Genetic analysis of vegetative branching in sorghum. *Theoretical and Applied Genetics*. 2014. V 127, № 11. P. 2387–2403. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2384-x>

278. Nadolska-Orczyk A., Rajchel I. K., Orczyk W., Gasparis S. Major genes determining yield-related traits in wheat and barley. *Theoretical and Applied Genetics*. 2017. V. 130, № 6. P. 1081–1098. <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2880-x>

279. Jia Q., Zhang X. Q., Westcott S., Broughton S., Cakir M., Yang J., Lance R., Li C. Expression level of a gibberellin 20-oxidase gene is associated with

multiple agronomic and quality traits in barley. *Theoretical and Applied Genetics*. 2011. V. 122, № 8. P. 1451–1460. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1544-5>

280. Ramsay L., Comadran J., Druka A., Marshall D. F., Thomas W. T. B., MacAulay M., MacKenzie K., Simpson C., Fuller J., Bonar N., Hayes P. M., Lundqvist U., Franckowiak J. D., Close T. J., Muehlbauer G. J., Waugh R. *INTERMEDIUM-C*, a modifier of lateral spikelet fertility in barley, is an ortholog of the maize domestication gene *TEOSINTE BRANCHED 1*. *Nature Genetics*. 2011. V. 43, № 2. P. 169–172. <https://doi.org/10.1038/ng.745>

281. Liller C. B, Neuhaus R., von Korff M., Koornneef M., van Esse W. Mutations in barley row type genes have pleiotropic effects on shoot branching. *PLoS ONE*. 2015. V. 10, № 10: e0140246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140246>

282. Alqudah A. M., Koppolu R., Wolde G. M., Graner A., Schnurbusch T. The genetic architecture of barley plant stature. *Frontiers in Genetics*. 2016. V. 7: 117. <https://doi.org/10.3389/fgene.2016.00117>

283. Nice L. M., Steffenson B. J., Blake T., Horsley R., Smith, K., Muehlbauer G. J. Mapping agronomic traits in a wild barley advanced backcross–nested association mapping population. *Crop Science*. 2017. V. 57, № 3. P. 1199–1210. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0850>

284. Bai Y., Zhao X., Yao X., Yao Y., An L., Li X., Wang Y., Gao X., Jia Y., Guan L., Li M., Wu K., Wang Z. Genome wide association study of plant height and tiller number in hullless barley. *PLoS ONE*. 2021. V. 16, № 12: e0260723. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260723>

285. Li Z., Philipp N., Spiller M., Stiewe G., Reif J. C., Zhao Y. Genome-wide prediction of the performance of three-way hybrids in barley. *The Plant Genome*. 2016. V. 10, № 1. P. 1–9. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2016.05.0046>

286. Thorwarth P., Ahlemeyer J., Bochard A. M., Krumnacker K., Blümel H., Laubach E., Knöchel N., Cselényi L., Ordon F., Schmid K. J. Genomic prediction ability for yield-related traits in German winter barley elite material. *Theoretical and Applied Genetics*. 2017. V. 130, № 8. P. 1669–1683. <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2917-1>

287. Wang X., Zhang Z., Xu Y., Li P., Zhang X., Xu C. Using genomic data to improve the estimation of general combining ability based on sparse partial diallel cross designs in maize. *The Crop Journal*. 2020. V. 8, № 5. P. 819–829. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.04.012>
288. Cui Y., Li R., Li G., Zhang F., Zhu T., Zhang Q., Ali J., Li Z., Xu S. Hybrid breeding of rice via genomic selection. *Plant Biotechnology Journal*. 2020. V. 18, № 1. P. 57–67. <https://doi.org/10.1111/pbi.13170>
289. Labroo M. R., Ali J., Aslam M. U., de Asis E. J., dela Paz M. A., Sevilla M. A., Lipka A. E., Studer A. J., Rutkoski J. E. Genomic prediction of yield traits in single-cross hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *Frontiers in Genetics*. 2021. V. 12: 692870. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.692870>
290. Rincent R., Charpentier J. P., Faivre-Rampant P., Paux E., Le Gouis J., Bastien C., Segura V. Phenomic selection is a low-cost and high-throughput method based on indirect predictions: proof of concept on wheat and poplar. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 2018. V. 8, № 12. P. 3961–3972. <https://doi.org/10.1534/g3.118.200760>
291. Govindaraju D. R. An elucidation of over a century old enigma in genetics – heterosis. *PLoS Biology*. 2019. V. 17, № 4: e3000215. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000215>
292. Ansarifard J., Akhavizadegan F., Wang L. Performance prediction of crosses in plant breeding through genotype by environment interactions. *Scientific Reports*. 2020. V. 10: 11533. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68343-1>
293. Widener S., Graef G., Lipka A. E., Jarquin D. An assessment of the factors influencing the prediction accuracy of genomic prediction models across multiple environments. *Frontiers in Genetics*. 2021. V. 12: 689319. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.689319>
294. Jarquin D., de Leon N., Romay C., Bohn M., Buckler E. S., Ciampitti I., Edwards J., Ertl D., Flint-Garcia S., Gore M. A., Graham C., Hirsch C. N., Holland J. B., Hooker D., Kaeppler S. M., Knoll J., Lee E. C., Lawrence-Dill C. J., Lynch J. P., Moose S. P., Murray S. C., Nelson R., Rocheford T., Schnable J. C.,

Schnable P. S., Smith M., Springer N., Thomison P., Tuinstra M., Wissler R. J., Xu W., Yu J., Lorenz A. Utility of climatic information via combining ability models to improve genomic prediction for yield within the genomes to fields maize project. *Frontiers in Genetics*. 2021. V. 11: 592769. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.592769>

295. Fonseca J. M. O., Klein P. E., Crossa J., Pacheco A., Perez-Rodriguez P., Ramasamy P., Klein R., Rooney W. L. Assessing combining abilities, genomic data, and genotype  $\times$  environment interactions to predict hybrid grain sorghum performance. *The Plant Genome*. 2021. V. 14, № 3: e20127. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20127>

296. Zhu X., Leiser W. L., Hahn V., Würschum T. Phenomic selection is competitive with genomic selection for breeding of complex traits. *The Plant Phenome Journal*. 2021. V. 4, № 1: e20027. <https://doi.org/10.1002/ppj2.20027>

297. Zhang X., Lv L., Lv Ch., Guo B., Xu R. Combining ability of different agronomic traits and yield components in hybrid barley. *PloS ONE*. 2015. V. 10, № 6. P. 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126828>

298. Oliveira G. H. F., Buzinaro R., Revolti L. T. M., Giorgenon C. H. B., Charnai K., Resende D., Moro G. V. An accurate prediction of maize crosses using diallel analysis and best linear unbiased predictor (BLUP). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2016. V. 76, № 3. P. 294–299. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000300005>

299. de Pelegrin A. J., Nardino M., Carvalho I. R., Szareski V. J., Ferrari M., Conte G. G., de Oliveira A. C., de Souza V. Q., da Maia L. C. Combining ability as a criterion for wheat parents selection. *Functional Plant Breeding Journal*. 2020. V. 2, № 1. <https://doi.org/10.35418/2526-4117/v2n1a4>

300. Ambikabathy A., Banumathy S., Gnanamalar R. P., Arunchalam P., Jeyaprakash P., Amutha R., Venkatraman N. S. Studies on combining ability and heterosis for yield and drought tolerance traits in rice (*Oryza sativa* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2021. V. 12, № 4. P. 1292–1299. <https://doi.org/10.37992/2021.1204.177>

301. Del Águila R. M., da Silva E. F. Efficiency of crosses selection for yield in red rice through diallel analysis. *Agronomy Science and Biotechnology*. 2021. V. 7. P. 1–10. <https://doi.org/10.33158/ASB.r135.v7.2021>
302. Gaballah M. M., Attia K. A., Ghoneim A. M., Khan N., EL-Ezz A.F., Yang B., Xiao L., Ibrahim E. I., Al-Doss A. A. Assessment of genetic parameters and gene action associated with heterosis for enhancing yield characters in novel hybrid rice parental lines. *Plants*. 2022. V. 11, № 3: 266. <https://doi.org/10.3390/plants11030266>
303. Yu K., Wang H., Liu X., Xu C., Li Z., Xu X., Liu J., Wang Z., Xu Y. Large-scale analysis of combining ability and heterosis for development of hybrid maize breeding strategies using diverse germplasm resources. *Frontiers in Plant Science*. 2020. V. 11: 660. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00660>
304. Sabitha N., Reddy D. M., Reddy D. L., Kumar M. H., Sudhakar P., Reddy B. R., Nature of gene action for kernel yield and its component traits in maize (*Zea mays* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2021. V. 12, № 4. P. 1359–1366. <https://doi.org/10.37992/2021.1204.186>
305. Coelho I. F., Peixoto M. A., Marçal T. S., Bernardeli A., Silva Alves R., de Lima R. O., dos Reis E. F., Bhering, L. L. Accounting for spatial trends in multienvironment diallel analysis in maize breeding. *PLoS ONE*. 2021. V. 16, № 10: e0258473. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258473>
306. Khan A., Ur-Rahman H., Ahmad A., Iqbal M., Kamal S., Khan S., Bu J. Combining ability analysis in sweet corn (*Zea Mays Saccharrata* L.) using line by tester design. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences*. 2020. V. 6, № 2. P. 47–52. <http://dx.doi.org/10.17140/AFTNSOJ-6-168>
307. Owusu E.Y., Mohammed H., Manigben K. A., Adjebeng-Danquah J., Kusi F., Karikari B., Sie E. K. Diallel analysis and heritability of grain yield, yield components, and maturity traits in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *The Scientific World Journal*. 2020: 9390287. <https://doi.org/10.1155/2020/9390287>
308. Vettorazzi J. C. F., Santa-Catarina R., Poltronieri T. P. de S., Cortes D. F. M., Azevedo A. O. N., Miranda D. P., Santana J. G. S., Ramos H. C. C.,

Pereira M. G. Combining ability of recombined F4 papaya lines: a strategy to select hybrid combination. *Scientia Agricola*. 2021. V. 78, № 2: e20190191. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0191>

309. Mudhalvan S., Rajeswari S., Mahalingam L., Jeyakumar P., Muthuswami M., Premalatha N. Combining ability estimates and heterosis analysis on major yield attributing traits and lint quality in American cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2021. V. 12, № 4. P. 1111–1119. <https://doi.org/10.37992/2021.1204.153>

310. Giri R. K., Verma S. K., Yadav J. P. Study of heterosis, combining ability and parental diversity for seed cotton yield and contributing traits using diallel data in cotton (*G. hirsutum* L.). *Indian Journal of Agricultural Research*. 2021. V. 55, № 5. P. 556–562. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-5680>

311. Datta D. R., Rafii M. Y., Misran A., Jusoh M., Yusuff O., Haque M. A., Jatto M. I. Half diallel analysis for biochemical and morphological traits in cultivated eggplants (*Solanum melongena* L.). *Agronomy*. 2021. V. 11, № 9: 1769. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091769>

312. Daudi H., Shimelis H., Mathew I., Rathore A., Ojiewo Ch. Combining ability and gene action controlling rust resistance in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Scientific Reports*. 2021. V. 11: 16513. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96079-z>

313. Nkhata W., Shimelis H., Melis R., Chirwa R., Mzengeza T., Mathew I., Shayanowako A. Combining ability analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L) genotypes for resistance to bean fly (*Ophiomyia* spp.), and grain yield and component traits. *Euphytica*. 2021. V. 217, № 5: 93. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02833-9>

314. Ljubičić N., Petrović S., Kostić M., Dimitrijević M., Hristov N., Kondić-Špika A., Jevtić R. Diallel analysis of some important grain yield traits in bread wheat crosses. *Turkish Journal of Field Crops*. 2017. V. 22, № 1. P. 1–7. <https://doi.org/10.17557/tjfc.297681>

315. Ayoob M. H. Combining ability analysis, estimation of heterosis and some genetic parameters using half diallel cross in bread wheat (*Triticum aestivum*

L.). *Journal of Education and Science*. 2020. V. 29, № 1. P. 96–103.  
<https://doi.org/10.33899/edusj.2020.164365>

316. Abro T. F., Rajput A. A., Sootaher J. K., Shar P. A., Chang M. S., Naeem M., Siyal A. L., Siyal F. H., Menghwar K. K., Baloch A., Keerio A., Vistro M. A. Estimation of combining ability in F<sub>2</sub> hybrids of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life and Environmental Sciences*. 2021 V. 58, № 2. P. 69–81. [https://doi.org/10.53560/PPASB\(58-2\)623](https://doi.org/10.53560/PPASB(58-2)623)

317. Jat B. S., Bharti B., Ranwah B. R., Khan S. Combining ability studies for heat tolerance traits in bread wheat [*Triticum aestivum* (L.) em. Thell]. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2016. V. 7, № 4. P. 996–1001. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2016.00136.8>

318. Mwadzingeni L., Shimelis H., Tsilo T. J. Combining ability and gene action controlling yield and yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought-stressed and non-stressed conditions. *Plant Breeding*. 2018. V. 137, № 4. P. 502–513. <https://doi.org/10.1111/pbr.12609>

319. El-Rawy M. A., Hassan M. I., Omran M. F., El-defrawy M. M. Gene action and combining ability of cellular thermotolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) *Plant Breeding and Biotechnology*. 2018. V. 6, № 3. P. 206–220. <https://doi.org/10.9787/PBB.2018.6.3.206>

320. Kamara M. M., Ibrahim K. M., Mansour E., Kheir A. M. S., Germoush M. O., Abd El-Moneim D., Motawei M. I., Alhusays A. Y., Farid M. A., Rehan M. Combining ability and gene action controlling grain yield and its related traits in bread wheat under heat stress and normal conditions. *Agronomy*. 2021. V. 11, № 8: 1450. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081450>

321. Semahegn Y., Shimelis H., Laing M., Mathew I. Combining ability of bread wheat genotypes for yield and yield-related traits under drought-stressed and non-stressed conditions. *South African Journal of Plant and Soil*. 2021. V. 38, № 2. P. 171–179. <https://doi.org/10.1080/02571862.2021.1903106>

322. Gupta V. K., Agarwal A. P., Minz M. G. Combining ability analysis for yield and its component traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) under timely sown irrigated condition. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*. 2017. V. 8, № 6. P. 784–789. <https://doi.org/10.23910/IJBSM/2017.8.6.3C0817>
323. Saeed M., Khalil I. H. Combining ability and narrow-sense heritability in wheat (*Triticum aestivum* L.) under rainfed environment. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2017. V. 33, № 1. P. 22–29. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2017.33.1.22.29>
324. Sharma V., Dodiya N. S., Dubey R. B., Khandagale S. G., Khan R. Combining ability analysis over environments in bread wheat. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2019. V. 10, № 4. P. 1397–1404. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2019.00179.0>
325. Mohamed B. A. Combining ability of physiological and yield traits of bread wheat diallel crosses under timely and late sowing dates. *Egyptian Journal of Agronomy*. 2019. V. 41, № 2. P. 159–181. <https://doi.org/10.21608/agro.2019.15182.1172>
326. Ahmad I., Mohammad F., Jadoon S. A., Zeb A., Munsif F., Ahmad W. Diallel analysis for the inheritance study of phytic acid along with morpho-yield traits in bread wheat. *African Journal of Biotechnology*. 2020. V.19, № 5. P. 259–264. <https://doi.org/10.5897/AJB2019.16815>
327. Bajaniya N. A., Pansuriya A. G., Vekaria D. M., Singh Ch., Savaliya J. J. Combining ability analysis for grain yield and its components in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Indian Journal of Pure & Applied Biosciences*. 2019. V. 7, № 4. P. 217–224. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.7664>
328. Darabad J. R., Rashidi V., Shahbazi H., Vahed M. M., Khalilvand E. Genetic analysis of agronomic traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under salinity stress using diallel cross. *Plant Genetic Researches*. 2021. V. 7, № 2. P. 83–96.

329. Ciulca A., C., Madosa E., Velicevici G., Ciulca S. Combining ability for some grains morphological traits in winter barley. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*. 2015. V. 19, № 3. P. 67–72.
330. Bernhard T., Wolfgang F., Voss-Fels K. P., Frisch M., Snowdon R. J., Wittkop B. Heterosis for biomass and grain yield facilitates breeding of productive dual-purpose winter barley hybrids. *Crop Science*. 2017. V. 57, № 5. P. 2405–2418. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0872>
331. Sultan M. S., Abdel-Moneam M. A., Hafez S. H. Estimation of combining ability for yield and its components in barley under normal and stress drought condition. *Journal of Plant Production*. 2016. V. 7, № 6. P. 553–558. <https://doi.org/10.21608/jpp.2016.45485>
332. Mansour E., Moustafa E. S. A. Estimation of combining ability and genetic components for yield contributing traits in spring barley under normal and salinity conditions. *Egyptian Journal of Agronomy*. 2016. V. 38, № 3. P. 431–483. <https://doi.org/10.21608/agro.2016.252.1025>
333. Abdel-Moneam M. A., Leilah A. A. A. Combining ability for yield and its attributes in barley under stressed and non-stressed nitrogen fertilization environments. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 2018. V. 5, № 3. P. 37–50.
334. Lal C., Shekhawat A. S., Rajput S. S., Singh J., Sharma S. R. Combining ability analysis for grain yield and its attributing traits in six-rowed barley (*Hordeum vulgare* L.). *International Journal of Pure and Applied Bioscience*. 2018. V. 6, № 4. P. 408–414. <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.6817>
335. Patial M., Pal D., Kumar J. Combining ability and gene action studies for grain yield and its component traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2016. V. 48, № 1. P. 90–96.
336. Jalata Z., Mekbib F., Lakew B., Ahmed S. Gene action and combining ability test for some agro-morphological traits in barley. *Journal of Applied Sciences*. 2019. V. 19, № 2. P. 88–95. <https://doi.org/10.3923/jas.2019.88.95>

337. Darabad J. R., Rashidi V., Shahbazi H., Vahed M. M., Khalilvand, E. Heritability and genetic parameters of some antioxidant enzyme activities in barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under salinity stress. *Journal of Agricultural Sciences (Tarim Bilimleri Dergisi)*. 2021. V. 27, № 2. P. 187–194. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.597545>
338. Dinsa T., Mekbib F., Letta T. Genetic variability, heritability and genetic advance of yield and yield related traits of food barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in Mid Rift valley of Ethiopia. *Advances in Crop Science and Technology*. 2018. V. 6, № 5: 1000401. <https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000401>
339. Ali M. B., Sayed M. A. Stability analyses and heritability of a doubled haploid population of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Egyptian Journal of Agronomy*. 2019. V. 41, № 1. P. 47–58. <https://doi.org/10.21608/agro.2019.5512.1116>
340. Marzougui S., Chargui, A. Estimation of correlation, regression and heritability among barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology*. 2018. V. 60, № 2. P. 3838–3843.
341. Ahmadi J., Vaezi B., Pour-Aboughadareh A. Analysis of variability, heritability, and interrelationships among grain yield and related characters in barley advanced lines. *Genetika*. 2016. V. 48, № 1. P. 73–85. <https://doi.org/10.2298/GENSR1601073A>
342. Kumar M., Vishwakarma S. R., Bhushan B., Kumar A. Estimation of genetic parameters and character association in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Wheat Research*. 2013. V. 5, № 2. P. 76–78.
343. 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. V. 6, № 9. P. 1543–1549. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.69153>
344. Malik P., Singh S. K., Singh L., Gupta P. K., Kumar S., Yadav R. K., Amardeep, Kumar A. Studies on genetic heritability and genetic advance for seed yield and its component in barley (*Hordeum vulgare* L.). *International Journal of*

*Pure and Applied Bioscience*. 2018. V. 6, № 6. P. 810–813. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.7207>

345. Nabouh M. A. F. Inheritance of plant height, grain yield and its components in three barley crosses. *Journal of Plant Production*. 2019. V. 10, № 3. P. 293–297.

346. 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*. 2018. № 2. С. 43–53.

347. Griffing B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1956. V. 9, № 4. P. 463–493.

348. Козаченко М. Р., Солонечний П. М., Васько Н. І. Селекційно-генетичні особливості різновидностних форм ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2010. Вип. 98. С. 53–67. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2010.70225>

349. 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. 53–65. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2011.66058>

350. Звягінцева А. М., Петренкова В. П. Комбінаційна здатність вихідного матеріалу ячменю ярого за комплексом біологічних ознак в системі діалельних схрещувань. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 102. С. 30–35. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59817>

351. Eshghi R., Akhundova E. Genetic analysis of grain yield and some agronomic traits in hulless barley. *African Journal of Agricultural Research*. 2009. V. 4, № 12. P. 1464–1474

352. 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. V. 5, Iss. 11: e02744  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02744>

353. Козаченко М. Р., Васько Н. І., Наумов О. Г., Солонечний П. М., Солонечна О. В., Важеніна О. Є., Компанець К. В. Селекційно-генетичні закономірності прояву ознак та ефективність створення сортів ячменю ярого. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2018. Т. 23. С. 68–73.  
<https://doi.org/10.7124/FEEO.v23.992>

354. Козаченко М. Р., Наумов О. Г., Васько Н. І., Солонечний П. М., Солонечна О. В., Важеніна О. Є., Зимогляд О. В. Генетичні закономірності селекції сорту ячменю ваксі Шедевр в Україні. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2019. Т. 24. С. 104–108. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1087>

355. Козаченко М. Р., Зуєва К. В., Васько Н. І., Солонечний П. М., Святченко С. І. Селекційно-генетичні особливості сортів ячменю ярого в системі діалельних схрещувань. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т. 27. С. 89–93. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v27.1308>

356. 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.

357. Компанець К. В., Козаченко М. Р. Особливості сортів ячменю ярого за загальною та специфічною комбінаційною здатністю і співвідношенням їх варіанс. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 111. С. 61–74.  
<https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.104888>

358. Medimagh S., Felah M. E. Heterosis analysis for seed quality traits in spring barley. *International Journal of Advanced Research*. 2019. № 7. P. 52–57.  
<https://doi.org/10.21474/IJAR01/9324>

359. Medimagh S., Mansouri S. Genetic analysis for seed quality traits in a diallel cross of spring barley. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 2020. V. 13, Iss. 12. P. 7–12. <https://doi.org/10.9790/2380-1312010712>

360. Patial M., Pal D., Kapoor R., Pramanick K. K. Inheritance and combining ability of grain yield in half diallel barley population. *Wheat and Barley Research*. 2018. V. 10, № 3. P. 173–178. <https://doi.org/10.25174/2249-4065/2018/83278>
361. Pesaraklu S., Soltanloo H., Ramezanpour S., KalateArabi M., Nasrollah NejadGhomi A. A. An estimation of the combining ability of barley genotypes and heterosis for some quantitative traits. *Iran Agricultural Research*. 2016. V 35, № 1. P. 73–80.
362. Ramla D., Yakhou M. S., Bilek N., Hamou M., Hannachi A., Aissat A., Mekliche-Hanifi L. Grain yield stability analysis of barley doubled haploid lines in Algerian semi-arid zones. *Asian Journal of Crop Science*. 2016. V. 8, № 2. P. 43–51. <https://doi.org/10.3923/ajcs.2016.43.51>
363. Tokhetova L. A., Tautenov I. A., Zelinski G. L., Demesinova A. A. Variability of main quantitative traits of the spring barley in different environmental conditions. *Ecology, Environment and Conservation*. 2017. V. 23, №. 2. P. 1093–1098.
364. Васильківський С. П., Гудзенко В. М., Демидов О. А., Барбан О. В., Коляденко С. С., Смульська І. В. Селекційно-генетичні особливості сучасних сортів ячменю ярого за кількістю зерен з головного колоса. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13, № 3. С. 215–223.
365. Васильківський С. П., Гудзенко В. М. Діалельний аналіз генетичного контролю довжини колоса сучасних сортів ячменю ярого. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2017. Вип. 91, Ч. 1. С. 54–63.
366. Гудзенко В. М. Діалельний аналіз продуктивного кушіння у сучасних сортів ячменю ярого. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 5 (69). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/9486/8500>
367. Гудзенко В. М. Селекційно-генетичний аналіз маси зерна з головного колоса ячменю ярого. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 3. С. 111–120.

368. Васильківський С. П., Гудзенко В. М. Параметри генетичної варіації та комбінаційна здатність сучасних сортів ячменю ярого за масою зерна з рослини. *Агробіологія*. 2017. № 2. С. 24–30.

369. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Бабій О. О. Комбінаційна здатність та параметри генетичної варіації за масою 1000 зерен ячменю багаторядного озимого в Лісостепу України. *Миронівський вісник*. 2017. Вип. 4. С. 15–26.

370. Гудзенко В. М. Селекційно-генетичні особливості ячменю багаторядного озимого за кількістю зерен у колосі в Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 112. С. 47–56.

371. Гудзенко В. М. Мінливість та генетична природа маси зерна з рослини ячменю озимого в Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 1 (71) <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.01.019>

372. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П. Оцінка генетичних компонентів та комбінаційної здатності багаторядного озимого ячменю за довжиною колоса в умовах Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14, № 1. С. 52–57.

373. Гудзенко В. М. Генетична детермінація продуктивного кушіння в діалельних схрещуваннях ячменю озимого в Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2018. Вип. 92, Ч 1. С. 17–28.

374. Бабаянц Л. Т., Мештерхази А., Вехтер Ф., Неклеса Н., Дубинина Л. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ. Прага, 1988. 321 с.

375. Дорофеев В. Ф., Руденко М. И., Удачин Р. А. Засухоустойчивые пшеницы (методические указания). Ленинград: ВИР, 1974. 186 с.

376. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичність і адаптивність сортів озимої пшениці. *Научно-технічний бюлетень ВСГІ*. 1981. Вип. 1 (39). С. 8–14.

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

378. Beil G. M., Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State College Journal of Science*. 1965. V. 39, Iss. 3. P. 139–158.
379. Fedin M. A., Silis D. Y., Smiryaev A. V. Statistical methods of genetic analysis. Moscow: Kolos, 1980. 207 p.
380. Hayman B. I. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*. 1954. V. 39, Iss. 6. P. 789–809. <https://doi.org/10.1093/genetics/39.6.789>
381. Hayman B. Interaction, heterosis and diallel crosses. *Genetics*. 1957. V. 42, Iss. 3. P. 336–355. <https://doi.org/10.1093/genetics/42.3.336>
382. Hayman B. I. The theory and analysis of diallel crosses. II. *Genetics*. 1958. V. 43, Iss. 1. P. 63–85. <https://doi.org/10.1093/genetics/43.1.63>
383. Hayman B. I. The theory and analysis of diallel crosses. III. *Genetics*. 1960. V. 45, Iss. 2. P. 155–172. <https://doi.org/10.1093/genetics/45.2.155>
384. Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1956. V. 9, Iss. 4. P. 463–493. <https://doi.org/10.1071/BI9560463>
385. Griffing B. A generalised treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*. 1956. V. 10, Iss. 1. P. 31–50. <https://doi.org/10.1038/hdy.1956.2>
386. Yan W., Tinker N. A. Biplot analysis of multienvironment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*. 2006. V. 86 (3). P. 623–645. <https://doi.org/10.4141/P05-169>
387. Yan W., Fregeau-Reid J. Genotype by yield\*trait (GYT) biplot : a novel approach for genotype selection based on multiple traits. *Scientific Reports*. 2018. V. 8: 8242. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26688-8>
388. 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. V. 47, № 2. P. 643–653. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.06.0374>
389. Hongyu K., Garcia-Pena M., de Araujo L. B. and dos Santos Dias C. T. Statistical analysis of yield trials by AMMI analysis of genotype × environment

interaction. *Biometrical Letters*. 2014. V. 51, № 2. P. 89–102. <https://doi.org/10.2478/bile-2014-0007>

390. Frutos E., Galindo M. P., Leiva V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 2014. V. 28, Iss. 7. P. 1629–1641. <https://doi.org/10.1007/s00477-013-0821-z>

391. Gauch H. G., Piepo H.-P., Annicchiarico P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE : further consideration. *Crop Science*. 2008. V. 48, Iss. 3. P. 866–889. <https://doi.org/10.2135/crop-sci2007.09.0513>

392. Laidig F., Piepo H.-P., Rentel D., Drobek T., Meyer U. Breeding progress, genotypic and environmental variation and correlation of quality traits in malting barley in German official variety trials between 1983 and 2015. *Theoretical and Applied Genetics*. 2017. V. 130, Iss. 11. P. 2411–2429. <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2967-4>

393. Mastanjević K., Lenart L., Šimić G., Lalić A., Krstanović V. Malting quality indicators of Croatian dual-purpose barley varieties. *Croatian Journal of Food Science and Technology*. 2017. V. 9, Iss. 2. P. 145–151. <https://doi.org/10.17508/CJFST.2017.9.2.09>

394. Assefa A., Girmay G., Alemayehu T., Lakew A. Performance evaluation and stability analysis of malt barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties for yield and quality traits in Eastern Amhara, Ethiopia. *CABI Agriculture and Bioscience*. 2021. V. 2: 31. <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00051-w>

395. Govindaraj M., Vetriventhan M., Srinivasan M. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Genetics Research International*. 2015: 431487. <https://doi.org/10.1155/2015/431487>

396. Nice L. M., Steffenson B. J., Blake T. K., Horsley R. D., Smith K. P., Muehlbauer G. J. Mapping agronomic traits in a wild barley advanced backcross-nested association mapping population. *Crop Science*. 2017. V. 57, Iss. 3. P. 1199–1210. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0850>

397. Yadav R. K., Gautam S., Palikhey E. Agro-morphological diversity of Nepalese naked barley landraces. *Agriculture & Food Security*. 2018. V. 7: 86. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0238-5>
398. Dyulgerova B., Dyulgerov N. Grain yield and yield related traits of sodium azide induced barley mutant lines. *Journal of Central European Agriculture*. 2020. V. 21, Iss. 1. P. 83–91. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.1.2419>
399. Rötter R. P., Palosuo T., Kersebaum K. C., Angulo C., Bindi M., Ewert F., Ferrise R., Hlavinka P., Moriondo M., Nendel C., Olesen J. E., Patil R. H., Ruget F., Takáč J., Trnka M. Simulation of spring barley yield in different climatic zones of Northern and Central Europe: A comparison of nine crop models. *Field Crops Research*. 2012. V. 133. P. 23–36. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.03.016>
400. Alemayehu F. R., Frenck G., van der Linden L., Mikkelsen T. N., Jørgensen R. B. Can barley (*Hordeum vulgare* L. s.l.) adapt to fast climate changes? A controlled selection experiment. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2014. V. 61, Iss. 1. P. 151–161. <https://doi.org/10.1007/s10722-013-0021-1>
401. Ingvordsen C. H., Backes G., Lyngkjær M. F., Peltonen-Sainio P., Jensen J. D., Jalli M., Jahoor A., Rasmussen M., Mikkelsen T. N., Stockmarr A., Jørgensen R. B. Significant decrease in yield under future climate conditions: stability and production of 138 spring barley accessions. *European Journal of Agronomy*. 2015. V. 63. P. 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.12.003>
402. Yawson D. O., Ball T., Adu M.O., Mohan S., Mulholland B. J., White P. J. Simulated regional yields of spring barley in the United Kingdom under projected climate change. *Climate*. 2016. V. 4: 54. <https://doi.org/10.3390/cli4040054>
403. Tambussi E.A., Nogués S., Ferrio P., Voltas J., Araus J. L. Does higher yield potential improve barley performance in Mediterranean conditions? A case study. *Field Crops Research*. 2005. V. 91, Iss. 2–3. P. 149–160. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.06.002>
404. Araus J. L., Slafer G. A., Royo C., Serret M. D. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2008. V. 27, Iss. 6. P. 377–412. <https://doi.org/10.1080/07352680802467736>

405. Gilliam M., Able J. A., Roy S. J. Translating knowledge about abiotic stress tolerance to breeding programmes. *The Plant Journal*. 2017. V. 90, Iss. 5. P. 898–917. <https://doi.org/10.1111/tpj.13456>
406. Mühleisen J., Piepho H.-P., Maurer H. P., Zhao Y., Reif J. C. Exploitation of yield stability in barley. *Theoretical and Applied Genetics*. 2014. V. 127, Iss. 9. P. 1949–1962. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2351-6>
407. Pržulj N., Mirosavljević M., Čanak P., Zorić M., Boćanski J. Evaluation of spring barley performance by biplot analysis. *Cereal Research Communications*. 2015. V. 43, Iss. 4. P. 692–703. <https://doi.org/10.1556/0806.43.2015.018>
408. Ceccarelli S. Wide adaptation. How wide? *Euphytica*. 1989. V. 40, Iss. 3. P. 197–205. <https://doi.org/10.1007/BF00024512>
409. Chenu K. Characterizing the crop environment – nature, significance and applications. *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy*. 2015. P. 321–348. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417104-6.00013-3>
410. 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. V. 10: 1540. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01540>
411. Chenu K., Deihimfard R., Chapman S. C. Large-scale characterization of drought pattern: a continent-wide modeling approach applied to the Australian wheatbelt – spatial and temporal trends. *New Phytologist*. 2013. V. 198, Iss. 3. P. 801–820. <https://doi.org/10.1111/nph.12192>
412. Ceccarelli S., Grando S. Selection environment and environmental sensitivity in barley. *Euphytica*. 1991. V. 57, Iss. 2. P. 157–167. <https://doi.org/10.1007/BF00023074>
413. Ceccarelli S., Grando S. Environment of selection and type of germplasm in barley breeding for stress conditions. *Euphytica*. 1991. V. 57, Iss. 3. P. 207–219. <https://doi.org/10.1007/BF00039667>

414. Ceccarelli S., Grando S., Hamblin J. Relationship between barley grain yield measured in low- and high-yielding environments. *Euphytica*. 1992. V. 64, Iss. 1–2. P. 49–58. <https://doi.org/10.1007/BF00023537>
415. Yan W., Frégeau-Reid J. Genotype by yield\*trait (GYT) biplot: a novel approach for genotype selection based on multiple traits. *Scientific Reports*. 2018. V. 8: 8242. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26688-8>
416. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Дем'янюк О. С., Бабій О. О., Лисенко А. А. Стабільність урожайності колекційних зразків ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) в умовах Центральної частини Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 140–149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227252>
417. Гудзенко В. М., Дем'янюк О. С., Поліщук Т. П., Бабій О. О., Лисенко А. А. Ідентифікація генетичних джерел підвищеного та стабільного рівня прояву маси 1000 зерен ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.). *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 82–90. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240325>
418. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Лисенко А. А., Худолій Л. В., Бабенко А. І., Мандровська С. М. Рівень прояву та варіабельність кількості зерен у колосі ячменю ярого. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 4. С. 335–349. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.249026>
419. Hudzenko V. M., Demydov O. A., Polishchuk T. P., Fedorenko I. V., Lysenko A. A., Fedorenko M. V., Siroshstan A. A., Yurchenko T. V., Shevchenko T. V. Comprehensive evaluation of spring barley yield and tolerance to abiotic and biotic stresses. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, Iss. 8. P. 48–55. [https://doi.org/10.15421/2021\\_267](https://doi.org/10.15421/2021_267)
420. Поліщук Т. П., Гудзенко В. М., Бабій О. О. Оцінка колекційних зразків для селекції ячменю ярого в умовах Центрального Лісостепу України. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (с. Центральне, 19 квітня 2019 р.)*. Вінниця: «Твори», 2019. С. 89.

421. Поліщук Т. П., Гудзенко В. М., Бабій О. О. Виділення генетичних джерел цінних господарських ознак для селекції ячменю ярого в умовах центральної частини Лісостепу України. *Роль науково-технічного забезпечення розвитку агропромислового комплексу в сучасних ринкових умовах: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції* (м. Дніпро, 25 лютого 2021р.). Дніпро, 2021. С. 78–79.

422. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Лисенко А. А., Худолій Л. В., Бабенко А. І. Селекційно-генетичні особливості ячменю ярого за масою 1000 зерен в умовах центральної частини Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 3. С. 183–192. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.3.2021.242982>

423. Поліщук Т. П., Гудзенко В. М. Успадкування кількості зерен у колосі в  $F_1$  ячменю ярого при схрещуванні сортів різного походження, напрямів використання та різновидностей. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2022. Т. 18, № 3. С. 196–205. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.3.2022.269023>

424. Hudzenko V. M., Polishchuk T. P., Lysenko A. A., Fedorenko I. V., Fedorenko M. V., Khudolii L. V., Ishchenko V. A., Kozelets H. M., Babenko A. I., Tanchyk S. P., Mandrovska S. M. Elucidation of gene action and combining ability for productive tillering in spring barley. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. V. 13, Iss. 2. P. 197–206. <https://doi.org/10.15421/022225>

425. Hudzenko V. M., Polishchuk T. P., Lysenko A. A. Gene action for kernel weight per plant in spring barley. *International Journal of Sustainable Agricultural Research*. 2022. V. 9, № 2. P. 100–109. <https://doi.org/10.18488/ij sar.v9i2.3021>

426. Поліщук Т. П., Гудзенко В. М., Бабій О.О. Ступінь фенотипового домінування ячменю ярого за елементами структури врожайності. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів* (с. Центральне, 24 квітня 2020 р.). с. Центральне, 2020. С. 82–83.

427. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П. Діалельний аналіз генетичного контролю маси 1000 зерен ячменю ярого. *Генетика та селекція сільськогосподарських культур – від молекули до сорту*: Матеріали V інтернет-конференції молодих вчених (м. Київ, 21 вересня 2021 р.). Київ, 2021. С. 7.

428. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Бабій О. О., Лисенко А. А., Юрченко Т. В. Комплексне оцінювання селекційних ліній ячменю ярого за врожайністю, стабільністю та стійкістю до біо- та абіотичних чинників в умовах центральної частини Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 1. С. 30–42. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.1.2021.228206>

429. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Бабій О. О. Системне оцінювання селекційних ліній ячменю ярого за комплексом ознак в умовах центральної частини Лісостепу України. *Аграрна освіта та наука: досягнення та перспективи розвитку*: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції та насінництва пшениці і картоплі та 100-річчю з часу заснування Агробіотехнологічного (агрономічного) факультету (м. Біла Церква, 4–5 березня 2021 р.). Біла Церква, 2021. С. 105–107.

## **ДОДАТКИ**



**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](mailto:sds11@ukr.net) [www.nosivkasds.at.ua](http://www.nosivkasds.at.ua) Код ЄДРПОУ 14244013

12.10.2023 р. № 352

**Довідка**

Видана науковому співробітнику лабораторії селекції ячменю Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН України Поліщук Тетяні Петрівні, про те що під час виконання дисертаційної роботи колекційні зразки ячменю ярого включені до селекційного процесу Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН України, з метою створення нового селекційного матеріалу:

Новатор, Реванш, Крок, Сталій, Баскак, Тівер, Аверс, Арістей, Щедрик, Дар Носівщини, Смарагд, Святовіт, Рейнджер, Букат, Antigone, Strief (GS - 2257), Skarb, Sunshine, Concerto, Henrike, Almonte, Diplom, Victoriana, Mastvinster, Jermina, Biatlon, Kaputar, Vienna, Kormoran, Skald, Suveren (STH - 6807), Desrina, Lilly, Куралай, Сыр-аруы, Сымбат, Ватан, Шынар, Владлен, Азык, Карагандинский 6, Илек 16, КАЗСУФФЛЕ 1, Chugaki № 14, Памяти Раисы, Карагандинский 5, Карагандинский 7, Phoenix, CDC Cartel, 4-15, 4-14, 4-9, 4-2, 4-1, Rosalina, CDC Candle, CDC Alamo, NSGJ-1, Alberte AC, L 94, Jet, Millhouse, Brier, Yerong, Nord, AC Westech, AC Maple, AC Alma, Nobarb, AC Vision, Glacier AL.38.

Довідка видана по місцю захисту дисертації.

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

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



Наталія БУНЯК

Микола САРДАК



**ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА СТЕПУ  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

вул. Центральна, 2, с. Созонівка, Кропивницький район, Кіровоградська область, 27602, тел.: (0522) 31-57-95

E-mail: isgs.naan@gmail.com, сайт: www.agronauka.com.ua, код згідно з ЄДРПОУ 00729907

18 жовтня 2023 № 192

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 20\_\_

**Довідка**

Видана науковому співробітнику лабораторії селекції ячменю Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України **Поліщук Тетяні Петрівні**, про те що під час виконання дисертаційної роботи колекційні зразки ячменю звичайного (ярого) включені до селекційного процесу Інституту сільського господарства Степу НААН при виконанні ПНД НААН 13 “Створення сортів зернових, круп’яних, зернобобових культур з комплексною стійкістю до стресових факторів середовища, підвищеною якістю врожаю” (“Зернові, круп’яні, зернобобові культури”), з метою створення нового селекційного матеріалу, а саме: Новатор, Реванш, Крок, Сталий, Баскак, Тівер, Аверс, Арістей, Щедрик, Дар Носівщини, Смарагд, Святівіт, Рейнджер, Букат, Antigone, Strief ( GS - 2257 ), Skarb, Sunshine, Concerto, Henrike, Almonte, Diplom, Victoriana, Mastvinster, Jermina, Biatlon, Kaputar, Vienna, Kormoran, Skald, Suveren ( STH - 6807 ), Despina, Lilly, Куралай, Сыр-аруы, Сымбат, Ватан, Шынар, Владлен, Азык, Карагандинский 6, Илек 16, КАЗСУФФЛЕ 1, Chugaki № 14, Памяти Раисы, Карагандинский 5, Карагандинский 7, Phoenix, CDC Cartel, 4-15, 4-14, 4-9, 4-2, 4-1, Rosalina, CDC Candle, CDC Alamo, NSGJ-1, Alberte AC, L 94, Jet, Millhouse, Brier, Yerong, Nord, AC Westech, AC Maple, AC Alma, Nobarb, AC Vision, Glacier AL.38.

Довідка видана для подання за місцем захисту дисертаційної роботи.

Заступник директора з наукової роботи,  
доктор сільськогосподарських наук



Віталій ІЩЕНКО



**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](mailto:sds11@ukr.net) [www.nosivkasds.at.ua](http://www.nosivkasds.at.ua) Код ЄДРПОУ 14244013

12.10.2023 р. № 351

### Довідка

Видана науковому співробітнику лабораторії селекції ячменю Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН України Поліщук Тетяні Петрівні, про те що створені нею за час виконання дисертаційної роботи селекційні лінії ячменю ярого: Нутанс 4705, Нутанс 4816, Нутанс 4893, Нутанс 4693, Нутанс 5073, Нутанс 4966, Нутанс 5061, Нутанс 5070, Дефіцієнс 5145, Нутанс 5159, Дефіцієнс 5161, Дефіцієнс 5162, Нутанс 5184, Нутанс 5185, Нутанс 5191, Нутанс 5193 передані для подальшого вивчення та залучення у науково-дослідні програми лабораторії селекції ярого ячменю Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН України.

Довідка видана по місцю захисту дисертації.

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

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



Наталія БУНЯК

Микола САРДАК



**ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА СТЕПУ  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

вул. Центральна, 2, с. Созонівка, Кропивницький район, Кіровоградська область, 27602, тел.: (0522) 31-57-95  
E-mail: isgs.naan@gmail.com, сайт: www.agronauka.com.ua, код згідно з ЄДРПОУ 00729907

18 жовтня 2023 № 191

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 20\_\_

**Довідка**

Видана науковому співробітнику лабораторії селекції ячменю Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН України **Поліщук Тетяні Петрівні**, про те що створені нею за час виконання дисертаційної роботи селекційні лінії ячменю звичайного (ярого): Нутанс 4705, Нутанс 4816, Нутанс 4893, Нутанс 4693, Нутанс 5073, Нутанс 4966, Нутанс 5061, Нутанс 5070, Дефіцієнс 5145, Нутанс 5159, Дефіцієнс 5161, Дефіцієнс 5162, Нутанс 5184, Нутанс 5185, Нутанс 5191, Нутанс 5193 передані для подальшого вивчення та залучення у науково-дослідні програми Інституту сільського господарства Степу НААН України при виконанні ПНД НААН 13 “Створення сортів зернових, круп’яних, зернобобових культур з комплексною стійкістю до стресових факторів середовища, підвищеною якістю врожаю” (“Зернові, круп’яні, зернобобові культури”).

Довідка видана для подання за місцем захисту дисертаційної роботи.

Заступник директора з наукової роботи,  
доктор сільськогосподарських наук



**Віталій ІЩЕНКО**




МІНІСТЕРСТВО  
РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ,  
ТОРГІВЛІ ТА СІЛЬСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

# СВІДОЦТВО

№ 200826

## ПРО АВТОРСТВО НА СОРТ РОСЛИН

**МІП Акцент**  
назва сорту  
**Ячмінь звичайний (ярий)**  
*Hordeum vulgare L.*  
ботанічний таксон

Заявка № **18020009**

Автор(и):

<b>Гудзенко Володимир Миколайович</b>	<b>Демидов Олександр Анатолійович</b>
<b>Поліщук Тетяна Петрівна</b>	<b>Бабій Ольга Олегівна</b>

Директор  
Департаменту  
аграрної політики



**Денис ПАЛАМАРЧУК**



МІНІСТЕРСТВО  
РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ,  
ТОРГІВЛІ ТА СІЛЬСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

# СВІДОЦТВО

№ 200825

## ПРО АВТОРСТВО НА СОРТ РОСЛИН

**МІП Люкс**

назва сорту

**Ячмінь звичайний (ярий)**

*Hordeum vulgare L.*

ботанічний таксон

Заявка № **18020008**

Автор(и):

**Гудзенко Володимир  
Миколайович**

**Поліщук Тетяна  
Петрівна**

**Демидов Олександр  
Анатолійович**

**Бабій Ольга Олегівна**

Директор  
Департаменту  
аграрної політики



**Денис ПАЛАМАРЧУК**

Додаток Г. 1

### Подекадна температура повітря

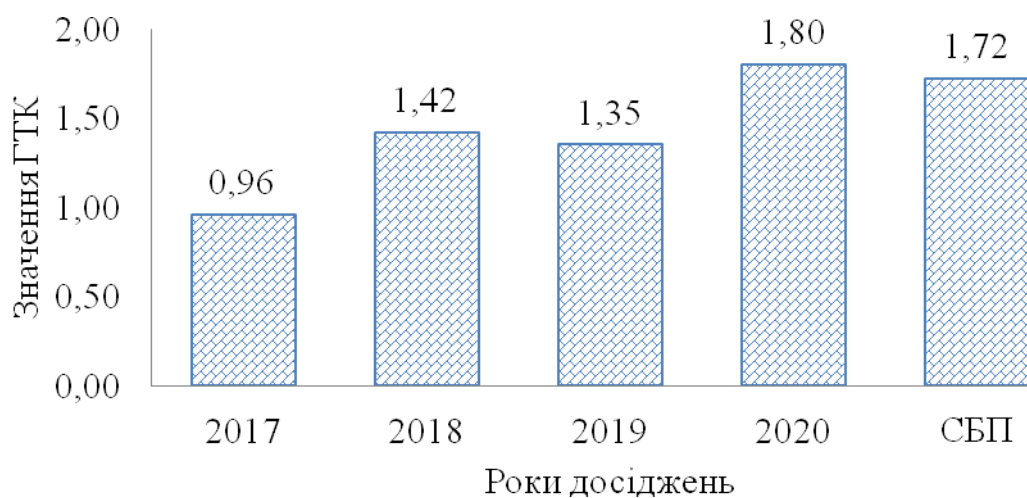
Рік	Місяці													
	Березень			Квітень			Травень			Червень			Липень	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
2017	5,9	4,3	7,7	11,8	7,8	11,7	14,5	12,9	18,4	16,6	19,8	23,8	19,6	20,3
2018	-4,0	-1,7	0,2	10,3	13,8	15,8	20,6	15,9	18,7	17,0	19,8	23,4	19,5	21,1
2019	4,6	4,7	4,9	9,9	7,8	13,6	12,8	18,9	20,1	21,9	24,0	22,0	19,6	17,6
2020	8,6	6,4	4,8	8,6	8,2	11,7	13,2	13,5	11,9	19,0	23,7	22,5	22,2	20,5
СБП	0,5	2,0	3,6	7,4	9,5	11,9	13,9	15,5	16,9	18,2	19,6	19,5	20,2	20,7

Додаток Г. 2

### Подекадна кількість опадів

Рік	Місяці													
	Березень			Квітень			Травень			Червень			Липень	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
2017	1,3	25,2	3,1	41,7	13,4	0,6	0,1	13,0	24,9	0,2	5,6	21,9	21,0	28,3
2018	50,8	53,6	17,9	0,1	0,0	23,2	8,2	33,9	0,0	39,0	54,8	68,8	12,9	21,3
2019	12,0	21,2	11,2	0,0	25,5	6,6	36,1	10,2	20,2	112,7	11,0	11,0	5,5	12,0
2020	9,4	6,6	10,3	4,0	16,0	45,5	35,4	26,7	60,2	14,9	27,4	29,2	21,3	6,3
СБП	11,0	13,0	12,0	12,0	13,0	13,0	13,0	19,0	29,0	18,0	30,0	32,0	26,0	22,0

Додаток Г. 3



### Гідротермічний коефіцієнт

Характеристика залучених у дослідження зразків за походженням та  
різновиднісним різноманіттям

№ з/п	Шифр	Група	Зразок	Різнovid	Походження
1	G1	I	Взірець - стандарт	nutans	UKR
2	G2	I	Новатор	inerme	UKR
3	G3	I	Реванш	inerme	UKR
4	G4	I	Крок	nutans	UKR
5	G5	I	Сталий	nutans	UKR
6	G6	I	Баскак	nutans	UKR
7	G7	I	Тівер	nutans	UKR
8	G8	I	Аверс	nutans	UKR
9	G9	I	Арістей	deficiens	UKR
10	G10	I	Щедрик	deficiens	UKR
11	G11	I	Дар Носівщини	nutans	UKR
12	G12	I	Смарагд	nutans	UKR
13	G13	I	Святовіт	nutans	UKR
14	G14	I	Рейнджер	nutans	UKR
15	G15	I	Букат	nutans	UKR
16	G16	II	Antigone	nutans	GBR
17	G17	II	Strief	nutans	DEU
18	G18	II	Skarb	nutans	POL
19	G19	II	Sunshine	nutans	DEU
20	G20	II	Concerto	nutans	GBR
21	G21	II	Henrike	nutans	DEU
22	G22	II	Almonte	nutans	CAN
23	G23	II	Diplom	nutans	DEU
24	G24	II	Victoriana	nutans	DEU
25	G25	II	Mastvinster	nutans	DEU
26	G26	II	Jermina	nutans	GBR
27	G27	II	Biatlon	nutans	GBR
28	G28	II	Капутар	nutans	AUS
29	G29	II	Vienna	deficiens	AUT
30	G30	II	Kormoran	deficiens	POL
31	G31	II	Skald	deficiens	POL
32	G32	II	Suveren	deficiens	POL
33	G33	II	Despina	deficiens	DEU
34	G34	II	Lilly	deficiens	DEU
35	G35	III	Куралай	nutans	KAZ
36	G36	III	Сыр-аруы	nutans	KAZ
37	G37	III	Сымбат	nutans	KAZ

38	G38	III	Ватан	nutans	KGZ
<i>Продовження Додатку Д.1</i>					
39	G39	III	Шынар	nutans	KGZ
40	G40	III	Владлен	nutans	KGZ
41	G41	III	Азык	nutans	KAZ
42	G42	III	Карагандинский 6	nutans	KAZ
43	G43	III	Илек 16	nutans	KAZ
44	G44	III	КАЗСУФФЛЕ 1	nutans	KAZ
45	G45	III	Chugaki № 14	nutans	MNG
46	G46	III	Памяти Райсы	medicum	KAZ
47	G47	III	Карагандинский 5	medicum	KAZ
48	G48	III	Карагандинский 7	submedicum	KAZ
49	G49	IV	Phoenix	nudum	CAN
50	G50	IV	CDC Cartel	nudum	CAN
51	G51	IV	4-15,	nudum	UKR
52	G52	IV	4-14,	nudum	UKR
53	G53	IV	4-9,	nudum	UKR
54	G54	IV	4-2,	nudum	UKR
55	G55	IV	4-1,	nudum	UKR
56	G56	IV	Rosalina	nudum	DNK
57	G57	IV	CDC Candle	nudum	CAN
58	G58	IV	CDC Alamo	nudum	CAN
59	G59	IV	NSGJ-1	nudum	SRB
60	G60	IV	Alberte AC	nudum	CAN
61	G61	IV	L 94	nigrinudum	DEU
62	G62	IV	Jet	nigrinudum	CAN
63	G63	IV	Millhouse	nudum	CAN
64	G64	V	Brier	pallidum	USA
65	G65	V	Yerong	pallidum	AUS
66	G66	V	Nord	pallidum	CAN
67	G67	V	AC Westech	pallidum	CAN
68	G68	V	AC Maple	pallidum	CAN
69	G69	V	AC Alma	pallidum	CAN
70	G70	V	Nobarb	ricotense	CAN
71	G71	V	AC Vision	ricotense	CAN
72	G72	V	Glacier AL.38	pallidum	GBR

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за врожайністю,  
гомеостатичністю та селекційною цінністю

№ з/п	Шифр	Група	Урожайність, г				Статистичні параметри	
			2018 р.	2019 р.	2020 р.	X	Ном <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>
1	G1	I	313,00	480,00	499,68	430,9	1810,13	269,91
2	G2	I	281,00	440,67	503,67	408,4	1453,48	227,87
3	G3	I	240,00	360,00	500,33	366,8	1032,44	175,94
4	G4	I	360,33	442,00	563,67	455,3	2026,27	291,08
5	G5	I	271,00	475,00	428,00	391,3	1433,53	223,27
6	G6	I	216,00	457,33	446,17	373,2	1022,23	176,25
7	G7	I	339,67	635,33	422,33	465,8	1422,19	249,02
8	G8	I	347,00	471,67	503,33	440,7	2349,55	303,80
9	G9	I	301,33	413,00	337,83	350,7	2160,35	255,89
10	G10	I	307,00	419,33	529,33	418,6	1575,88	242,75
11	G11	I	455,33	471,00	440,83	455,7	13765,59	426,53
12	G12	I	403,33	498,00	548,83	483,4	3164,38	355,24
13	G13	I	263,00	474,67	554,33	430,7	1231,83	204,33
14	G14	I	218,67	404,67	474,17	365,8	1013,11	168,71
15	G15	I	274,33	461,67	510,83	415,6	1384,13	223,20
16	G16	II	179,67	388,33	350,67	306,22	843,22	141,68
17	G17	II	257,00	374,33	435,50	355,61	1394,09	209,86
18	G18	II	289,67	475,00	586,67	450,44	1352,53	222,41
19	G19	II	245,00	337,00	504,33	362,11	997,31	175,91
20	G20	II	329,67	357,67	501,00	396,11	1707,17	260,65
21	G21	II	290,33	398,67	514,17	401,06	1436,94	226,46
22	G22	II	428,00	498,33	612,33	512,89	2827,80	358,49
23	G23	II	236,00	460,00	459,83	385,28	1148,21	197,66
24	G24	II	211,33	325,33	538,00	358,22	773,97	140,71
25	G25	II	347,67	385,67	551,33	428,22	1693,25	270,03
26	G26	II	248,00	355,33	436,50	346,61	1270,61	196,93
27	G27	II	264,33	307,67	458,67	343,56	1156,97	197,99
28	G28	II	188,67	286,67	359,17	278,17	904,28	146,12
29	G29	II	329,00	502,33	566,67	466,00	1766,52	270,55
30	G30	II	303,67	493,33	554,50	450,50	1551,76	246,71
31	G31	II	322,00	567,00	548,17	479,06	1683,25	272,06
32	G32	II	288,33	518,33	572,17	459,61	1401,25	231,61
33	G33	II	343,67	414,00	557,50	438,39	1763,44	270,24
34	G34	II	300,00	349,00	529,67	392,89	1276,14	222,53
35	G35	III	218,67	364,67	457,50	346,94	999,76	165,83
36	G36	III	304,33	369,67	435,83	369,94	2081,49	258,32
37	G37	III	294,67	455,00	482,67	410,78	1662,41	250,78
38	G38	III	361,00	448,67	446,00	418,56	3513,44	336,77

<i>Продовження Додатку Д.2</i>								
39	G39	III	336,33	471,00	388,67	398,67	2341,14	284,68
40	G40	III	185,00	363,33	350,67	299,67	902,46	152,58
41	G41	III	312,33	360,33	428,00	366,89	2316,37	267,74
42	G42	III	302,67	331,00	446,17	359,94	1704,68	244,18
43	G43	III	294,00	340,67	422,33	352,33	1911,08	245,27
44	G44	III	286,67	428,67	503,33	406,22	1499,29	231,36
45	G45	III	191,67	374,33	458,33	341,44	855,09	142,79
46	G46	III	321,33	415,67	396,67	377,89	2862,22	292,13
47	G47	III	210,00	277,00	372,67	286,56	1004,41	161,48
48	G48	III	149,33	270,33	354,83	258,17	645,28	108,65
49	G49	IV	250,00	411,00	419,67	360,22	1357,98	214,59
50	G50	IV	300,00	353,00	458,67	370,56	1699,88	242,37
51	G51	IV	195,00	327,67	394,00	305,56	921,43	151,23
52	G52	IV	251,00	320,00	479,17	350,06	1047,21	183,37
53	G53	IV	218,33	279,33	343,17	280,28	1258,46	178,32
54	G54	IV	178,67	416,33	450,33	348,44	820,30	138,24
55	G55	IV	167,33	380,00	358,33	301,89	778,74	132,94
56	G56	IV	354,00	402,00	417,67	391,22	4613,77	331,59
57	G57	IV	203,00	450,67	472,67	375,44	941,32	161,25
58	G58	IV	175,67	272,00	399,83	282,50	709,69	124,12
59	G59	IV	331,67	486,00	466,33	428,00	2180,64	292,09
60	G60	IV	214,50	420,00	424,33	352,94	1038,81	178,41
61	G61	IV	152,67	225,00	250,00	209,22	865,98	127,77
62	G62	IV	105,00	232,00	292,33	209,78	460,21	75,35
63	G63	IV	291,00	398,00	359,50	349,50	2253,84	255,54
64	G64	V	67,33	113,00	172,83	117,72	261,93	45,86
65	G65	V	185,33	296,67	373,00	285,00	860,66	141,61
66	G66	V	172,67	195,00	405,67	257,78	516,87	109,72
67	G67	V	240,67	397,33	519,50	385,83	1065,07	178,74
68	G68	V	112,33	401,33	470,17	327,94	566,43	78,35
69	G69	V	302,67	450,67	607,00	453,44	1351,06	226,10
70	G70	V	212,33	379,00	275,00	288,78	990,61	161,79
71	G71	V	299,33	374,67	379,83	351,28	2738,52	276,83
72	G72	V	305,33	513,00	490,33	436,22	1670,41	259,64
Mean			264,54	395,31	451,71	370,52	1653,65	214,73
Max			455,33	635,33	612,33	512,89	13765,59	426,53
Min			67,33	113,00	172,83	117,72	261,93	45,86
R			388,00	522,33	439,50	395,17	13503,66	380,67
$\sigma$			74,33	87,70	85,47	71,27	1629,32	71,08

Примітка: G1..G72 – шифр зразка відповідно Додатку Д.1; X – середнє значення у зразка за три роки; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальнє, мінімальнє значення у досліді (72 генотипи) та розмах варіювання ознаки, відповідно; Cv – коефіцієнт варіації;  $\sigma$  – стандартне відхилення;  $Hom_i$  – гомеостатичність;  $Sc_i$  – селекційна цінність

Рівень прояву та варіабельність продуктивної кушистості зразків ячменю ярого

№ з/п	Шифр	Група	Продуктивна кушистість, стебел/рослину				Статистичні параметри	
			2018 р.	2019 р.	2020 р.	X	Ном <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>
1	G1	I	3,09	4,85	4,30	4,08	18,42	2,59
2	G2	I	3,34	3,74	4,83	3,97	20,43	2,74
3	G3	I	3,44	4,06	4,25	3,92	36,44	3,17
4	G4	I	3,00	4,30	4,10	3,80	20,63	2,65
5	G5	I	2,85	3,74	4,76	3,79	14,97	2,27
6	G6	I	2,33	3,78	3,58	3,23	13,24	1,99
7	G7	I	2,98	4,60	4,50	4,03	17,87	2,61
8	G8	I	3,34	4,07	4,50	3,97	26,93	2,95
9	G9	I	3,22	3,92	3,24	3,46	30,22	2,84
10	G10	I	2,96	3,16	4,61	3,58	14,20	2,30
11	G11	I	3,32	2,98	3,87	3,39	25,61	2,61
12	G12	I	3,07	3,80	4,70	3,86	18,21	2,52
13	G13	I	2,96	3,70	3,40	3,35	30,26	2,68
14	G14	I	2,96	3,77	5,16	3,96	14,17	2,28
15	G15	I	3,46	3,45	3,91	3,61	49,22	3,18
16	G16	II	3,23	3,02	4,11	3,46	20,62	2,54
17	G17	II	3,10	4,14	4,98	4,07	17,67	2,54
18	G18	II	2,82	3,60	5,00	3,81	13,15	2,15
19	G19	II	2,84	3,95	4,40	3,73	17,34	2,41
20	G20	II	3,59	3,78	6,10	4,49	14,46	2,64
21	G21	II	3,03	2,90	3,90	3,28	19,85	2,44
22	G22	II	3,04	3,70	4,70	3,81	17,42	2,47
23	G23	II	3,44	3,42	4,62	3,83	21,44	2,84
24	G24	II	2,62	3,49	5,10	3,74	11,12	1,92
25	G25	II	3,67	3,09	4,81	3,86	17,00	2,48
26	G26	II	3,08	3,95	5,26	4,09	15,31	2,40
27	G27	II	2,93	3,52	4,55	3,67	16,36	2,36
28	G28	II	2,21	3,49	4,04	3,25	11,28	1,78
29	G29	II	3,32	3,10	3,20	3,21	94,47	3,00
30	G30	II	2,74	5,20	4,70	4,21	13,63	2,22
31	G31	II	3,46	3,90	3,70	3,69	61,54	3,27
32	G32	II	3,85	4,27	4,65	4,26	45,41	3,53
33	G33	II	3,22	3,64	4,50	3,79	22,01	2,71
34	G34	II	2,55	3,38	5,10	3,68	10,40	1,84
35	G35	III	2,84	3,19	3,83	3,29	21,47	2,43
36	G36	III	3,16	3,43	4,38	3,66	20,85	2,64
37	G37	III	2,97	3,56	3,38	3,30	35,98	2,75
38	G38	III	2,50	3,05	3,20	2,92	22,93	2,28

<i>Продовження Додатку Д.3</i>								
39	G39	III	2,94	3,76	4,30	3,67	19,57	2,50
40	G40	III	2,35	3,21	3,95	3,17	12,60	1,89
41	G41	III	3,08	3,80	3,24	3,37	30,29	2,74
42	G42	III	2,52	3,65	3,75	3,31	15,94	2,22
43	G43	III	2,90	3,99	4,30	3,73	18,94	2,52
44	G44	III	2,66	3,39	4,05	3,37	16,37	2,21
45	G45	III	2,84	3,36	3,90	3,37	21,34	2,45
46	G46	III	3,07	4,30	3,44	3,60	20,56	2,57
47	G47	III	2,94	3,39	4,49	3,61	16,30	2,36
48	G48	III	2,48	3,57	3,78	3,28	15,41	2,15
49	G49	IV	3,13	3,42	4,44	3,66	19,50	2,58
50	G50	IV	2,84	3,34	4,21	3,46	17,25	2,33
51	G51	IV	3,37	3,12	4,26	3,58	21,30	2,62
52	G52	IV	2,28	3,83	4,01	3,37	11,96	1,92
53	G53	IV	2,62	3,42	4,11	3,38	15,31	2,15
54	G54	IV	2,22	3,53	5,34	3,70	8,73	1,54
55	G55	IV	2,75	3,03	3,85	3,21	18,15	2,30
56	G56	IV	3,31	3,05	5,00	3,79	13,53	2,31
57	G57	IV	2,43	3,68	4,43	3,51	12,23	1,93
58	G58	IV	2,53	3,39	4,23	3,38	13,44	2,02
59	G59	IV	3,06	4,10	4,25	3,80	22,30	2,74
60	G60	IV	3,26	3,34	3,62	3,41	61,27	3,07
61	G61	IV	2,53	3,60	4,04	3,39	14,86	2,13
62	G62	IV	2,09	1,99	4,27	2,79	6,01	1,30
63	G63	IV	2,24	3,02	4,07	3,11	10,50	1,71
64	G64	V	2,28	2,97	2,61	2,62	19,73	2,01
65	G65	V	1,83	2,59	3,19	2,54	9,41	1,45
66	G66	V	2,01	2,20	2,81	2,34	13,08	1,67
67	G67	V	2,77	2,27	3,01	2,68	19,18	2,03
68	G68	V	2,56	2,64	3,11	2,77	26,18	2,29
69	G69	V	2,54	2,29	2,59	2,47	37,36	2,18
70	G70	V	2,48	2,30	3,08	2,62	16,77	1,95
71	G71	V	2,52	2,46	3,12	2,70	19,90	2,13
72	G72	V	2,62	2,90	3,14	2,89	32,33	2,41
Mean			2,87	3,47	4,11	3,48	21,67	2,38
Max			3,85	5,20	6,10	4,49	94,47	3,53
Min			1,83	1,99	2,59	2,34	6,01	1,30
R			2,03	3,21	3,51	2,15	88,45	2,23
$\sigma$			0,42	0,60	0,70	0,45	13,7	0,42

Примітка: G1..G72 – шифр зразка відповідно Додатку Д.1; X – середнє значення у зразка за три роки; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальнє, мінімальнє значення у досліді (72 генотипи) та розмах варіювання ознаки, відповідно;  $C_v$  – коефіцієнт варіації;  $\sigma$  – стандартне відхилення;  $Ном_i$  – гомеостатичність;  $Sc_i$  – селекційна цінність

Рівень прояву та варіабельність за масою 1000 зерен зразків  
ячменю ярого

№ з/п	Шифр	Група	Маса 1000 зерен, г				Статистичні параметри	
			2018 р.	2019 р.	2020 р.	X	Ном <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>
1	G1	I	56,20	49,60	40,20	48,67	294,56	34,81
2	G2	I	36,40	42,60	38,60	39,20	488,87	33,49
3	G3	I	43,00	41,60	38,60	41,07	750,22	36,86
4	G4	I	39,60	58,00	49,60	49,07	261,36	33,50
5	G5	I	41,40	51,80	36,00	43,07	230,95	29,93
6	G6	I	44,40	57,00	48,40	49,93	387,26	38,90
7	G7	I	36,40	49,80	34,40	40,20	192,99	27,77
8	G8	I	41,20	49,80	47,60	46,20	477,75	38,22
9	G9	I	42,20	49,40	31,80	41,13	191,22	26,48
10	G10	I	42,80	55,20	49,20	49,07	388,25	38,04
11	G11	I	55,60	55,20	48,20	53,00	674,96	45,95
12	G12	I	54,20	52,80	45,60	50,87	560,72	42,80
13	G13	I	58,00	53,60	48,20	53,27	578,05	44,27
14	G14	I	41,00	48,80	36,20	42,00	277,39	31,16
15	G15	I	48,00	45,60	39,40	44,33	442,90	36,39
16	G16	II	40,20	54,60	38,60	44,47	224,38	31,44
17	G17	II	57,00	52,20	37,60	48,93	236,98	32,28
18	G18	II	53,80	50,20	41,60	48,53	375,77	37,53
19	G19	II	50,80	48,00	44,00	47,60	662,97	41,23
20	G20	II	51,50	44,20	44,40	46,70	524,49	40,08
21	G21	II	51,40	50,80	42,80	48,33	486,55	40,25
22	G22	II	50,60	47,40	41,80	46,60	487,53	38,50
23	G23	II	48,60	44,00	38,00	43,53	356,54	34,04
24	G24	II	54,80	57,00	40,60	50,80	289,90	36,18
25	G25	II	50,60	49,60	35,00	45,07	232,58	31,17
26	G26	II	43,80	44,60	37,00	41,80	418,39	34,68
27	G27	II	43,20	48,00	42,40	44,53	654,80	39,34
28	G28	II	50,10	49,40	44,80	48,10	803,55	43,01
29	G29	II	51,20	46,60	35,20	44,33	238,60	30,48
30	G30	II	53,70	51,80	40,40	48,63	328,81	36,59
31	G31	II	50,00	52,40	42,20	48,20	435,64	38,82
32	G32	II	54,00	48,40	36,60	46,33	241,69	31,40
33	G33	II	57,60	55,80	38,40	50,60	241,46	33,73
34	G34	II	48,40	52,20	45,00	48,53	653,96	41,84
35	G35	III	42,40	53,00	38,40	44,60	263,66	32,31
36	G36	III	49,80	51,20	42,20	47,73	470,48	39,34
37	G37	III	40,40	49,60	37,60	42,53	288,16	32,24
38	G38	III	44,20	51,20	43,40	46,27	498,85	39,22

<i>Продовження Додатку Д.4</i>								
39	G39	III	49,80	51,20	40,60	47,20	386,88	37,43
40	G40	III	46,60	50,00	50,80	49,13	1082,50	45,07
41	G41	III	44,80	49,60	41,80	45,40	523,87	38,26
42	G42	III	42,20	49,80	42,20	44,73	456,05	37,91
43	G43	III	43,60	53,80	41,80	46,40	332,68	36,05
44	G44	III	40,60	49,80	42,40	44,27	401,89	36,09
45	G45	III	41,00	46,40	37,60	41,67	391,22	33,76
46	G46	III	49,40	49,80	40,60	46,60	417,61	37,99
47	G47	III	49,60	48,60	34,60	44,27	233,65	30,88
48	G48	III	44,00	41,00	39,20	41,40	706,83	36,88
49	G49	IV	41,20	39,60	30,80	37,20	247,11	27,81
50	G50	IV	43,80	39,00	32,20	38,33	252,11	28,18
51	G51	IV	42,60	47,20	37,80	42,53	384,88	34,06
52	G52	IV	46,20	47,00	37,00	43,40	338,95	34,17
53	G53	IV	38,20	48,80	39,60	42,20	309,26	33,03
54	G54	IV	42,60	41,80	37,80	40,73	645,19	36,14
55	G55	IV	40,40	55,00	32,40	42,60	158,36	25,10
56	G56	IV	38,80	47,00	41,00	42,27	420,92	34,89
57	G57	IV	43,60	40,80	33,60	39,33	299,90	30,31
58	G58	IV	48,60	50,40	39,00	46,00	345,27	35,60
59	G59	IV	54,40	52,00	48,60	51,67	915,97	46,16
60	G60	IV	50,40	48,40	41,80	46,87	488,07	38,87
61	G61	IV	43,60	43,00	37,20	41,27	481,79	35,21
62	G62	IV	44,30	50,00	42,20	45,50	512,93	38,40
63	G63	IV	48,50	45,20	38,00	43,90	358,93	34,40
64	G64	V	42,40	41,60	30,60	38,20	221,30	27,57
65	G65	V	46,60	48,40	45,20	46,73	1361,46	43,64
66	G66	V	40,80	46,00	39,40	42,07	508,87	36,03
67	G67	V	44,60	39,80	31,80	38,73	232,01	27,62
68	G68	V	46,60	39,80	37,60	41,33	364,13	33,35
69	G69	V	37,80	47,00	34,60	39,80	246,07	29,30
70	G70	V	50,20	42,80	41,00	44,67	409,19	36,48
71	G71	V	51,00	47,00	36,80	44,93	275,74	32,42
72	G72	V	51,50	47,60	37,00	45,37	274,29	32,59
Mean			46,51	48,59	39,93	45,01	424,99	35,50
Max			58,00	58,00	50,80	53,27	1361,46	46,16
Min			36,40	39,00	30,60	37,20	158,36	25,10
R			21,60	19,00	20,20	16,07	1203,10	21,06
$\sigma$			5,52	4,53	4,73	3,70	210,85	4,76

Примітка: G1..G72 – шифр зразка відповідно Додатку Д.1; X – середнє значення у зразка за три роки; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальнє, мінімальнє значення у досліді (72 генотипи) та розмах варіювання ознаки, відповідно;  $\sigma$  – стандартне відхилення;  $\text{Hom}_i$  – гомеостатичність;  $\text{Sc}_i$  – селекційна цінність

Рівень прояву та варіабельність за кількістю зерен у колосі зразків  
ячменю ярого

№ з/п	Шифр	Група	Кількість зерен у колосі, шт				Статистичні параметри	
			2018 р.	2019 р.	2020 р.	X	Hom <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>
1	G1	I	17,30	22,90	21,63	20,61	144,66	15,57
2	G2	I	22,30	21,30	21,10	21,57	723,46	20,41
3	G3	I	15,60	21,30	22,60	19,83	105,65	13,69
4	G4	I	16,60	24,70	23,50	21,60	106,73	14,52
5	G5	I	15,50	21,10	22,60	19,73	104,06	13,53
6	G6	I	17,20	19,20	20,00	18,80	245,07	16,17
7	G7	I	22,80	23,70	24,10	23,53	831,77	22,26
8	G8	I	16,70	18,60	19,00	18,10	266,61	15,91
9	G9	I	18,00	22,60	23,60	21,40	153,34	16,32
10	G10	I	15,10	20,10	14,80	16,67	93,30	12,27
11	G11	I	20,60	23,40	22,10	22,03	346,47	19,40
12	G12	I	22,10	22,90	21,80	22,27	871,94	21,20
13	G13	I	20,10	22,60	21,90	21,53	359,53	19,15
14	G14	I	21,30	20,10	19,50	20,30	449,63	18,58
15	G15	I	18,50	22,70	22,90	21,37	183,74	17,26
16	G16	II	12,60	23,20	22,50	19,43	63,70	10,55
17	G17	II	19,20	22,30	22,20	21,23	255,93	18,28
18	G18	II	19,00	24,10	21,00	21,37	177,66	16,85
19	G19	II	18,20	22,10	23,50	21,27	164,67	16,47
20	G20	II	17,60	26,90	28,50	24,33	100,60	15,03
21	G21	II	19,20	22,30	22,00	21,17	262,04	18,22
22	G22	II	21,60	23,50	25,50	23,53	283,98	19,93
23	G23	II	16,10	21,30	22,50	19,97	117,19	14,29
24	G24	II	14,50	24,80	22,80	20,70	78,45	12,10
25	G25	II	20,00	23,10	21,60	21,57	300,03	18,67
26	G26	II	15,70	20,70	24,30	20,23	94,79	13,07
27	G27	II	13,70	24,50	24,40	20,87	70,15	11,67
28	G28	II	12,20	18,10	15,60	15,30	79,05	10,31
29	G29	II	20,40	23,30	22,50	22,07	325,11	19,32
30	G30	II	18,30	22,30	22,30	20,97	190,35	17,21
31	G31	II	18,60	24,40	23,10	22,03	159,51	16,80
32	G32	II	17,60	22,80	21,10	20,50	158,50	15,82
33	G33	II	20,50	24,50	25,00	23,33	220,74	19,13
34	G34	II	15,80	21,20	21,40	19,47	119,28	14,37
35	G35	III	19,20	22,50	20,70	20,80	261,85	17,75
36	G36	III	17,20	22,30	20,90	20,13	153,83	15,53
37	G37	III	22,40	24,90	23,80	23,70	448,28	21,32
38	G38	III	17,00	19,30	17,40	17,90	260,75	15,77

## Продовження Додатку Д.5

39	G39	III	19,00	22,80	20,40	20,73	223,68	17,28
40	G40	III	14,50	17,10	17,00	16,20	178,16	13,74
41	G41	III	19,20	20,90	23,10	21,07	226,97	17,51
42	G42	III	17,30	23,00	20,60	20,30	144,00	15,27
43	G43	III	18,50	20,00	17,80	18,77	313,34	16,70
44	G44	III	21,10	22,40	23,40	22,30	431,21	20,11
45	G45	III	15,30	24,50	25,00	21,60	85,42	13,22
46	G46	III	19,60	21,20	21,40	20,73	435,72	18,99
47	G47	III	18,20	20,40	22,90	20,50	178,71	16,29
48	G48	III	19,70	22,40	19,80	20,63	278,11	18,15
49	G49	IV	20,70	26,10	23,10	23,30	200,66	18,48
50	G50	IV	19,70	25,40	26,30	23,80	158,26	17,83
51	G51	IV	15,90	21,80	19,90	19,20	122,40	14,00
52	G52	IV	17,10	20,10	16,80	18,00	177,55	15,04
53	G53	IV	16,60	23,20	21,70	20,50	121,47	14,67
54	G54	IV	11,20	23,50	25,10	19,93	52,24	8,89
55	G55	IV	18,80	26,30	25,30	23,47	135,23	16,77
56	G56	IV	16,10	22,10	27,40	21,87	84,57	12,85
57	G57	IV	22,60	27,50	29,10	26,40	205,79	20,50
58	G58	IV	13,20	18,00	20,90	17,37	77,55	10,97
59	G59	IV	18,90	20,90	21,10	20,30	338,74	18,18
60	G60	IV	18,20	19,30	20,50	19,33	324,92	17,16
61	G61	IV	11,20	19,80	16,70	15,90	58,04	8,99
62	G62	IV	18,10	19,00	19,90	19,00	401,11	17,28
63	G63	IV	23,50	24,50	26,00	24,67	483,54	22,29
64	G64	V	24,40	30,20	39,00	31,20	132,42	19,52
65	G65	V	32,70	28,70	26,60	29,33	277,66	23,86
66	G66	V	22,50	33,90	46,60	34,33	97,78	16,58
67	G67	V	35,40	50,80	47,70	44,63	244,58	31,10
68	G68	V	26,40	37,40	41,90	35,23	155,68	22,20
69	G69	V	40,10	41,40	47,60	43,03	462,05	36,25
70	G70	V	27,50	47,60	25,20	33,43	90,71	17,70
71	G71	V	23,20	35,90	34,10	31,07	140,45	20,08
72	G72	V	24,20	43,90	43,00	37,03	123,30	20,41
Mean			19,26	24,36	24,15	22,59	229,09	17,13
Max			40,10	50,80	47,70	44,63	871,94	36,25
Min			11,20	17,10	14,80	15,30	52,24	8,89
R			28,90	33,70	32,90	29,33	819,69	27,36
$\sigma$			4,86	6,43	6,92	5,58	165,51	4,29

Примітка: G1..G72 – шифр зразка відповідно Додатку Д.1; X – середнє значення у зразка за три роки; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальнє, мінімальнє значення у досліді (72 генотипи) та розмах варіювання ознаки, відповідно;  $\sigma$  – стандартне відхилення;  $\text{Hom}_i$  – гомеостатичність;  $\text{Sc}_i$  – селекційна цінність

Рівень прояву та варіабельність за масою зерен з рослини зразків  
ячменю ярого

№ з/п	Шифр	Група	Маса зерен з рослини, г				Статистичні параметри	
			2018 р.	2019 р.	2020 р.	X	Ном <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>
1	G1	I	2,51	4,45	3,32	3,43	12,05	1,93
2	G2	I	2,95	2,93	3,22	3,03	55,56	2,76
3	G3	I	2,08	2,99	2,85	2,64	14,22	1,84
4	G4	I	2,35	5,64	4,20	4,06	10,02	1,69
5	G5	I	2,04	3,84	3,02	2,97	9,77	1,58
6	G6	I	2,00	3,63	2,92	2,85	9,99	1,58
7	G7	I	2,81	4,68	3,30	3,60	13,37	2,16
8	G8	I	2,38	3,78	3,68	3,28	13,82	2,07
9	G9	I	2,41	3,38	2,13	2,64	10,60	1,66
10	G10	I	2,17	3,08	2,66	2,64	15,20	1,86
11	G11	I	3,45	3,23	3,87	3,52	38,46	2,94
12	G12	I	3,41	4,15	3,97	3,84	38,52	3,16
13	G13	I	3,13	3,69	3,18	3,33	35,37	2,82
14	G14	I	2,02	3,41	3,12	2,85	11,10	1,69
15	G15	I	2,98	3,13	2,76	2,96	46,47	2,60
16	G16	II	1,26	3,45	3,05	2,59	5,72	0,94
17	G17	II	2,26	3,77	3,58	3,20	12,45	1,92
18	G18	II	2,28	4,05	4,09	3,47	11,65	1,93
19	G19	II	2,17	3,76	3,85	3,26	11,29	1,84
20	G20	II	2,30	3,81	5,84	3,98	8,94	1,57
21	G21	II	2,72	2,97	3,32	3,00	30,18	2,46
22	G22	II	2,91	3,61	4,32	3,61	18,45	2,43
23	G23	II	1,97	2,80	3,45	2,74	10,10	1,56
24	G24	II	1,37	3,87	4,07	3,10	6,41	1,05
25	G25	II	2,93	2,74	3,22	2,96	36,50	2,52
26	G26	II	1,42	2,80	3,79	2,67	6,00	1,00
27	G27	II	1,67	3,45	4,19	3,10	7,42	1,23
28	G28	II	1,04	2,52	2,48	2,01	4,81	0,83
29	G29	II	2,76	3,21	2,36	2,78	18,23	2,05
30	G30	II	2,01	5,23	4,20	3,82	8,84	1,46
31	G31	II	2,87	4,36	3,19	3,47	15,35	2,29
32	G32	II	2,67	3,83	3,36	3,29	18,59	2,30
33	G33	II	3,09	4,22	3,66	3,66	23,65	2,68
34	G34	II	1,50	3,20	4,37	3,03	6,34	1,04
35	G35	III	2,39	3,26	2,43	2,69	14,85	1,98
36	G36	III	1,92	3,43	3,34	2,90	9,94	1,63
37	G37	III	3,07	3,90	2,82	3,26	18,78	2,36
38	G38	III	1,86	2,97	2,02	2,28	8,65	1,43

<i>Продовження Додатку Д.6</i>								
39	G39	III	2,23	3,55	2,95	2,91	12,76	1,82
40	G40	III	1,74	2,31	2,77	2,27	10,03	1,43
41	G41	III	2,42	3,34	2,61	2,79	16,05	2,02
42	G42	III	1,98	3,61	2,97	2,85	9,94	1,57
43	G43	III	2,41	3,69	2,93	3,01	14,12	1,97
44	G44	III	2,26	3,29	3,37	2,97	14,24	1,99
45	G45	III	1,22	2,91	3,14	2,42	5,61	0,94
46	G46	III	2,37	3,79	2,50	2,89	10,61	1,80
47	G47	III	2,25	3,19	2,91	2,78	15,92	1,96
48	G48	III	2,19	2,83	2,65	2,56	19,78	1,98
49	G49	IV	1,90	2,93	2,67	2,50	11,68	1,62
50	G50	IV	1,50	2,96	3,10	2,52	7,17	1,22
51	G51	IV	2,10	2,94	2,94	2,66	14,55	1,90
52	G52	IV	1,69	3,39	2,48	2,52	7,47	1,26
53	G53	IV	1,56	3,22	3,03	2,61	7,49	1,26
54	G54	IV	1,01	3,04	4,29	2,78	4,65	0,65
55	G55	IV	2,38	3,35	2,86	2,86	16,88	2,03
56	G56	IV	2,43	2,92	4,85	3,40	9,04	1,70
57	G57	IV	1,90	3,62	3,54	3,02	9,39	1,58
58	G58	IV	1,25	2,78	3,79	2,60	5,30	0,86
59	G59	IV	2,69	3,59	3,94	3,41	18,05	2,33
60	G60	IV	1,92	2,76	2,66	2,45	13,11	1,71
61	G61	IV	1,01	2,32	2,34	1,89	4,69	0,82
62	G62	IV	1,27	1,63	2,98	1,96	4,26	0,83
63	G63	IV	1,67	2,75	3,17	2,53	8,26	1,33
64	G64	V	1,55	2,78	2,62	2,32	8,06	1,29
65	G65	V	2,09	3,10	3,09	2,76	13,15	1,86
66	G66	V	1,58	3,30	3,99	2,96	7,03	1,17
67	G67	V	3,64	3,85	4,07	3,85	68,34	3,44
68	G68	V	2,46	3,15	4,00	3,20	13,34	1,97
69	G69	V	3,75	3,84	3,62	3,74	121,82	3,51
70	G70	V	1,97	3,87	2,83	2,89	8,80	1,47
71	G71	V	2,03	3,49	3,28	2,93	10,90	1,71
72	G72	V	1,97	4,95	4,15	3,69	8,83	1,47
Mean			2,19	3,42	3,31	2,97	16,37	1,80
Max			3,75	5,64	5,84	4,06	121,82	3,51
Min			1,01	1,63	2,02	1,89	4,26	0,65
R			2,74	4,00	3,83	2,17	117,56	2,86
σ			0,62	0,66	0,68	0,48	17,21	0,61

Примітка: G1..G72 – шифр зразка відповідно Додатку Д.1; X – середнє значення у зразка за три роки; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальнє, мінімальнє значення у досліді (72 генотипи) та розмах варіювання ознаки, відповідно; σ – стандартне відхилення; Hom<sub>i</sub> – гомеостатичність; Sc<sub>i</sub> – селекційна цінність

## Додаток Д.7

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за стійкістю до вилягання,  
гомеостатичністю та селекційною цінністю

№ з/п	Шифр	Група	Стійкість до вилягання, бал				Статистичні параметри	
			2018 р.	2019 р.	2020 р.	X	Ном <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>
1	G1	I	8,00	9,00	8,20	8,40	133,35	7,47
2	G2	I	5,67	8,67	6,50	6,94	31,14	4,54
3	G3	I	8,33	9,00	5,33	7,56	29,23	4,48
4	G4	I	7,00	8,00	7,33	7,44	108,84	6,51
5	G5	I	7,00	8,00	7,00	7,33	93,15	6,42
6	G6	I	6,33	6,67	7,33	6,78	90,22	5,85
7	G7	I	7,00	8,33	7,00	7,44	71,99	6,25
8	G8	I	7,33	6,67	7,00	7,00	147,00	6,36
9	G9	I	7,33	8,67	7,67	7,89	89,69	6,68
10	G10	I	7,67	9,00	8,33	8,33	104,17	7,10
11	G11	I	6,33	9,00	7,33	7,56	42,38	5,32
12	G12	I	6,67	8,00	7,33	7,33	80,67	6,11
13	G13	I	6,67	9,00	7,33	7,67	48,91	5,68
14	G14	I	6,33	9,00	7,33	7,56	42,38	5,32
15	G15	I	6,67	8,67	8,33	7,89	58,08	6,07
16	G16	II	7,33	9,00	8,67	8,33	78,74	6,79
17	G17	II	8,33	9,00	9,00	8,78	200,18	8,13
18	G18	II	8,00	8,67	8,67	8,44	185,27	7,79
19	G19	II	7,67	8,67	9,00	8,44	102,77	7,19
20	G20	II	8,33	8,67	9,00	8,67	225,33	8,02
21	G21	II	8,00	8,67	9,00	8,56	143,76	7,60
22	G22	II	7,00	8,33	8,33	7,89	80,85	6,63
23	G23	II	7,00	9,00	9,00	8,33	60,14	6,48
24	G24	II	7,67	9,00	8,67	8,44	102,77	7,19
25	G25	II	7,33	8,67	8,67	8,22	87,82	6,96
26	G26	II	8,00	8,33	9,00	8,44	140,05	7,51
27	G27	II	8,33	9,00	9,00	8,78	200,18	8,13
28	G28	II	8,67	8,00	9,00	8,56	143,76	7,60
29	G29	II	5,67	7,67	7,00	6,78	45,11	5,01
30	G30	II	8,00	8,33	9,00	8,44	140,05	7,51
31	G31	II	8,00	9,00	9,00	8,67	130,10	7,70
32	G32	II	7,33	8,67	8,33	8,11	94,81	6,86
33	G33	II	7,67	8,67	9,00	8,44	102,77	7,19
34	G34	II	7,33	9,00	9,00	8,44	74,11	6,88
35	G35	III	7,67	7,67	7,00	7,44	143,98	6,80
36	G36	III	7,00	7,33	7,00	7,11	262,76	6,79
37	G37	III	6,00	7,33	5,83	6,39	49,65	5,08

<i>Продовження Додатку Д.7</i>								
38	G38	III	7,00	8,00	6,50	7,17	67,25	5,82
39	G39	III	6,33	7,33	6,33	6,67	76,98	5,76
40	G40	III	7,00	8,67	7,00	7,56	59,33	6,10
41	G41	III	6,33	7,67	6,67	6,89	68,39	5,69
42	G42	III	6,33	5,67	6,00	6,00	108,00	5,37
43	G43	III	6,00	6,00	6,33	6,11	194,05	5,79
44	G44	III	7,00	7,67	7,00	7,22	135,52	6,59
45	G45	III	7,33	9,00	7,67	8,00	72,57	6,52
46	G46	III	6,00	7,67	6,33	6,67	50,40	5,22
47	G47	III	6,33	6,00	5,67	6,00	108,00	5,37
48	G48	III	6,33	5,00	5,33	5,56	44,48	4,39
49	G49	IV	6,33	6,67	5,67	6,22	76,04	5,29
50	G50	IV	7,33	8,00	5,33	6,89	34,20	4,59
51	G51	IV	6,67	8,67	5,67	7,00	32,08	4,58
52	G52	IV	6,00	8,33	6,33	6,89	37,61	4,96
53	G53	IV	7,00	8,00	6,67	7,22	75,17	6,02
54	G54	IV	6,00	7,33	6,67	6,67	66,67	5,45
55	G55	IV	6,67	7,33	8,00	7,33	80,67	6,11
56	G56	IV	7,33	8,33	8,67	8,11	94,81	6,86
57	G57	IV	6,33	6,67	7,33	6,78	90,22	5,85
58	G58	IV	7,67	9,00	7,33	8,00	72,57	6,52
59	G59	IV	6,67	8,67	7,00	7,44	51,72	5,73
60	G60	IV	8,00	9,00	7,33	8,11	78,43	6,61
61	G61	IV	7,33	6,67	6,50	6,83	105,89	6,06
62	G62	IV	7,00	8,00	7,33	7,44	108,84	6,51
63	G63	IV	7,67	7,67	7,00	7,44	143,98	6,80
64	G64	V	7,33	7,33	4,67	6,44	26,98	4,10
65	G65	V	8,67	9,00	7,33	8,33	78,74	6,79
66	G66	V	7,00	7,33	6,67	7,00	147,00	6,36
67	G67	V	7,00	8,33	8,00	7,78	87,18	6,53
68	G68	V	8,67	9,00	8,00	8,56	143,76	7,60
69	G69	V	8,00	8,33	7,00	7,78	87,18	6,53
70	G70	V	7,00	6,00	5,33	6,11	44,52	4,66
71	G71	V	8,00	8,67	6,33	7,67	48,91	5,60
72	G72	V	6,33	8,00	6,33	6,89	49,32	5,45
Mean			7,15	8,07	7,35	7,52	94,63	6,25
Max			8,67	9,00	9,00	8,78	262,76	8,13
Min			5,67	5,00	4,67	5,56	26,98	4,10
R			3,00	4,00	4,33	3,22	235,78	4,03
$\sigma$			0,76	0,95	1,16	0,80	49,26	0,98

Примітка: G1...G72 – шифр зразка відповідно Додатку Д.1; X – середнє значення у зразка за три роки; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальнє, мінімальнє значення у досліді (72 генотипи) та розмах варіювання ознаки, відповідно;  $\sigma$  – стандартнє відхилення;  $\text{Hom}_i$  – гомеостатичність;  $\text{Sc}_i$  – селекційна цінність

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за стійкістю до борошністої роси, гомеостатичністю та селекційною цінністю

№ з/п	Шифр	Група	Стійкість до борошністої роси, бал				Статистичні параметри	
			2018 р.	2019 р.	2020 р.	X	Ном <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>
1	G1	I	6,33	7,00	8,00	7,11	60,28	5,63
2	G2	I	6,67	6,33	8,00	7,00	55,56	5,54
3	G3	I	6,33	6,00	7,67	6,67	50,40	5,22
4	G4	I	7,00	7,00	8,00	7,33	93,15	6,42
5	G5	I	7,33	6,00	8,00	7,11	49,66	5,33
6	G6	I	5,67	5,33	7,33	6,11	34,85	4,44
7	G7	I	7,33	6,67	8,00	7,33	80,67	6,11
8	G8	I	6,00	5,00	7,33	6,11	31,90	4,17
9	G9	I	7,33	7,33	8,00	7,56	148,31	6,93
10	G10	I	6,00	6,00	7,67	6,56	44,66	5,13
11	G11	I	7,33	7,00	7,33	7,22	271,03	6,89
12	G12	I	7,00	6,33	7,33	6,89	93,20	5,95
13	G13	I	7,00	6,33	7,00	6,78	119,35	6,13
14	G14	I	6,67	6,00	7,00	6,56	84,40	5,62
15	G15	I	7,00	5,67	7,33	6,67	50,40	5,15
16	G16	II	8,00	7,67	7,67	7,78	314,34	7,45
17	G17	II	7,67	7,67	8,00	7,78	314,34	7,45
18	G18	II	6,67	7,00	8,00	7,22	75,17	6,02
19	G19	II	7,33	7,00	8,00	7,44	108,84	6,51
20	G20	II	7,87	8,00	8,00	7,96	843,49	7,83
21	G21	II	6,98	7,00	7,00	6,99	4235,45	6,97
22	G22	II	6,33	5,33	7,00	6,22	46,15	4,74
23	G23	II	7,00	6,67	7,00	6,89	246,59	6,56
24	G24	II	7,67	6,67	7,67	7,33	93,15	6,38
25	G25	II	7,33	7,67	8,00	7,67	176,33	7,03
26	G26	II	7,67	7,00	7,00	7,22	135,52	6,59
27	G27	II	8,00	7,67	8,00	7,89	323,38	7,56
28	G28	II	4,33	5,00	7,00	5,44	21,36	3,37
29	G29	II	7,00	7,00	8,00	7,33	93,15	6,42
30	G30	II	7,67	8,00	8,00	7,89	323,38	7,56
31	G31	II	7,33	7,00	7,00	7,11	262,76	6,79
32	G32	II	7,33	7,00	8,00	7,44	108,84	6,51
33	G33	II	7,97	8,00	8,00	7,99	3685,81	7,96
34	G34	II	7,00	6,33	7,00	6,78	119,35	6,13
35	G35	III	5,33	5,00	7,00	5,78	31,15	4,13
36	G36	III	6,33	5,67	7,00	6,33	60,17	5,13
37	G37	III	6,33	5,00	7,00	6,11	36,67	4,37
38	G38	III	5,33	5,00	7,00	5,78	31,15	4,13

<i>Продовження Додатку Д.8</i>								
39	G39	III	7,00	6,00	7,67	6,89	56,57	5,39
40	G40	III	5,00	5,00	6,00	5,33	49,27	4,44
41	G41	III	6,00	5,67	7,00	6,22	55,80	5,04
42	G42	III	6,00	5,00	6,83	5,94	38,50	4,35
43	G43	III	6,00	5,00	7,00	6,00	36,00	4,29
44	G44	III	5,67	5,00	7,33	6,00	29,95	4,09
45	G45	III	6,96	7,00	7,00	6,99	2113,69	6,95
46	G46	III	6,33	5,67	7,33	6,44	49,51	4,98
47	G47	III	6,00	5,67	6,33	6,00	108,00	5,37
48	G48	III	6,00	5,00	6,00	5,67	55,62	4,72
49	G49	IV	7,00	6,33	7,67	7,00	73,50	5,78
50	G50	IV	8,00	6,67	8,00	7,56	74,16	6,30
51	G51	IV	7,67	6,67	8,00	7,44	79,87	6,20
52	G52	IV	7,33	7,67	8,00	7,67	176,33	7,03
53	G53	IV	7,00	6,00	7,00	6,67	76,98	5,71
54	G54	IV	7,33	6,33	7,67	7,11	72,88	5,87
55	G55	IV	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
56	G56	IV	7,33	7,67	8,00	7,67	176,33	7,03
57	G57	IV	6,33	7,00	7,00	6,78	119,35	6,13
58	G58	IV	5,00	5,00	6,00	5,33	49,27	4,44
59	G59	IV	6,00	5,00	7,67	6,22	28,74	4,06
60	G60	IV	7,00	6,67	8,00	7,22	75,17	6,02
61	G61	IV	7,67	7,67	8,00	7,78	314,34	7,45
62	G62	IV	7,00	5,33	7,00	6,44	43,16	4,91
63	G63	IV	7,00	6,00	7,33	6,78	66,20	5,55
64	G64	V	8,00	7,00	7,00	7,33	93,15	6,42
65	G65	V	5,33	5,67	6,83	5,94	44,86	4,64
66	G66	V	6,00	5,67	7,33	6,33	45,48	4,89
67	G67	V	5,33	4,00	6,00	5,11	25,65	3,41
68	G68	V	5,33	4,33	7,00	5,56	22,91	3,44
69	G69	V	6,00	5,33	7,67	6,33	33,37	4,41
70	G70	V	7,00	6,00	7,00	6,67	76,98	5,71
71	G71	V	5,33	4,67	6,67	5,56	30,31	3,89
72	G72	V	5,67	6,00	7,67	6,44	38,76	4,76
Mean			6,69	6,22	7,38	6,76	242,13	5,66
Max			8,00	8,00	8,00	7,99	4235,45	7,96
Min			4,33	4,00	6,00	5,11	21,36	3,37
R			3,67	4,00	2,00	2,88	4214,09	4,59
$\sigma$			0,87	0,99	0,57	0,73	687,64	1,16

Примітка: G1...G72 – шифр зразка відповідно Додатку Д.1; X – середнє значення у зразка за три роки; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальнє, мінімальнє значення у досліді (72 генотипи) та розмах варіювання ознаки, відповідно;  $\sigma$  – стандартнє відхилення;  $\text{Hom}_i$  – гомеостатичність;  $\text{Sc}_i$  – селекційна цінність

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за стійкістю до сітчастої плямистості, гомеостатичністю та селекційною цінністю

№ з/п	Шифр	Група	Стійкість до сітчастої плямистості, бал				Статистичні параметри	
			2018 р.	2019 р.	2020 р.	X	Ном <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>
1	G1	I	7,00	8,00	7,57	7,52	112,83	6,58
2	G2	I	7,33	7,00	8,00	7,44	108,84	6,51
3	G3	I	7,00	8,00	8,00	7,67	101,81	6,71
4	G4	I	7,33	7,00	8,00	7,44	108,84	6,51
5	G5	I	7,00	7,00	7,00	7,00	490,00	7,00
6	G6	I	7,00	7,00	8,00	7,33	93,15	6,42
7	G7	I	7,00	7,00	7,33	7,11	262,76	6,79
8	G8	I	7,33	8,00	7,33	7,56	148,31	6,93
9	G9	I	7,33	7,00	7,33	7,22	271,03	6,89
10	G10	I	6,67	7,00	7,33	7,00	147,00	6,36
11	G11	I	7,33	7,00	8,00	7,44	108,84	6,51
12	G12	I	6,33	7,00	8,00	7,11	60,28	5,63
13	G13	I	7,00	7,00	7,33	7,11	262,76	6,79
14	G14	I	6,67	7,00	7,33	7,00	147,00	6,36
15	G15	I	6,33	7,00	7,33	6,89	93,20	5,95
16	G16	II	6,00	7,00	6,33	6,44	81,56	5,52
17	G17	II	6,33	7,00	6,67	6,67	133,33	6,03
18	G18	II	6,67	7,00	7,00	6,89	246,59	6,56
19	G19	II	6,00	7,00	6,00	6,33	69,47	5,43
20	G20	II	5,00	7,00	5,67	5,89	34,05	4,21
21	G21	II	6,00	7,00	6,00	6,33	69,47	5,43
22	G22	II	6,67	6,67	7,00	6,78	238,70	6,46
23	G23	II	6,33	7,00	6,00	6,44	81,56	5,52
24	G24	II	6,67	7,33	6,00	6,67	66,67	5,45
25	G25	II	6,33	8,00	6,33	6,89	49,32	5,45
26	G26	II	5,00	8,00	6,00	6,33	26,26	3,96
27	G27	II	5,67	7,33	7,00	6,67	50,40	5,15
28	G28	II	6,67	8,00	7,33	7,33	80,67	6,11
29	G29	II	7,00	8,00	6,67	7,22	75,17	6,02
30	G30	II	7,00	8,00	6,67	7,22	75,17	6,02
31	G31	II	6,67	7,00	7,00	6,89	246,59	6,56
32	G32	II	6,67	8,00	7,00	7,22	75,17	6,02
33	G33	II	6,00	7,00	6,67	6,56	84,40	5,62
34	G34	II	6,00	7,00	5,00	6,00	36,00	4,29
35	G35	III	7,00	8,00	8,00	7,67	101,81	6,71
36	G36	III	7,33	8,00	8,00	7,78	157,17	7,13
37	G37	III	7,33	8,00	8,00	7,78	157,17	7,13
38	G38	III	7,33	8,00	8,00	7,78	157,17	7,13

<i>Продовження Додатку Д.9</i>								
39	G39	III	7,00	8,00	7,67	7,56	112,12	6,61
40	G40	III	7,00	8,00	7,67	7,56	112,12	6,61
41	G41	III	7,33	7,00	7,00	7,11	262,76	6,79
42	G42	III	6,67	7,00	8,00	7,22	75,17	6,02
43	G43	III	6,67	8,00	8,00	7,56	74,16	6,30
44	G44	III	7,33	8,00	8,00	7,78	157,17	7,13
45	G45	III	7,33	7,00	8,00	7,44	108,84	6,51
46	G46	III	7,33	7,00	7,00	7,11	262,76	6,79
47	G47	III	6,67	7,00	8,00	7,22	75,17	6,02
48	G48	III	7,33	8,00	8,00	7,78	157,17	7,13
49	G49	IV	7,33	8,00	7,67	7,67	176,33	7,03
50	G50	IV	8,00	8,00	8,00	8,00	640,00	8,00
51	G51	IV	8,00	7,00	7,33	7,44	108,84	6,51
52	G52	IV	6,33	7,00	7,67	7,00	73,50	5,78
53	G53	IV	7,00	8,00	7,00	7,33	93,15	6,42
54	G54	IV	7,67	7,00	5,33	6,67	36,98	4,64
55	G55	IV	7,00	7,00	6,00	6,67	76,98	5,71
56	G56	IV	6,33	7,00	5,33	6,22	46,15	4,74
57	G57	IV	7,00	8,00	8,00	7,67	101,81	6,71
58	G58	IV	7,00	8,00	8,00	7,67	101,81	6,71
59	G59	IV	7,67	8,00	7,00	7,56	112,12	6,61
60	G60	IV	7,50	7,00	7,00	7,17	177,92	6,69
61	G61	IV	7,33	9,00	7,33	7,89	64,68	6,43
62	G62	IV	8,00	9,00	8,00	8,33	120,28	7,41
63	G63	IV	7,67	7,00	8,00	7,56	112,12	6,61
64	G64	V	6,67	8,00	7,33	7,33	80,67	6,11
65	G65	V	7,33	8,00	8,00	7,78	157,17	7,13
66	G66	V	7,33	8,00	8,00	7,78	157,17	7,13
67	G67	V	7,67	9,00	8,00	8,22	97,43	7,00
68	G68	V	8,00	8,00	8,00	8,00	533,33	8,00
69	G69	V	8,00	8,00	8,00	8,00	640,00	8,00
70	G70	V	7,33	7,00	8,00	7,44	108,84	6,51
71	G71	V	7,33	8,00	8,00	7,78	157,17	7,13
72	G72	V	6,67	7,00	8,00	7,22	75,17	6,02
Mean			6,93	7,50	7,29	7,24	143,86	6,34
Max			8,00	9,00	8,00	8,33	640,00	8,00
Min			5,00	6,67	5,00	5,89	26,26	3,96
R			3,00	2,33	3,00	2,44	613,74	4,04
σ			0,63	0,58	0,80	0,53	122,68	0,81

Примітка: G1...G72 – шифр зразка відповідно Додатку Д.1; X – середнє значення у зразка за три роки; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальнє, мінімальнє значення у досліді (72 генотипи) та розмах варіювання ознаки, відповідно; σ – стандартнє відхилення;  $Hom_i$  – гомеостатичність;  $Sc_i$  – селекційна цінність

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за стійкістю до темно-бурої  
плямистості, гомеостатичністю та селекційною цінністю

№ з/п	Шифр	Група	Стойкість до темно бруої плямистості, бал				Статистичні параметри	
			2018 р.	2019 р.	2020 р.	X	Ном <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>
1	G1	I	7,00	6,00	7,47	6,82	62,11	5,48
2	G2	I	6,67	6,00	8,00	6,89	46,60	5,17
3	G3	I	7,00	5,33	7,33	6,56	40,11	4,77
4	G4	I	7,33	6,00	8,00	7,11	49,66	5,33
5	G5	I	8,00	5,33	8,00	7,11	32,84	4,74
6	G6	I	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
7	G7	I	7,67	6,33	8,00	7,33	60,98	5,81
8	G8	I	8,00	6,00	8,00	7,33	46,57	5,50
9	G9	I	8,00	5,00	7,00	6,67	29,10	4,17
10	G10	I	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
11	G11	I	8,00	5,33	8,00	7,11	32,84	4,74
12	G12	I	7,00	5,00	7,00	6,33	34,74	4,52
13	G13	I	8,00	6,00	8,00	7,33	46,57	5,50
14	G14	I	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
15	G15	I	7,00	5,33	7,33	6,56	40,11	4,77
16	G16	II	6,33	5,00	7,00	6,11	36,67	4,37
17	G17	II	7,33	4,33	7,33	6,33	23,16	3,74
18	G18	II	6,67	5,00	8,00	6,56	28,59	4,10
19	G19	II	7,00	5,00	7,67	6,56	30,97	4,28
20	G20	II	7,00	5,00	7,00	6,33	34,74	4,52
21	G21	II	6,33	5,00	7,00	6,11	36,67	4,37
22	G22	II	7,33	5,33	8,00	6,89	34,20	4,59
23	G23	II	6,67	5,00	7,00	6,22	36,13	4,44
24	G24	II	7,00	5,33	7,00	6,44	43,16	4,91
25	G25	II	6,33	5,33	7,33	6,33	40,11	4,61
26	G26	II	6,67	5,33	7,33	6,44	40,78	4,69
27	G27	II	7,00	5,33	7,33	6,56	40,11	4,77
28	G28	II	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
29	G29	II	7,67	5,33	7,00	6,67	36,98	4,64
30	G30	II	7,67	5,67	8,00	7,11	40,07	5,04
31	G31	II	7,00	5,67	7,00	6,56	55,83	5,31
32	G32	II	7,33	5,33	8,00	6,89	34,20	4,59
33	G33	II	6,67	5,67	8,00	6,78	39,24	4,80
34	G34	II	7,00	5,33	8,00	6,78	34,10	4,52
35	G35	III	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
36	G36	III	7,33	5,00	8,00	6,78	29,16	4,24
37	G37	III	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
38	G38	III	7,33	6,00	8,00	7,11	49,66	5,33

<i>Продовження Додатку Д.10</i>								
39	G39	III	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
40	G40	III	7,67	5,33	7,67	6,89	35,23	4,79
41	G41	III	7,67	6,00	7,67	7,11	52,55	5,57
42	G42	III	7,67	5,00	8,00	6,89	28,86	4,31
43	G43	III	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
44	G44	III	7,33	5,00	8,00	6,78	29,16	4,24
45	G45	III	7,00	6,00	7,33	6,78	66,20	5,55
46	G46	III	7,67	5,00	8,00	6,89	28,86	4,31
47	G47	III	7,00	5,00	8,00	6,67	29,10	4,17
48	G48	III	7,33	5,67	7,33	6,78	47,74	5,24
49	G49	IV	7,67	5,50	7,67	6,94	38,55	4,98
50	G50	IV	8,00	6,00	8,00	7,33	46,57	5,50
51	G51	IV	8,00	6,00	7,67	7,22	48,68	5,42
52	G52	IV	6,67	5,67	7,67	6,67	44,44	4,93
53	G53	IV	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
54	G54	IV	7,33	6,00	8,00	7,11	49,66	5,33
55	G55	IV	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
56	G56	IV	7,33	5,00	7,33	6,56	31,90	4,47
57	G57	IV	7,00	5,00	7,00	6,33	34,74	4,52
58	G58	IV	7,67	6,00	7,00	6,89	56,57	5,39
59	G59	IV	7,67	6,00	8,00	7,22	48,68	5,42
60	G60	IV	8,00	6,00	7,33	7,11	49,66	5,33
61	G61	IV	7,00	8,00	7,00	7,33	93,15	6,42
62	G62	IV	8,00	7,33	8,00	7,78	157,17	7,13
63	G63	IV	7,00	5,00	7,00	6,33	34,74	4,52
64	G64	V	6,67	6,33	7,00	6,67	133,33	6,03
65	G65	V	7,67	6,00	7,33	7,00	55,56	5,48
66	G66	V	7,33	6,67	8,00	7,33	80,67	6,11
67	G67	V	7,67	8,00	8,00	7,89	323,38	7,56
68	G68	V	8,00	6,00	8,00	7,33	46,57	5,50
69	G69	V	8,00	7,00	8,00	7,67	101,81	6,71
70	G70	V	7,00	6,00	7,33	6,78	66,20	5,55
71	G71	V	8,00	7,00	8,00	7,67	101,81	6,71
72	G72	V	7,33	5,67	7,33	6,78	47,74	5,24
Mean			7,37	5,72	7,65	6,91	52,26	5,12
Max			8,00	8,00	8,00	7,89	323,38	7,56
Min			6,33	4,33	7,00	6,11	23,16	3,74
R			1,67	3,67	1,00	1,78	300,22	3,82
σ			0,47	0,67	0,41	0,40	39,46	0,71

Примітка: G1...G72 – шифр зразка відповідно Додатку Д.1; X – середнє значення у зразка за три роки; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальнє, мінімальнє значення у досліді (72 генотипи) та розмах варіювання ознаки, відповідно; σ – стандартнє відхилення;  $Hom_i$  – гомеостатичність;  $Sc_i$  – селекційна цінність

## Додаток Д.11

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за стійкістю до карликової іржі, гомеостатичністю та селекційною цінністю

№ з/п	Шифр	Група	Стійкість до карликової іржі, бал				Статистичні параметри	
			2018 р.	2019 р.	2020 р.	X	Ном <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>
1	G1	I	6,00	6,00	7,73	6,58	43,24	5,10
2	G2	I	5,33	5,33	7,00	5,89	36,04	4,49
3	G3	I	4,67	5,00	6,67	5,44	27,66	3,81
4	G4	I	5,67	5,33	7,00	6,00	40,82	4,57
5	G5	I	5,67	5,67	7,00	6,11	48,51	4,95
6	G6	I	5,33	5,33	7,00	5,89	36,04	4,49
7	G7	I	5,33	5,33	7,00	5,89	36,04	4,49
8	G8	I	5,67	5,67	7,00	6,11	48,51	4,95
9	G9	I	5,00	5,33	7,00	5,78	31,15	4,13
10	G10	I	5,33	5,33	6,67	5,78	43,37	4,62
11	G11	I	6,00	7,00	7,33	6,78	66,20	5,55
12	G12	I	5,00	5,33	7,00	5,78	31,15	4,13
13	G13	I	5,00	5,00	7,00	5,67	27,81	4,05
14	G14	I	5,33	5,33	7,33	6,00	31,18	4,36
15	G15	I	5,33	5,33	7,33	6,00	31,18	4,36
16	G16	II	6,00	7,00	7,33	6,78	66,20	5,55
17	G17	II	5,33	5,33	7,00	5,89	36,04	4,49
18	G18	II	6,00	6,00	7,00	6,33	69,47	5,43
19	G19	II	6,00	6,33	7,00	6,44	81,56	5,52
20	G20	II	6,00	7,00	7,67	6,89	56,57	5,39
21	G21	II	5,33	5,33	7,00	5,89	36,04	4,49
22	G22	II	5,33	5,67	7,00	6,00	40,82	4,57
23	G23	II	5,67	7,00	7,33	6,67	50,40	5,15
24	G24	II	5,67	7,00	8,00	6,89	40,54	4,88
25	G25	II	5,67	7,00	7,67	6,78	45,11	5,01
26	G26	II	6,00	7,00	8,00	7,00	49,00	5,25
27	G27	II	6,00	7,00	7,00	6,67	76,98	5,71
28	G28	II	4,33	4,33	7,00	5,22	17,71	3,23
29	G29	II	5,33	5,33	7,33	6,00	31,18	4,36
30	G30	II	5,00	5,33	7,67	6,00	24,78	3,91
31	G31	II	6,00	6,33	7,00	6,44	81,56	5,52
32	G32	II	6,00	7,00	8,00	7,00	49,00	5,25
33	G33	II	5,67	7,00	8,00	6,89	40,54	4,88
34	G34	II	6,00	7,00	8,00	7,00	49,00	5,25
35	G35	III	5,00	5,33	7,00	5,78	31,15	4,13
36	G36	III	5,00	5,00	7,00	5,67	27,81	4,05
37	G37	III	5,00	5,33	7,33	5,89	27,48	4,02
38	G38	III	5,33	5,00	7,00	5,78	31,15	4,13

## Продовження Додатку Д.11

39	G39	III	5,00	5,00	7,33	5,78	24,78	3,94
40	G40	III	6,00	6,33	6,33	6,22	201,17	5,89
41	G41	III	5,67	6,00	7,00	6,22	55,80	5,04
42	G42	III	5,67	6,00	7,00	6,22	55,80	5,04
43	G43	III	6,00	6,00	7,00	6,33	69,47	5,43
44	G44	III	5,67	5,00	7,00	5,89	34,05	4,21
45	G45	III	6,00	6,00	7,00	6,33	69,47	5,43
46	G46	III	5,33	5,00	7,00	5,78	31,15	4,13
47	G47	III	5,67	6,00	7,00	6,22	55,80	5,04
48	G48	III	5,67	5,67	6,67	6,00	62,35	5,10
49	G49	IV	6,33	6,67	7,00	6,67	133,33	6,03
50	G50	IV	6,33	6,00	7,67	6,67	50,40	5,22
51	G51	IV	6,00	5,67	7,00	6,22	55,80	5,04
52	G52	IV	5,00	4,67	7,00	5,56	24,46	3,70
53	G53	IV	5,67	5,67	7,00	6,11	48,51	4,95
54	G54	IV	6,00	6,00	7,00	6,33	69,47	5,43
55	G55	IV	6,00	5,67	7,67	6,44	38,76	4,76
56	G56	IV	5,33	5,33	7,33	6,00	31,18	4,36
57	G57	IV	5,33	5,33	7,67	6,11	27,72	4,25
58	G58	IV	4,00	3,00	6,00	4,33	12,29	2,17
59	G59	IV	5,00	4,83	7,00	5,61	26,11	3,87
60	G60	IV	5,00	4,00	7,00	5,33	18,62	3,05
61	G61	IV	5,33	3,00	5,67	4,67	14,99	2,47
62	G62	IV	5,00	3,33	6,67	5,00	15,00	2,50
63	G63	IV	6,00	6,00	8,00	6,67	38,49	5,00
64	G64	V	5,33	5,00	7,00	5,78	31,15	4,13
65	G65	V	4,67	5,00	7,00	5,56	24,46	3,70
66	G66	V	5,00	4,33	7,00	5,44	21,36	3,37
67	G67	V	4,33	4,00	7,33	5,22	14,85	2,85
68	G68	V	4,67	5,00	7,00	5,56	24,46	3,70
69	G69	V	4,67	5,00	7,00	5,56	24,46	3,70
70	G70	V	6,00	5,33	7,00	6,11	44,52	4,66
71	G71	V	4,67	5,33	7,00	5,67	26,72	3,78
72	G72	V	5,33	5,33	7,00	5,89	36,04	4,49
Mean			5,44	5,55	7,14	6,04	43,78	4,51
Max			6,33	7,00	8,00	7,00	201,17	6,03
Min			4,00	3,00	5,67	4,33	12,29	2,17
R			2,33	4,00	2,33	2,67	188,88	3,87
$\sigma$			0,51	0,92	0,42	0,54	27,39	0,82

Примітка: G1...G72 – шифр зразка відповідно Додатку Д.1; X – середнє значення у зразка за три роки; Mean, Max, Min, R – середнє, максимальнє, мінімальнє значення у досліді (72 генотипи) та розмах варіювання ознаки, відповідно;  $\sigma$  – стандартнє відхилення;  $\text{Hom}_i$  – гомеостатичність;  $\text{Sc}_i$  – селекційна цінність

## Походження селекційних ліній ячменю ярого

Шифр	Сорт, селекційна лінія	Походження
G1	Взірець – стандарт	
G2	Нутанс 4705	Галактик / Сонцедар
G3	Нутанс 4816	Аскольд / Сонцедар
G4	Нутанс 4893	Sebastian / Юкатан
G5	Нутанс 4693	Сонцедар / Пам'ятний
G6	Нутанс 5073	Колорит / Ebson
G7	Нутанс 4966	GBR / Лучезарний
G8	Нутанс 5061	Philadelphia / Серпанок
G9	Нутанс 5070	Barke / Сонцедар
G10	Дефіцієнс 5145	Celinka / Якуб
G11	Нутанс 5159	Vivaldi / Колорит
G12	Дефіцієнс 5161	Beatrix / Class
G13	Дефіцієнс 5162	Beatrix / Class
G14	Нутанс 5184	Омський 91 / Триполь
G15	Нутанс 5185	Здобуток / Себесо 0554
G16	Нутанс 5191	Хадар / Нутанс 4149
G17	Нутанс 5193	Віраж / KWS Aliciana

Проміжна таблиця ГҮТ характеристик селекційних ліній ячменю ярого за комплексом ознак, 2017–2020 рр.

шифр	TKW	LE	PM	SB	NB	PH
G1	1,90	1,60	0,32	0,30	0,29	0,30
G2	1,96	1,61	0,30	0,34	0,36	0,35
G3	2,05	1,43	0,31	0,35	0,33	0,34
G4	1,90	1,32	0,30	0,34	0,32	0,32
G5	1,93	2,04	0,33	0,30	0,31	0,27
G6	2,30	2,81	0,37	0,37	0,38	0,33
G7	2,05	2,42	0,34	0,33	0,36	0,33
G8	1,88	1,95	0,31	0,27	0,27	0,27
G9	2,04	1,68	0,32	0,31	0,28	0,31
G10	1,81	2,28	0,28	0,32	0,32	0,32
G11	1,91	1,13	0,33	0,29	0,30	0,29
G12	2,27	1,37	0,39	0,35	0,37	0,35
G13	2,35	3,02	0,45	0,40	0,40	0,38
G14	2,23	2,35	0,28	0,33	0,35	0,29
G15	1,91	0,98	0,30	0,26	0,24	0,28
G16	1,86	1,73	0,29	0,31	0,28	0,30
G17	2,06	2,66	0,31	0,32	0,31	0,32

Примітка: TKW – маса 1000 зерен, г; LE – витік електролітів, %; PM – стійкість до борошнистої роси, бал; SB – стійкість до темно-бурої плямистості, бал; NB – стійкість до сітчастої плямистості, бал; PH – стійкість до карликової іржі, бал.

**СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА****Статті в наукових фахових виданнях України (категорія Б)**

1. Гудзенко В. М., **Поліщук Т. П.**, Бабій О. О., Лисенко А. А., Юрченко Т. В. Комплексне оцінювання селекційних ліній ячменю ярого за врожайністю, стабільністю та стійкістю до біо- та абіотичних чинників в умовах центральної частини Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 1. С. 30–42. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.1.2021.228206>. (50 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

2. Гудзенко В. М., **Поліщук Т. П.**, Дем'янюк О. С., Бабій О. О., Лисенко А. А. Стабільність урожайності колекційних зразків ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) в умовах Центральної частини Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 140–149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227252>. (50 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

3. Гудзенко В. М., Дем'янюк О. С., **Поліщук Т. П.**, Бабій О. О., Лисенко А. А. Ідентифікація генетичних джерел підвищеного та стабільного рівня прояву маси 1000 зерен ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.). *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 82–90. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240325>. (50 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

4. Гудзенко В. М., **Поліщук Т. П.**, Лисенко А. А., Худолій Л. В., Бабенко А. І. Селекційно-генетичні особливості ячменю ярого за масою 1000 зерен в умовах центральної частини Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 3. С. 183–192. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.3.2021.242982>. (50 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

5. Гудзенко В. М., **Поліщук Т. П.**, Лисенко А. А., Худолій Л. В., Бабенко А. І., Мандровська С. М. Рівень прояву та варіабельність кількості зерен у колосі ячменю ярого. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 4. С.

335–349. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.249026>. (50 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

6. **Поліщук Т. П.**, Гудзенко В. М. Успадкування кількості зерен у колосі в F<sub>1</sub> ячменю ярого при схрещуванні сортів різного походження, напрямів використання та різновидностей. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2022. Т. 18, № 3. С. 196–205. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.3.2022.269023>. (60 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

### Статті в науковому виданні України, що індексується у наукометричних базах Scopus та Web of Science

7. Hudzenko V. M., **Polishchuk T. P.**, Lysenko A. A., Fedorenko I. V., Fedorenko M. V., Khudolii L. V., Ishchenko V. A., Kozelets H. M., Babenko, A. I., Tanchyk S. P., Mandrovska, S. M. Elucidation of gene action and combining ability for productive tillering in spring barley. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. V. 13, Iss. 2. P. 197–206. <https://doi.org/10.15421/022225>. (30 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

### Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

8. **Поліщук Т. П.**, Гудзенко В. М., Бабій О.О. Оцінка колекційних зразків для селекції ячменю ярого в умовах Центрального Лісостепу України. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: матеріали VII Міжнародної науково – практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (с. Центральне, 19 квітня 2019 р.). Вінниця : «Твори», 2019. С. 89. (70 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

9. **Поліщук Т. П.**, Гудзенко В. М., Бабій О.О. Ступінь фенотипового домінування ячменю ярого за елементами структури врожайності. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: матеріали VIII Міжнародної науково – практичної конференції молодих вчених і

спеціалістів (с. Центральне, 24 квітня 2020 р.). с. Центральне, 2020. С. 82–83. (70 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

10. **Поліщук Т. П.**, Гудзенко В. М., Бабій О. О. Виділення генетичних джерел цінних господарських ознак для селекції ячменю ярого в умовах центральної частини Лісостепу України. *Роль науково-технічного забезпечення розвитку агропромислового комплексу в сучасних ринкових умовах*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. 25 лютого 2021р. Дніпро, 2021. С. 78–79. (70 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

11. Гудзенко В. М., **Поліщук Т. П.**, Бабій О. О. Системне оцінювання селекційних ліній ячменю ярого за комплексом ознак в умовах центральної частини Лісостепу України. *Аграрна освіта та наука: досягнення та перспективи розвитку*: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, присвячена видатним вченим Васильківському С. П., і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції та насінництва пшениці і картоплі та 100-річчю з часу заснування Агробіотехнологічного (агрономічного) факультету. 4-5 березня 2021 р. Біла Церква, С. 105–107. (60 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

12. Гудзенко В. М., **Поліщук Т. П.** Діалельний аналіз генетичного контролю маси 1000 зерен ячменю ярого. *Генетика та селекція сільськогосподарських культур – від молекули до сорту*: матеріали V інтернет-конференції молодих вчених. 21 вересня 2021 р., м. Київ. С. 7. (80 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

### **Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації**

13. Hudzenko V. M., Demydov O. A., **Polishchuk T. P.**, Fedorenko I. V., Lysenko A. A., Fedorenko M. V., Siroshstan A. A., Yurchenko T. V., Shevchenko T. V. Comprehensive evaluation of spring barley yield and tolerance to abiotic and biotic stresses. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. V. 11, Iss. 8. P. 48–55.

[https://doi.org/10.15421/2021\\_267](https://doi.org/10.15421/2021_267). (40 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).

14. Hudzenko V. M., **Polishchuk T. P.**, Lysenko A. A. Gene action for kernel weight per plant in spring barley. *International Journal of Sustainable Agricultural Research*. 2022. V. 9, № 2. P. 100–109. <https://doi.org/10.18488/ij sar.v9i2.3021>. (40 % авторства: проведення досліджень, аналіз даних, написання статті).