

Стійкість колекційних зразків ячменю озимого проти комплексу біо- та абіотичних стресових чинників у Лісостепу України

В. М. Гудзенко^{1,2*}, А. А. Лисенко³, Т. П. Поліщук⁴, Н. М. Буняк¹, М. О. Сардак¹, Т. В. Юрченко⁴, Є. А. Кузьменко³, Л. В. Худолій², І. В. Коховська², Ю. А. Кравченко²

¹Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, вул. Миру, 1, с. Дослідне, Носівський р-н, Чернігівська обл., 17131, Україна, *e-mail: barley22@ukr.net

²Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

³ТОВ «Київ-Атлантик Україна», вул. Степова, 8, м. Миронівка, Обухівський р-н, Київська обл., 08800, Україна

⁴Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., 08853, Україна

Мета. Виділити генетичні джерела стійкості / толерантності до найбільш поширених біо- та абіотичних стресових чинників для залучення їх у селекційні програми ячменю озимого в Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили в умовах Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН протягом 2018/19, 2020/21, 2021/22 рр. Матеріалом для досліджень слугували 74 колекційні зразки різного походження. Оцінювання стійкості/толерантності до біо- та абіотичних чинників виконували в польових та лабораторних умовах відповідно до загальноприйнятих методик. Для характеристики зразків за комплексом ознак та їх поєднання з врожайністю застосовували GYT biplot. **Результати.** За результатами проведених досліджень виділено генетичні джерела стійкості/толерантності до біо- та абіотичних чинників. Зокрема, стійкості проти: борошнистої роси – 14 зразків [‘МИР 13/1’, ‘МИР 12-1’, ‘МИР 12-12’ (UKR) тощо], темно-бурої плямистості – 13 [‘МИР 12-13’, ‘МИР 12-11’ (UKR); ‘Novosadski 737’ (SRB) та ін.], смугастої плямистості – 17 [‘Л122’, ‘МИР 12-14’ (UKR); ‘Augusta’ (DEU) тощо], карликової іржі – три [‘Merlo’ (FRA); ‘МИР 12-12’ (UKR); ‘Scarpia’ (DEU)], вилягання – 15 зразків [‘Novosadski 525’ (SRB); ‘Naomie’ (DEU); ‘Panda’ (FRA) та ін.]. Як джерела дуже високої відносної морозостійкості ідентифіковано два зразки [‘Manitum’ (FRA), ‘МИР 12-13’ (UKR)], високої – 13, вищої за середню відносної посухостійкості – п’ять зразків [‘МИР 12-13’, ‘МИР 12-12’, ‘МИР 4787’, ‘МИР 4790’, ‘МИР 12-8’ (UKR)]. Відповідно до GYT biplot, у зразка ‘Titus’ (DEU) виявлено оптимальне поєднання врожайності та комплексу ознак. Джерелами комплексу ознак також визначено ‘Merlo’, ‘Manitum’ (FRA); ‘МИР 12-11’, ‘МИР 12-9’, ‘Снігова королева’ (UKR); ‘Novosadski 737’ (SRB); ‘Scarpia’ (DEU). Однак ‘Merlo’ (FRA) потребує поліпшення за параметром відносної морозостійкості. **Висновки.** Виявлені генетичні джерела окремих ознак та їх поєднання рекомендовано використовувати в селекційних програмах ячменю озимого, а також ячменю ярого за показниками відносної посухостійкості та стійкості проти збудників хвороб. Залучаючи до схрещування джерела, виділені за стійкістю проти окремих біо- та абіотичних чинників, слід зважати на рівень прояву решти параметрів і комбінувати їх з іншими компонентами за принципом взаємодоповнення ознак.

Ключові слова: *Hordeum vulgare L.*; вилягання; борошниста роса; темно-бура плямистість; смугаста плямистість; карликова іржа; морозостійкість; посухостійкість; GYT biplot.

Volodymyr Hudzenko
<https://orcid.org/0000-0002-9738-1203>

Anna Lysenko
<https://orcid.org/0000-0002-2575-5720>

Tetiana Polishchuk
<https://orcid.org/0000-0001-9358-9181>

Nataliia Buniak
<https://orcid.org/0000-0002-5089-2399>

Mykola Sardak
<https://orcid.org/0000-0001-9417-3188>

Tetiana Yurchenko
<https://orcid.org/0000-0003-0164-4003>

Yevhenii Kuzmenko
<https://orcid.org/0000-0002-6256-1482>

Liudmyla Khudolii
<https://orcid.org/0000-0002-9586-7592>

Iryna Kokhovska
<https://orcid.org/0000-0002-0491-3996>

Yuliia Kravchenko
<https://orcid.org/0000-0001-7561-1023>



Вступ

Ячмінь – одна з найважливіших сільськогосподарських культур, що має велику кількість напрямів використання та одне з найбільших географічних розповсюджень – як у широтному та довготному, так і висотному градієнтах [1]. Також він характеризується різними типами росту та розвитку – ярим, озимим і факультативним (альтернативним) [2]. Для двох останніх ключовим фактором, що визначає адаптивний потенціал сорту, є здатність до перезимівлі й зокрема стійкість проти дії знижених температур (морозостійкість як один з її основних складників) [3]. Тому вивченню вказаних аспектів присвячено значну кількість робіт [4–6]. Хоча останніми десятиріччями простежується загальна тенденція до пом'якшення зимового періоду в Центральній і Східній Європі (зокрема й в Україні), втім дані дослідження не лише не втрачають актуальності, а й набувають нових викликів. Вони полягають у необхідності скринінгу нових сортів і генетичних джерел у разі одно- та/або кількарязового роззагартування (деакліматизації) впродовж зимового періоду з подальшим короткочасним поверненням низьких температур, зазвичай за незначного або взагалі відсутнього снігового покриву [7]. Проведені в цьому напрямі дослідження вказують на відносну генетичну незалежність морозостійкості генотипів за умови загартування та після деакліматизації [8]. Тобто не завжди сорти з підвищеною морозостійкістю за оптимального загартування можуть витримувати короткочасні морози після роззагартування і навпаки. Також, з огляду на погодні чинники (брак вологи в ґрунті у літньо-осінній період) та реалії виробництва (значні посівні площі, засіяні після культур, які пізно збирають), рослини озимих зернових залежно від умов конкретного року можуть йти у зиму в різних фазах. Це суттєво позначається на врожайності та низці інших ознак окремих генотипів [9]. Останніми роками в Україні набуває поширення практика сівби озимих зернових майже перед настанням зимового періоду. Тому актуальними є дослідження морозостійкості як на різних етапах росту та розвитку рослин, так і за відмітних умов вегетації.

Безумовно, що за складних кліматичних флуктуацій сьогодення посухостійкість є однією з ключових адаптивних ознак у більшості частин земної кулі [10–12]. Відповідно, значну кількість публікацій присвячено вивченню стійкості/толерантності ячменю до дефіциту вологи. Такі дослідження проводять у

фенотиповому [13], генетично-молекулярному [14] та фізіологічному [15–17] аспектах, а також на різних етапах росту та розвитку рослин, зокрема в ювенільний період, способом пророщування на розчинах осмотиків [18, 19].

Стійкість ячменю проти вилягання на тлі глобальної аридизації клімату також не лише не втратила значущості, але й потребує поглиблення досліджень з огляду на погодні особливості останніх років [20–22], а саме: надлишкову кількість опадів – злив зі шквалами та буревіями – за короткий проміжок часу після тривалих періодів їхньої відсутності.

Із-поміж найбільш лімітувальних біологічних чинників, що можуть суттєво знижувати врожайність та якість зерна ячменю, варто виділити збудників листових хвороб: плямистостей (гельмінтоспоріозів) листя, борошністої роси, карликової іржі [23–25].

Борошніста роса [*Blumeria graminis* (DC.) E.O.Speer, f. sp. *hordei* emend. E.J.Marchal (анаморфа *Oidium monilioides* Link)] – одна з найпоширеніших хвороб ячменю, яка може призводити до зниження врожайності на 30% і більше. У низці публікацій останніх років висвітлено основні виклики та окреслено способи їх подолання через поєднання специфічної та неспецифічної генетичної стійкості проти цього збудника у створюваних сортах культури [26–28].

Темно-бура плямистість [*Cochliobolus sativus* (анаморфа *Bipolaris sorokiniana* [Sacc.] Shoem.)] зазвичай спричиняє зниження врожайності на 40%. Утім за оптимальних для розвитку патогена та вирощування сприйнятливих сортів гідротермічних умов може повністю знищувати асиміляційний апарат, а отже, й 100% урожаю [29]. Саме тому дослідження з пошуку нових генетичних джерел стійкості ячменю проти цієї хвороби активно проводять як в Україні [30], так і в багатьох інших країнах світу [31–33].

Смугаста плямистість – *Pyrenophora graminea* (S. Ito and Kurib.) [анаморфа *Drechslera graminea* (Rabenh. exSchlecht.) Shoemaker (*Helminthosporium gramineum* Rabh.)] – також є надзвичайно проблемною та широко розповсюдженою на ячмені озимому в Україні. Вона дуже легко передається з насінням і може повністю уражувати всі частини рослини, через що вони гинуть навіть не виколосившись [34–36].

Карликова іржа (*Puccinia hordei* Otth.) є найпоширенішою серед групи іржастих хвороб ячменю [37]. В середньому збудник спричиняє зниження врожайності в межах 15–25%, а за значного розвитку – 60% і навіть

більше. Останніми роками завдяки використанню молекулярно-генетичних маркерів ідентифіковано низку ефективних мажорних генів, а також локусів кількісних ознак (QTL), асоційованих зі стійкістю проти цього патогена [38–40].

Зважаючи на вищенаведене, виділення ефективних генетичних джерел стійкості / толерантності ячменю озимого до зазначених біо- та абіотичних чинників є надзвичайно актуальним завданням для подальшого поступу в селекції сортів із підвищеним адаптивним потенціалом.

Мета досліджень – виділити генетичні джерела стійкості / толерантності до найбільш поширених біо- та абіотичних стресових чинників для залучення в селекційні програми ячменю озимого в умовах Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили в умовах Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН протягом 2018/19, 2020/21 та 2021/22 рр. Детальний аналіз їхнього гідротермічного режиму (за даними агрометеостанції «Миронівка»), а також характеристику ґрунтів наведено нами у попередній публікації, присвяченій вивченню рівня прояву та варіювання врожайності [41]. Тому в цьому повідомленні, у розділі «Результати досліджень» ми обмежились описом особливостей років за впливом, що вони мають на розвиток / прояв тих чи інших біо- та абіотичних чинників.

Матеріалом для дослідження стали 74 зразки ячменю озимого, що походили з семи країн [України (UKR), Франції (FRA), Німеччини (DEU), Сирії (SYR), Сербії (SRB), Чехії (CZE), Великобританії (GBR)]. Сівбу проводили сівалкою СКС-6-10Цу першій п'ятиденці жовтня. Облікова площа ділянки становила 1 м². Повторність триразова. Схема розміщення ділянок – повними рендомізованими блоками. Стандарт – сорт ячменю озимого 'Жерар' – висаджували через 20 номерів. Агротехніка вирощування була загальноприйнятною в зоні Лісостепу. Однак для визначення генетично детермінованого рівня стійкості / толерантності до дії стресових біо- та абіотичних чинників засоби захисту рослин не застосовували.

Оцінювання стійкості проти біо- та абіотичних чинників проводили в польових та лабораторних умовах відповідно до методичних рекомендацій [42]. Рівень стійкості проти збудників хвороб, а також проти вилягання виражали в балах від 1 до 9 (максимум). Обліки виконували за кожною повторністю, що дало змогу визначити статистичні рівні до-

стовірності у процесі диференціювання зразків залежно від ступеня прояву ознак.

Відносну посухостійкість встановлювали, пророщуючи насіння в чашках Петрі на розчині сахарози з концентрацією 12 атмосфер, відповідно до вищезазначених методичних рекомендацій. Повторність триразова. Рівень толерантності зразків визначали, порівнюючи з проростанням насіння на дистильованій воді, а для їхньої диференціації використовували таку градацію: висока відносна посухостійкість (проростання насіння – понад 81%), вищесередній рівень (проростання – 61–80%), середній (проростання – 41–60%), низький (проростання – 21–40%), дуже низький рівень (проростання – менше ніж 20%).

Відносну морозостійкість встановлювали способом проморожування проростків у морозильній камері ЛВН–200Г відповідно до оптимізованої методики [43]. Зразки диференціювали за температури проморожування –8 °С.

Статичний аналіз проводили, використовуючи комп'ютерну програму Statistica 12 (TIBCO, США). Графічний GYT biplot аналіз та інтерпретацію даних виконували відповідно до оригінального повідомлення [44], за допомогою програми GEA-R, version 4.1 (CIMMYT, Мексика) [45].

Результати досліджень

Борошниста роса характеризувалася досить істотним проявом щороку. Однак, як порівняти з двома іншими сезонами, максимальний рівень її розвитку спостерігали у 2020/21-му, коли середній бал стійкості (Mean) в досліді становив 6,0 з варіюванням від 4,0 (Min) у зразка G52 'Novosadski 519' (SRB) до 7,7 (Max) у G71 '(IR 08287)' (SYR) і G45 'МІП 13/1' (UKR) (табл. 1). У 2018/19 р. ліміти варіювання були такими: Mean – 6,3 бала, Min – 5,3 [G52 'Novosadski 519' (SRB)], Max – 7,3 бала [G71 '(IR 08287)' (SYR)], а у 2021/22-му: Mean – 6,2 бала, Min – 5,0 [G61 'Diarason' (FRA)], Max – 7,7 бала [G45 'МІП 13/1' (UKR)]. Як у середньому за три роки (стійкість – 7,4–6,6 бала), так і в кожному з них окремо, достовірну перевагу над стандартом G1 'Жерар', рівень стійкості якого в усі сезони становив 5,3 бала, мали 14 зразків: G71 '(IR 08287)' (SYR), G45 'МІП 13/1' (UKR), G27 'МІП 12-1' (UKR), G41 'МІП 12-12' (UKR), G40 'МІП 12-11' (UKR), G42 'МІП 12-13' (UKR), G51 'Titus' (DEU), G17 'Академічний' (UKR), G43 'МІП 12-14' (UKR), G70 'Radical / Pervenets' (SYR), G58 'Merlo' (FRA), G18 'Снігова королева' (UKR), G22 'МІП 4787' (UKR), G55 'Novosadski 737' (SRB).

Темно-бура плямистість набула максимального поширення у 2018/19 р.: Mean – 5,9 бала, Min – 3,7 [‘Л 4/2’ (UKR)], Max – 7,0 бала [G71 (‘IR 08287’) (SYR)]. Дещо менший прояв цієї хвороби відмічено у 2020/21 р.: Mean – 6,5 бала, Min – 4,3 [G7 ‘Л 4/2’ (UKR)], Max – 8,0 бала [G29 ‘МИР 12-13’ (UKR) і G70 ‘Radical / Pervenets’ (SYR)]. Найнижчий рівень ураження спостерігали у 2021/22 р.: Mean – 7,3 бала, Min – 5,0 [G15 ‘Абориген’ (UKR)], Max – 8,7 бала [G45 ‘МИР 13/1’ (UKR)]. В середньому за три роки стандарт G1 ‘Жерар’ (UKR) (5,9 бала) достовірно переважали 13 зразків: G45 ‘МИР 13/1’ (UKR), G42 ‘МИР 12-13’ (UKR), G71 (‘IR 08287’) (SYR), G40 ‘МИР 12-11’ (UKR), G70 ‘Radical / Pervenets’ (SYR), G27 ‘МИР 12-1’ (UKR), G58 ‘Merlo’ (FRA), G55 ‘Novosadski 737’ (SRB), G66 ‘Manitum’ (FRA), G41 ‘МИР 12-12’ (UKR), G49 ‘Scarpia’ (DEU), G20 ‘Зимовий’ (UKR), G28 ‘МИР 12-2’ (UKR).

Смугаста плямистість. Зразок G71 (‘IR 08287’) (SYR) характеризувався максимальною сприйнятливістю до цієї хвороби (2018/19 р. – 3,0 бала, 2020/21 р. – 2,0 бала, 2021/22 р. – 3,0 бала), на противагу стійкості проти двох розглянутих вище. На це слід зважати, залучаючи його до схрещувань як джерело стійкості проти борошнистої роси. Середнє значення в досліді за 2018/19, 2020/21, 2021/22 рр. становило 7,8; 7,8 та 8,2 бала відповідно. Стандарт G1 ‘Жерар’ (UKR) (7,4 бала) у середньому за три роки за показником стійкості достовірно (8,9–8,6 бала) переважали 17 зразків: G52 ‘Novosadski 519’ (SRB), G70 ‘Radical / Pervenets’ (SYR), G19 ‘Буревій’ (UKR), G4 ‘Л122’ (UKR), G30 ‘МИР 12-14’ (UKR), G48 ‘Augusta’ (DEU), G27 ‘МИР 12-1’ (UKR), G28 ‘МИР 12-2’ (UKR), G41 ‘МИР 12-12’ (UKR), G74 ‘(20625)*’ (SYR), G68 ‘Glenan’ (FRA), G39 ‘МИР 12-10’ (UKR), G44 ‘МИР 12-15’ (UKR), G59 ‘Panda’ (FRA), G61 ‘Diapason’ (FRA), G42 ‘МИР 12-13’ (UKR), G15 ‘Абориген’ (UKR).

Карликова іржа набула максимального поширення у 2018/19 р.: Mean – 6,7 бала, Min – 4,7 [G17 ‘Академічний’ (UKR)], Max – 8,0 бала [G58 ‘Merlo’ (FRA), G14 ‘Л 4п/1’ (UKR), G42 ‘МИР 12-13’ (UKR), G6 ‘Л 13/2’ (UKR) і G9 ‘Л 4п1/2’ (UKR)]. У 2020/21 р. рівень прояву хвороби був таким: Mean – 7,3 бала, Min – 6,0 [G4 ‘Л122’ (UKR)], Max – 8,0 бала [G41 ‘МИР 12-12’ (UKR), G58 ‘Merlo’ (FRA), G49 ‘Scarpia’ (DEU), G50 ‘Maybrit’ (DEU), G66 ‘Manitum’ (FRA), G32 ‘МИР 12-6’ (UKR), G69 ‘Carrery’ (GBR), G51 ‘Titus’ (DEU), G56 ‘Okal’ (CZE), G62 ‘Matador’ (FRA) та G57 ‘Luran’ (CZE)]. Найслабший розвиток карликової іржі спостерігали у 2021/22 р.: Mean – 7,7 бала, Min –

5,7 [G67 ‘Sumo’ (FRA)], Max – 8,7 бала [G41 ‘МИР 12-12’ (UKR)]. У середньому за роки досліджень стандарт G1 ‘Жерар’ (UKR) (7,0 бала) достовірно переважали (8,1–8,0 бала) лише три зразки: G58 ‘Merlo’ (FRA), G41 ‘МИР 12-12’ (UKR) і G49 ‘Scarpia’ (DEU).

Стійкість проти вилягання. Максимальний прояв вилягання відмічено у 2020/21 р.: Mean – 4,1 бала, Min – 1,7 [G12 ‘Л п5/11’ (UKR)], Max – 8,0 бала [G53 ‘Novosadski 525’ (SRB)], а у 2018/19 та 2021/22 рр. він був незначним: Mean – 8,0–8,3 бала; Min – 6,0; Max – 9,0 бала. У середньому за роки досліджень 21 зразок достовірно переважав стандарт G1 ‘Жерар’ (UKR) (5,9 бала) за стійкістю. У 15 з цих зразків вона була в межах 8,4–7,5 бала: G53 ‘Novosadski 525’ (SRB), G59 ‘Panda’ (FRA), G46 ‘Naomie’ (DEU), G51 ‘Titus’ (DEU), G52 ‘Novosadski 519’ (SRB), G72 ‘(20604)*’ (SYR), G34 ‘МИР 4790’ (UKR), G17 ‘Академічний’ (UKR), G2 ‘Трудівник’ (UKR), G19 ‘Буревій’ (UKR), G54 ‘Novosadski 529’ (SRB), G33 ‘МИР 12-7’ (UKR), G48 ‘Augusta’ (DEU), G58 ‘Merlo’ (FRA), G60 ‘Baraka’ (FRA).

Відносна морозостійкість. За результатами визначення відносної морозостійкості в середньому за роки випробувань отримано варіювання від 93,0% живих рослин після проморожування у зразка G66 ‘Manitum’ (FRA) до 35,0% – у G19 ‘Буревій’ (UKR). Для стандарту G1 ‘Жерар’ (UKR) рівень прояву цієї ознаки становив 66%. Окрім зразка G66 ‘Manitum’ (FRA), дуже високу (92%) відносну морозостійкість виявлено у G42 ‘МИР 12-13’ (UKR), високу (86–81%) – у 13 зразків: G12 ‘Л п5/11’ (UKR), G56 ‘Okal’ (CZE), G65 ‘Classica’ (FRA), G10 ‘Л 2/1’ (UKR), G49 ‘Scarpia’ (DEU), G74 ‘(20625)*’ (SYR), G45 ‘МИР 13/1’ (UKR), G13 ‘Л 17/7’ (UKR), G20 ‘Зимовий’ (UKR), G44 ‘МИР 12-15’ (UKR), G46 ‘Naomie’ (DEU), G27 ‘МИР 12-1’ (UKR), G21 ‘Достойний’ (UKR).

Відносна посухостійкість. У середньому за три роки лабораторних досліджень відносної посухостійкості в ювенільний період, способом пророщування насіння на розчинах осмотиків, до групи з вищим за середній її рівнем (71,8–61,0% проростання відносно контролю) належали п’ять зразків: G42 ‘МИР 12-13’ (UKR), G41 ‘МИР 12-12’ (UKR), G22 ‘МИР 4787’ (UKR), G34 ‘МИР 4790’ (UKR), G37 ‘МИР 12-8’ (UKR). Ще 27 характеризувалися середнім проявом цієї ознаки (60,5–41,1% до контролю). Стандарт G1 ‘Жерар’ (UKR) потрапив до групи з низьким рівнем відносної посухостійкості (26% до контролю).

Важливим аспектом успіху селекційної роботи на сучасному етапі є ідентифікація зразків із комплексом цінних господарських

ознак, зокрема стійкості проти стресових чинників, та поєднання їх із врожайністю [46]. Саме тому поширення набули статистичні підходи, які дають змогу враховувати різні ознаки та властивості за диференціювання генотипів. Однією з таких ефективних математично-графічних моделей є GYT biplot [47–49].

У таблиці 2 подано індексні стандартизовані значення сполучення «врожайність × ознака» відповідно до логіки GYT biplot аналізу. Рівень прояву врожайності та особливості її варіювання за роками, як вже зазначалось, опубліковано нами раніше [41]. Вагомою перевагою GYT biplot моделі є можливість коректного комплексного оцінювання зразків за різними параметрами, зокрема і з

різними одиницями виміру – балами, відсотками, оскільки всі значення переводять в індексні показники та ранжують відносно середнього в дослідженій вибірці. У той самий час поєднання цих показників із рівнем прояву врожайності дає змогу врахувати вказану ознаку як основну господарсько-цінну.

Середнє значення будь-якого окремого індексу поєднання «врожайність × ознака» в дослідженій вибірці зразків дорівнює нулю. Відповідно, індексні показники більші за нуль характеризують зразок як такий, що перевищує середньопопуляційне значення; менші – поступається середньому у вибірці. GYT Index відображає середньозважену оцінку генотипу за всіма розрахованими індексами сполучень «врожайність × ознака».

Таблиця 1

Характеристика колекційних зразків ячменю озимого за комплексом ознак стійкості / толерантності до біо- та абіотичних стресів (середнє за 2018/19, 2020/21 і 2021/22 рр.)

Шифр	Зразок	Країна	Стійкість / толерантність, бал					Відносна стійкість проти біотичних чинників, %	
			PM	SB	STB	PH	LR	FR	DT
G1	'Жерар' – стандарт	UKR	5,3	5,9	7,4	7,0	5,9	66	26,0
G2	'Трудівник'	UKR	6,1	6,1	7,9	6,6	7,7	65	18,3
G3	'Задор'	UKR	6,5	6,9	8,4	7,7	6,4	61	32,2
G4	'Л 122'	UKR	6,6	6,4	8,8	6,9	6,4	61	35,5
G5	'Л 562'	UKR	5,9	6,7	8,3	7,2	6,1	56	36,3
G6	'Л 13/2'	UKR	5,8	6,1	7,1	7,6	5,9	37	35,3
G7	'Л 4/2'	UKR	5,8	5,0	7,4	7,4	6,5	76	30,3
G8	'Л 2/2'	UKR	6,4	6,7	7,8	7,3	6,6	66	30,9
G9	'Л 4п1/2'	UKR	6,1	6,6	6,6	7,4	6,0	73	31,2
G10	'Л 2/1'	UKR	5,8	6,4	8,1	7,4	5,8	85	26,3
G11	'Л 4п/1'	UKR	6,1	5,9	7,8	7,9	5,7	80	40,4
G12	'Л п5/11'	UKR	5,9	6,0	8,1	7,1	5,9	86	35,5
G13	'Л 17/7'	UKR	6,1	6,8	7,7	7,1	6,3	82	44,7
G14	'Л п4/1'	UKR	6,1	6,3	7,6	7,4	5,9	53	30,2
G15	'Абориген'	UKR	6,3	4,9	8,6	7,2	7,4	61	33,3
G16	'Метелиця'	UKR	5,7	6,5	8,3	6,9	6,1	67	40,4
G17	'Академічний'	UKR	6,8	6,7	8,0	6,4	7,8	54	26,6
G18	'Снігова королева'	UKR	6,7	6,6	7,9	7,0	6,9	57	50,9
G19	'Буревій'	UKR	5,9	6,8	8,8	7,2	7,7	35	56,7
G20	'Зимовий'	UKR	6,4	7,1	8,1	7,0	6,7	82	37,9
G21	'Достойний'	UKR	6,4	7,0	8,1	7,1	6,6	81	35,3
G22	'МИР 4787'	UKR	6,7	6,7	7,9	7,6	6,5	66	67,7
G23	'МИР 4867'	UKR	6,4	6,4	8,1	7,4	6,3	53	58,8
G24	'МИР 4773'	UKR	6,2	6,4	8,1	7,1	6,3	64	56,4
G25	'МИР 4660'	UKR	6,2	6,9	7,4	7,0	6,4	80	53,9
G26	'МИР 4580'	UKR	6,2	6,7	7,4	6,8	6,7	61	54,8
G27	'МИР 12-1'	UKR	7,2	7,4	8,7	7,9	6,3	81	57,7
G28	'МИР 12-2'	UKR	5,9	7,1	8,7	7,3	6,3	54	52,2
G29	'МИР 12-3'	UKR	6,2	6,9	8,2	7,1	6,7	54	54,9
G30	'МИР 12-4'	UKR	5,8	6,8	8,4	6,9	7,4	68	43,3
G31	'МИР 12-5'	UKR	6,3	6,4	8,0	7,6	6,9	80	45,9
G32	'МИР 12-6'	UKR	6,4	6,6	8,0	7,4	6,4	66	45,5
G33	'МИР 12-7'	UKR	6,1	6,4	7,1	7,3	7,6	66	47,2
G34	'МИР 4790'	UKR	6,1	6,3	7,6	7,4	7,8	56	65,0
G35	'МИР 4723'	UKR	6,3	6,1	7,8	7,4	6,9	60	58,1
G36	'МИР 4654'	UKR	6,1	5,8	7,8	7,4	7,2	78	60,5
G37	'МИР 12-8'	UKR	6,1	6,7	7,9	7,1	6,8	59	61,0
G38	'МИР 12-9'	UKR	6,3	6,6	7,7	7,4	6,8	78	41,1
G39	'МИР 12-10'	UKR	6,0	6,4	8,6	7,2	7,1	73	36,4
G40	'МИР 12-11'	UKR	7,1	7,4	7,3	7,0	6,3	59	46,4
G41	'МИР 12-12'	UKR	7,1	7,2	8,7	8,0	6,6	65	70,6
G42	'МИР 12-13'	UKR	7,0	7,6	8,6	7,8	6,5	92	71,8
G43	'МИР 12-14'	UKR	6,8	6,9	8,7	7,7	6,0	53	45,0

Продовження таблиці 1

Шифр	Зразок	Країна	Стійкість / толерантність, бал					Відносна стійкість проти біотичних чинників, %	
			PM	SB	STB	PH	LR	FR	DT
G44	'MIP 12-15'	UKR	6,1	6,9	8,6	6,6	6,4	82	59,8
G45	'MIP 13/1'	UKR	7,3	7,6	8,0	7,7	6,2	83	49,8
G46	'Naomie'	DEU	6,2	6,9	7,4	7,1	8,2	82	38,1
G47	'Highlight'	DEU	6,2	6,7	7,7	6,9	5,7	72	32,2
G48	'Augusta'	DEU	6,4	6,1	8,7	7,6	7,5	73	58,5
G49	'Scarpia'	DEU	5,9	7,1	7,4	8,0	7,2	85	44,5
G50	'Maybrit'	DEU	6,4	6,6	7,3	7,8	6,8	79	43,1
G51	'Titus'	DEU	6,8	7,0	8,0	7,7	8,2	77	40,5
G52	'Novosadski 519'	SRB	4,8	5,9	8,9	7,3	8,1	56	21,2
G53	'Novosadski 525'	SRB	5,8	6,3	8,4	6,7	8,4	62	23,3
G54	'Novosadski 529'	SRB	5,8	6,9	8,3	6,9	7,6	57	12,4
G55	'Novosadski 737'	SRB	6,6	7,2	7,4	6,8	7,3	66	42,0
G56	'Okal'	CZE	5,9	6,1	7,8	7,1	7,3	86	46,9
G57	'Luran'	CZE	5,6	6,3	8,1	6,8	6,7	63	33,7
G58	'Merlo'	FRA	6,7	7,3	7,7	8,1	7,5	39	37,8
G59	'Panda'	FRA	6,1	6,2	8,6	6,8	8,2	77	35,0
G60	'Baraka'	FRA	6,4	6,8	8,1	7,0	7,5	74	28,0
G61	'Diapason'	FRA	5,1	5,9	8,6	7,4	6,9	77	36,5
G62	'Matador'	FRA	5,9	6,8	8,1	7,2	6,7	60	35,4
G63	'Poulaine'	FRA	6,1	6,7	8,4	7,5	6,9	60	29,2
G64	'Cindy'	FRA	5,9	6,2	8,1	7,4	6,9	69	36,1
G65	'Classica'	FRA	6,0	6,0	5,9	7,2	6,8	86	33,3
G66	'Manitum'	FRA	5,8	7,2	6,9	7,7	6,9	93	52,2
G67	'Sumo'	FRA	5,8	6,4	8,3	6,3	5,5	42	23,5
G68	'Glenan'	FRA	5,3	5,9	8,6	7,1	7,0	78	37,0
G69	'Carrery'	GBR	5,8	6,0	6,1	7,4	7,3	64	33,1
G70	'Radical / Pervenets'	SYR	6,7	7,4	8,8	7,4	7,2	58	19,9
G71	'(IR 08287)'	SYR	7,4	7,6	3,5	5,8	7,4	70	19,8
G72	'(20604)''*	SYR	5,2	6,3	8,4	6,7	7,9	42	38,0
G73	'(20618)''*	SYR	5,3	5,6	8,2	6,8	6,6	70	35,6
G74	'(20625)''*	SYR	5,8	6,7	8,6	7,7	5,7	84	34,6
	Mean		6,2	6,6	7,9	7,2	6,8	68	41,1
	Max		7,4	7,6	8,9	8,1	8,4	93	71,8
	Min		4,8	4,9	3,5	5,8	5,5	35	12,4
	R (max-min)		2,6	2,7	5,4	2,3	2,9	58	59,4
	HIP _{0,05}		0,8	1,1	1,1	0,9	1,3	7,7	8,9

Примітка. Mean, Max, Min – середнє, максимальнє та мінімальнє значення ознак, бал, %; R (max-min) – розмах варіювання ознак, бал, %; PM – стійкість проти борошнистої роси, бал; SB – стійкість проти темно-бурої плямистості, бал; STB – стійкість проти смугастої плямистості, бал; PH – стійкість проти карликової іржі, бал; LR – стійкість проти вилягання, бал; FR – відносна морозостійкість, %; DT – відносна посухостійкість, %.

Таблиця 2

Стандартизовані індексні значення сполучення «врожайність × ознака» та загальний GYT index переваги генотипу для зразків ячменю озимого (середнє за 2018/19, 2020/21 і 2021/22 рр.)

Шифр	Зразок	Країна	Стійкість / толерантність, бал, %							GYT index
			YLD_PM	YLD_SB	YLD_STB	YLD_PH	YLD_LR	YLD_FR	YLD_DT	
G1	'Жерар' – стандарт	UKR	-0,55	-0,32	-0,14	0,08	-0,47	0,10	-0,95	-0,32
G2	'Трудівник'	UKR	0,51	0,14	0,57	0,06	1,14	0,27	-1,42	0,18
G3	'Задор'	UKR	-0,27	-0,28	-0,26	-0,24	-0,74	-0,78	-0,83	-0,48
G4	'Л 122'	UKR	0,13	-0,36	0,34	-0,53	-0,50	-0,57	-0,49	-0,29
G5	'Л 562'	UKR	-2,11	-1,85	-1,89	-2,21	-2,03	-1,98	-1,23	-1,90
G6	'Л 13/2'	UKR	-0,72	-0,76	-0,99	-0,19	-0,97	-2,08	-0,59	-0,90
G7	'Л 4/2'	UKR	-1,64	-2,30	-1,75	-1,46	-1,39	-0,69	-1,27	-1,50
G8	'Л 2/2'	UKR	0,17	0,07	-0,13	0,02	-0,20	-0,12	-0,71	-0,13
G9	'Л 4п1/2'	UKR	-0,21	-0,13	-1,08	-0,03	-0,70	0,22	-0,74	-0,38
G10	'Л 2/1'	UKR	-0,41	-0,23	0,02	0,04	-0,79	1,00	-1,04	-0,20
G11	'Л 4п/1'	UKR	-1,26	-1,60	-1,34	-0,92	-1,67	-0,34	-0,67	-1,11
G12	'Л п5/11'	UKR	-1,66	-1,78	-1,47	-1,74	-1,77	-0,32	-1,05	-1,40
G13	'Л 17/7'	UKR	-0,03	0,21	-0,15	-0,08	-0,36	0,92	0,25	0,11
G14	'Л п4/1'	UKR	-0,73	-0,85	-0,92	-0,63	-1,16	-1,31	-1,00	-0,94
G15	'Абориген'	UKR	-0,48	-1,76	-0,19	-0,67	-0,17	-0,81	-0,78	-0,70
G16	'Метелиця'	UKR	-1,36	-1,05	-0,86	-1,37	-1,31	-0,82	-0,57	-1,05
G17	'Академічний'	UKR	2,04	1,43	1,45	0,63	1,98	-0,01	-0,54	1,00
G18	'Снігова королева'	UKR	1,57	1,01	1,02	0,90	0,92	0,01	1,31	0,96
G19	'Буревій'	UKR	-0,31	0,11	0,53	-0,11	0,51	-2,05	1,00	-0,05

Продовження таблиці 1

Шифр	Зразок	Країна	Стійкість / толерантність, бал, %							
			YLD_PM	YLD_SB	YLD_STB	YLD_PH	YLD_LR	YLD_FR	YLD_DT	GYT index
G20	'Зимовий'	UKR	0,33	0,55	0,24	-0,07	0,00	1,01	-0,17	0,27
G21	'Достойний'	UKR	0,02	0,15	-0,08	-0,31	-0,33	0,67	-0,48	-0,05
G22	'МИР 4787'	UKR	0,65	0,27	0,14	0,50	-0,10	0,03	1,94	0,49
G23	'МИР 4867'	UKR	0,64	0,26	0,56	0,62	-0,04	-0,65	1,51	0,42
G24	'МИР 4773'	UKR	-0,99	-1,10	-0,96	-1,21	-1,18	-0,96	0,32	-0,87
G25	'МИР 4660'	UKR	0,21	0,45	-0,21	0,00	-0,16	0,95	0,99	0,32
G26	'МИР 4580'	UKR	-0,80	-0,72	-1,19	-1,22	-0,80	-0,98	0,36	-0,76
G27	'МИР 12-1'	UKR	1,04	0,79	0,67	0,70	-0,29	0,95	1,20	0,72
G28	'МИР 12-2'	UKR	-0,57	0,05	0,13	-0,34	-0,66	-1,06	0,51	-0,28
G29	'МИР 12-3'	UKR	0,04	0,28	0,20	-0,09	-0,09	-0,83	0,94	0,06
G30	'МИР 12-4'	UKR	-0,51	-0,02	0,10	-0,49	0,19	-0,13	0,03	-0,12
G31	'МИР 12-5'	UKR	0,04	-0,21	-0,04	0,22	-0,03	0,71	0,28	0,14
G32	'МИР 12-6'	UKR	0,38	0,19	0,22	0,34	-0,17	0,04	0,39	0,20
G33	'МИР 12-7'	UKR	0,50	0,40	-0,07	0,69	1,06	0,34	0,74	0,52
G34	'МИР 4790'	UKR	0,40	0,21	0,22	0,67	1,11	-0,42	1,99	0,60
G35	'МИР 4723'	UKR	-0,12	-0,59	-0,34	-0,13	-0,17	-0,63	0,98	-0,14
G36	'МИР 4654'	UKR	-0,23	-0,76	-0,27	-0,05	0,09	0,50	1,18	0,07
G37	'МИР 12-8'	UKR	-0,02	0,14	0,01	-0,07	0,00	-0,50	1,38	0,14
G38	'МИР 12-9'	UKR	1,12	0,98	0,82	1,26	0,81	1,53	0,50	1,00
G39	'МИР 12-10'	UKR	-0,03	-0,02	0,61	0,11	0,28	0,44	-0,27	0,16
G40	'МИР 12-11'	UKR	2,28	2,05	0,76	1,17	0,63	0,33	1,09	1,19
G41	'МИР 12-12'	UKR	0,85	0,53	0,57	0,68	-0,15	-0,13	2,02	0,62
G42	'МИР 12-13'	UKR	0,76	0,85	0,50	0,51	-0,22	1,55	2,10	0,87
G43	'МИР 12-14'	UKR	0,24	-0,03	0,22	0,05	-0,80	-1,07	0,10	-0,18
G44	'МИР 12-15'	UKR	-0,49	-0,19	-0,03	-0,97	-0,67	0,49	0,93	-0,13
G45	'МИР 13/1'	UKR	1,38	1,19	0,39	0,78	-0,19	1,28	0,79	0,80
G46	'Naomie'	DEU	0,12	0,35	-0,30	-0,01	1,02	0,98	-0,17	0,28
G47	'Highlight'	DEU	-1,61	-1,52	-1,82	-2,01	-1,97	-1,07	-1,27	-1,61
G48	'Augusta'	DEU	0,57	-0,06	0,94	0,72	0,78	0,64	1,43	0,72
G49	'Scarpia'	DEU	0,61	1,35	0,47	1,73	1,05	1,95	0,72	1,13
G50	'Maybrit'	DEU	0,15	-0,03	-0,50	0,42	-0,08	0,67	0,10	0,11
G51	'Titus'	DEU	2,26	1,94	1,66	2,22	2,53	1,95	0,73	1,90
G52	'Novosadski 519'	SRB	-1,26	-0,60	0,60	-0,02	0,78	-0,76	-1,38	-0,38
G53	'Novosadski 525'	SRB	0,59	0,68	1,39	0,55	2,09	0,34	-0,93	0,67
G54	'Novosadski 529'	SRB	-0,10	0,50	0,51	-0,03	0,74	-0,50	-1,92	-0,11
G55	'Novosadski 737'	SRB	1,86	1,97	0,95	1,08	1,58	0,95	0,78	1,31
G56	'Okal'	CZE	0,23	0,06	0,40	0,42	0,76	1,63	0,67	0,60
G57	'Luran'	CZE	0,02	0,32	0,73	0,24	0,38	0,14	-0,27	0,22
G58	'Merlo'	FRA	2,47	2,57	1,69	3,03	2,20	-0,95	0,64	1,67
G59	'Panda'	FRA	-0,19	-0,42	0,32	-0,50	0,79	0,47	-0,48	0,00
G60	'Baraka'	FRA	0,77	0,73	0,69	0,39	0,96	0,86	-0,71	0,53
G61	'Diapason'	FRA	-0,75	-0,34	0,72	0,40	0,23	0,79	-0,22	0,12
G62	'Matador'	FRA	0,54	0,99	0,97	0,87	0,58	0,09	-0,04	0,57
G63	'Poulaine'	FRA	0,08	0,24	0,49	0,39	0,16	-0,37	-0,76	0,03
G64	'Cindy'	FRA	0,16	0,08	0,55	0,61	0,39	0,42	-0,16	0,29
G65	'Classica'	FRA	-0,44	-0,72	-1,68	-0,36	-0,29	0,86	-0,66	-0,47
G66	'Manitum'	FRA	0,62	1,57	0,17	1,58	0,91	2,65	1,40	1,27
G67	'Sumo'	FRA	-0,28	-0,09	0,31	-0,73	-0,90	-1,56	-1,19	-0,64
G68	'Glenan'	FRA	-0,61	-0,38	0,67	0,09	0,26	0,81	-0,20	0,09
G69	'Carrery'	GBR	-1,26	-1,34	-2,10	-0,99	-0,61	-0,95	-0,96	-1,17
G70	'Radical / Pervenets'	SYR	1,45	1,65	1,66	1,17	1,07	0,01	-1,22	0,83
G71	'(IR 08287)'	SYR	-2,30	-2,34	-4,45	-3,71	-2,26	-2,11	-2,15	-2,76
G72	'(20604)''*	SYR	-0,80	-0,17	0,39	-0,39	0,77	-1,56	-0,19	-0,28
G73	'(20618)''*	SYR	-1,36	-1,35	-0,56	-1,09	-0,75	-0,40	-0,69	-0,89
G74	'(20625)''*	SYR	-1,38	-1,01	-0,80	-0,94	-1,60	-0,06	-0,94	-0,96
	Mean		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Примітка. Mean – середнє; поєднання врожайності та відповідних ознак: YLD_PM – стійкості проти борошнистої роси, YLD_SB – стійкості проти темно-бурої плямистості, YLD_STB – стійкості проти смугастої плямистості, YLD_PH – стійкості проти карликової іржі, YLD_LR – стійкості проти вилягання, YLD_FR – відносної морозостійкості, YLD_DT – відносної посухостійкості; GYT Index – загальний індекс переваги

На основі індексних поєднань врожайності з окремими ознаками стійкості / толерантності до біо- та абіотичних чинників побудовано GYT biplot візуалізації. Відповідно до GYT biplot диференціювальної здатності та репрезентативності індексів «врожайність × озна-

ка», максимально віддаленими один від одного та середньозваженого вектора (жирна похила лінія зі стрілкою, що проходить через центр GYT biplot) були поєднання YLD_LR і YLD_DT (рис. 1). Найближче до середньої осі розташувались вектори сполучень YLD_PH і

YLD_PM, які майже збігалися між собою. Отже, вони мали найвищу репрезентативність. Близьким до них був також вектор YLD_SB. За довжиною векторів можна характеризувати диференціювальну здатність окремих поєднань «врожайність × ознака». Слід вказати на майже рівнозначну, але досить суттєву диференціювальну величину векторів більшості сполучень – YLD_LR, YLD_STB, YLD_SB, YLD_PH та YLD_PM. Дещо коротшою, як порівняти з названими, довжина вектора була у поєднання YLD_FR, дещо довшою – в YLD_DT. Відповідно, перший трохи поступався решті за диференціювальною здатністю, останній – переважав її.

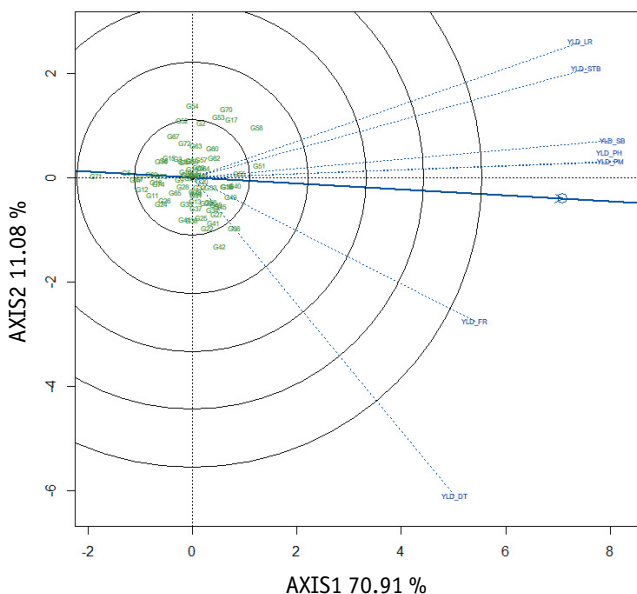


Рис. 1. GYT biplot диференціювальної здатності та репрезентативності індексів «врожайність × ознака» (2018/19, 2020/21, 2021/22 рр.)

Примітка. Тут і на рисунках 2–4 умовні позначення відповідають наведеним у таблицях 1 і 2

GYT biplot «котрий-де-переміг» вказує на формування двох секторів із мегасередовищами (рис. 2). У першому з них на вершині полігону опинився зразок G51 'Titus' (DEU). До цього сектору включили поєднання ознак YLD_PH і YLD_PM. Серед зразків, що розташувалися в зазначеному мегасередовищі, слід виокремити також G55 'Novosadski 737' (SRB), G40 'МИР 12-11' (UKR), G38 'МИР 12-9' (UKR), G18 'Снігова королева' (UKR) і G49 'Scarpia' (DEU). Поєднання YLD_LR і YLD_STB «впали» у другий сектор. Близькими до вершини його полігону були G17 'Академічний' (UKR) і G53 'Novosadski 525' (SRB). Зразок G70 'Radical / Pervenets' (SYR) містився на іншому, більш пологому куті полігону в цьому ж секторі. Сполучення YLD_SB опинилося на лінії між двома зазначеними секторами. Отже, зразки, що

розташувалися у двох вказаних мегасередовищах, мали досить схожі особливості за рівнем прояву даного поєднання ознак. Сполучення YLD_FR і YLD_DT потрапили в окремі вузькі сектори й не утворили мегасередовищ.

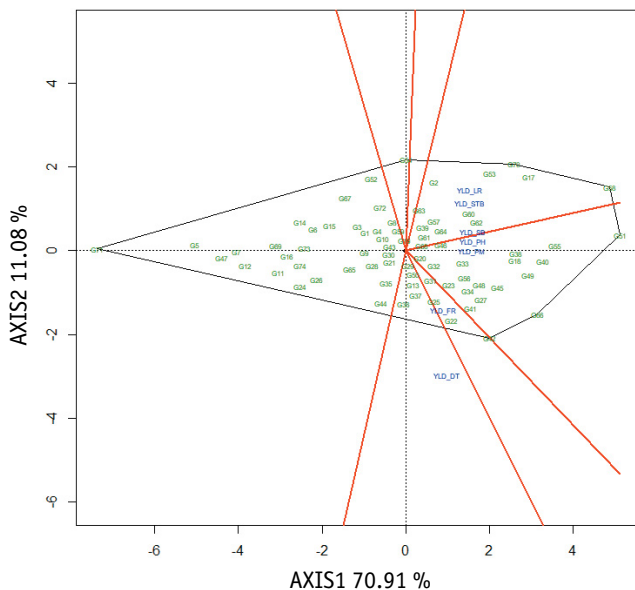


Рис. 2. GYT biplot «котрий-де-переміг» (2018/19, 2020/21, 2021/22 рр.)

Згідно з GYT biplot координацією до середнього тестера (average tester coordination), зразки ячменю озимого диференційовано як за величиною загального індексу переваги (GYT index), так і відхиленнями за окремими поєднаннями врожайності та комплексу адаптивних ознак (рис. 3).

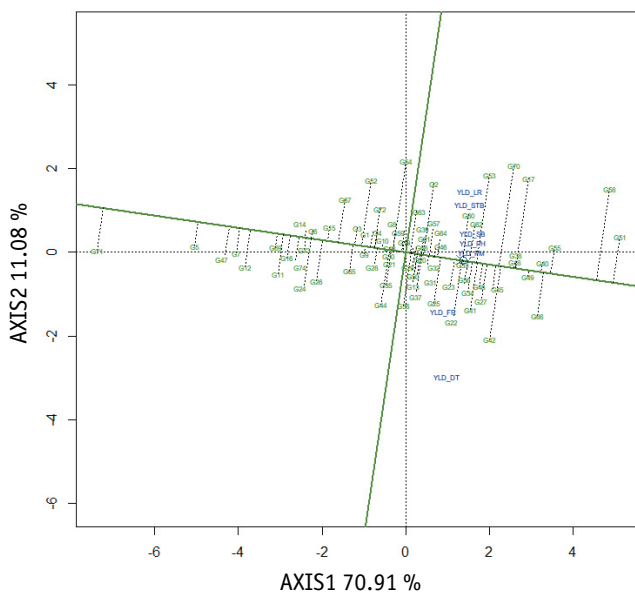


Рис. 3. GYT biplot «координація до середнього тестера» зразків ячменю озимого за поєднанням врожайності та комплексу адаптивних ознак (2018/19, 2020/21, 2021/22 рр.)

Значення зразків, розташованих праворуч від центральної вертикальної осі, є більшими за середньопопуляційне в дослідженій вибірці генотипів за індексом переваги, ліворуч – поступають середньому в досліді. Відповідно, найліпший показник був у G51 ‘Titus’ (DEU), найгірший – у G71 ‘(IR 08287)’ (SYR). Помітно, що стандарт G1 ‘Жерар’ (UKR) розташувався суттєво лівіше від середнього вертикального вектора. Іншим параметром є відхилення відносно середнього горизонтального вектора. Зокрема, поєднання YLD_LR, YLD_STB, YLD_SB, YLD_PH та YLD_PM розміщені над ним, YLD_FR і YLD_DT – під ним. Отже, суттєве відхилення вгору відносно середнього горизонтального вектора зразків G58 ‘Merlo’ (FRA), G17 ‘Академічний’ (UKR), G70 ‘Radical/Pervenets’ (SYR), G53 ‘Novosadski 525’ (SRB) та ін. вказує на їхні гірші показники за сполученнями, розташованими суттєво нижче від вектора. Наприклад, YLD_FR – G58 ‘Merlo’ (FRA), YLD_DT – G70 ‘Radical / Pervenets’ (SYR), G53 ‘Novosadski 525’ (SRB). Зразок G17 ‘Академічний’ (UKR) мав гірші, ніж середні, значення за обома вказаними вище поєднаннями. Оптимальним є розміщення зразків якомога правіше й водночас максимально близько до центрального горизонтального вектора.

Відповідно до ранжування відносно ідеального генотипу, максимально близьким до нього був G51 ‘Titus’ (DEU), розташований у центрі центричних кіл (рис. 4). Отже, цей зразок мав найоптимальніше поєднання врожайності та комплексу досліджених ознак.

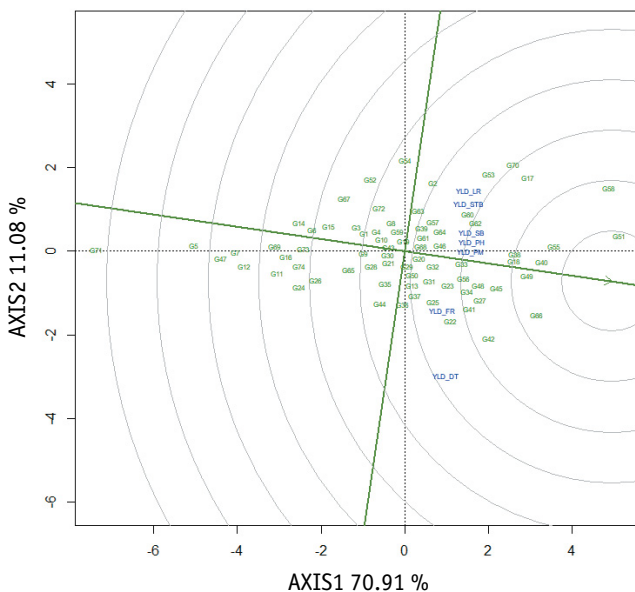


Рис. 4. GYT biplot ранжування зразків відносно ідеального генотипу за поєднанням врожайності та комплексу адаптивних ознак (2018/19, 2020/21, 2021/22 рр.)

У другому колі опинилися зразки G58 ‘Merlo’ (FRA), G55 ‘Novosadski 737’ (SRB), G40 ‘МИР 12-11’ (UKR), G49 ‘Scarpia’ (DEU) та G66 ‘Manitum’ (FRA). Їх також можна вважати ефективними джерелами поєднання комплексу ознак. Однак зіставлення результатів візуального аналізу графіків GYT biplot і даних таблиць 1 та 2 свідчить, що «слабким місцем» G58 ‘Merlo’ (FRA) є показник відносної морозостійкості. На це необхідно зважати, залучаючи його до гібридизації. Відповідно, іншим компонентом схрещувань має бути зразок із підвищеним рівнем вказаної ознаки. Окрім вже охарактеризованих, заслуговують на увагу також зразки G38 ‘МИР 12-9’ (UKR) і G18 ‘Снігова королева’ (UKR), які розташувалися на межі другого та третього кіл, але в той самий час були максимально близькими до центрального вектора.

ВИСНОВКИ

Виділено генетичні джерела стійкості/толерантності до основних біо- та абіотичних чинників: *стійкості проти борошнистої роси* – ‘МИР 13/1’, ‘МИР 12-1’, ‘МИР 12-12’, ‘МИР 12-11’, ‘МИР 12-13’, ‘Академічний’, ‘МИР 12-14’, ‘Снігова королева’, ‘МИР 4787’ (UKR); ‘(IR 08287)’, ‘Radical / Pervenets’ (SYR); ‘Titus’ (DEU); ‘Merlo’ (FRA); ‘Novosadski 737’ (SRB); *проти темно-бурої плямистості* – ‘МИР 13/1’, ‘МИР 12-13’, ‘МИР 12-11’, ‘МИР 12-1’, ‘МИР 12-12’, ‘МИР 12-2’, ‘Зимовий’ (UKR); ‘(IR 08287)’, ‘Radical / Pervenets’ (SYR); ‘Merlo’, ‘Manitum’ (FRA); ‘Scarpia’ (DEU); ‘Novosadski 737’ (SRB); *проти смугастої плямистості* – ‘Буревій’, ‘Л122’, ‘МИР 12-14’, ‘МИР 12-1’, ‘МИР 12-2’, ‘МИР 12-12’, ‘МИР 12-10’, ‘МИР 12-13’, ‘Абориген’, ‘МИР 12-15’ (UKR); ‘Augusta’ (DEU); ‘Novosadski 519’ (SRB); ‘Radical / Pervenets’, ‘(20625)*’ (SYR); ‘Glenan’, ‘Panda’ (FRA); ‘Diapason’ (FRA); *проти карликової іржі* – ‘Merlo’ (FRA), ‘МИР 12-12’ (UKR) і ‘Scarpia’ (DEU); *стійкості проти вилягання* – ‘МИР 4790’, ‘Академічний’, ‘Трудівник’, ‘Буревій’, ‘МИР 12-7’ (UKR); ‘Novosadski 525’, ‘Novosadski 519’, ‘Novosadski 529’ (SRB); ‘Panda’, ‘Merlo’, ‘Baraka’ (FRA); ‘Naomie’, ‘Titus’, ‘Augusta’ (DEU); ‘(20604)*’ (SYR); *відносної морозостійкості* – ‘МИР 12-13’, ‘Л п5/11’, ‘МИР 13/1’, ‘Л 17/7’, ‘Зимовий’, ‘МИР 12-15’, ‘Л 2/1’, ‘МИР 12-1’, ‘Достойний’ (UKR); ‘Manitum’, ‘Classica’ (FRA); ‘Okal’ (CZE); ‘Naomie’, ‘Scarpia’ (DEU); ‘(20625)*’ (SYR); *відносної посухостійкості* – ‘МИР 12-13’, ‘МИР 12-12’, ‘МИР 4787’, ‘МИР 4790’, ‘МИР 12-8’ (UKR). Залучаючи до схрещування зразки, виділені за стійкістю проти окремих біо- та абіотичних чинників, слід зважа-

ти на рівень прояву решти параметрів і комбінувати їх з іншими компонентами за принципом взаємодоповнення ознак.

Відповідно до GYT biplot, оптимальне поєднання врожайності та комплексу ознак виявлено у зразка 'Titus' (DEU). Джерелами комплексу ознак також визначено 'Merlo', 'Manitum' (FRA); 'МИР 12-11', 'МИР 12-9', 'Снігова королева' (UKR); 'Novosadski 737' (SRB); 'Scarpia' (DEU). Однак 'Merlo' (FRA) потребує поліпшення за параметром відносної морозостійкості.

Виділені генетичні джерела окремих та комплексу ознак рекомендовано використовувати в селекційних програмах ячменю озимого для створення нового вихідного матеріалу. Ці зразки також можуть бути цінними компонентами схрещувань для розширення генетичної основи ячменю ярого, зокрема за показниками відносної посухостійкості та стійкості проти збудників хвороб.

References

- Jiang, C., Kan, J., Gao, G., Dockter, C., Li, C., Wu, W., Yang, P., & Stein, N. (2025). Barley2035: A decadal vision for barley research and breeding. *Molecular Plant*, 18(2), 195–218. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2024.12.009>
- Lehkun, I. B., Sheremet, O. M., Kovtun, I. V., Skvortsova, K. O., & Shcherbina, Z. V. (2025). Creation of new barley genotypes of winter and alternative types of development. *Grain Crops*, 9(2), 239–248. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0384> [In Ukrainian]
- Sadok, W., Wiersma, J. J., Steffenson, B. J., Snapp, S. S., & Smith, K. P. (2022). Improving winter barley adaptation to freezing and heat stresses in the U.S. Midwest: bottlenecks and opportunities. *Field Crops Research*, 286, Article 108635. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108635>
- Tamang, B. G., López, J.R., McCoy, E., Haaning, A., Sallam, A., Steffenson, B. J., Muehlbauer, G. J., Smith, K. P., & Sadok, W. (2021). Association between xylem vasculature size and freezing survival in winter barley. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 208(3), 362–371. <https://doi.org/10.1111/jac.12537>
- Guerra, D., Morcia, C., Badeck, F., Rizza, F., Delbono, S., Francia, E., Milc, J. A., Monostori, I., Galiba, G., Cattivelli, L., & Tondelli, A. (2021). Extensive allele mining discovers novel genetic diversity in the loci controlling frost tolerance in barley. *Theoretical and Applied Genetics*, 135(2), 553–569. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03985-x>
- Liang, X., Hu, G., McDougall, L., Werth, J., Yang, R., Yang, J., Evans, C., & Satterfield, K. (2024). Small stomates and xylem vessels associated with freeze tolerance in winter barley. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 210(4), Article e12737. <https://doi.org/10.1111/jac.12737>
- Wójcik-Jagła, M., Daszkowska-Golec, A., Fiust, A., Kopeć, P., & Rapacz, M. (2021). Identification of the genetic basis of response to de-acclimation in winter barley. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), Article 1057. <https://doi.org/10.3390/ijms22031057>
- Wójcik-Jagła, M., & Rapacz, M. (2023). Freezing tolerance and tolerance to de-acclimation of European accessions of winter and facultative barley. *Scientific Reports*, 13(1), Article 19931. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47318-y>
- Pravdziva, I. V., Demydov, O. A., Hudzenko, V. M., & Derhachov, O. L. (2020). Evaluation of yield and stability of bread winter wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) depending on predecessors and sowing dates. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(3), 291–302. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.2020.214923> [in Ukrainian]
- Elakhdar, A., Solanki, S., Takahiko, K., Abed, A., Elakhdar, I., Khedr, R., Hamwiah, A., Capo-chichi, L. J. A., Abdelsattar, M., Franckowiak, J. D., & Qualset, C. O. (2022). Barley with improved drought tolerance: challenges and perspectives. *Environmental and Experimental Botany*, 201, Article 104965. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104965>
- Findurová, H., Veselá, B., Panzarová, K., Pytela, J., Trtílek, M., & Klem, K. (2023). Phenotyping drought tolerance and yield performance of barley using a combination of imaging methods. *Environmental and Experimental Botany*, 209, Article 105314. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105314>
- Badr, A., El-Shazly, H. H., Mahdy, M., Schierenbeck, M., Helmi, R. Y., Börner, A., & Youssef, H. M. (2025). GWAS identifies novel loci linked to seedling growth traits in highly diverse barley population under drought stress. *Scientific Reports*, 15(1), Article 10085. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94175-y>
- Song, R., Shi, P., Xiang, L., He, Y., Dong, Y., Miao, Y., & Qi, J. (2024). Evaluation of barley genotypes for drought adaptability: based on stress indices and comprehensive evaluation as criteria. *Frontiers in Plant Science*, 15, Article 1436872. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1436872>
- Paul, M., Tanskanen, J., Jääskeläinen, M., Chang, W., Dalal, A., Moshelion, M., & Schulman, A. H. (2023). Drought and recovery in barley: key gene networks and retrotransposon response. *Frontiers in Plant Science*, 14, Article 1193284. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1193284>
- Cai, K., Gao, H., Wu, X., Zhang, S., Han, Z., Chen, X., Zhang, G., & Zeng F. (2019). The ability to regulate transmembrane potassium transport in root is critical for drought tolerance in barley. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(17), Article 4111. <https://doi.org/10.3390/ijms20174111>
- Cai, K., Chen, X., Han, Z., Wu, X., Zhang, S., Li, Q., Nazir, M. M., Zhang, G., & Zeng, F. (2020). Screening of worldwide barley collection for drought tolerance: the assessment of various physiological measures as the selection criteria. *Frontiers in Plant Science*, 11, Article 1159. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01159>
- Wang, J., Yao, L., Hao, J., Li, C., Li, B., Meng, Y., Ma, X., Si, E., Yang, K., Zhang, H., Shang, X., & Wang, H. (2024). Growth properties and metabolomic analysis provide insight into drought tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.). *International Journal of Molecular Sciences*, 25(13), Article 7224. <https://doi.org/10.3390/ijms25137224>
- Habtegebriel, M. H., Feyissa, T., Setotaw, T. A., & Melkie, Y. (2025). Screening of barley (*Hordeum vulgare* L.) for early seedling growth traits for drought tolerance under polyethylene glycol 6000. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 8(3), Article e70203. <https://doi.org/10.1002/agg2.70203>
- Frimpong, F., Anokye, M., Windt, C. W., Naz, A. A., Frei, M., Dusschoten, D. van, & Fiorani, F. (2021). Proline-mediated drought tolerance in the barley (*Hordeum vulgare* L.) isogenic line is associated with lateral root growth at the early seedling stage. *Plants*, 10(10), Article 2177. <https://doi.org/10.3390/plants10102177>
- Niu, Y., Chen, T., Zhao, C., & Zhou, M. (2022). Lodging prevention in cereals: Morphological, biochemical, anatomical traits and their molecular mechanisms, management and breeding strategies. *Field Crops Research*, 289, Article 108733. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108733>
- Yuan, Z., Rembe, M., Mascher, M., Stein, N., Himmelbach, A., Jayakodi, M., Börner, A., Oldach, K., Jahoor, A., Jensen, J. D., Rudloff, J., Dohrendorf, V.-E., Kuhfus, L. P., Dyrszka, E., Conte, M., Hinz, F., Trouchaud, S., Reif, J. C., & Hanafi, S. E. (2025). High-quality phenotypic and genotypic dataset of barley genebank core collection to unlock untapped genetic diversity. *GigaScience*, 14, Article 121. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giae121>

22. Jiang, Y., Xue, R., Chang, Y., Cao, D., Liu, B., & Li, Y. (2025). The knockout of Gy subunit HvGS3 by CRISPR/Cas9 gene editing improves the lodging resistance of barley through dwarfing and stem strengthening. *Theoretical and Applied Genetics*, 138(3), Article 61. <https://doi.org/10.1007/s00122-025-04853-8>
23. Retman, S., Melnichuk, F., Kyslykh, T., & Shevchuk, O. (2022). Complex of barley leaf spots in Ukraine. *Chemistry Proceedings*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/IOCAG2022-12290>
24. Bilovus, H., Terletska, M., Pushchak, V., Vashchysyn, O., & Prysatska, O. (2022). Evaluation of winter barley cultivars for resistance to leaf fungal diseases and yield in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 25(1), 60–67. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(1\).2022.60-67](https://doi.org/10.48077/scihor.25(1).2022.60-67)
25. Bilovus, H., Terletska, M., Ilchuk, R., & Yaremko, V. (2023). Discovery of sources of resistance to leaf diseases of winter barley for use in breeding. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 73(2), 22–35. [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(73\)-2-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(73)-2-2) [in Ukrainian]
26. Li, X., Jin, C., Yuan, H., Huang, W., Liu, F., Fan, R., Xie, J., & Shen, Q.-H. (2021). The barley powdery mildew effectors CSEP0139 and CSEP0182 suppress cell death and promote *B. graminis* fungal virulence in plants. *Phytopathology Research*, 3(1), Article 7. <https://doi.org/10.1186/s42483-021-00084-z>
27. Dreiseitl, A. (2022). Powdery mildew resistance genes in barley varieties bred for human consumption. *Agronomy*, 12(10), Article 2245. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102245>
28. Dreiseitl, A. (2025). Major genes for powdery mildew resistance in research and breeding of barley: a few brief narratives and recommendations. *Plants*, 14(14), Article 2091. <https://doi.org/10.3390/plants14142091>
29. Visioni, A., Rehman, S., Viash, S. S., Singh, S. P., Vishwakarma, R., Gyawali, S., Al-Abdallat, A. M., & Verma, R. P. S. (2020). Genome wide association mapping of spot blotch resistance at seedling and adult plant stages in barley. *Frontiers in Plant Science*, 11, Article 642. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00642>
30. Bilovus, H., Vashchysyn, O., & Pristatska, O. (2023). Dark brown spotting of winter barley in the conditions of the Western Forest Steppe. *Bulletin of Agricultural Science*, 101(12), 45–50. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202312-06> [In Ukrainian]
31. Kaur, A., Sharma, V. K., Kaur, S., Kaur, J., & Lal, C. (2020). Characterization of barley entries for spot blotch resistance. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(10), 161–171. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.910.021>
32. Roy, D., Dinglasan, E., Fowler, R., Platz, G., Lance, R., Synman, L., Franckowiak, J., Hickey, L. T., Voss-Fels, K., & Robinson, H. (2025). Genomic regions associated with spot blotch resistance in elite barley breeding populations. *Molecular Breeding*, 45(2), Article 16. <https://doi.org/10.1007/s11032-025-01537-5>
33. Tucker, J. R., Badea, A., Fernando, W. G. D., Hiebert, C. W., Woitas, A. C., & Beattie, A. D. (2024). Genome-wide association study of adult plant resistance to spot blotch in an elite Canadian two-row barley germplasm collection. *Plant Pathology*, 73(6), 1446–1457. <https://doi.org/10.1111/ppa.13896>
34. Tan, Z., Zhang, S., Qu, Y., Kang, S., Fang, S., & Hou, L. (2025). Identification of leaf stripe resistance genes in hulless barley landrace Teliteqingke from Qinghai-Tibet Plateau. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(3), Article 1133. <https://doi.org/10.3390/ijms26031133>
35. Wang, Y., Hu, Q., Yao, Y., Cui, Y., Bai, Y., An, L., Li, X., Ding, B., Yao, X., & Wu, K. (2025). Transcriptome, miRNA, and degradome sequencing reveal the leaf stripe (*Pyrenophora graminea*) resistance genes in Tibetan hulless barley. *BMC Plant Biology*, 25(1), Article 71. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06055-2>
36. Si, E., Meng, Y., Ma, X., Li, B., Wang, J., Yao, L., Yang, K., Zhang, Y., Shang, X., & Wang, H. (2020). Genome resource for barley leaf stripe pathogen *Pyrenophora graminea*. *Plant Disease*, 104(2), 320–322. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-19-1179-A>
37. Ziems, L. A., Singh, L., Dracatos, P. M., Dieters, M. J., Sanchez-Garcia, M., Amri, A., Verma, R. P. S., Park, R. F., & Singh, D. (2023). Characterization of leaf rust resistance in international barley germplasm using genome-wide association studies. *Plants*, 12(4), Article 862. <https://doi.org/10.3390/plants12040862>
38. Singh, D., Ziems, L. A., Sandhu, K. S., Chhetri, M., Sanchez-Garcia, M., Amri, A., Dieters, M., & Park, R. F. (2025). Predictions of genes conferring resistance to *Puccinia hordei* in an international barley panel using gene-for-gene-based postulations and linked molecular markers. *Plants*, 14(20), Article 3150. <https://doi.org/10.3390/plants14203150>
39. Matros, A., Schikora, A., Ordon, F., & Wehner, G. (2023). QTL for induced resistance against leaf rust in barley. *Frontiers in Plant Science*, 13, Article 1069087. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1069087>
40. Dinh, H. X., Singh, D., Gomez de la Cruz, D., Hensel, G., Kumlehn, J., Mascher, M., Stein, N., Perovic, D., Ayliffe, M., Moscou, M. J., Park, R. F., & Pourkheirandish, M. (2022). The barley leaf rust resistance gene *Rph3* encodes a predicted membrane protein and is induced upon infection by avirulent pathotypes of *Puccinia hordei*. *Nature Communications*, 13(1), Article 2386. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29840-1>
41. Hudzenko, V. M., Lysenko, A. A., Polishchuk, T. P., Buniak, N. M., Kuzmenko, Ye. A., Yurchenko, T. V., Khudolii, L. V., & Kokhavska, I. V. (2025). Genetic sources of yield and stability for winter barley breeding under conditions of the Ukrainian Forest-Steppe. *Plant Varieties Studying and Protection*, 21(1), 25–38. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.21.1.2025.327499> [In Ukrainian]
42. Petrenkova, V. P., Borovska, I. Yu., Luchna, I. S., Sokol, T. V., Nyska, I. M., Kucherenko, E. Yu., & Kompanets K. V. (2018). *Methodology for selecting forms of field crops in terms of resistance to a complex of biotic and abiotic factors*. FOP Brovin O. V. [In Ukrainian]
43. Yurchenko, T., Pykalo, S., Hudzenko, V., Tomashevska, A. (2024). Method of evaluation and selection of breeding material of winter cereals for frost resistance. *Environmental Sciences*, 53, 205–208. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.2-53.28>
44. Yan, W., & Frégeau-Reid, J. (2018). Genotype by yield*trait (GYT) biplot: a novel approach for genotype selection based on multiple traits. *Scientific Reports*, 8(1), Article 8242. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26688-8>
45. Frutos E., Galindo M. P., & Leiva V. (2014). An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 28(7), 1629–1641. <https://doi.org/10.1007/s00477-013-0821-z>
46. Laidig, F., Feike, T., Klocke, B., Macholdt, J., Miedaner, T., Rentel, D., & Piepho, H. P. (2021). Long-term breeding progress of yield, yield-related, and disease resistance traits in five cereal crops of German variety trials. *Theoretical and Applied Genetics*, 134(12), 3805–3827. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03929-5>
47. Kendal, E. (2020). Evaluation of some barley genotypes with genotype by yield*trait (GYT) biplot method. *Agriculture and Forestry*, 66(2), 137–150. <https://doi.org/10.17707/Agricult-Forest.66.2.13>
48. Welderufael, S., Abay, F., Ayana, A., & Amede, T. (2023). Genotype by trait (GT) and genotype by yield*traits (GYT) analysis of sorghum landraces in Tigray, Northern Ethiopia. *Crop Breeding, Genetics and Genomics*, 5(2), Article e230002. <https://doi.org/10.20900/cbgg20230002>
49. Hudzenko, V. M., Lysenko, A. A., Tsentylo, L. V., Demydov, O. A., Polishchuk, T. P., Khudolii, L. V., Buniak, N. M., Fedorenko, I. V., Fedorenko, M. V., Petrenko, V. V., Yurchenko, T. V., Suddenko, Y. M., Ishchenko, V. A., & Kozelets, H. M. (2023). Genotype by yield × trait (GYT) biplot analysis for the identification of the superior winter and facultative barley breeding lines. *Agronomy Research*, 21(2), 739–757. <https://doi.org/10.15159/AR.23.052>

UDC 633.162:631.527:631.524.85(477)

Hudzenko, V. M.^{1,2*}, Lysenko, A. A.³, Polishchuk, T. P.⁴, Buniak, N. M.¹, Sardak, M. O.¹, Yurchenko, T. V.⁴, Kuzmenko, Ye. A.⁴, Khudolii, L. V.², Kokhovska, I. V.², & Kravchenko, Yu. A.² (2026). Resistance of winter barley accessions to complex of biotic and abiotic stresses under condition of the Ukrainian Forest-Steppe. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(1), 23–34. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.22.1.2026.357581>

¹Nosivka Plant Breeding and Experimental Station of the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the NAAS of Ukraine, 1 Myru St., Doslidne village, Nosivka district, Chernihiv region, 17131, Ukraine, *e-mail: barley22@ukr.net

²Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Horikhuvatskyi Shliakh St., Kyiv, 03041, Ukraine

³"Kyiv-Atlantic Ukraine" LLC, 8 Stepova St., Myronivka, Obukhiv district, Kyiv region, 08800, Ukraine

⁴The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the NAAS of Ukraine, 68 Tsentralna St., Tsentralne village, Obukhiv district, Kyiv region, 08853, Ukraine

Purpose. To identify the genetic sources of resistance/tolerance to the most common biotic and abiotic stress factors in order to incorporate them into winter barley breeding programs in the Forest-Steppe region of Ukraine. **Methods.** The study was conducted at the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS in 2018/19, 2020/21, 2021/22. The study material consisted of 74 accessions of various origins. Assessments of resistance/tolerance to biotic and abiotic factors were carried out under field and laboratory conditions in accordance with standardized methods. GYT biplot analysis was then used to characterize the accessions based on a set of traits and their correlation with yield. **Results.** As a result of the study, genetic sources of resistance/tolerance to biotic and abiotic stresses have been identified. In particular, sources of resistance to: powdery mildew – 14 accessions ('MYR 13/1', 'MYR 12-1', 'MYR 12-12' (UKR) and others), spot blotch – 13 accessions ('MYR 12-13', 'MYR 12-11' (UKR); 'Novosadski 737' (SRB) and others), leaf stripe – 17 accessions ('L122', 'MYR 12-14' (UKR); 'Augusta' (DEU) and others), leaf rust – three accessions ('Merlo' (FRA); 'MYR 12-12' (UKR); 'Scarpia' (DEU)), lodging – 15 accessions ('Novosadski 525' (SRB); 'Naomie' (DEU); 'Panda' (FRA) and others). Two accessions ('Manitum' (FRA), 'MYR 12-13' (UKR)) were characteri-

zed as a sources of a very high relative frost tolerance. High relative frost tolerance was found for 13 accessions. Higher than average relative drought tolerance was identified in five accessions ('MYR 12-13', 'MYR 12-12', 'MYR 4787', 'MYR 4790', 'MYR 12-8' (UKR)). The optimal combination of yield and complex of other traits according to GYT biplot was found in the accession 'Titus' (DEU). Also, as the sources of the complex traits we can characterized the accessions 'Merlo', 'Manitum' (FRA); 'MYR 12-11', 'MYR 12-9', 'Snihova koroleva' (UKR); 'Novosadski 737' (SRB); 'Scarpia' (DEU). However, 'Merlo' (FRA) needs improvement in terms of relative frost tolerance. **Conclusions.** The identified genetic sources of individual traits and their combinations should be used in breeding programmes for winter barley, as well as spring barley in terms of relative drought tolerance and resistance to pathogens. When selecting sources for hybridization based on their resistance to specific biotic and abiotic factors, it is important to consider the expression levels of the remaining traits and combine them with other components on the basis of complementary traits.

Keywords: *Hordeum vulgare* L.; lodging, powdery mildew; spot blotch; stripe blotch; leaf rust; frost tolerance; drought tolerance; GYT biplot.

Надійшла / Received 16.01.2026

Прийнято до друку / Accepted 11.03.2026

Опубліковано онлайн / Published online 30.03.2026