

## Багатосередовищні випробування ячменю ярого за врожайністю та стабільністю

О. А. Демидов<sup>1</sup>, В. М. Гудзенко<sup>1\*</sup>, М. О. Сардак<sup>2</sup>,  
В. А. Іщенко<sup>3</sup>, І. В. Смульська<sup>4</sup>, С. С. Коляденко<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., 08853, Україна, \*e-mail: barley22@ukr.net

<sup>2</sup>Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, вул. Миру, 1, с. Дослідне, Носівський р-н, Чернігівська обл., 17131, Україна

<sup>3</sup>Кіровоградська державна сільськогосподарська дослідна станція НААН України, вул. Центральна, 2, с. Созонівка, Кіровоградський р-н, Кіровоградська обл., 27602, Україна

<sup>4</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

**Мета.** Виявити закономірності рівня прояву врожайності сортів ячменю ярого у взаємодії «генотип–середовище» за випробування в різних екологічних зонах України та виділити генотипи з підвищеним адаптивним потенціалом. **Методи.** Об'єкт досліджень – 36 сортів ячменю ярого вітчизняної та зарубіжної селекції. Сортовипробування проведено в Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП) (Центральний Лісостеп) у 2015–2017 рр., на Носівській селекційно-дослідній станції МІП (НСДС) (Полісся) та на Кіровоградській державній сільськогосподарській дослідній станції НААН (КДСГДС) (Північний Степ) у 2016–2017 рр. За три роки досліджень (2015–2017) отримано результати випробування сортів у семи середовищах. Ділянки обліковою площею 10 м<sup>2</sup> закладали у триразовій повторності методом повних рендомізованих блоків, відповідно до загальноприйнятих методик. Статистичний аналіз експериментальних даних проведено з використанням комп'ютерних програм Excel 2010 і Statistica 8.0. Для наочної інтерпретації взаємодії «генотип–середовище» використано GGE biplot модель. **Результати.** Дисперсійний аналіз даних урожайності засвідчив достовірні внески у загальну варіацію середовища – 64,64%, генотипу – 14,90% та їх взаємодії – 20,46%. Найвищою диференціовальною здатністю (інформативністю) характеризувались умови МІП у 2016 р., найнижчою – умови КДСГДС у 2017 р. Найбільш репрезентативними були умови МІП у 2017 р. і НСДС у 2016 р., найменш репрезентативними – у КДСГДС (2016 р.). Найвіддаленішими між собою були умови МІП та КДСГДС у 2016 р. Візуалізація GGE biplot «хто-де-переміг» дала змогу розподілити середовища на два сектори: перший – умови МІП 2015–2017 рр. і НСДС 2016–2017 рр., другий – умови КДСГДС 2016–2017 рр. У першому секторі суттєву перевагу мав сорт 'МІП Мирний', у другому – сорт 'Скарб'. Диференційовано й виділено сорти ячменю ярого з оптимальним рівнем прояву врожайності в середовищах, найближчих до гіпотетичного «ідеального» генотипу GGE biplot моделі – 'МІП Мирний', 'МІП Богун', 'Талісман Миронівський', 'МІП Азарт', 'Доказ', 'Пан'. **Висновки.** Моделювання багатосередовищних сортовипробувань шляхом комбінування контрастних за гідротермічним режимом років і різних екологічних умов з інтерпретацією результатів досліджень за сучасними статистично-графічними методами сприяє детальнішій характеристиці взаємодії «генотип–середовище», ранжируванню і виділенню перспективних генотипів.

**Ключові слова:** ячмінь ярий, екологічне випробування, сорт, генотип, середовище, взаємодія «генотип–середовище», урожайність, адаптивність, стабільність, GGE biplot.

### Вступ

Підвищення адаптивності сільськогосподарських культур в аспекті забезпечення необхідного рівня врожайності та якості продукції у взаємодії «генотип–середовище» залишається центральною проблемою теорії і практики селекції [1, 2]. У зв'язку з глобальними кліматичними змінами постійно постають нові виклики, які загострюються на тлі стрімкого

зростання чисельності населення планети [3]. Наведене потребує перегляду існуючих парадигм щодо підходів у конструюванні нових генотипів основних продовольчих культур і проведення відповідних системних досліджень [4].

Доведено вищу пристосованість генотипів до екологічних умов, у яких (або наближених до яких) його створено [5, 6]. Водночас, унікальні умови розташування низки селекційних установ світового значення є однією

з ключових складових успішної селекційної роботи [7].

Унаслідок досить великої географічної протяжності, Україна характеризується суттєвими відмінностями в забезпеченні ґрунтовими та метеорологічними ресурсами. До того ж, погодні флуктуації останніх років, навіть в одній екологічній зоні або підзоні, можуть значно варіювати як у просторі (відносно «вузькі» локальні посухи, зливи та ін.), так і в часі (за роками). Прикладом першого можуть бути проведені дослідження впливу варіабельності показників гідротермічного режиму окремих міжфазних періодів вегетації на формування врожайності ячменю ярого в Центральному Лісостепу України впродовж 2004–2016 рр. [8], другого – повітряно-ґрунтова посуха весняно-літнього періоду 2017 р. Як очевидний факт відмічається «зсув» кліматичних зон в Україні з півдня на північ [9].

Наведене потребує створення й постійного тестування сортів з метою визначення найадаптованіших до конкретних умов. Вирішальним щодо офіційного висновку для отримання права на поширення сорту в тих чи інших екологічних зонах України є система державного сорто випробування, здійснювана Українським інститутом експертизи сортів рослин.

Однак екологічні сорто випробування й після офіційної реєстрації сорту не тільки не втрачають актуальності, а, навпаки, їх визнають як пріоритетні на тлі глобальних кліматичних змін навіть у країнах з відносно вологим помірним кліматом, наприклад у Німеччині [10]. Результати екологічних випробувань генотипів ячменю розглянуто в низці публікацій вітчизняних [11–13] та іноземних дослідників [14–16].

*Мета досліджень* – виявити закономірності рівня прояву врожайності сортів ячменю ярого у взаємодії «генотип–середовище» за випробування в різних екологічних зонах України та виділити генотипи з підвищеним адаптивним потенціалом.

Oleksandr Demydov  
<https://orcid.org/0000-0002-5715-2908>  
 Volodymyr Hudzenko  
<https://orcid.org/0000-0002-9738-1203>  
 Nikolay Sardak  
<https://orcid.org/0000-0001-9417-3188>  
 Vitalii Ischenko  
<https://orcid.org/0000-0002-7640-5659>  
 Ivanna Smulskaya  
<https://orcid.org/0000-0001-9675-0620>  
 Svitlana Koliadenko  
<https://orcid.org/0000-0001-5341-8601>

## Матеріали та методика досліджень

Об'єкт досліджень – 36 сортів ячменю ярого вітчизняної та зарубіжної селекції. Для компактності відображення на рисунках наведено кодування досліджених генотипів: G1 'Вираж', G2 'Талісман Миронівський', G3 'МПП Мирний', G4 'МПП Салют', G5 'МПП Сотник', G6 'МПП Азарт', G7 'МПП Богун', G8 'Імідж', G9 'Міраж', G10 'Козацький', G11 'Статок', G12 'Крок', G13 'Святомихайлівський', G14 'Воевода', G15 'Всесвіт', G16 'Галактик', G17 'Тетьман', G18 'Святогор', G19 'Лука', G20 'Вакула', G21 'Геліос', G22 'Доказ', G23 'Інклюзив', G24 'Взірець', G25 'Вітраж', G26 'Велес', G27 'Скарб', G28 'Перл', G29 'Алегро', G30 'Пан', G31 'Модерн', G32 'Скіф', G33 'Сварог', G34 'Shakira', G35 'KWS Bambina', G36 'Brusefield'.

Сортовипробування цих сортів проведено в Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МПП) (Центральний Лісостеп) (2015–2017 рр.), на Носівській селекційно-дослідній станції МПП (НСДС) (Полісся) (2016–2017 рр.) та Кіровоградській державній сільськогосподарській дослідній станції НААН (КДСГДС) (Північний Степ) (2016–2017 рр.). Таким чином, за трирічний період досліджень (2015–2017) отримано результати випробування сортів у семи середовищах. Ділянки, обліковою площею 10 м<sup>2</sup> у триразовій повторності, заклали методом повних рендомізованих блоків за загальноприйнятими методиками [17, 18]. Для зручності візуалізації середовища кодували таким чином: МПП 2015 р., 2016 р., 2017 р., відповідно – М15, М16, М17; НСДС 2016 і 2017 рр., відповідно – N16, N17; КДСГДС 2016 і 2017 рр., відповідно – K16 і K17.

Хімічний захист посівів від хвороб, шкідників і вилягання не проводили. Тому сформований рівень врожайності слід розглядати як результат реалізації потенціалу продуктивності (адаптивності) залежно від екологічних умов та генетично детермінованої стійкості (толерантності) конкретного генотипу за дії різних абіотичних і біотичних чинників. Найбільш добре вираженіми з них були: вилягання – в середовищах М15 і М16; ґрунтово-повітряна посуха – в середовищах М17, K16 і K17; сильний розвиток збудників хвороб, особливо *Blumeria graminis* (DC.) Golovin ex Speer f. sp. *hordei* Em. Marchal та *Pyrenophora teres* Drechs. – у середовищах М15 і М16.

Для наочної інтерпретації взаємодії «генотип–середовище» використано GGE biplot модель. Характеристику залученого некомер-

ційного програмного забезпечення наведено в оригінальній публікації [19].

### Результати досліджень

Рівень прояву та варіювання врожайності дослідженої вибірки генотипів характеризу-

ють дані таблиці 1. Найвищу середню врожайність у досліді отримано в середовищі M15 – 6,69 т/га, найнижчу в K17 – 4,33 т/га. Найбільший розмах варіації між зразками відмічено в M16 – 3,11 т/га (від 7,41 до 4,31 т/га), найменший в N17 – 1,62 т/га (від 7,09 до 5,46 т/га).

Таблиця 1

#### Урожайність сортів ячменю ярого залежно від умов вирощування

Шифр	Сорт	Установа і рік (шифр), урожайність, т/га							Х*
		МІП			НСДС		КДСГДС		
		2015 M15	2016 M16	2017 M17	2016 N16	2017 N17	2016 K16	2017 K17	
G1	‘Віраж’	7,46	7,13	5,08	5,56	7,01	4,45	3,81	5,79
G2	‘Талісман Миронівський’	7,17	7,05	4,97	6,08	7,02	5,50	4,34	6,02
G3	‘МІП Мирний’	7,61	7,41	5,23	6,99	7,08	5,81	4,89	6,43
G4	‘МІП Салют’	7,03	7,16	5,01	5,82	6,89	5,16	4,50	5,94
G5	‘МІП Сотник’	7,10	7,22	4,83	6,44	6,49	5,06	3,46	5,80
G6	‘МІП Азарт’	7,39	7,38	5,19	5,85	6,82	5,65	4,15	6,06
G7	‘МІП Богун’	7,34	7,21	5,45	6,18	6,66	5,68	4,63	6,16
G8	‘Імідж’	5,74	5,92	4,53	6,27	6,90	4,77	3,63	5,39
G9	‘Міраж’	6,86	5,75	4,21	6,15	7,01	5,15	4,79	5,70
G10	‘Козацький’	3,40	5,06	3,47	5,23	5,60	4,09	3,22	4,30
G11	‘Статок’	6,44	4,79	4,22	5,46	6,30	5,87	4,14	5,32
G12	‘Крок’	5,99	6,12	4,37	5,03	5,83	5,46	4,67	5,35
G13	‘Святомихайлівський’	7,08	5,95	4,06	6,08	5,91	5,77	4,53	5,63
G14	‘Воєвода’	6,58	5,32	4,83	6,28	6,34	5,80	3,50	5,52
G15	‘Всесвіт’	6,32	4,55	4,59	6,05	6,20	5,38	4,38	5,35
G16	‘Галактик’	6,28	4,89	4,42	5,19	6,32	5,03	3,87	5,14
G17	‘Гетьман’	6,64	4,66	4,61	5,46	6,70	5,43	4,61	5,44
G18	‘Святогор’	5,81	4,47	4,53	5,85	6,13	5,12	4,79	5,24
G19	‘Лука’	6,43	4,76	5,08	5,10	6,00	4,46	4,53	5,20
G20	‘Вакула’	6,88	5,81	4,55	5,39	6,11	6,47	4,75	5,71
G21	‘Геліос’	7,13	5,31	4,63	5,72	6,19	6,29	4,33	5,66
G22	‘Доказ’	7,56	6,08	4,64	6,73	6,84	5,97	4,23	6,01
G23	‘Інклюзив’	7,07	5,71	4,50	5,82	6,43	5,43	4,83	5,69
G24	‘Взірець’	6,84	6,88	4,66	6,01	6,61	5,73	4,53	5,90
G25	‘Вітраж’	6,15	4,78	4,35	4,80	5,46	4,57	4,17	4,90
G26	‘Велес’	6,62	6,03	4,29	5,95	6,43	4,91	4,34	5,51
G27	‘Скарб’	6,93	5,08	4,99	6,11	7,09	6,13	4,72	5,87
G28	‘Перл’	6,79	5,76	4,85	5,95	6,72	5,13	5,01	5,74
G29	‘Алегро’	7,18	5,08	4,63	6,11	6,95	5,89	4,32	5,74
G30	‘Пан’	7,59	5,85	4,54	6,27	6,95	5,89	4,04	5,88
G31	‘Модерн’	6,12	4,31	4,64	5,23	6,20	4,31	4,34	5,02
G32	‘Скіф’	6,70	5,01	4,43	6,24	7,00	5,05	3,74	5,45
G33	‘Сварог’	6,68	5,72	4,76	6,01	6,67	4,94	5,11	5,70
G34	‘Shakira’	7,48	6,52	4,21	5,33	7,07	4,31	4,55	5,64
G35	‘KWS Bambina’	6,59	6,66	4,73	6,70	7,00	5,22	4,36	5,89
G36	‘Brusefield’	5,78	4,92	4,29	5,10	5,95	6,37	3,97	5,20
	Х**	6,69	5,79	4,62	5,85	6,52	5,34	4,33	5,59
	max	7,61	7,41	5,45	6,99	7,09	6,47	5,11	6,43
	min	3,40	4,31	3,47	4,80	5,46	4,09	3,22	4,30
	R(max-min)	4,21	3,11	1,99	2,19	1,62	2,38	1,89	2,14
	НІР <sub>0,05</sub>	0,27	0,35	0,29	0,46	0,29	0,19	0,37	0,32

**Примітка.** Х\* – середнє значення врожайності сорту в середовищах, Х\*\* – середнє, max – максимальнє, min – мінімальнє значення у досліді, R(max-min) – різниця між максимальним і мінімальним значенням у досліді.

Дисперсійний аналіз показників урожайності засвідчив достовірний внесок у загальну варіацію середовища, генотипу та їх взаємодії (табл. 2). Найбільша частка належить

середовищу – 64,64%, далі за спадаючою – взаємодія «генотип–середовище» – 20,46% та генотип – 14,90%.

Таблиця 2

Результати дисперсійного аналізу врожайності сортів ячменю ярого

Фактори	SS	Df	MS	F	Частка внеску в дисперсію, %
Середовище	515,07	6	85,83	2117,10*	64,64
Генотип	118,70	35	3,39	83,66*	14,90
Взаємодія «генотип-середовище»	163,00	210	0,78	19,15*	20,46

**Примітка.** SS – сума квадратів, Df – число ступенів свободи, MS – середній квадрат, F – критерій Фішера.

\*Достовірно на 0,01% рівні значимості.

Репрезентативність та диференціювальну здатність середовищ GGE biplot моделі наведено на рисунку 1. Лінією, що проходить через середину GGE biplot, показано середню вісь середовищ. Стрілкою в малому колі на ній помічено середнє розрахункове середовище. Пунктирні лінії, що з'єднують центр GGE biplot з роками випробувань, є векторами середовищ. Кут між середньою віссю середовищ і вектором конкретного середовища характеризує його репрезентативність. Що менший кут, то вища репрезентативність. Найрепрезентативнішими були середовища M17, N16 і N17, найменш репрезентативним – K16. Довжина вектора конкретного середовища характеризує його диференціювальну здатність: чим він довший, тим вона сильніша. Найвища диференціювальна здатність (інформативність) у середовища M16, найнижча – у K17 і M17. Поєднувало репрезентативність і диференціювальну здатність середовище M15. Величина кута між окремими середовищами характеризує їх подібність, або ж відмінність у рівні прояву врожайності сортів як у цілому, так і по відношенню одного до іншого. Що менший

кут між двома векторами, тим подібніші середовища за рівнем прояву врожайності в досліджених генотипів, і, навпаки, що більший кут, тим сильніше відрізняються середовища. Найвіддаленішими між собою були середовища M16 та K16.

На рисунку 2 відображено GGE biplot «хто-де-переміг». На вершинах кутів полігональної фігури показано генотипи, найвіддаленіші від основи biplot. Вони є найкращими або найгіршими в одному чи кількох середовищах. Лінії, що відходять з центру biplot, поділяють площину на сектори, в яких розміщені середовища та генотипи. Помітно, що середовища розподілені на два сектори. У першому – середовища M15, M16, M17, N16, N17, або умови МІП і НСДС, у другому – умови КДСГДС – K16 і K17. Генотипи, що потрапили до секторів з певними середовищами, відповідно були пристосованішими до них. У першому секторі суттєву перевагу над іншими мав сорт G3 ('МІП Мирний'), у другому – G27 ('Скарб'). У середовищі M16 виділено генотипи G1 ('Віраж'), G4 ('МІП Салют'), G5 ('МІП Сотник'). Сорти G22 ('Доказ') і G30 ('Пан') були на лінії, що з'єднує

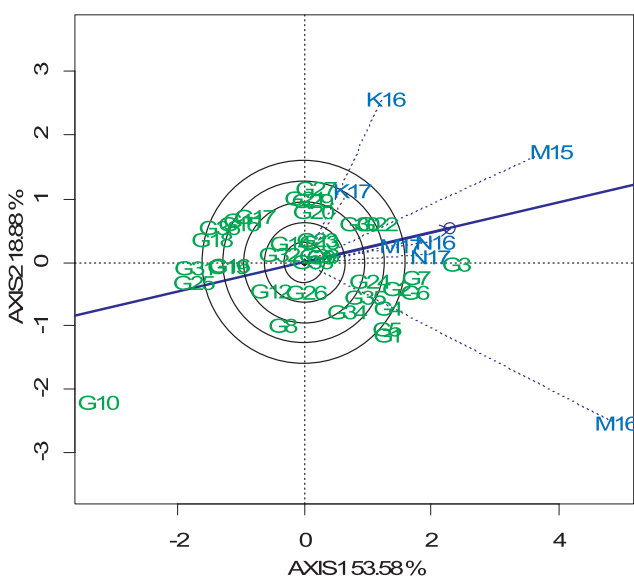


Рис. 1. GGE biplot диференціювальної здатності та репрезентативності середовищ

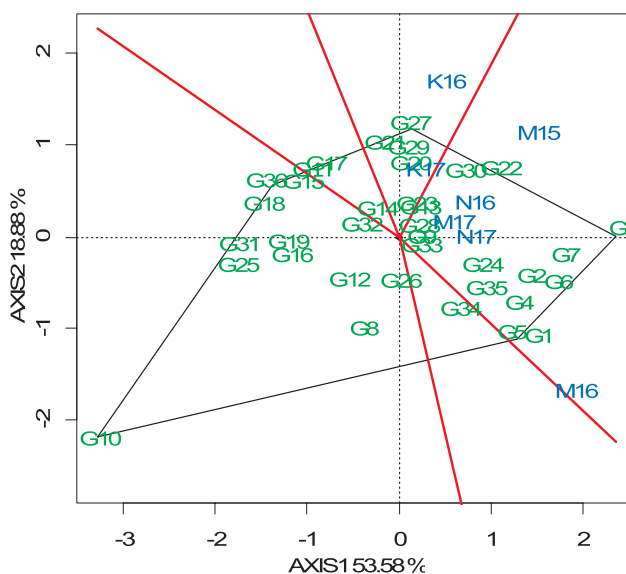


Рис. 2. GGE biplot «хто-де-переміг»

вершини першого і другого секторів і тяжіють до максимального рівня прояву їх урожайності в середовищі M15. Решта номерів, що опинилися всередині полігональної фігури цих секторів, поступалися названим вище у відповідних середовищах. Сорти, які потрапили до секторів без середовищ, поступалися за реалізацією потенціалу продуктивності генотипам у секторах середовищ.

На рисунку 3 GGE biplot характеризує генотипи за поєднанням середньої врожайності та стабільності. Вісь, що перетинає центр GGE biplot у горизонтальній площині, є середньою для середовищ абсцисою. У вертикальному напрямі середню для середовищ абсцисою перетинає середня для середовищ ордината, яка репрезентує середнє значення врожайності в досліді (адаптивну норму). Віддаленість генотипів від вісі абсцис по вісі ординат в обох напрямках характеризує варіабельність урожайності за роками по відношенню до очікуваного рівня прояву в конкретних середовищах. Чим ближче розміщені генотипи до вісі, тим вони стабільніші, й навпаки. Найвища середня врожайність у сорту G3 ('МІП Мирний'). Стабільністю відзначалися генотипи G28 ('Перл'), G9 ('Міраж'), G33 ('Сварог'), G13 ('Святомихайлівський'), G23 ('Інклюзив'). А за середнім рівнем урожайності ця група генотипів розташовувалася ближче до середньої врожайності в досліді. Генотипи G16 ('Галактик'), G32 ('Скіф'), G12 ('Крок') також мали відносно високу стабільність, але нижчу врожайність порівняно з адаптивною нормою.

Ранжирування сортів до гіпотетичного «ідеального» генотипу, який теоретично по-

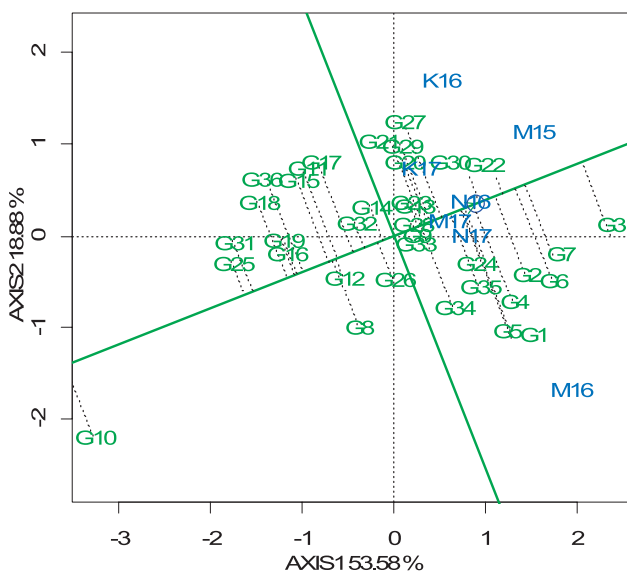


Рис. 3. GGE biplot середньосередовищна координація сортів за середньою врожайністю та стабільністю

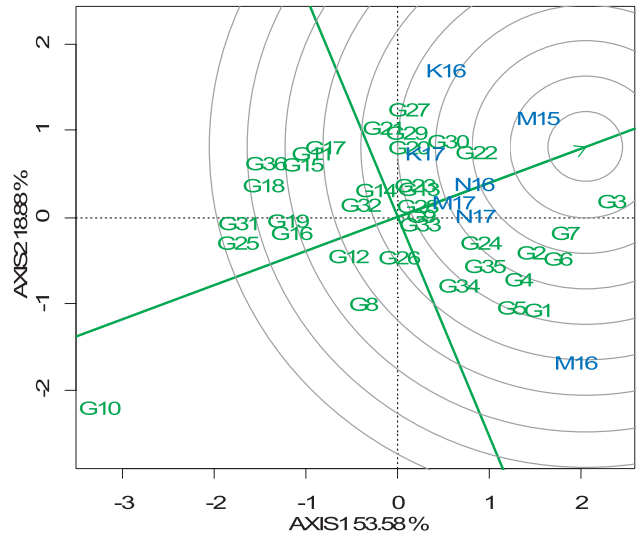


Рис. 4. GGE biplot ранжирування селекційних сортів ячменю ярого до «ідеального» генотипу

винен розташовуватись усередині центричних кіл, свідчить про наближеність до нього сорту G3 ('МІП Мирний') (рис. 4). Окрім цього сорту, ближчими від інших до «ідеального типу» були генотипи G7 ('МІП Богун'), G22 ('Доказ'), G30 ('Пан'), G2 ('Талісман Миронівський'), G6 ('МІП Азарт'). Решта сортів, що перевищують за середньою врожайністю адаптивну норму, виявили специфічнішу реакцію на умови одного або кількох середовищ. Ці генотипи становлять інтерес для середовищ, де вони були найбільш адаптованими.

## Висновки

Моделювання багатосередовищних випробувань шляхом комбінування контрастних за гідротермічним режимом років і різних екологічних умов з інтерпретацією результатів досліджень сучасними статистично-графічними методами надає детальнішу характеристику взаємодії «генотип–середовище», сприяє ранжируванню і виділенню перспективних генотипів.

Виділено сорти ячменю ярого з оптимальним рівнем прояву врожайності за середовищами, які були найближчими до гіпотетичного «ідеального» генотипу GGE biplot моделі, – 'МІП Мирний', 'МІП Богун', 'Талісман Миронівський', 'МІП Азарт', 'Доказ', 'Пан'.

## Використана література

1. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика) : в 2 т. Москва : Агрорус, 2004. Т. 1. 690 с.
2. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур. *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51, № 5. С. 617–626. doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus

3. Драгавцев В. А. Как помочь накормить человечество. *Биосфера*. 2013. Т. 5, № 3. С. 279–290.
4. Драгавцев В. А., Малецкий С. И. Эволюция парадигм наследования и развития и их ведущая роль в создании инновационных селекционных технологий. *Биосфера*. 2015. Т. 7, № 2. С. 155–168. doi: 10.24855/biosfera.v7i2.56
5. Литун П. П., Кириченко В. В., Петренкова В. П., Коломацкая В. П. Адаптивная селекция. Теория и технология на современном этапе. Харьков, 2007. 263 с.
6. Литвиненко М. А., Рибалка О. І. Зернові культури. Стан та перспективи створення нових сортів і гібридів у наукових установах УААН. *Насінництво*. 2007. № 1. С. 3–6.
7. Литвиненко М. А. Розвиток програм селекції пшениці озимої м'якої і твердої в Селекційно-генетичному інституті – НЦНС. *Реалізація потенціалу сортів зернових культур – шлях вирощення продовольчої безпеки* : Міжнар. наук.-практ. конф., присвячена 110-річчю від дня народження академіка-селекціонера В. М. Ремесла : усна доповідь на пленарній частині (с. Центральне, 20 жовтня 2017 р.).
8. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Урожайність ячменю ярого залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду у Центральному Лісостепу України. *Агробіологія* : зб. наук. пр. Біла Церква, 2016. Вип. 2. С. 11–17.
9. Іващенко О. О., Рудник-Іващенко О. І. Напрями адаптації аграрного виробництва до змін клімату. *Вісн. аграрної науки*. 2011. № 8. С. 10–12.
10. Macholdt J., Honermeier B. Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*. 2016. Vol. 6, No. 3. P. 40. doi: 10.3390/agronomy6030040
11. Ващенко В. В. Экологическое сортоиспытание как этап адаптивной селекции ячменя ярого. *Вісн. ЦНЗ АПВ Харківської області* : наук.-вироб. зб. Харків, 2010. Вип. 9. С. 35–39.
12. Солонечный П. Н., Козаченко М. Р., Васько Н. И. и др. Продуктивность сортов ячменя ярого в экологическом сортоиспытании. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2014. № 4. С. 96–99.
13. Солонечный П. М., Козаченко М. Р., Васько Н. И. та ін. GGE biplot взаємодії генотип–середовище сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. Харків, 2014. Вип. 106. С. 93–102.
14. Jalata Z. GGE-biplot Analysis of Multi-environment Yield Trials of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes in Southeastern Ethiopia Highlands. *Int. J. Plant Breed. Genet.* 2011. Vol. 5, No. 1. P. 59–75. doi: 10.3923/ijpb.2011.59.75
15. Sarkar B., Sharma R. C., Verma R. P. S. et al. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 2014. Vol. 74, Iss. 1. P. 26–33. doi: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004
16. Mortazavian S. M. M., Nikkha H. R., Hassani F. A. et al. GGE biplot and AMMI analysis of yield performance of barley genotypes across different environments in Iran. *J. Agr. Sci. Tech.* 2014. Vol. 16, Iss. 3. P. 609–622.
17. Методика проведення експертизи та державного сортопробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. *Охорона прав на сорти рослин* : офіц. бюл. / гол. ред. В. В. Волкодав. Київ : Алефа, 2003. Вип. 2, Ч. 3. 241 с.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
19. Frutos E., Galindo M. P., Leiva V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. *Stoch. Environ. Res. Risk. Assess.* 2014. Vol. 28, No. 7. P. 1629–1641. doi: 10.1007/s00477-013-0821-z
1. Zhuchenko, A. A. (2004). *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy i problemy agrosfery (teoriya i praktika)* [Ecological genetics of cultivated plants and problems of the agrosphere (theory and practice)]. (Vol. 1). Moscow: Agrorus. [in Russian]
2. Rybas', I. A. (2016). Increasing adaptability in breeding grain crops. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 51(5), 617–626. doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus [in Russian]
3. Dragavtsev, V. A. (2013). How to feed the humanity. *Biosfera* [Biosphere], 5(3), 279–290. [in Russian]
4. Dragavtsev, V. A., & Maletskiy, S. I. (2015). The evolution of paradigms of heredity and development and their leading role in designing of innovative breeding technologies. *Biosfera* [Biosphere], 7(2), 155–168. doi: 10.24855/biosfera.v7i2.56 [in Russian]
5. Litun, P. P., Kirichenko, V. V., Petrenkova, V. P., & Kolomatskaya, V. P. (2007). *Adaptivnaya selektsiya. Teoriya i tekhnologiya na sveremennom etape* [Adaptive Plant Breeding. Theory and Technology at the Current Stage]. Kharkov: N.p. [in Russian]
6. Lytvynenko, M. A., & Rybalka, O. I. (2017). Cereal Crops. Current state and prospects for development of new varieties and hybrids at the scientific institutions of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences. *Nasinnystvo* [Seed Production], 1, 3–6. [in Ukrainian]
7. Lytvynenko, M. A. (2017). Development of programs of winter wheat breeding in The Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation of NAAS. In *Realizatsiya potentsialu sortiv zernovykh kultur – shliakh vyrishennia prodovolchoi bezpeky: Mizhnar. nauk.-prakt. konf., prysviachena 110-richchiu vid dnia narodzhennia akademika-selektsionera V. M. Remesla: usna dopovid* [Realization of potential of cereal varieties is the way to solve food problem: Int. Sci. & Practical Conf. devoted to the 110<sup>th</sup> birthday anniversary of Vasyl M. Remeslo: Oral presentation] (Ukraine, Kyiv region, Myronivka district, village Tsentralne, Oct. 20, 2017). [in Ukrainian]
8. Gudzenko, V. M., & Vasykivskiy, S. P. (2016). Spring barley yielding capacity depending on hydrothermal conditions of cropping season in the Central Forest-Steppe zone of Ukraine. *Agrobiologiya* [Agrobiology], 2, 11–17. [in Ukrainian]
9. Ivashchenko, O. O., & Rudnyk-Ivashchenko, O. I. (2011). Directions of adaptation of agrarian production to climate change. *Visnyk agrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 8, 10–12. [in Ukrainian]
10. Macholdt, J., & Honermeier, B. (2016). Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*, 6(3), 40. doi: 10.3390/agronomy6030040
11. Vashchenko, V. V. (2010). Ecological variety testing as a stage of adaptive breeding of spring barley. *Visnyk centru naukovogo zabezpechennja APV Harkivs'koi oblasti* [Bulletin of the Center for Science Provision of Agribusiness in the Kharkiv region], 9, 35–39. [in Russian]
12. Solonechnyy, P. N., Kozachenko, M. R., Vasko, N. I., Naumov, A. G., Vazhenina, O. E., & Solonechnaya, O. V. (2014). Productivity of spring barley varieties under ecological testing. *Zernobobovye i krup'anye kul'tury* [Leguminous and Groat Crops], 4, 96–99. [in Russian]
13. Solonechnyy, P. M., Kozachenko, M. R., Vasko, N. I., Naumov, O. H., Vazhenina, O. Ye., Solonechna, O. V., Dmytrenko, P. P., & Kovalenko, O. L. (2014). GGE biplot analysis of genotype–environment interaction of spring barley varieties. *Selektsiya i Nasinnystvo* [Plant Breeding and Seed Production], 106, 93–102. [in Ukrainian]
14. Jalata, Z. (2011). GGE-biplot Analysis of Multi-environment Yield Trials of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes in South-eastern Ethiopia Highlands. *Int. J. Plant Breed. Genet.*, 5(1), 59–75. doi: 10.3923/ijpb.2011.59.75
15. Sarkar, B., Sharma, R. C., Verma, R. P. S., Sarkar, A., & Sharma, I. (2014). Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. *Indian J. Genet. Plant Breed.*, 74(1), 26–33. doi: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004

## References

1. Zhuchenko, A. A. (2004). *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy i problemy agrosfery (teoriya i praktika)* [Ecological genetics of cultivated plants and problems of the agrosphere (theory and practice)]. (Vol. 1). Moscow: Agrorus. [in Russian]

16. Mortazavian, S., Nikkhah, H., Hassani, F., Sharif-al-Hosseini, M., Taheri, M., & Mahlooji, M. (2014). GGE Biplot and AMMI Analysis of Yield Performance of Barley Genotypes across Different Environments in Iran. *J. Agr. Sci. Tech.*, 16(3), 609–622.
17. Volkodav, V. V. (Ed.). (2003). Method of examination and state testing of varieties of grain, cereal and leguminous crops. *Okhrona prav na sorty roslyn* [Plant Variety Rights Protection] (Vol. 2, Part. 3). Kyiv: Alefa. [in Ukrainian]
18. Dospikhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5<sup>th</sup> ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
19. Frutos, E., Galindo, M. P., & Leiva, V. (2014). An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. *Stoch. Environ. Res. Risk. Assess.*, 28(7), 1629–1641. doi: 10.1007/s00477-013-0821-z

УДК 633.16:631.559:631.524.85

**Демидов А. А.<sup>1</sup>, Гудзенко В. Н.<sup>1\*</sup>, Сардак Н. А.<sup>2</sup>, Ищенко В. А.<sup>3</sup>, Смутьская И. В.<sup>4</sup>, Коляденко С. С.<sup>4</sup>** Многосредовые испытания ячменя ярового по урожайности и стабильности // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13, № 4. С. 343–350. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.4.2017.117727>

<sup>1</sup>Мироновский институт пшеницы имени В. Н. Ремесло НААН Украины, ул. Центральная, 68, с. Центральное, Мироновский р-н, Киевская обл., 08853, Украина, \*e-mail: barley22@ukr.net

<sup>2</sup>Носовская селекционно-опытная станция Мироновского института пшеницы имени В. Н. Ремесло НААН Украины, ул. Мира, 1, с. Опытное, Носовский р-н, Черниговская обл., 17131, Украина

<sup>3</sup>Кировоградская государственная сельскохозяйственная опытная станция НААН Украины, ул. Центральная, 2, с. Созоновка, Кировоградский р-н, Кировоградская обл., 27602, Украина

<sup>4</sup>Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина

**Цель.** Выявить закономерности уровня проявления урожайности сортов ячменя ярового во взаимодействии «генотип–среда» при испытании в разных экологических зонах Украины и выделить генотипы с повышенным адаптивным потенциалом. **Методы.** Объект исследования – 36 сортов ячменя ярового отечественной и зарубежной селекции. Сортоиспытания проведены в Мироновском институте пшеницы имени В. Н. Ремесло НААН Украины (МИП) (Центральная Лесостепь) в 2015–2017 гг., на Носовской селекционно-опытной станции МИП (НСОС) (Полесье) и Кировоградской государственной сельскохозяйственной опытной станции НААН (КГСХОС) (Северная Степь) в 2016–2017 гг. За три года исследований (2015–2017) получены результаты испытания сортов в семи средах. Делянки учетной площадью 10 м<sup>2</sup> были заложены в трёхкратной повторности методом полных рендомизированных блоков, в соответствии с общепринятыми методиками. Статистический анализ экспериментальных данных проведен с использованием компьютерных программ Excel 2010 и Statistica 8.0. Для наглядной интерпретации взаимодействия «генотип–среда» использована GGE biplot модель. **Результаты.** Дисперсионный анализ данных урожайности засвидетельствовал достоверные вклады в общую вариацию среды – 64,64%, генотипа – 14,90% и их взаимодействия – 20,46%. Самой большой дифференцирующей способностью (информативностью)

характеризовались условия МИП в 2016 г., наименьшей – условия КГСХОС в 2017 г. Наиболее репрезентативными были условия МИП в 2017 г. и НСОС в 2016 г., наименее – в КГСХОС (2016 г.). Наиболее отдаленными между собой были условия МИП и КГСХОС в 2016 г. Визуализация GGE biplot «кто-где-победил» позволила разделить среды на два сектора: первый – условия МИП 2015–2017 гг. и НСОС 2016–2017 гг., второй – условия КГСХОС 2016–2017 гг. В первом секторе существенно превалировал сорт 'МИП Мирный', во втором – 'Скарб'. Дифференцированы и выделены сорта ячменя ярового с наиболее оптимальным уровнем проявления урожайности в средах, наиболее близких к гипотетическому «идеальному» генотипу GGE biplot модели – 'МИП Мирный', 'МИП Богун', 'Талисман Мироновский', 'МИП Азарт', 'Доказ', 'Пан'. **Выводы.** Моделирование многосредовых сортоиспытаний путем комбинирования контрастных по гидротермическим режимам годов и различных экологических условий с интерпретацией результатов исследований в соответствии с современными статистическо-графическими методами способствует более детальной характеристике взаимодействия «генотип–среда», ранжированию и выделению перспективных генотипов.

**Ключевые слова:** ячмень яровой, экологическое испытание, сорт, генотип, среда, взаимодействие «генотип–среда», урожайность, адаптивность, GGE biplot.

UDC 633.16:631.559:631.524.85

**Demydov, O. A.<sup>1</sup>, Hudzenko, V. M.<sup>1\*</sup>, Sardak, M. O.<sup>2</sup>, Ishchenko, V. A.<sup>3</sup>, Smulka, I. V.<sup>4</sup>, & Koliadenko, S. S.<sup>4</sup>** (2017). Spring barley integrated testing for yielding and stability. *Plant Varieties Studying and Protection*, 13(4), 343–350. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.4.2017.117727>

<sup>1</sup>The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat, NAAS of Ukraine, 68 Tsentralna Str., Tsentralne, Myronivka district, Kyiv region, 08853, Ukraine, \*e-mail: barley22@ukr.net

<sup>2</sup>Nosivka Plant Breeding Experimental Station of the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat, NAAS of Ukraine, 1 Myru Str., Doslidne, Nosivka district, Chernigiv region, 17131, Ukraine

<sup>3</sup>Kirovograd State Agrarian Experimental Station, NAAS of Ukraine, 2 Tsentralna Str., Sozonivka, Kirovograd district, Kirovograd region, 27602, Ukraine

<sup>4</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva Str., Kyiv, 03041, Ukraine

**Purpose.** To define the regularities of yield level for spring barley varieties in “genotype–environment” interaction when testing in different ecological zones environments of Ukraine and identify genotypes with increased adaptive po-

tential. **Methods.** As object of the research there were 36 spring barley varieties of domestic and foreign breeding. Varieties were tested at the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS (MIW) (the Central Forest-Steppe) in 2015–

2017, at Nosivka Plant Breeding Experimental Station of the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS (NPBES) (Polissia) in 2016–2017 and at Kirovohrad State Agricultural Experimental Station of NAAS (KSAES) (the Northern Steppe) in 2016–2017. During three years of the investigation (2015–2017), the results of varieties testing in seven environments have been obtained. Plots with discount area of 10 m<sup>2</sup> were laid out with three replications by the method of full randomized blocks, in accordance with conventional methods. Statistical analysis of experimental data was performed using Excel 2010 and Statistica 8.0 software. To interpret visually “genotype-environment” interaction the GGE biplot model was used. **Results.** The ANOVA of yield data showed reliable contributions into the total variation of environment (64.64%), genotype (14.90%), and their interaction (20.46%). Environmental conditions of MIW in 2016 were characterized with the highest discriminative fineness (informativeness), while KSAES in 2017 were characterized with the lowest one. Environmental conditions of both MIW in 2017 and NPBES in 2016 were the most representative; conditions of KSAES in 2016 were the least representative. The conditions of MIW

and KSSGDS in 2016 were the most distant against each other. The GGE biplot “who-won-where” visualization allowed to divide the environments in two sectors: the first – conditions of MIW 2015–2017 and NPBES 2016–2017, the second – conditions of KSAES 2016–2017. The variety ‘MIP Myrnyi’ had a significant advantage in the first sector, while the variety ‘Skarb’ had it in the second one. The varieties of spring barley ‘MIP Myrnyi’, ‘MIP Bohun’, ‘Talisman Myronivskyi’, ‘MIP Azart’, ‘Dokaz’, ‘Pan’ have been differentiated and defined as those with the optimal level of yield in environments being the closest to hypothetical “ideal” genotype of the GGE biplot model. **Conclusions.** Modelling of integrated variety testing by combining years being contrast in hydrothermal regime and different ecological conditions with interpretation of the investigation results using modern statistical and graphical method contributes to more detailed characterization of the “genotype-environment” interaction, ranking and identifying of prospecting genotypes.

**Keywords:** *spring barley, ecological testing, variety, genotype, environment, “genotype-environment” interaction, yield, adaptability, stability, GGE biplot.*

*Надійшла / Received 11.10.2017*

*Погоджено до друку / Accepted 21.11.2017*