

Урожайність та адаптивність миронівських сортів ячменю ярого різних періодів селекційної роботи

В. М. Гудзенко^{1*}, Т. П. Поліщук¹, О. О. Бабій¹, Л. В. Худолій²

¹Миронівський 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

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

Мета. Порівняльна оцінка за врожайністю та адаптивністю сортів ячменю ярого Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН різних років реєстрації. **Методи.** Дослідження проведені в Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН у 2013–2017 рр. відповідно до загальноприйнятих методик. Об'єкт досліджень – 19 сортів ячменю ярого миронівської селекції зареєстрованих в Україні за період 1995–2017 рр. Для характеристики взаємодії генотип–середовище та диференціації сортів за врожайністю і стабільністю використали низку найбільш поширених підходів: S. A. Eberhart, W. A. Russel (1966); G. Wricke (1962); C. S. Lin, M. R. Binns (1988); M. Huehn (1990); A. V. Кильчевский, Л. В. Хотылёва (1985); В. В. Хангильдин, Н. А. Литвиненко (1981); J. L. Purchase та ін. (2000); AMMI; GGE biplot. **Результати.** Частка умов року досліджень у загальній варіації становила 83,40%. Достовірні, але суттєво нижчі значення мали генотип – 10,65% та взаємодія генотип–середовище – 5,95%. Перші дві головні компоненти GGE biplot пояснювали дещо більшу частку взаємодії генотип–середовище (85,58%) порівняно з AMMI моделлю (80,9%). Кореляційний аналіз виявив, що середня врожайність (Mean) мала вищесередній зв'язок як з максимальним (Max) ($r = 0,69$), так і мінімальним (Min) ($r = 0,72$) її значеннями. Сильну позитивну кореляцію Mean виявлено з параметрами: SC_i ($r = 0,88$), Hom ($r = 0,86$), Sc ($r = 0,82$). Дуже сильний негативний зв'язок Mean відзначено з P_i ($r = -0,96$). Для Max середній негативний зв'язок спостерігали лише з P_i ($r = -0,60$). Min сильно корелювала з Sc ($r = 0,96$), SC_i ($r = 0,87$), Hom ($r = 0,84$). Негативну сильну кореляцію відзначено Min з Sg_i ($r = -0,86$). Між деякими показниками виявлено зв'язок від функціонального позитивного: σ^2CA_3 і Kg_i ($r = 1,00$), W_i і Lg_i ($r = 0,98$), SC_i і Hom ($r = 0,98$), SC_i і Sc ($r = 0,96$), S^2_{di} і W_i ($r = 0,96$), W_i і ASV ($r = 0,94$), Sc і Hom ($r = 0,94$), σ^2CA_3 і b_i ($r = 0,93$), S^2_{di} і ASV ($r = 0,93$) до сильного негативного: Sg_i і SC_i ($r = -0,94$), Sg_i і Sc ($r = -0,92$), Sg_i і Hom ($r = -0,91$), P_i і SC_i ($r = -0,83$), P_i і Sc ($r = -0,80$), P_i і Hom ($r = -0,79$). **Висновки.** Системна порівняльна оцінка статистичними і графічними підходами свідчить, що внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2016–2017 рр. сорти ячменю ярого 'Віраж', 'Талісман Миронівський', 'МІП Мирний', 'МІП Салют', 'МІП Сотник', 'МІП Азарт', 'МІП Богун' переважають створені на попередніх етапах селекційної роботи сорти як за продуктивним, так і адаптивним потенціалом.

Ключові слова: ячмінь ярий; урожайність; стабільність; взаємодія генотип–середовище; показники адаптивності; кореляція; AMMI; GGE biplot.

Вступ

Основними двома глобальними викликами, які стоять перед аграрною наукою сьогодні, більшістю дослідників визнаються стрімке зростання чисельності населення планети і адаптація сільськогосподарського виробництва до глобальних кліматичних змін [1–5]. Роль селекції в складному комплексі завдань, які слід розв'язати для підвищення і стабілізації виробництва сільгосппродукції, є однією з ключових. Відповідно

до наведених проблем, основні завдання селекційно-генетичних досліджень – збільшення потенціалу продуктивності створюваних сортів та підвищення їх стійкості до дії абіотичних і біотичних стресів [6–11].

Ячмінь – одна з основних світових культур за посівними площами та валовим збором. Україна належить найбільших виробників зерна цієї культури [12]. Тому збільшення і стабілізація виробництва зерна ячменю в Україні має вагоме значення як для продовольчої безпеки держави, так й у світовому аспекті загалом.

Низка публікацій [13–17] підтверджують, що значна частка у зростанні врожайності зернових культур останніх десятиліть пов'язана саме із селекційно-генетичним поліпшенням сучасних сортів. Ретроспективний аналіз даних офіційних випробувань та статистичної звітності, проведений в умовах Норвегії, свідчить, що за період 1946–2008 рр.

Volodymyr Hudzenko

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

Tetiana Polishchuk

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

Olha Babii

<https://orcid.org/0000-0003-3395-3732>

Liudmyla Khudolii

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

збільшення врожайності відбулося на 70%, з яких 48% пов'язано із впровадженням нових сортів [18]. В умовах Чехії за період 1955–2005 рр. урожайність сортів пивоварного ячменю ярого щорічно зростала на 55 кг/га [19]. У Красноуфімському селекційному центрі за період 1961–2015 рр. урожайність за рахунок селекційної роботи збільшено на 22% [20]. У період 1983–2015 рр. у Німеччині, починаючи з 1983 р., урожайність за рахунок нових сортів збільшилася на 43% у державному сорто випробуванні та на 35% – у виробничих посівах [21].

Grausgruber H. та ін. [22] в умовах Австрії оцінили 24 сорти ячменю, створених у різні періоди. Досліджено, що починаючи з 50-х рр. XX ст. селекційне збільшення врожайності становило 60 кг/га в середньому за рік. Condon F. та ін. [23] досліджували в трьох локаціях упродовж двох років 98 генотипів використаних та створених у селекційних програмах Університету Міннесоти протягом 1958–1998 рр. Достовірний селекційний ефект відзначено для 11 господарсько-цінних ознак. Mirosavljević M. та ін. [24] в умовах Сербії виявили, що для сортів ячменю озимого дворядного, створених у 1977–2010 рр., середній рівень збільшення врожайності становив 46 кг/га на рік. Ortiz R. та ін. [25] повідомляють, що для скандинавських сортів ячменю за період 1930–1991 рр. річний генетичний ефект щодо збільшення врожайності дворядного ячменю становив 13 кг/га (13%), для багаторядного – 22 кг/га (34%). Fekadu W. та ін. [26] відзначають в умовах Ефіопії за період 1970–2006 рр. щорічне збільшення врожайності харчових сортів ячменю за рахунок селекції на 42,96 кг/га.

Останніми роками в Україні ефективна різнопланова селекційна робота з ячменем ярим проводиться в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН: створено традиційні плівчасті остисті сорти [27], безості сорти [28], ваху форми [29], розширюється генетичне різноманіття методами мутагенезу та гібридизації із залученням рідкісних різновидностей [30, 31]. У Селекційно-генетичному інституті – НЦНС НААН на основі багаторічних теоретичних і практичних напрацювань виведено високопродуктивні, адаптивні сорти [32] та активно розвивається напрям щодо створення голозерних сортів із поліпшеними харчовими якостями [33, 34]. Голозерні сорти створено на Носівській СДС МП ім. В. М. Ремесла НААН [35]. Виведено нові високопродуктивні сорти в Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН

[36], Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН [37], Донецькій ДСДС НААН [38].

Таким чином, як зазначалося вище, практичне значення має як високий потенціал продуктивності, так і здатність генотипу його реалізовувати у взаємодії з середовищем, особливо за прояву несприятливих абіотичних та біотичних чинників [39]. Оцінюванню врожайності та стабільності ячменю останніми роками присвячено значну кількість робіт із використанням статистичних параметричних [40] та непараметричних показників [41], АММІ [42–44], GGE biplot [45–47] або поєднання останніх двох підходів [48–52].

Мета досліджень – порівняльна оцінка за врожайністю та адаптивністю сортів ячменю ярого Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН різних років (1995–2017) реєстрації.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили в Миронівському інституті пшениці ім. В. М. Ремесла НААН (МП) у 2013–2017 рр. відповідно до загальноприйнятих методик [53, 54]. Об'єкт досліджень – 19 сортів ячменю ярого миронівської селекції зареєстрованих в Україні за період 1995–2017 рр. (табл. 1).

Сорти попередніх періодів селекційної роботи висівали щороку в одному блоці з конкурсним сорто випробуванням, що дало змогу порівняти їх із новоствореними сортами, починаючи з оцінювання останніх як селекційних ліній і продовжуючи паралельно з державним сорто випробуванням. Характеристику взаємодії генотип–середовище та диференціацію сортів за врожайністю і стабільністю проводили з використанням найпоширеніших у вітчизняній і світовій практиці підходів. Розраховували такі показники: S. A. Eberhart, W. A. Russel [55] – коефіцієнт екологічної пластичності (b_i) і варіанса стабільності (S_{di}^2); G. Wricke [56] – ековаленса (W_i); C. S. Lin, M. R. Binns [57] – показник переваги сорту (P_i); M. Huehn [58] – непараметричні показники стабільності ($S_i^{(1)}$ і $S_i^{(2)}$); А. В. Кільчевський, Л. В. Хотильова [59] – загальна адаптивна здатність ($ЗАЗ_i$), варіанса специфічної адаптивної здатності ($\sigma^2 CAZ_i$), відносна стабільність генотипу (S_{gi}), селекційна цінність генотипу ($СЦГ_i$), коефіцієнт нелінійності (Lg_i), коефіцієнт компенсації (Kg_i), продуктивність середовища (d_k), диференціювальна здатність середовища ($\sigma^2 ДЗ_k$), відносна диференціювальна здатність середовища (S_{ek}), коефіці-

Таблиця 1

Сорти ячменю ярого селекції МІП, внесені до Держреєстру України в 1995–2017 рр.

Шифр	Назва сорту	Рік реєстрації	Походження
G1	Миронівський 86	1995	Славутич // МК-42 / Elgina /3/ Rupee
G2	Миронівський 92	1996	Лінія 11/21/77 / Миронівський 66
G3	Цезар	1998	Серпанок / Georgie
G4	Аскольд	2001	Hockey / Романтик
G5	Соборний	2004	Hockey / Романтик
G6	Персей	2004	Одеський 115 / Magnif 104 // Sara
G7	Сонцедар	2007	Vanja / Pavel // Roland
G8	Юкатан	2007	(69703/71 / Істринський 2) + НЕС 0,05%
G9	Авгій	2008	(Severa / Trophée) + НЕС 0,05%
G10	Псьол	2009	(Азимут / Каштан) + НЕС 0,05%
G11	Хадар	2010	(Sara / Atem) + НЕС 0,05%
G12	Триполь	2013	(Каштан / Meresi) + НЕС 0,05%
G13	Віраж	2016	Пам'ятний / Цезар
G14	Талісман Миронівський	2016	Звершення / Amulet
G15	МІП Мирний	2017	Trophee / Rodeo // Аскольд
G16	МІП Салют	2017	Adagio / Пам'ятний
G17	МІП Сотник	2017	Celinka / Пам'ятний
G18	МІП Азарт	2017	Юкатан / Hanka
G19	МІП Богун	2017	Промінь / Ca 0010223 // Clara

ент нелінійності відгуку на середовище (L_{ek}), коефіцієнт компенсації (K_{ek}); В. В. Хангільдін, М. А. Литвиненко [60] – гомеостатичність (Hom) і селекційна цінність (Sc). Показник стабільності для АММІ моделі (ASV) вираховували відповідно до J. L. Purchase та ін. [61]. Для наочної інтерпретації використали АММІ і GGE biplot. Основні принципи графічних підходів описано в низці публікацій [62–64].

Статистичні показники розраховували в програмах Excel 2010 та Statistica 8.0. Графічний аналіз проводили з використанням програмного забезпечення на основі R-програмування [65].

Результати досліджень

Погодні умови характеризувалися коливанням гідротермічних параметрів за роками. Особливістю 2013 р. було пізня весна з подальшим різким наростанням тепла. У 2014 р. відзначено сильні зливи як у період від виходу в трубку до колосіння, так і від колосіння до наливу зерна, що провокувало вилягання рослин. У 2015 р. також відзначено певне перевищення кількості опадів у період колосіння–достигання, порівняно з багаторічними даними. У 2016 р., навпаки, дещо вищою була кількість опадів до колосіння, а в період колосіння–достигання поступалася багаторічним даним. Однак опади в цей період також були у вигляді кількарічних злив зі шквалами. Весняний період 2017 р. характеризувався підвищеними температурами повітря з недостатньою кількістю опадів. У період колосіння відзначено аномальні коливання температури з нижньою межею

до +1,0 °С. Загальною характеристикою років досліджень була нерівномірність випадання опадів протягом вегетації та підвищені температури повітря з широкою амплітудою коливань протягом доби. Щодо розвитку біотичних чинників, то слід зазначити, що в усі роки зафіксовано поширення борошнистої роси. У 2013 р. відзначено епіфітотію стеблової іржі. У 2014–2016 рр. значного розвитку набули плямистості листя (сітчаста, смугаста і темно-бура), а 2016 р. взагалі був епіфітотійним за розвитком сітчастої плямистості. Порівняно з іншими роками 2017 р. характеризувався слабшим розвитком збудників хвороб унаслідок посушливих умов. Хімічного захисту посівів від шкочинних об'єктів та для запобігання вилягання не проводили, тому отримані дані характеризують здатність досліджених сортів реалізувати потенціал продуктивності за дії різного поєднання абіотичних та біотичних чинників.

Найвищу середню врожайність по досліді відзначено у 2015 р. – 7,08 т/га, найнижчу в 2013 р. – 3,48 т/га (табл. 2). Варіювання врожайності між сортами в межах року становило 1,55–2,84 т/га. У середньому за п'ять років найвище значення врожайності відзначено в сорту G19 ('МІП Богун') – 6,04 т/га, найнижче в сорту G1 ('Миронівський 86') – 4,44 т/га.

Характеризуючи роки досліджень як фон для оцінювання сортів (табл. 3), помітно, що найвищу диференціовальну здатність відзначено в E16, найнижчу – в E14. Найбільшою відносною диференціовальною здатністю характеризувався E13, найнижчою – E15.

Таблиця 2

Урожайність сортів ячменю ярого різних періодів селекційної роботи в сортовипробуванні МІП

Шифр	Роки					Mean	Max	Min
	2013	2014	2015	2016	2017			
	E13	E14	E15	E16	E17			
G1	3,21	4,17	6,27	4,57	3,98	4,44	6,27	3,21
G2	3,41	4,18	6,67	6,25	3,88	4,88	6,67	3,41
G3	1,94	4,43	6,72	5,99	4,53	4,72	6,72	1,94
G4	3,03	4,32	7,17	5,58	4,00	4,82	7,17	3,03
G5	3,62	4,68	6,73	6,38	3,78	5,04	6,73	3,62
G6	3,76	3,59	6,83	5,95	3,71	4,77	6,83	3,59
G7	3,64	4,72	7,79	4,82	3,93	4,98	7,79	3,64
G8	3,58	4,17	7,18	5,74	3,83	4,90	7,18	3,58
G9	2,52	3,84	6,96	6,00	4,14	4,69	6,96	2,52
G10	3,41	4,37	6,56	6,23	4,30	4,97	6,56	3,41
G11	3,36	4,34	6,79	6,73	4,82	5,21	6,79	3,36
G12	3,40	4,87	7,08	6,70	4,52	5,31	7,08	3,40
G13	3,83	5,01	7,50	7,13	5,08	5,71	7,50	3,83
G14	3,52	4,95	7,17	7,05	4,97	5,53	7,17	3,52
G15	4,12	5,35	7,81	7,41	5,23	5,98	7,81	4,12
G16	3,67	5,32	7,27	7,16	5,01	5,69	7,27	3,67
G17	3,62	5,12	7,24	7,22	4,83	5,61	7,24	3,62
G18	3,82	5,45	7,39	7,38	5,19	5,85	7,39	3,82
G19	4,70	5,48	7,34	7,21	5,45	6,04	7,34	4,70
Mean	3,48	4,65	7,08	6,40	4,48	5,22	7,08	3,47
Max	4,70	5,48	7,81	7,41	5,45	6,04	7,81	4,70
Min	1,94	3,59	6,27	4,57	3,71	4,44	6,27	1,94
R (max-min)	2,76	1,89	1,55	2,84	1,74	1,60	1,55	2,76
HIP _{0,05}	0,18	0,35	0,26	0,28	0,17	0,25	-	-

Примітка. Mean, Max, Min – відповідно середня, максимальна і мінімальна врожайність; R (max-min) – розмах варіювання.

Близькі значення цього параметра мали E14, E16 та E17. Наведені параметри свідчать, що суттєвіша диференціація між сортами спостерігалася за «жорсткіших» та менш продуктивних умов вегетації, порівняно зі сприятливішими та продуктивнішими. Тобто, у диференціації цих сортів, поряд з потенціалом продуктивності, значну роль відіграла стійкість до комплексу абіотичних та біотичних чинників.

Таблиця 3

Параметри середовища як фону для оцінювання та диференціації сортів ячменю ярого

Рік	d_k	$\sigma^2 D_{3k}$	L_{ek}	S_{ek}	K_{ek}
E13	3,48	0,16	0,52	16,21	1,42
E14	4,65	0,05	0,16	11,76	1,33
E15	7,08	0,12	0,77	5,58	0,69
E16	6,40	0,22	0,31	12,97	3,06
E17	4,48	0,06	0,19	12,60	1,42

Характеристику сортів за низкою параметричних та непараметричних показників наведено в таблицях 4 і 5. Для зручності інтерпретації та диференціації за кожним показником сортам присвоювали відповідний ранг (R). Кращому значенню показника відповідає перший ранг. За більшістю параметрів

кращі показники рангів мали сорти G19 ('МІП Богун') і G15 ('МІП Мирний'). Загалом слід відзначити зміну рангів більшості сортів за різними статистичними показниками.

Для поглибленого аналізу закономірностей рівня прояву врожайності та визначення зв'язку розглянутих показників адаптивності з урожайністю, застосували кореляційний аналіз (табл. 6). Середня врожайність (Mean) мала вищесередній зв'язок, практично на одному рівні як з максимальним (Max) ($r = 0,69$), так і мінімальним (Min) ($r = 0,72$) її значеннями. Між собою Max і Min мали помірну кореляцію ($r = 0,50$). Функціональну залежність виявлено між Mean і $ЗАЗ_i$ ($r = 1,0$), що закономірно, оскільки остання є індексним вираженням першої. Тому значення коефіцієнта кореляції для них є ідентичними. Сильну позитивну кореляцію Mean мала з параметрами: $СЦГ_i$ ($r = 0,88$), $Ном$ ($r = 0,86$), Sc ($r = 0,82$). Дуже сильний негативний зв'язок Mean відзначено з P_i ($r = -0,96$), середній негативний – з Sg_i ($r = -0,66$), $S_i^{(1)}$ ($r = -0,55$), $S_i^{(2)}$ ($r = -0,51$). Загалом, вищі рівні зв'язків з показниками відзначено для Min, ніж для Max. Остання взагалі мала середній негативний зв'язок лише з P_i ($r = -0,60$). Для інших параметрів суттєвих залежностей не відзна-

Таблиця 4

Характеристика сортів ячменю ярого за параметрами адаптивної здатності, стабільності та гомеостатичності

Сорт	3A3 _i	R	σ ² CA3 _i	R	Sg _i	R	ЦЦГ _i	R	Hom	R	Sc	R
G1	-0,78	19	1,28	1	25,49	2	2,51	12	17,35	12	2,27	16
G2	-0,34	14	2,17	5	30,21	13	2,36	13	16,11	13	2,49	13
G3	-0,50	17	3,35	19	38,75	19	1,60	19	12,17	19	1,37	19
G4	-0,40	15	2,54	16	33,06	17	2,10	17	14,55	17	2,04	17
G5	-0,18	10	2,09	4	28,71	10	2,57	11	17,51	11	2,71	8
G6	-0,45	16	2,29	7	31,72	15	2,19	15	15,00	16	2,51	12
G7	-0,24	11	2,71	17	33,05	16	2,17	16	15,04	15	2,33	15
G8	-0,32	13	2,32	8	31,10	14	2,30	14	15,72	14	2,44	14
G9	-0,53	18	3,14	18	37,79	18	1,67	18	12,39	18	1,70	18
G10	-0,25	12	1,83	3	27,21	7	2,66	9	18,22	9	2,59	9
G11	-0,01	9	2,28	6	28,98	11	2,63	10	17,93	10	2,58	10
G12	0,09	8	2,37	11	28,99	12	2,69	8	18,28	8	2,55	11
G13	0,49	4	2,39	12	27,09	6	3,07	5	21,03	5	2,92	4
G14	0,31	7	2,41	13	28,05	8	2,89	7	19,68	7	2,72	7
G15	0,77	2	2,45	14	26,18	3	3,31	2	22,82	2	3,15	2
G16	0,47	5	2,32	9	26,82	5	3,09	4	21,16	4	2,87	5
G17	0,39	6	2,51	15	28,25	9	2,91	6	19,81	6	2,80	6
G18	0,63	3	2,35	10	26,23	4	3,23	3	22,24	3	3,02	3
G19	0,82	1	1,37	2	19,36	1	4,04	1	31,07	1	3,87	1

Таблиця 5

Характеристика сортів ячменю ярого за параметричними та непараметричними показниками

Сорт	b _i	R	S ² _{di}	R	W _i	R	P _i	R	S _i ⁽¹⁾	R	S _i ⁽²⁾	R	ASV	R
G1	0,71	8	0,25	16	1,51	18	1,66	19	0,80	4	4,56	7	1,28	18
G2	0,99	2	0,06	7	0,20	5	0,85	12	1,50	13	6,00	10	0,31	2
G3	1,19	11	0,39	18	1,48	17	1,28	18	2,00	16	15,75	15	1,14	17
G4	1,06	10	0,13	12	0,43	11	1,00	14	1,90	14	9,81	12	0,74	14
G5	0,96	4	0,15	14	0,47	12	0,69	10	1,95	15	16,31	16	0,36	6
G6	0,97	3	0,34	17	1,04	16	1,06	15	2,60	18	33,25	18	0,85	15
G7	0,95	5	1,00	19	3,04	19	1,08	16	2,80	19	40,75	19	2,27	19
G8	1,00	1	0,20	15	0,61	15	0,88	13	2,40	17	17,81	17	0,95	16
G9	1,19	12	0,05	6	0,49	13	1,19	17	0,80	5	10,00	13	0,39	7
G10	0,92	6	0,01	2	0,12	4	0,72	11	1,30	11	8,00	11	0,24	1
G11	1,00	2	0,13	13	0,42	10	0,50	9	0,90	7	11,50	14	0,70	11
G12	1,04	6	0,02	3	0,10	2	0,40	8	1,20	10	5,50	9	0,35	4
G13	1,04	7	0,03	4	0,11	3	0,13	4	1,10	9	2,50	4	0,41	8
G14	1,04	5	0,08	8	0,27	6	0,25	7	1,00	8	4,31	6	0,69	10
G15	1,06	9	0,01	1	0,09	1	0,04	2	0,40	1	0,75	1	0,35	5
G16	1,02	3	0,09	9	0,28	7	0,16	5	0,50	2	0,75	2	0,64	9
G17	1,06	8	0,09	10	0,32	8	0,21	6	1,35	12	4,56	8	0,71	12
G18	1,02	4	0,11	11	0,34	9	0,10	3	0,70	3	1,00	3	0,73	13
G19	0,79	7	0,03	5	0,50	14	0,03	1	0,80	6	4,00	5	0,35	3

чено. Натомість Min дуже сильно корелювала з Sc ($r = 0,96$). Позитивний сильний зв'язок Min зафіксовано з ЦЦГ_i ($r = 0,87$), Hom ($r = 0,84$). Сильну негативну кореляцію Min виявлено з Sg_i ($r = -0,86$), середню – з P_i ($r = -0,69$), σ²CA3_i ($r = -0,62$), K_{g_i} ($r = -0,62$), b_i ($r = -0,53$).

Такий характер залежностей може бути свідченням того, що нижній поріг урожайності за екстремальних умов робив вагомий внесок у середнє її значення за роками та адаптивний потенціал досліджених сортів загалом. Функціональну залежність ($r = 1,00$) виявлено між σ²CA3_i і K_{g_i}. Тому нижче буде

охарактеризовано лише зв'язки для однієї з них (σ²CA3_i). Близький до функціонального зв'язок відзначено між параметрами: W_i і Lg_i ($r = 0,98$), ЦЦГ_i і Hom ($r = 0,98$), ЦЦГ_i і Sc ($r = 0,96$), S²_{di} і W_i ($r = 0,96$), W_i і ASV ($r = 0,94$), Sc і Hom ($r = 0,94$), σ²CA3_i і b_i ($r = 0,93$), S²_{di} і ASV ($r = 0,93$). Сильна позитивна кореляція відзначена між показниками: ASV і Lg_i ($r = 0,91$), S²_{di} і Lg_i ($r = 0,90$), S_i⁽¹⁾ і S_i⁽²⁾ ($r = 0,87$), S²_{di} і S_i⁽²⁾ ($r = 0,84$), σ²CA3_i і Sg_i ($r = 0,83$), W_i і S_i⁽²⁾ ($r = 0,76$). Дуже сильний та сильний негативний зв'язок між собою мали параметри: Sg_i і ЦЦГ_i ($r = -0,94$), Sg_i і Sc ($r = -0,92$), Sg_i і Hom ($r = -0,91$), P_i і ЦЦГ_i

Таблиця 6

Кореляція врожайності сортів ячменю ярого з показниками адаптивної здатності, пластичності та стабільності

Показники	Mean	Max	Min	b_i	S^2_{di}	W_i	P_i	$S_i^{(1)}$	$S_i^{(2)}$	ASV	ЗАЗ _i	σ^2CAZ_i	Lg _i	Sg _i	ЦЦГ _i	Kg _i	Hom
Max	0,69																
Min	0,72	0,50															
b_i	0,02	0,26	-0,53														
S^2_{di}	-0,38	0,17	-0,17	-0,10													
W_i	-0,45	0,05	-0,23	-0,21	0,96												
P_i	-0,96	-0,60	-0,69	-0,10	0,49	0,60											
$S_i^{(1)}$	-0,55	-0,06	-0,23	0,04	0,68	0,58	0,51										
$S_i^{(2)}$	-0,51	0,02	-0,17	-0,02	0,84	0,76	0,53	0,87									
ASV	-0,35	0,16	-0,20	-0,15	0,93	0,94	0,49	0,54	0,67								
ЗАЗ _i	1,00	0,69	0,72	0,02	-0,38	-0,45	-0,96	-0,55	-0,51	-0,35							
σ^2CAZ_i	-0,14	0,28	-0,62	0,93	0,26	0,15	0,12	0,26	0,26	0,20	-0,14						
Lg _i	-0,47	-0,04	-0,17	-0,37	0,90	0,98	0,63	0,50	0,69	0,91	-0,47	-0,01					
Sg _i	-0,66	-0,16	-0,86	0,69	0,40	0,36	0,63	0,52	0,50	0,33	-0,66	0,83	0,24				
ЦЦГ _i	0,88	0,42	0,87	-0,44	-0,43	-0,42	-0,83	-0,58	-0,55	-0,37	0,88	-0,60	-0,36	-0,94			
Kg _i	-0,14	0,28	-0,62	0,93	0,26	0,15	0,12	0,26	0,26	0,20	-0,14	1,00	-0,01	0,83	-0,60		
Hom	0,86	0,40	0,84	-0,44	-0,40	-0,37	-0,79	-0,57	-0,52	-0,36	0,86	-0,59	-0,31	-0,91	0,98	-0,59	
Sc	0,82	0,43	0,96	-0,47	-0,35	-0,38	-0,80	-0,42	-0,37	-0,36	0,82	-0,62	-0,33	-0,92	0,96	-0,62	0,94

($r = -0,83$), P_i і Sc ($r = -0,80$), P_i і Hom ($r = -0,79$).

Дисперсійний аналіз АММІ моделі засвідчив найсуттєвіший внесок у дисперсію умов середовища (83,40%) (табл. 7). Генотип та взаємодія генотип–середовище мали значно нижчі, але достовірні ефекти – 10,65 і 5,95% відповідно. Перші дві головні компоненти (PC1 і PC2) пояснюють 80,9% взаємодії генотип–середовище.

Таблиця 7

Дисперсійний аналіз АММІ моделі (тест Голоба)

Чинники	SS	DF	MS	F	Частка внеску, %
Середовище	496,80	4	124,20	4759,08	83,40
Генотип	63,45	18	3,52	135,07	10,65
Взаємодія генотип–середовище	35,43	72	0,49	18,86	5,95
PC1	19,81	21	0,94	38,77	55,91
PC2	8,85	19	0,47	19,15	24,99
PC3	4,40	17	0,26	10,63	12,41
PC4	2,37	15	0,16	6,50	6,69
PC5	0,00	13	0,00	0,00	0,0
Residuals	4,96	190	0,03	–	–

АММІ1 biplot (рис. 1) репрезентує варіансу головних адитивних ефектів сортів (G1...G19) і років випробувань (E13...E17) по горизонтальній осі (YLD) та варіансу мультиплікативних ефектів взаємодії генотип–середовище (сорт–рік випробувань) – по вертикальній (Factor 1). Є змога візуально аналізувати дисперсію сортів і років випробувань та взаємодію між ними.

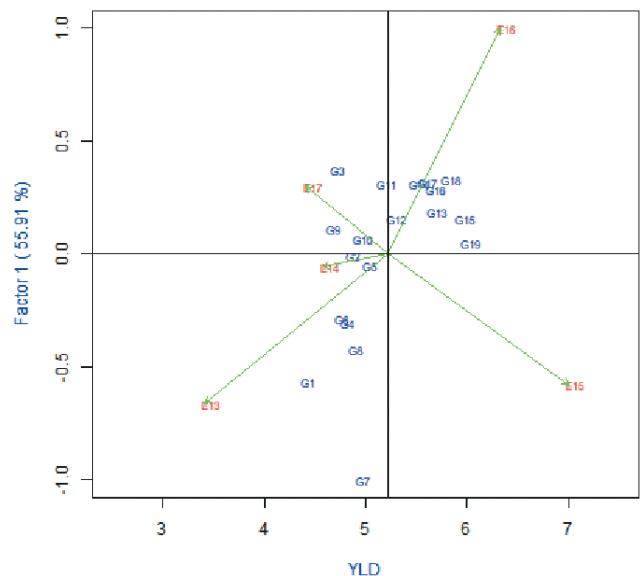


Рис. 1. АММІ1 biplot – розподіл генотипів і середовищ у координатах: середня врожайність (YLD) – головна компонента 1 (Factor 1)

АММІ2 biplot (рис. 2) демонструє мультиплікативні ефекти взаємодії генотип–середовище в координатах першої (Factor 1) і другої (Factor 2) головних компонент. Пунктирні лінії, які відходять від центру АММІ biplot розбивають його на сектори в яких розміщені середовища та генотипи. На верхівках полігональної фігури розміщені сорти, які мали найвираженішу реакцію на умови того чи іншого року, або сукупності років (мегасередовищ). Перше мегасередовище утворене умо-

вами E14 і E17. Решта три середовища розташувались у різних секторах – E13, E15 та E16.

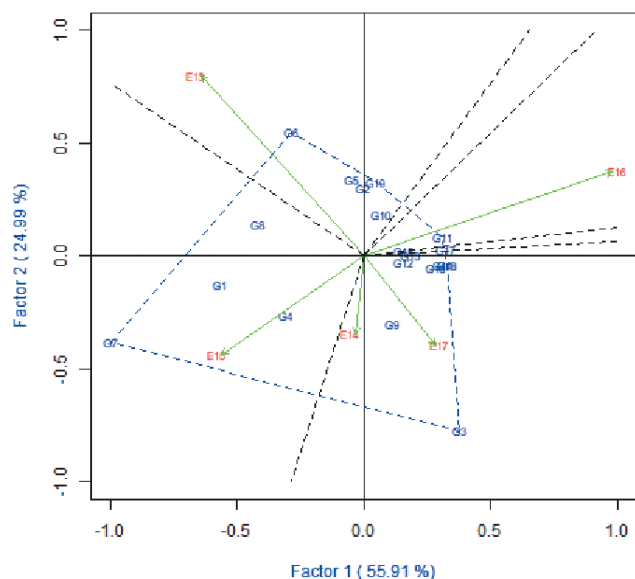


Рис. 2. AMMI2 biplot – розподіл сортів і середовищ у координатах перших двох головних компонент

Перші дві головні компоненти (AXIS1 та AXIS2) GGE biplot пояснюють 85,58% взаємодії генотип-середовище (рис. 3). Представлений biplot характеризує диференціювальну здатність та репрезентативність середовищ. Лінія, що перетинає центр biplot і позначена стрілкою в колі є середньою віссю середовищ. Пунктирними лініями позначені вектори окремих середовищ. Найвищою диференціювальною здатністю характеризувалося середовище E16, дещо нижчою – E13. Водночас E13 і E16 були найвіддаленішими один від одного. Найменшу диференціювальну здатність мали умови E15. Найрепрезентативнішим був E14. Найменш репрезентативними – E13 і E16.

GGE biplot «хто-де-переміг» характеризує взаємозв'язок сортів з умовами років вирощування (рис. 4). Незважаючи на візуальну схожість з AMMI2 biplot, цей GGE biplot має дещо іншу інтерпретацію. У секторах, де локалізовані середовища, на верхівках полігональної фігури розташовані генотипи, які мають перевагу в цьому середовищі, або мегасередовищі. Слід виділити мегасередовище утворене умовами E13, E14 та E15. Друге середовище – умови E17, третє – E16. У першому мегасередовищі суттєву перевагу мали сорти G19 ('МПП Богун'), G15 ('МПП Мирний') і G18 ('МПП Азарт'). До нього також увійшли сорти G13 ('Віраж'), G16 ('МПП Салют'), G17 ('МПП Сотник'). Сорт G14 ('Талісман Миронівський') розташувався в середовищі E17. Сорт G12 ('Триполь') був ближчим до центру і на

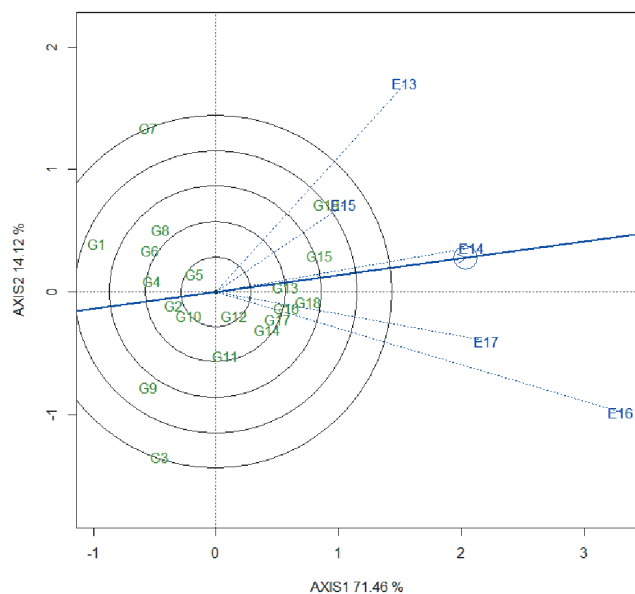


Рис. 3. GGE biplot диференціювальної здатності та репрезентативності середовищ

межі середовищ E16 і E17. Решта сортів, які потрапили в сектори без середовищ поступалися названим за врожайністю.

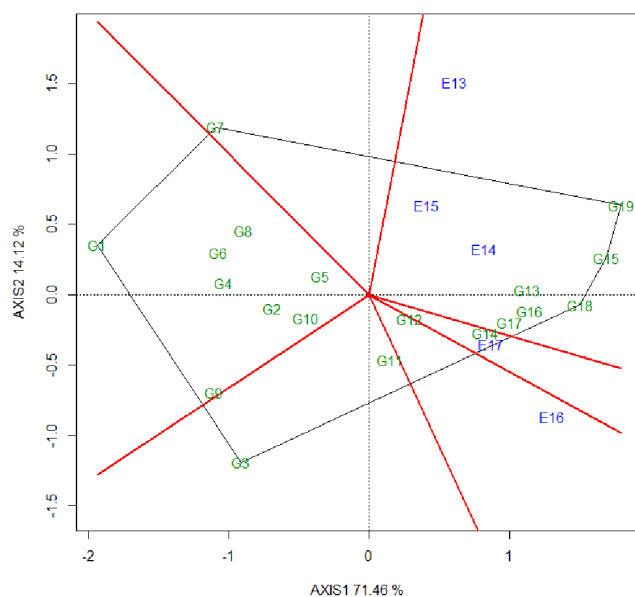


Рис. 4. GGE biplot «хто-де-переміг»

На рисунку 5 GGE biplot дає змогу характеризувати сорти за поєднанням середньої врожайності та стабільності. Вісь, що перетинає центр GGE biplot по горизонталі є середньою для середовищ абсцисою. У напрямку позначеному стрілкою, що виділена колом на абсцисі, сорти ранжирувані за середньою врожайністю. У вертикальній площині центр GGE biplot перетинає середня ордината. Місце їх перетину – репрезентує середню врожайність по досліді. Зміщення сортів по

осі ординат від абсциси (позначено пунктирами) характеризує їх варіабельність. Найвищу середню врожайність за роки досліджень мав сорт G19 ('МІП Богун'), найнижчу – G1 ('Миронівський 86'). Водночас сорт G19 ('МІП Богун') мав високу стабільність. Стабільністю також характеризувалися сорти G10 ('Псьол') і G2 ('Миронівський 92'), однак вони мали врожайність нижчу за середню в досліді. Найваріабельнішими були сорти G7 ('Сонцедар'), G1 ('Миронівський 86') та G3 ('Цезар').

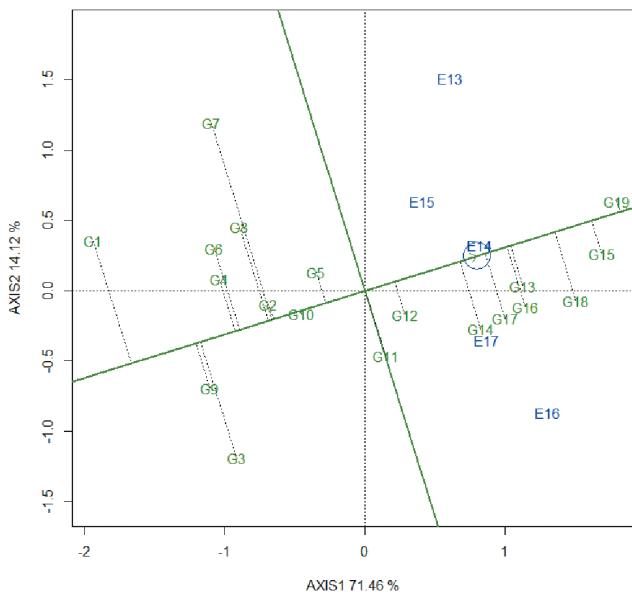


Рис. 5. GGE biplot середньосередовищна координація сортів ячменю ярого за середньою врожайністю та стабільністю

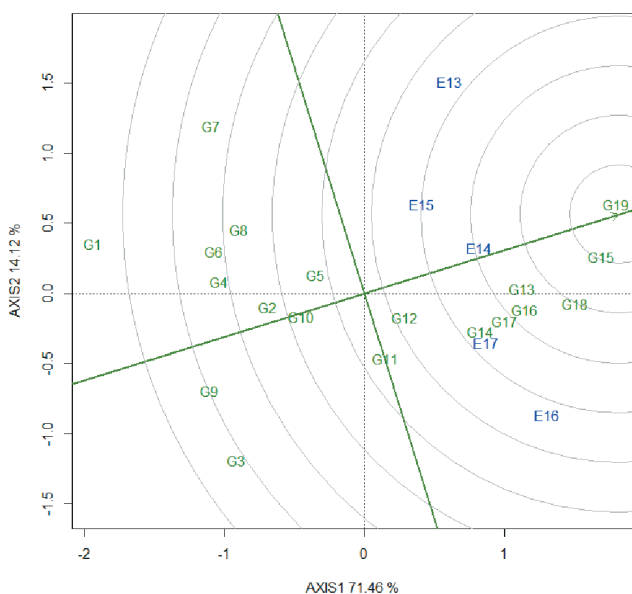


Рис. 6. GGE biplot ранжирування сортів ячменю ярого щодо «ідеального» генотипу

На рисунку 6 наведено результати ранжирування сортів за поєднанням урожайності та стабільності відносно до гіпотетичного «ідеального» генотипу, який умовно являє собою середину центричних кіл. У центрі розташувався сорт G19 ('МІП Богун'), який мав найоптимальніше поєднання врожайності та стабільності. Близьким до нього був сорт G15 ('МІП Мирний'). Деяко поступалися названим, але суттєво переважали решту сорти G18 ('МІП Азарт'), G13 ('Віраж'), G16 ('МІП Салют'), G17 ('МІП Сотник'), G14 ('Талісман Миронівський').

Висновки

Системна порівняльна оцінка статистичними і графічними підходами свідчить, що внесені до Держреєстру України у 2016–2017 рр. сорти ячменю ярого 'Віраж', 'Талісман Миронівський', 'МІП Мирний', 'МІП Салют', 'МІП Сотник', 'МІП Азарт', 'МІП Богун' переважають створені на попередніх етапах селекційної роботи сорти як за продуктивним, так і адаптивним потенціалом. Найоптимальнішим поєднанням продуктивності та адаптивності характеризуються сорти 'МІП Богун' і 'МІП Мирний'. Однак загалом як статистичні показники, так і візуалізації АММІ і GGE biplot вказують, що виділені сорти різняться за реакцією на контрастні умови років досліджень, а тому у виробничих умовах доповнюватимуть один одного за відповідного формування сортового складу. Прискорене впровадження нових сортів ячменю ярого у виробництво сприятиме підвищенню рівня врожайності та її стабільності.

Виявлені закономірності кореляції врожайності з показниками стабільності можуть бути використані для подальшого розроблення методологічних основ адаптивної селекції, зокрема в аспекті характеристики генотипів за рівнем прояву врожайності у взаємодії з умовами середовища.

Використана література

- Godfray H. C. J., Beddington J. R., Crute I. R. et al. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*. 2010. Vol. 327, Iss. 5967. P. 812–818. doi: 10.1126/science.1185383
- Foley J. A., Ramankutty N., Brauman K. A. et al. Solutions for a cultivated planet. *Nature*. 2011. Vol. 478, Iss. 7369. P. 337–342. doi: 10.1038/nature10452
- Tilman D., Balzer C., Hill J., Befort B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2011. Vol. 108, Iss. 50. P. 20260–20264. doi: 10.1073/pnas.1116437108
- Smith P., Gregory P. J. Climate change and sustainable food production. *Proc. Nutr. Soc.* 2013. Vol. 72, Iss. 1. P. 21–28. doi: 10.1017/S0029665112002832
- Moore F. C., Lobell D. B. The fingerprint of climate trends on European crop yields. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2015. Vol. 112, Iss. 9. P. 2670–2675. doi: 10.1073/pnas.1409606112

6. Arous J. L., Slafer G. A., Royo C., Serret M. D. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Crit. Rev. Plant. Sci.* 2008. Vol. 27, Iss. 6. P. 377–412. doi:10.1080/07352680802467736
7. Li W.-T., Liu C., Liu Y.-X. et al. Meta-analysis of QTL associated with tolerance to abiotic stresses in barley. *Euphytica*. 2013. Vol. 89, Iss. 1. P. 31–49. doi: 10.1007/s10681-012-0683-3
8. Dockter C., Hansson M. Improving barley culm robustness for secured crop yield in a changing climate. *J. Exp. Bot.* 2015. Vol. 66, Iss. 12. P. 3499–3509. doi: 10.1093/jxb/eru521
9. Dawson I. K., Russell J., Powell W. et al. Barley: a translational model for adaptation to climate change. *New Phytol.* 2015. Vol. 206. P. 913–931. doi: 10.1111/nph.13266
10. Benkherbache N., Tondelli A., Djekoune A. et al. Marker characterization of vernalization and low-temperature tolerance loci in barley genotypes adapted to semi-arid environments. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2016. Vol. 52, Iss. 4. P. 157–162. doi: 10.17221/16/2016-CJGPB
11. Gilliam M., Able J. A., Roy S. J. Translating knowledge about abiotic stress tolerance to breeding programmes. *Plant J.* 2017. Vol. 90, Iss. 5. P. 898–917. doi: 10.1111/tpj.13456
12. Barley: production, improvement, and uses / S. E. Ullrich (ed.). Chichester, UK : Wiley-Blackwell, 2011. 637 p.
13. Laidig F., Piepho H. P., Rentel D. et al. Breeding progress, environmental variation and correlation of winter wheat yield and quality traits in German official variety trials and on farm during 1983–2014. *Theor. Appl. Genet.* 2017. Vol. 130, Iss. 1. P. 223–245. doi: 10.1007/s00122-016-2810-3
14. Laidig F., Piepho H. P., Rentel D. et al. Breeding progress, variation, and correlation of grain and quality traits in winter rye hybrid and population varieties and national on-farm progress in Germany over 26 years. *Theor. Appl. Genet.* 2017. Vol. 130, Iss. 5. P. 981–998. doi: 10.1007/s00122-017-2865-9
15. Peltonen-Sainio P., Jauhiainen L., Laurila I. P. Cereal yield trends in Northern European conditions: changes in yield potential and its realization. *Field Crops Res.* 2009. Vol. 110, Iss. 1. P. 85–90. doi: 10.1016/j.fcr.2008.07.007
16. Mackay I. J., Horwell A., Garner J. et al. Reanalysis of the historical series of UK variety trials to quantify the contributions of genetic and environmental factors to trends and variability in yield over time. *Theor. Appl. Genet.* 2011. Vol. 122, Iss. 1. P. 225–238. doi: 10.1007/s00122-010-1438-y
17. Rijk B., van Ittersum M., Withagen J. Genetic progress in Dutch crop yields. *Field Crops Res.* 2013. Vol. 149. P. 262–268. doi: 10.1016/j.fcr.2013.05.008
18. Lillemo M., Reitan L., Bjørnstad A. Increasing impact of plant breeding on barley yields in central Norway from 1946 to 2008. *Plant Breed.* 2009. Vol. 129, Iss. 5. P. 484–490. doi: 10.1111/j.1439-0523.2009.01710.x
19. Psota V., Hartmann J., Sejkorova S. et al. 50 Years of progress in quality of malting barley grown in the Czech Republic. *J. Inst. Brew.* 2009. Vol. 115, Iss. 5. P. 279–291. doi: 10.1002/j.2050-0416.2009.tb00382.x
20. Максимов Р. А., Киселев Ю. А. Современные проблемы адаптивной селекции ячменя на Среднем Урале. *Пермский аграрный вестник*. 2017. № 3. С. 91–95.
21. Laidig F., Piepho H. P., Rentel D. et al. Breeding progress, genotypic and environmental variation and correlation of quality traits in malting barley in German official variety trials between 1983 and 2015. *Theor. Appl. Genet.* 2017. Vol. 130, Iss. 11. P. 2411–2429. doi: 10.1007/s00122-017-2967-4
22. Grausgruber H., Bointer H., Tumpold R. et al. Genetic improvement of agronomic and qualitative traits of spring barley. *Plant Breed.* 2002. Vol. 121, Iss. 5. P. 411–416. doi: 10.1046/j.1439-0523.2002.756385.x
23. Condon F., Rasmusson D. C., Schiefelbein E. et al. Effect of advanced cycle breeding on genetic gain and phenotypic diversity in barley breeding germplasm. *Crop Sci.* 2009. Vol. 49, Iss. 5. P. 1751–1761. doi: 10.2135/cropsci2008.10.0585
24. Miroslavljević M., Momčilović V., Pržulj N. et al. The variation of agronomic traits associated with breeding progress in winter barley cultivars. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2016. Vol. 103, No. 3. P. 267–272. doi: 10.13080/z-a.2016.103.034
25. Ortiz R., Nurminiemi M., Madsen S. et al. Genetic gains in Nordic spring barley breeding over sixty years. *Euphytica*. 2002. Vol. 126, Iss. 2. P. 283–289. doi: 10.1023/A:1016302626527
26. Fekadu W., Zeleke H., Ayana A. Genetic improvement in grain yield potential and associated traits of food barley (*Hordeum vulgare* L.) in Ethiopia. *Ethiop. J. Appl. Sci. Technol.* 2011. Vol. 2, Iss. 2. P. 43–60.
27. Козаченко М. Р., Васько Н. І., Наумов О. Г. та ін. Сорти ячменю ярого для сучасного сільськогосподарського виробництва. *Вісн. ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 17. С. 97–103.
28. Васько Н. І., Козаченко М. Р., Наумов О. Г. та ін. Безостий сорт ячменю ярого Модерн. *Вісн. ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2012. Вип. 13. С. 48–54.
29. Наумов О. Г., Козаченко М. Р., Васько Н. І. та ін. Селекція ваху – ячменю. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 105. С. 60–69.
30. Васько Н. І., Козаченко М. Р., Солонечний П. М., Наумов О. Г. Оригінальні форми ячменю ярого, створені методами мутагенезу та гібридизації. *Генетичні ресурси рослин*. 2013. № 13. С. 50–58.
31. Козаченко М. Р., Васько Н. І., Солонечний П. М., Наумов О. Г. Нові форми ячменю ярого, створені методом гібридизації. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 42–51.
32. Лінчевський А. А. 95 років селекції ячменю в селекційно-генетичному інституті. *Збірник наук. праць СГІ-НЦНС*. 2012. Вип. 20. С. 66–83.
33. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Кірдогло Є. К., Моргун Б. В. Генетичні та селекційні критерії створення сортів ячменю голозерного харчового напрямку. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2013. Т. 45, № 3. С. 187–205.
34. Лінчевський А. А. Ячмінь – джерело здорового способу життя сучасної людини. *Вісн. аграр. науки*. 2017. № 12. С. 14–21.
35. Сардак М. О. Сорти голозерного ячменю ярого для виробництва без плівчастого зерна в Україні. *Професор С. Л. Франкфурт (1866–1954) – видатний вчений-агробіолог, один із дієвих організаторів академічної науки в Україні (до 150-річчя від дня народження)* : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 18 лист. 2016 р.). Київ, 2016. Ч. 1. С. 87–88.
36. Гудзенко В. Н. Оценка и использование генетических источников ценных признаков в селекции ячменя ярового. *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2015. Вып. 51. С. 287–294.
37. Гончар Т. М., Дорошук В. О., Беценко Л. Б., Маренюк О. Б. Ефективність селекційної роботи з ячменем ярим. *Вісн. аграр. науки*. 2013. Спец. вип. С. 42–43.
38. Вінюков О. О., Бондарева О. Б., Коробова О. М. Екологічна пластичність нових сортів ячменю ярого до стресових факторів. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 110. С. 29–35.
39. Гудзенко В. М., Васильківський С. П., Демидов О. А. та ін. Селекція ячменю ярого на підвищення продуктивного та адаптивного потенціалу. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 111. С. 51–61.
40. Марухняк А. Я. Оценка адаптивных особенностей сортов ярового ячменя. *Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.* 2018. № 1. С. 67–72.
41. Verma A., Singh J., Kumar V. et al. Non parametric analysis in multi environmental trials of feed barley genotypes. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2017. Vol. 6, Iss. 6. P. 1201–1210. doi: 10.20546/ijcmas.2017.606.139
42. Miroslavljević M., Pržulj N., Čanak P. Analysis of new experimental barley genotype performance for grain yield using AMMI biplot. *Selekcija i Semearstvo*. 2014. Vol. 20, Iss. 1. P. 27–36. doi: 10.5937/SelSem1401027M
43. Verma R. P. S., Kharab A. S., Singh J. et al. AMMI model to analyse G×E for dual purpose barley in multi-environment trials. *Agric. Sci. Digest*. 2016. Vol. 36, Iss. 1. P. 9–16. doi: 10.18805/asd.v35i1.9303
44. Solonechnyi P. M., Kozachenko M. R., Vasko N. I. et al. AMMI (additive main effect and multiplicative interaction) model for

- assessment of yield stability of spring barley genotypes. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 110. С. 131–141.
45. Solonechnyi P., Vasko N., Naumov A. et al. GGE biplot analysis of genotype by environment interaction of spring barley varieties. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2015. Vol. 102, No. 4. P. 431–436. doi: 10.13080/z-a.2015.102.055
 46. Kendal E. GGE biplot analysis of multi-environment yield trials in barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Ekin J. Crop Breed. and Gen.* 2016. Vol. 2, Iss. 1. P. 90–99.
 47. Демидов О. А., Гудзенко В. М., Сардак М. О. та ін. Багатосередовищні випробування ячменю ярого за врожайністю та стабільністю. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13, № 4. С. 343–350. doi: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117727
 48. Солонечный П. Н. AMMI и GGE biplot анализ взаимодействия генотип–среда линий ячменя ярогого. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017. Т. 21, №6. С. 657–662. doi: 10.18699/VJ17.283
 49. Демидов О. А., Гудзенко В. М., Сардак М. О. та ін. Екологічне сортовипробування ячменю на завершальному етапі селекції. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 4. С. 58–65.
 50. Vaezi B., Pour-Aboughadareh A., Mohammadi R. et al. GGE biplot and AMMI analysis of barley yield performance in Iran. *Cereal Res. Comm.* 2017. Vol. 45, Iss. 3. P. 500–511. doi: 10.1556/0806.45.2017.019
 51. Khanzadeh H., Vaezi B., Mohammadi R. et al. Grain yield stability of barley genotypes in uniform regional yield trails in warm and semi warm dry land area. *Indian J. Agric. Res.* 2018. Vol. 52, Iss. 1. P. 16–21. doi: 10.18805/IJAR.A-290
 52. Solonechnyi P., Kozachenko M., Vasko N. et al. AMMI and GGE biplot analysis of yield performance of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties in multi environment trials. *Agriculture & Forestry*. 2018. Vol. 64, Iss. 1. P. 121–132. doi: 10.17707/AgricForest.64.1.15
 53. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОРЗ Д. Ю., 2016. 82 с.
 54. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
 55. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. Vol. 6, Iss. 1. P. 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
 56. Wricke G. Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Z. Pflanzenzüchtg.* 1962. Vol. 47. P. 92–96.
 57. Lin C. S., Binns M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Can. J. Plant Sci.* 1988. Vol. 68, Iss. 1. P. 193–198. doi: 10.4141/cjps88-018
 58. Huehn M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica*. 1990. Vol. 47, Iss. 3. P. 189–194. doi: 10.1007/BF00024241
 59. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода. *Генетика*. 1985. Т. 21, № 9. С. 1481–1489.
 60. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичність і адаптивність сортів озимої пшениці. *Науч.-техн. бюл. ВСГИ*. 1981. Вип. 1. С. 8–14.
 61. Purchase J. L., Hatting H., van Deventer C. S. Genotype × environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South Afric. J. Plant Soil.* 2000. Vol. 17, Iss. 3. P. 101–107. doi: 10.1080/02571862.2000.10634878
 62. Hongyu K., Garcia-Pena M., de Araujo L. B., dos Santos Dias C. T. Statistical analysis of yield trials by AMMI analysis of genotype × environment interaction. *Biometrical letters*. 2014. Vol. 51, Iss. 2. P. 89–102. doi: 10.2478/bile-2014-0007
 63. Yan W., Tinker N. A. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 2006. Vol. 86, Iss. 3. P. 623–645. doi: 10.4141/P05-169
 64. Yan W., Kang M. S., Ma B. et al. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Sci.* 2007. Vol. 47, Iss. 2. P. 641–653. doi: 10.2135/cropsci2006.06.0374
 65. 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, Iss. 2. P. 1629–1641. doi 10.1007/s00477-013-0821-z

References

1. Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., ... Toulmin, C. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812–818. doi: 10.1126/science.1185383
2. Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337–342. doi: 10.1038/nature10452
3. Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 108(50), 20260–20264. doi: 10.1073/pnas.1116437108
4. Smith, P., & Gregory, P. J. (2013). Climate change and sustainable food production. *Proc. Nutr. Soc.*, 72(1), 21–28. doi: 10.1017/S0029665112002832
5. Moore, F. C., & Lobell, D. B. (2015). The fingerprint of climate trends on European crop yields. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 112(9), 2670–2675. doi: 10.1073/pnas.1409606112
6. Araus, J. L., Slafer, G. A., Royo, C., & Serret, M. D. (2008). Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Crit. Rev. Plant. Sci.*, 27(6), 377–412. doi: 10.1080/07352680802467736
7. Li, W.-T., Liu, C., Liu, Y.-X., Pu, Z.-E., Dai, S.-F., Wang, J.-R., ... Wei, Y.-M. (2013). Meta-analysis of QTL associated with tolerance to abiotic stresses in barley. *Euphytica*, 89(1), 31–49. doi: 10.1007/s10681-012-0683-3
8. Dockter, C., & Hansson, M. (2015). Improving barley culm robustness for secured crop yield in a changing climate. *J. Exp. Bot.*, 66(12), 3499–3509. doi: 10.1093/jxb/eru521
9. Dawson, I. K., Russell, J., Powell, W., Steffenson, B., Thomas, W. T., & Waugh, R. (2015). Barley: a translational model for adaptation to climate change. *New Phytol.*, 206(3), 913–931. doi: 10.1111/nph.13266
10. Benkherbache, N., Tondelli, A., Djekoune, A., Francia, E., Pecchioni, N., Hassous, L., & Stanca, A. M. (2016). Marker characterization of vernalization and low-temperature tolerance loci in barley genotypes adapted to semi-arid environments. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 52(4), 157–162. doi: 10.17221/16/2016-CJGPB
11. Gilliham, M., Able, J. A., & Roy, S. J. (2017). Translating knowledge about abiotic stress tolerance to breeding programmes. *Plant J.*, 90(5), 898–917. doi: 10.1111/tpj.13456
12. Ullrich, S. E. (Ed.). (2011). *Barley: production, improvement, and uses*. Chichester, UK: Wiley-Blackwell.
13. Laidig, F., Piepho, H. P., Rentel, D., Drobek, T., Meyer, U., & Huesken, A. (2017). Breeding progress, environmental variation and correlation of winter wheat yield and quality traits in German official variety trials and on farm during 1983–2014. *Theor. Appl. Genet.*, 130(1), 223–245. doi: 10.1007/s00122-016-2810-3
14. Laidig, F., Piepho, H. P., Rentel, D., Drobek, T., Meyer, U., & Huesken, A. (2017). Breeding progress, variation, and correlation of grain and quality traits in winter rye hybrid and population varieties and national on-farm progress in Germany over 26 years. *Theor. Appl. Genet.*, 130(5), 981–998. doi: 10.1007/s00122-017-2865-9
15. Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., & Laurila, I. P. (2009). Cereal yield trends in Northern European conditions: changes in yield potential and its realization. *Field Crops Res.*, 110(1), 85–90. doi: 10.1016/j.fcr.2008.07.007
16. Mackay, I. J., Horwell, A., Garner, J., White, J., McKee, J., & Philpott, H. (2011). Reanalysis of the historical series of UK variety trials to quantify the contributions of genetic and environmental factors to trends and variability in yield over

- time. *Theor. Appl. Genet.*, 122(1), 225–238. doi: 10.1007/s00122-010-1438-y
17. Rijk, B., van Ittersum, M., & Withagen, J. (2013). Genetic progress in Dutch crop yields. *Field Crops Res.*, 149, 262–268. doi: 10.1016/j.fcr.2013.05.008
 18. Lillemo, M., Reitan, L., & Bjørnstad, A. (2009). Increasing impact of plant breeding on barley yields in central Norway from 1946 to 2008. *Plant Breed.*, 129(5), 484–490. doi: 10.1111/j.1439-0523.2009.01710.x
 19. Psota, V., Hartmann, J., Sejkorova, S., Louckova, T., & Vejrazka, K. (2009). 50 Years of progress in quality of malting barley grown in the Czech Republic. *J. Inst. Brew.*, 115(5), 279–291. doi: 10.1002/j.2050-0416.2009.tb00382.x
 20. Maksimov, R. A., & Kiselev, Yu. A. (2017). Current problems of adaptive selection of barley in the Middle Ural. *Permskii Agrarnyi Vestnik* [Perm Agrarian Journal], 3, 91–95. [in Russian]
 21. Laidig, F., Piepho, H. P., Rentel, D., Drobek, T., & Meyer, U. (2017). Breeding progress, genotypic and environmental variation and correlation of quality traits in malting barley in German official variety trials between 1983 and 2015. *Theor. Appl. Genet.*, 130(11), 2411–2429. doi: 10.1007/s00122-017-2967-4
 22. Grausgruber, H., Bointer, H., Tumpold, R., Ruckebauer, P., & Fishbeck, G. (2002). Genetic improvement of agronomic and qualitative traits of spring barley. *Plant Breed.*, 121(5), 411–416. doi: 10.1046/j.1439-0523.2002.756385.x
 23. Condon, F., Rasmusson, D. C., Schiefelbein, E., Velasquez, G., & Smith, K. P. (2009). Effect of advanced cycle breeding on genetic gain and phenotypic diversity in barley breeding germplasm. *Crop Sci.*, 49(5), 1751–1761. doi: 10.2135/cropsci2008.10.0585
 24. Mirosavljević, M., Momčilović, V., Pržulj, N., Hristov, N., Aćin, V., Čanak, P., & Denčić, S. (2016). The variation of agronomic traits associated with breeding progress in winter barley cultivars. *Zemdirbyste-Agriculture*, 103(3), 267–272. doi: 10.13080/z-a.2016.103.034
 25. Ortiz, R., Nurminiemi, M., Madsen, S., Rognli, O., & Bjørnstad, A. (2002). Genetic gains in Nordic spring barley breeding over sixty years. *Euphytica*, 126, 283–289. doi: 10.1023/A:1016302626527
 26. Fekadu, W., Zeleke, H., & Ayana, A. (2011). Genetic improvement in grain yield potential and associated traits of food barley (*Hordeum vulgare* L.) in Ethiopia. *Ethiop. J. Appl. Sci. Technol.*, 2(2), 43–60.
 27. Kozachenko, M. R., Vasko, N. I., Naumov, A. G., Solonechny, P. N., Vazhenina, O. Ye., Solonechnaya, O. V., ... Shevchenko, A. S. (2014). Spring barley varieties for modern agricultural industry. *Visnyk centru naukovogo zabezpechennja APV Harkivs'koi oblasti* [Bulletin of the Center of Science Provision for Agribusiness in the Kharkiv region], 17, 97–103. [in Ukrainian]
 28. Vasko, N. I., Kozachenko, M. R., Naumov, O. G., Matvičets, N. M., & Zviahintseva, A. M. (2012). Awnless spring barley variety Modern. *Visnyk centru naukovogo zabezpechennja APV Harkivs'koi oblasti* [Bulletin of the Center for Science Provision for Agribusiness in the Kharkiv region], 13, 48–54. [in Ukrainian]
 29. Naumov, O. H., Kozachenko, M. R., Vasko, N. I., Solonechny, P. M., & Vazhenina, O. E. (2014). Waxy-barley breeding. *Selekcija i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 105, 60–69. [in Ukrainian]
 30. Vasko, N. I., Kozachenko, M. R., Solonechny, P. M., & Naumov, O. H. (2013). Original forms of spring barley bred by methods of mutagenesis and hybridization. *Genetični resursi roslin* [Plant Genetic Resources], 13, 50–58. [in Ukrainian]
 31. Kozachenko, M. R., Vasko, N. I., Solonechny, P. N., & Naumov, A. H. (2014). New forms of spring barley bred by hybridization. *Selekcija i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 106, 42–51. [in Ukrainian]
 32. Linchevskiy, A. A. (2012). 95 years of barley breeding at Plant Breeding and Genetics Institute. *Zbirnyk naukovykh prats SHI – NTsNS* [Collected Scientific Articles of PBGI – NCSCI], 20, 66–83. [in Ukrainian]
 33. Rybalka, O. I., Polishchuk, S. S., Kirdohlo, Ye. K., & Morhun, B. V. (2013). Genetic and breeding criteria for hulles food barley varieties creation. *Fiziol. Biokhim. Kul't. Rast.* [Physiology and biochemistry of cultivated plants], 45(3), 187–205. [in Ukrainian]
 34. Linchevskiy, A. A. (2017). Barley is the source of healthy lifestyle for modern men. *Visnik agrarnoi nauki* [Bulletin of Agricultural Science], 12, 14–21. [in Ukrainian]
 35. Sardak, M. O. (2016). Hulles barley varieties for hulles grain production in Ukraine. In *Profesor S. L. Frankfurt (1866–1954) – vydatnyi vchenyi-ahrobioloh, odyń iz diievykh orhanizatoriv akademichnoi nauky v Ukraini (do 150-richchia vid dnia narodzhennia): mater. Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* [Professor Solomon Frankfurt (1866–1954) – an outstanding scientist-agrobiologist, one of the most active organizers of academic science in Ukraine (devoted to 150-th anniversary of his birth): Proc. of Sci. and Pract. Conf.] (Part. 1, pp. 87–88). Nov. 18, 2016, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
 36. Gudzenko, V. N. (2015). Assessment and use of genetic sources of valuable traits in spring barley breeding. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi* [Agriculture and Plant Breeding in Belarus], 51, 287–294. [in Russian]
 37. Honchar, T. M., Doroshchuk, V. O., Betsenko, L. B., & Mareniuk, O. B. (2013). Effectiveness of spring barley breeding. *Visnik agrarnoi nauki* [Bulletin of Agricultural Science], Special issue, 42–43. [in Ukrainian]
 38. Vinyukov, A. A., Bondareva, O. B., & Korobova, O. M. (2016). Ecological plasticity of new spring barley varieties to stress factors. *Selekcija i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 110, 29–35. [in Ukrainian]
 39. Hudzenko, V. M., Vasylykivskiy, S. P., Demydov, O. A., Polishchuk, T. P., & Babii, O. O. (2017). Spring barley breeding for improving of productive and adaptive capacities. *Selekcija i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 111, 51–61. [in Ukrainian]
 40. Marukhnyak, A. Ya. (2018). Evaluation of spring barley varieties adaptive ability. *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozjstvennoj akademii* [Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy], 1, 67–72. [in Russian]
 41. Verma, A., Singh, J., Kumar, V., Kharab, A. S., & Singh, G. P. (2017). Non parametric analysis in multi environmental trials of feed barley genotypes. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 6(6), 1201–1210. doi: 10.20546/ijcmas.2017.606.139
 42. Mirosavljević, M., Pržulj, N., & Čanak, P. (2014). Analysis of new experimental barley genotype performance for grain yield using AMMI biplot. *Selekcija i Semearstvo*, 20(1), 27–36. doi: 10.5937/SelSem1401027M
 43. Verma, R. P. S., Kharab, A. S., Singh, J., Kumar, V., Sharma, I., & Verma, A. (2016). AMMI model to analyse GxE for dual purpose barley in multi-environment trials. *Agric. Sci. Digest.*, 36(1), 9–16. doi: 10.18805/asd.v35i1.9303
 44. Solonechny, P. M., Kozachenko, M. R., Vasko, N. I., Naumov, O. G., Solonechnaya, O. V., Vazhenina, O. Ye., & Kompanets, K. V. (2016). AMMI (additive main effect and multiplicative interaction) model for assessment of yield stability of spring barley genotypes. *Selekcija i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 110, 131–141.
 45. Solonechny, P., Vasko, N., Naumov, A., Solonechnaya, O., Vazhenina, O., Bondareva, O., & Logvinenko, Y. (2015). GGE biplot analysis of genotype by environment interaction of spring barley varieties. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(4), 431–436. doi: 10.13080/z-a.2015.102.055
 46. Kendal, E. (2016). GGE biplot analysis of multi-environment yield trials in barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Ekin J. Crop Breed. and Gen.*, 2(1), 90–99.
 47. Demydov, O. A., Hudzenko, V. M., Sardak, M. O., Ishchenko, V. A., Smul'ska, I. V., & Koliadenko, S. S. (2017). Spring barley integrated testing for yielding and stability. *Plant Varieties Studying and Protection*, 13(4), 343–350. doi: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117727 [in Ukrainian]
 48. Solonechny, P. N. (2017). AMMI and GGE biplot analyses of genotype-environment interaction in spring barley lines.

- Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 21(6), 657–662. doi: 10.18699/VJ17.283 [in Russian]
49. Demydov, O. A., Hudzenko, V. M., Sardak, M. O., Ishchenko, V. A., & Demyanyuk, O. S. (2017). Ecological testing of spring barley during the final stage of breeding. *Agroekologičeskij žurnal [Agroecological Journal]*, 4, 58–65. [in Ukrainian]
 50. Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A., Mohammadi, R., Armion, M., Mehraban, A., Hossein-Pour, T., & Dorii, M. (2017). GGE biplot and AMMI analysis of barley yield performance in Iran. *Cereal Res. Comm.*, 45(3), 500–511. doi: 10.1556/0806.45.2017.019
 51. Khanzadeh, H., Vaezi, B., Mohammadi, R., Mehraban, A., Hosseinpor, T., & Shahbazi, K. (2018). Grain yield stability of barley genotypes in uniform regional yield trials in warm and semi warm dry land area. *Indian J. Agric. Res.*, 52(1), 16–21. doi: 10.18805/IJAR.A-290
 52. Solonechnyi, P., Kozachenko, M., Vasko, N., Gudzenko, V., Ishenko, V., Kozelets, ... Vinyukov, A. (2018). AMMI and GGE biplot analysis of yield performance of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties in multi environment trials. *Agriculture & Forestry*, 64(1), 121–132. doi: 10.17707/Agriculture-Forestry.64.1.15
 53. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia eksperytyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini [VCU method for cereal, grain and leguminous plant varieties examination in Ukraine]*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
 54. Dospekhov, 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)]*. (5th ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
 55. Eberhart, S. A., & Russel, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6(1), 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
 56. Wricke, G. (1962). Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Z. Pflanzenzüchtg.*, 47, 92–96.
 57. Lin, C. S., & Binns, M. R. (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Can. J. Plant Sci.*, 68(1), 193–198. doi: 10.4141/cjps88-018
 58. Huehn, M. (1990). Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica*, 47(3), 189–194. doi: 10.1007/BF00024241
 59. Kilchevskiy, A. V., & Khotyleva, L. V. (1985). Method for genotypes adaptive ability and stability assessment and differentiating ability of environment. I. Grounds of the method. *Genetika [Genetics]*, 21(9), 1481–1490. [in Russian]
 60. Khangildin, V. V., & Litvinenko, N. A. (1981). Stability and adaptability of winter wheat varieties. *Nauchno-tehnicheskij byulleten VSGI [Scientific and technical bulletin APBGI]*, 1, 8–14. [in Russian]
 61. Purchase, J. L., Hatting, H., & van Deventer, C. S. (2000). Genotype × environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South Afric. J. Plant Soil.*, 17(3), 101–107. doi: 10.1080/02571862.2000.10634878
 62. Hongyu, K., Garcia-Pena, M., de Araujo, L. B., & dos Santos Dias, C. T. (2014). Statistical analysis of yield trials by AMMI analysis of genotype × environment interaction. *Biometrical letters*, 51(2), 89–102. doi: 10.2478/bile-2014-0007
 63. Yan, W., & Tinker, N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Can. J. Plant Sci.*, 86(3), 623–645. doi: 10.4141/P05-169
 64. Yan, W., Kang, M. S., Ma, B., Woods, S., & Cornelius, P. L. (2007). GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Sci.*, 47(2), 641–653. doi: 10.2135/cropsci2006.06.0374
 65. 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

Гудзенко В. Н.^{1*}, Полищук Т. П.¹, Бабий О. О.¹, Худолий Л. В.² Урожайность и адаптивность мироновских сортов ярового ячменя разных периодов селекционной работы // Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Т. 14, № 2. С. 190–202. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134766>

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

²Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина

Цель. Сравнительная оценка по урожайности и адаптивности сортов ярового ячменя Мироновского института пшеницы имени В. Н. Ремесло НААН разных годов регистрации. **Методы.** Исследования проведены в Мироновском институте пшеницы имени В. Н. Ремесло НААН в 2013–2017 гг. в соответствии с общепринятыми методами. Объект исследований – 19 сортов ярового ячменя мироновской селекции, зарегистрированных в Украине за период 1995–2017 гг. Для характеристики взаимодействия генотип–среда и дифференциации сортов по урожайности и стабильности использован ряд наиболее распространенных подходов: S. A Eberhart, W. A. Russel (1966); G. Wricke (1962); C. S. Lin, M. R. Binns (1988); M. Huehn (1990); A. V. Кильчевский, Л. В. Хотылева (1985); В. В. Хангильдин, Н. А. Литвиненко (1981); J. L. Purchase и др. (2000); AMMI; GGE biplot. **Результаты.** Доля условий годов исследований в общей вариации была 83,40%. Достоверные, но существенно ниже значение имели генотип – 10,65%, взаимодействие генотип–среда – 5,95%. Первые две главные компоненты GGE biplot объясняли несколько большую долю

взаимодействия генотип–среда (85,58%) по сравнению с AMMI моделью (80,90%). Корреляционный анализ выявил вышесреднюю связь средней урожайности (Mean) как с максимальным (Max) ($r = 0,69$), так и минимальным (Min) ($r = 0,72$) ее уровнем. Сильную положительную корреляцию Mean имела с параметрами: CCF_i ($r = 0,88$), Hom ($r = 0,86$), Sc ($r = 0,82$). Очень сильная отрицательная связь Mean отмечена с P_i ($r = -0,96$). Для Max средняя отрицательная корреляция была только с P_i ($r = -0,60$). Min имела сильную связь с Sc ($r = 0,96$), CCF_i ($r = 0,87$), Hom ($r = 0,84$). Сильную отрицательную корреляцию Min отмечено с Sg_i ($r = -0,86$). Между отдельными показателями установлена связь от функциональной и очень сильной положительной: σ^2CAC_i и Kg_i ($r = 1,00$), W_i и Lg_i ($r = 0,98$), CCF_i и Hom ($r = 0,98$), CCF_i и Sc ($r = 0,96$), S^2_{di} и W_i ($r = 0,96$), W_i и ASV ($r = 0,94$), Sc и Hom ($r = 0,94$), σ^2CA3_i и b_i ($r = 0,93$), S^2_{di} и ASV ($r = 0,93$) до сильной отрицательной: Sg_i и CCF_i ($r = -0,94$), Sg_i и Sc ($r = -0,92$), Sg_i и Hom ($r = -0,91$), P_i и CCF_i ($r = -0,83$), P_i и Sc ($r = -0,80$), P_i и Hom ($r = -0,79$). **Выводы.** Системная сравнительная оценка статистическими и графическими под-

ходами свидетельствует, что внесенные в Государственный реестр сортов растений, пригодных к распространению на территории Украины в 2016–2017 гг. сорта ярового ячменя 'Віраж', 'Талісман Миронівський', 'МІП Мирний', 'МІП Салют', 'МІП Сотник', 'МІП Азарт', 'МІП Богун' превосходят создан-

ные на предыдущих этапах селекционной работы сорта как по продуктивному, так и адаптивному потенциалу.

Ключевые слова: яровой ячмень; урожайность; стабильность; взаимодействие генотип–среда; показатели адаптивности; корреляция; AMMI; GGE biplot.

UDC 633.16:631.559:631.524.85

Hudzenko, V. M.^{1*}, Polishchuk, T. P.¹, Babii, O. O.¹, & Khudolii, L. V.² (2018). Productivity and adaptability of Myronivka spring barley varieties of different breeding periods. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(2), 190–202. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134766>

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

²Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

Purpose. To give comparative estimation of yield productivity and adaptability of spring barley varieties, developed at the V. M. Remeslo Institute of Wheat of NAAS and included to the State Register of Ukraine during 1995–2017.

Methods. The study was carried out at the V. M. Remeslo Institute of Wheat of NAAS during 2013–2017 according to accepted methods. Objects of the research – 19 Myronivka spring barley varieties, registered in Ukraine during 1995–2017. To characterize the “genotype–environment” interaction and varieties differentiation according to productivity and stability, a number of the most used approaches were applied: S. A. Eberhart, W. A. Russel (1966); G. Wricke (1962); C. S. Lin, M. R. Binns (1988); M. Huehn (1990); A.V. Kilchevskiy, L.V. Khotyleva (1985); V. V. Khangildin, N. A. Litvinenko (1981); J. L. Purchase et al. (2000); AMMI; GGE biplot. **Results.** The share of year's conditions in the common variation was 83.40%. Reliable, but significantly lower values were calculated for genotype – 10.65% and “genotype–environment” interaction – 5.95%. The first two principal components of the GGE biplot explain the slightly higher percentage of the “genotype–environment” interaction (85.58%) in comparison with the AMMI model (80.90%). Correlation analysis revealed above-average positive interrelation of average productivity (Mean) with the maximum (Max) ($r = 0.69$) as well as the mini-

mum (Min) ($r = 0.72$) levels. The strong positive correlation was peculiar to Mean with parameters SVG_i ($r = 0.88$), Hom ($r = 0.86$), Sc ($r = 0.82$). The strong negative correlation was registered for Mean with P_i ($r = -0.96$). For Max only average negative correlation with P_i ($r = -0.60$) was found. Min strongly correlated with Sc ($r = 0.96$), SVG_i ($r = 0.87$) and Hom ($r = 0.84$). The strong negative correlation Min with Sg_i ($r = -0.86$) was observed. Between the some indices correlation varied from functional and very strong positive: σ^2SAA_i and Kg_i ($r = 1.00$), W_i and Lg_i ($r = 0.98$), SVG_i and Hom ($r = 0.98$), SVG_i and Sc ($r = 0.96$), S^2_{di} and W_i ($r = 0.96$), W_i and ASV ($r = 0.94$), Sc and Hom ($r = 0.94$), σ^2SAA_i and b_i ($r = 0.93$), S^2_{di} and ASV ($r = 0.93$) to strong negative: Sg_i and SVG_i ($r = -0.94$), Sg_i and Sc ($r = -0.92$), Sg_i and Hom ($r = -0.91$), P_i and SVG_i ($r = -0.83$), P_i and Sc ($r = -0.80$), P_i and Hom ($r = -0.79$). **Conclusions.** The systemic comparative estimation with statistical and graphical approaches shows that new spring barley varieties 'Virazh', 'Talisman Myronivskiy', 'MIP Myrnyi', 'MIP Saliut', 'MIP Sotnyk', 'MIP Azart', 'MIP Bohun' included to the State Register of Ukraine during 2016–2017 have advantages over older varieties by both productive and adaptive potential.

Keywords: spring barley; variety; yield; stability; genotype–environment interaction; adaptability indices; correlation; AMMI; GGE biplot.

Надійшла / Received 15.05.2018

Погоджено до друку / Accepted 19.06.2018