

have been described in literature. Based on this information, we set the **Goal** to cross bread winter wheat with Wheat/*Th. intermedium* UA0500064 and to explore hybrid combinations.

Materials and Methods. The field experiments were conducted in plots of the Plant Production Institute nd. a VYa Yuriev NAAS of Ukraine in 2010-2015. Soil was chernozem. Hybrid combinations were obtained by crossing bread winter wheat varieties Liutytsia and Hordovyta bred at the Plant Production Institute nd. a VYa Yuriev with Wheat/*Th. Intermedium* UA0500064. The protein content was determined by the Kjeldahl method. Gliadin patterns were studied by acid urea polyacrylamide gel electrophoresis. Technological and baking characterization of grain and flour of introgressive forms of bread winter wheat was carried out according to conventional methods.

Results and Discussion. The article describes F₅ and F₈ generations derived from crossing bread winter wheat varieties, respectively, Liutytsia and Hordovyta with Wheat/*Th. Intermedium* UA0500064. The presence of introgressions was proven by molecular markers - endosperm storage proteins gliadins, patterns of which were analyzed by polyacrylamide gel electrophoresis. The three-year (2013-2015) average data on the technological and baking qualities of introgressive generations of bread winter wheat created on the basis of accession Wheat/*Th. intermedium* UA0500064 are presented. Judging from grain hardness, gluten and protein contents in grain of the combinations under investigation, we can attribute them to wheat fillers, but according to the values of gluten quality, flour strength, 100-gram bread volume and the total baking score, they belong to excellent improvers, indicating that there is no direct relationship between the protein content and quality of flour and bread and that it is expedient to analyze the component composition of gluten proteins.

Conclusions. The forms developed can be recommended to use as starting material in bread winter wheat breeding, and they have been included in the bread winter wheat collection of NCPGRU. Benefits of involving *Th. intermedium* in bread winter wheat breeding for baking quality were confirmed.

Keywords: *Thinopyrum intermedium*, wheat, gliadins, baking score, technological qualities, inter-species hybridization.

УДК 633.16:631.559:631.524.85

ГУДЗЕНКО В. М., ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ С. П., ПОЛІЩУК Т. П.
 Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН
 Центральне, Миронівський р-н., Київська обл., 08853, Україна
 E-mail: barley22@ukr.net

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА АДАПТИВНІСТЬ ЗРАЗКІВ ГЕНОФОНДУ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В БАГАТОРІЧНИХ ВИПРОБУВАННЯХ У ЦЕНТРАЛЬНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Наведено результати багаторічних (2012-2016 рр.) випробувань в Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН (МІП) 130 колекційних зразків ячменю ярого різного походження за врожайністю та адаптивністю. У різні роки на формування врожайності дослідженої вибірки зразків впливала низка абіотичних та біотичних чинників: нерівномірний розподіл і недостатня кількість опадів, підвищені температури повітря, вилягання, розвиток комплексу збудників хвороб. Середня по досліді врожайність варіювала від 336 г/м² у 2013 р. до 522 г/м² у 2015 р. Розмах врожайності між зразками у межах року становив 348-502 г/м². Абсолютний максимальний та мінімальний рівень врожайності коливався від 803 г/м² у сорту Konchita (DEU) в 2015 р. до 156 г/м² у лінії БЛ 01-75/99-2 (UKR) в 2013 р. Для

інтерпретації експериментальних даних використали GGE biplot модель, що дало змогу візуально характеризувати і порівняти як роки випробувань за диференціюючою здатністю і репрезентативністю, так і генотипи за рівнем прояву врожайності та її стабільності. Виділені генетичні джерела Козван (UKR) та Сяйво (UKR), які суттєво переважали інші зразки за поєднанням рівня прояву врожайності та її стабільності. Вони становлять найвищу цінність для селекції в умовах центральної частини Лісостепу України. Низка зразків (Modena (AUT); В 1215 (USA), Алегро, Аграрій, Статок, С 1000/2 (UKR), Antek (POL), Владимир (RUS), Ладны (BLR) та ін.) за врожайністю були на рівні стандартів Взірець та Командор, про те поступались за стабільністю. Дані зразки можуть бути залучені у створення вихідного матеріалу, але при цьому слід враховувати специфічну реакцію конкретного генотипу на умови окремих років досліджень, що повинно бути покладено в основу принципу підбору їх як батьківських компонентів схрещування.

Ключові слова: *ячмінь ярий, колекційні зразки, урожайність, адаптивність, GGE biplot*

ВСТУП

Підвищення і стабілізація виробництва продукції сільськогосподарського виробництва є надзвичайно гострою проблемою в умовах стрімкого зростання чисельності населення планети та глобальних змін клімату. Ячмінь – одна з кількох основних світових культур, яка має значну географію поширення та важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки людства. Україна входить до числа основних виробників ячменю і робить вагомий внесок у світові валові збори зерна цієї культури [1], який знаходиться зараз на рівні більше 9 млн. тон [2].

Урожайність сорту як ячменю, так і будь-якої іншої сільськогосподарської культури є результатом реалізації генетично обумовленого її потенціалу при взаємодії з конкретними агроекологічними умовами вирощування [3, 4]. У даному аспекті важлива як наявність в генотипі алелів високого потенціалу врожайності, так і генетичних та епігенетичних систем, що забезпечують гомеостаз рослинного організму за короткочасної чи тривалої дії несприятливих абіотичних і біотичних чинників [5, 6]. Саме тому інтродукція та залучення в селекційний процес генетичного різноманіття – один з ключових елементів подальшого поступу у виведенні сортів сільськогосподарських культур. Пошуку ефективних генетичних джерел присвячені численні дослідження вітчизняних та зарубіжних авторів [7–10]. Іншим надзвичайно важливим етапом є всебічна оцінка зразків у конкретних екологічних умовах за рівнем прояву врожайності, пластичності та стабільності [11, 12]. Враховуючи те що сорт рослин є відкритою біологічною системою, взаємодія «генотип-середовище» була, є і завжди залишатиметься однією з центральних проблем у селекції польових культур [13]. Дослідження адаптивного потенціалу генофонду та селекційного матеріалу особливо є актуальним за флуктацій погодних умов останніх років [14]. На сьогодні широкого поширення у зарубіжній та вітчизняній літературі набувають використання підходів, які дозволяють візуалізувати розподіл зразків за поєднанням продуктивності та адаптивності у багатосередовищних випробуваннях [15–17].

Виходячи з вище викладеного, мета наших досліджень полягала у виділенні генетичних джерел підвищеного продуктивного та адаптивного потенціалу для використання в селекційному процесі в умовах Центрального Лісостепу України.

МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У 2012-2016 рр. в МПП досліджували 130 зразків ячменю ярого походженням з 15 країн (рис. 1). Переважна більшість зразків отримана з Національного центру генетичних ресурсів рослин України і були включені в дослід після первинної оцінки за врожайністю у поєднанні з іншими господарсько цінними ознаками. Зразки висівали у триразовій повторності з обліковою площею ділянки 1м². Стандарти – Взірець та Командор

розміщували через 20 номерів. Спостереження, оцінки та обліки проводили відповідно до загальноприйнятих методик [18–20].

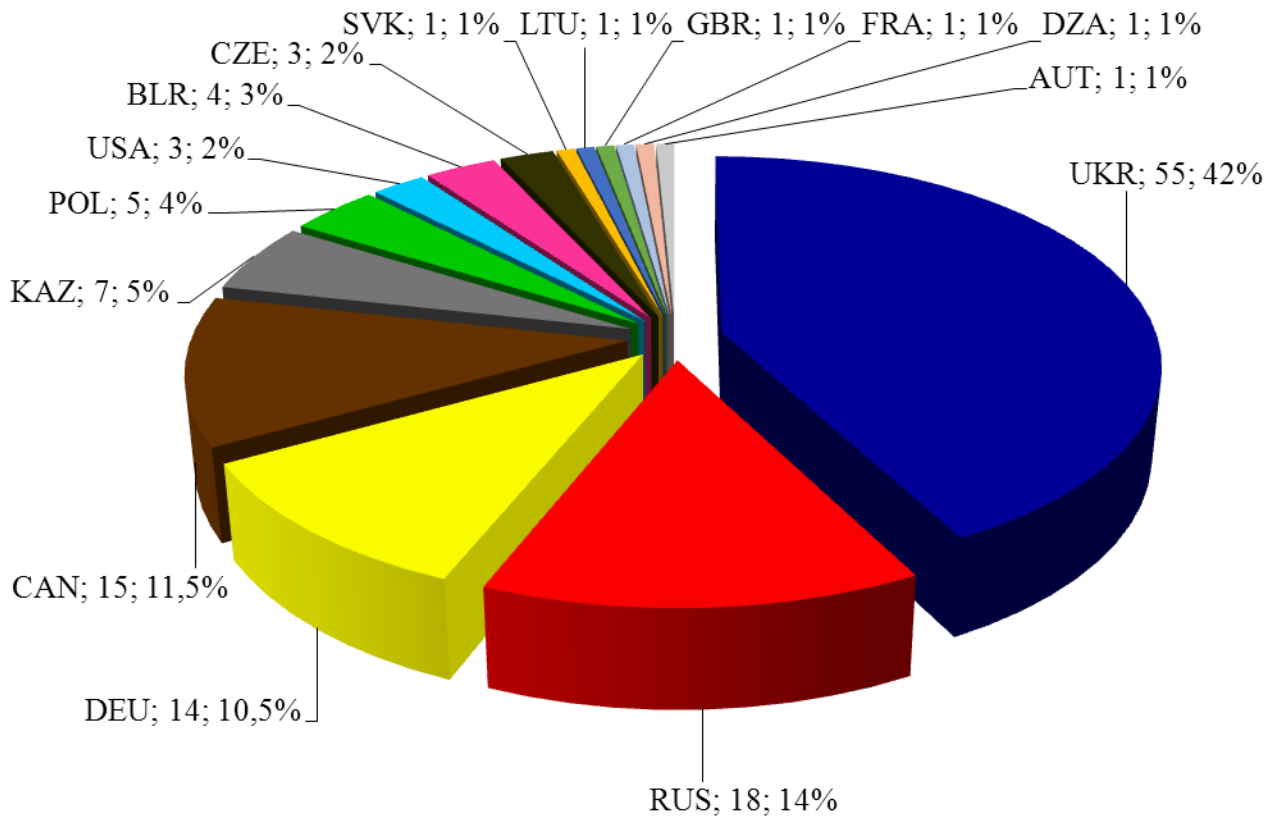


Рис. 1. Структура досліджених колекційних зразків за країнами походження (кількість, шт. та частка, %), 2012-2016 рр.

Статистичну обробку даних проводили за допомогою програм Excel 2010 та Statistica 8.0. Для поглибленого аналізу, ранжирування зразків та виділення найбільш цінних генетичних джерел використали GGE biplot модель. Характеристика програмного забезпечення у порівнянні з комерційним GGE biplot software висвітлена у публікації E. Frutos та ін. [21]. Для зручності візуального відображення на рисунках колекційні номери попередньо кодували (G1...G130).

Погодні умови 2012-2016 рр. відзначались значною мінливістю показників гідротермічного режиму (табл. 1). Найвищі значення середньодобової температури у всі міжфазні періоди вегетації ячменю ярого відмічено в 2013 р. У цей же рік випала і найменша кількість опадів як у період від колосіння до дозрівання, так і за вегетацію в цілому. У сукупності посушливі умови цього року призвели до скорочення тривалості вегетаційного періоду та суттєвого зниження врожайності колекційних зразків. Максимальна кількість опадів за вегетацію спостерігалась в 2014 р., що спровокувало сильне вилягання колекційного матеріалу. В цілому слід відмітити, що 2014-2016 рр. дозволили диференціювати досліджену вибірку зразків за стійкістю до вилягання.

Погодні умови за період досліджень сприяли також значному розвитку в різні роки збудників основних хвороб: борошнистої роси (*Blumeria graminis* (DC.) Golovin ex Speer f. sp. *hordei* Em. Marchal), сітчастої (*Pyrenophora teres* Drechs.), темно-бурої (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.), смугастої (*Pyrenophora graminea* Ito & Kurib.) плямистостей та карликової іржі (*Puccinia hordei* Otth.).

Таблиця 1. Гідротермічний режим повітря у міжфазні періоди вегетації ячменю ярого

Рік	Середньодобова температура, °С					Кількість опадів, мм				
	ССх	СхК	КД	СхД	СД	ССх	СхК	КД	СхД	СД
2012	7,7	17,1	21,3	19,2	15,4	30,5	50,8	75,4	126,2	156,7
2013	12,7	18,7	22,3	20,5	17,9	0,3	82,0	41,4	123,4	123,7
2014	8,5	13,0	18,6	15,8	13,3	7,4	166,9	116,1	283,0	290,3
2015	5,6	12,9	20,1	16,5	12,9	28,2	89,2	112,3	201,4	229,6
2016	11,4	13,9	20,2	17,1	15,2	9,4	127,0	80,5	207,5	216,9
X	9,18	15,12	20,5	17,82	14,94	15,16	103,18	85,14	188,3	203,44
<i>max</i>	12,7	18,7	22,3	20,5	17,9	30,5	166,9	116,1	283	290,3
<i>min</i>	5,6	12,9	18,6	15,8	12,9	0,3	50,8	41,4	123,4	123,7
R (max-min)	7,1	5,8	3,7	4,7	5	30,2	116,1	74,7	159,6	166,6
V, %	31,2	17,4	6,8	11,0	13,3	88,5	43,4	35,8	35,2	32,0

Примітка: тут і далі: ССх – «сівба-сходи»; СхК – «сходи-колосіння»; КД – «колосіння-дозрівання»; СхД – «сходи-дозрівання»; СД – «сівба-дозрівання»; X, min, max – середнє, мінімальне і максимальне значення, відповідно; R(max-min) – розмах варіювання; V, % – коефіцієнт варіації

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Рівень прояву та варіювання врожайності по досліді, залежно від умов року, наведено на рисунку 2. Враховуючи, що хімічний захист посівів від хвороб, шкідників і вилягання не застосовували, сформований рівень врожайності слід розглядати як результат реалізації генетичного потенціалу продуктивності, генетичної стійкості (толерантності) до низки збудників хвороб і вилягання за коротко охарактеризованих вище умов років досліджень. Іншими словами, рівень варіювання врожайності за роками характеризує адаптивний потенціал досліджених зразків за дії абіотичних та біотичних чинників в умовах центральної частини Лісостепу України. Найвище середнє значення врожайності по досліді відмічено в 2015 р. – 522 г/м², найменше в 2013 р. – 336 г/м². Розмах варіювання між зразками у межах року становив 348-502 г/м². Абсолютний максимальний та мінімальний рівень врожайності коливався від 803 г/м² у сорту Conchita (DEU) в 2015 р. до 156 г/м² у лінії БЛ 01-75/99-2 (UKR) в 2013 р., відповідно.

У таблиці 1 наведені 15 зразків, які мали найвищу середньою врожайністю у 2012-2016 рр. Для подальшої візуалізації і порівняння їх урожайності та стабільності з використанням GGE biplot наведені шифри зразків.

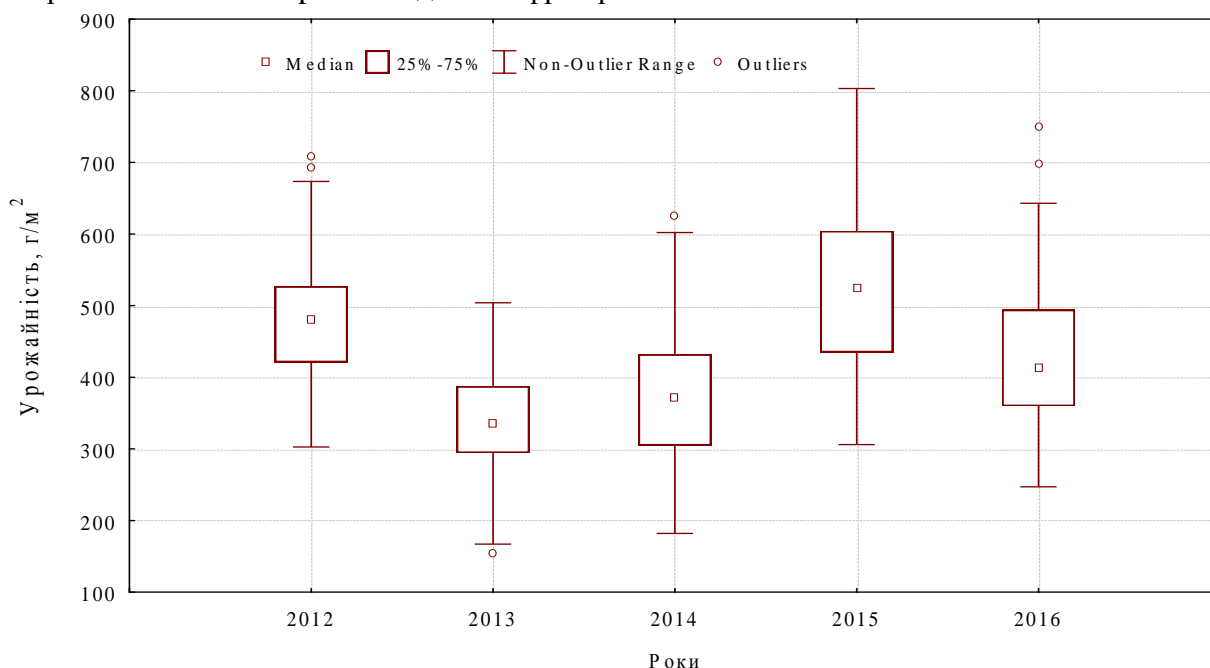


Рис. 2. Варіювання врожайності колекційних зразків ячменю ярого

Таблиця 2. Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за рівнем прояву врожайності

Шифр	№ нац. каталога	Назва зразка	Країна походження	Урожайність, г/м ²					
				2012	2013	2014	2015	2016	X
G64	UA0800973	Взірець – St1	UKR	520	346	525	615	601	521
G35	UA0800704	Командор – St2	UKR	565	378	439	580	545	501
G67	UA0803061	Козван	UKR	673	504	627	700	597	620
G68	UA0805238	Сяйво	UKR	541	420	576	673	643	571
G14	UA0800828	Modena	AUT	517	399	460	712	620	542
G7	UA0800966	B 1215	USA	493	496	405	729	556	536
G95	UA0805302	Алегро	UKR	496	355	405	784	565	521
G79	UA0805367	C 1000/2	UKR	640	279	402	749	491	512
G71	UA0801152	Статок	UKR	708	383	406	517	544	512
G125	UA0805288	Ладны	BLR	518	379	469	634	546	509
G82	UA0805267	Л 49	UKR	511	412	425	668	497	503
G61	UA0805570	Conchita	DEU	543	387	365	803	410	502
G122	UA0805282	Водар	BLR	501	297	315	645	749	501
G93	UA0805300	Аграрій	UKR	503	418	445	561	580	501
G73	UA0800934	Всесвіт	UKR	505	405	446	675	476	501
G41	UA0800911	Antek	POL	612	303	449	505	631	500
G114	UA0805289	Владимир	RUS	548	392	502	607	447	499
X			-	475	336	370	521	431	427
<i>Max</i>			-	<i>708</i>	<i>504</i>	<i>627</i>	<i>803</i>	<i>749</i>	<i>620</i>
<i>Min</i>			-	<i>303</i>	<i>156</i>	<i>182</i>	<i>306</i>	<i>247</i>	<i>285</i>
<i>R (max-min)</i>			-	<i>405</i>	<i>348</i>	<i>445</i>	<i>497</i>	<i>502</i>	<i>335</i>
HP ₀₅			-	30	20	25	35	30	28

Примітка: X – середнє, max – максимальнє, min – мінімальнє значення, *R (max-min)* – розмах варіювання по 130 зразках

На рисунку 3 є можливість візуалізувати розподіл колекційних зразків та середовищ (років випробувань) у двокомпонентному просторі. Перші дві головні компоненти GGE biplot пояснюють 74,52 % загальної варіації. Пунктирні лінії що з'єднують центр GGE biplot з роками випробувань є векторами середовищ. Чим менший кут між двома векторами, тим подібніші середовища за рівнем прояву врожайності. Найближче розташовані 2012 р. та 2014 р., найвіддаленішими між собою є 2015 р. та 2012 р. Лінією, що проходить крізь середину GGE biplot відображено середню вісь середовищ. Стрілкою на ній помічено середнє розрахункове середовище. Кут між середньою віссю середовищ та вектором конкретного середовища характеризує його репрезентативність. Чим меншим є кут, тим вищою репрезентативність. У даному випадку більш репрезентативним є 2016 р., найменш репрезентативним – 2015 р. Водночас в умовах 2015 р. спостерігалася найбільша диференціююча здатність, що сприяло виділенню специфічно адаптованих сортів, у даному випадку – зразків з високим потенціалом урожайності.

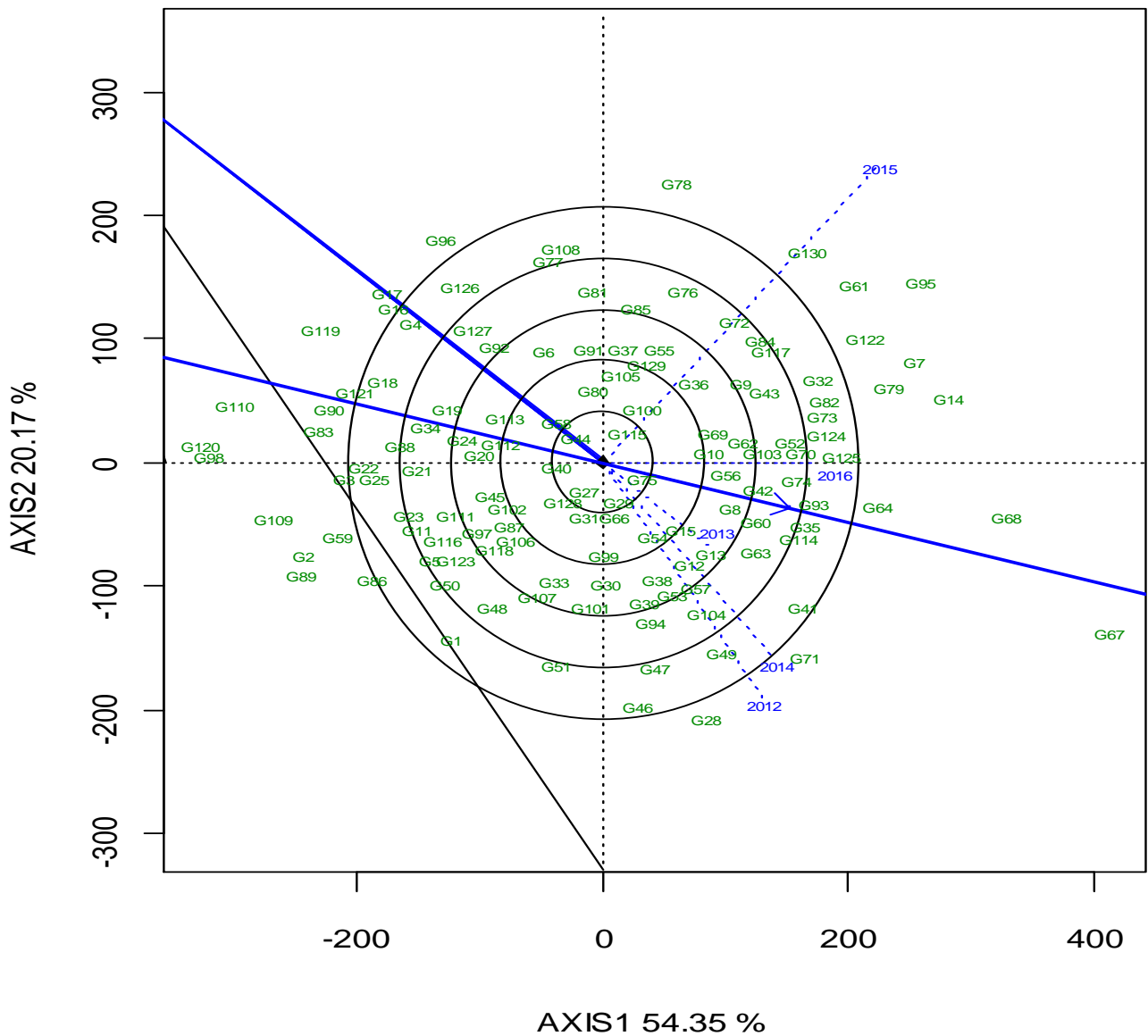


Рис. 3. Диференціююча здатність та репрезентативність років випробувань

На рисунку 4 представлено GGE biplot, що характеризує зразки за поєднанням середньої врожайності та стабільності за роками. Вісь, що перетинає центр GGE biplot зліва на право по горизонталі є середньою для середовищ абсцисою. Зліва направо зразки ранжировані за середньою врожайністю. Максимальний її рівень має генотип G67 (Козван (UKR)) мінімальний – G120 (Дружный (KAZ)). У вертикальному напрямі середню для середовищ абсцису перетинає середня для середовищ ордината. Місце їх перетину одночасно репрезентує середнє значення врожайності по досліді і є по суті «демаркаційною» лінією за середньою врожайністю. Зразки, що розташовані вправо від неї мають вищу за середню по досліді врожайність, вліво – нижчу. Віддаленість зразків від осі абсцис по осі ординат в обох напрямках характеризує варіабельність за роками по відношенню до очікуваного рівня прояву в конкретних роках. Для прикладу найбільшою нестабільністю відзначились G78 (С 500/4 (UKR)) та G28 (Bryl (POL)). Однак вони суттєво різнились між собою щодо рівня прояву врожайності за роками. Генотип G78 мав нижчу врожайність, порівняно з очікуваною, в 2012 р. та 2014 р., водночас значно вищу в 2015 р. Зразок G28, навпаки, сформував низьку врожайність в 2015-2016 рр. Стабільно низькопродуктивним є G110 (Омський 89 (RUS)). За середньої врожайності практично на одному рівні, G64 (Взірець (UKR)) є стабільнішим за рівнем прояву врожайності за роками,

порівняно з G95 (Алегро (UKR)), G7 (В 1215 (USA)) та G79 (С 1000/2 (UKR)). Таким чином даний GGE biplot дозволяє наочно диференціювати зразки, що досліджувались за співвідношенням фактичної врожайності і її відповідності очікуваному рівню в певному році.

З дослідженого набору зразків, за поєднанням середньої врожайності та досить високої стабільності, суттєво виділились генотипи G67 (Козван (UKR)) та G68 (Сяйво (UKR)).

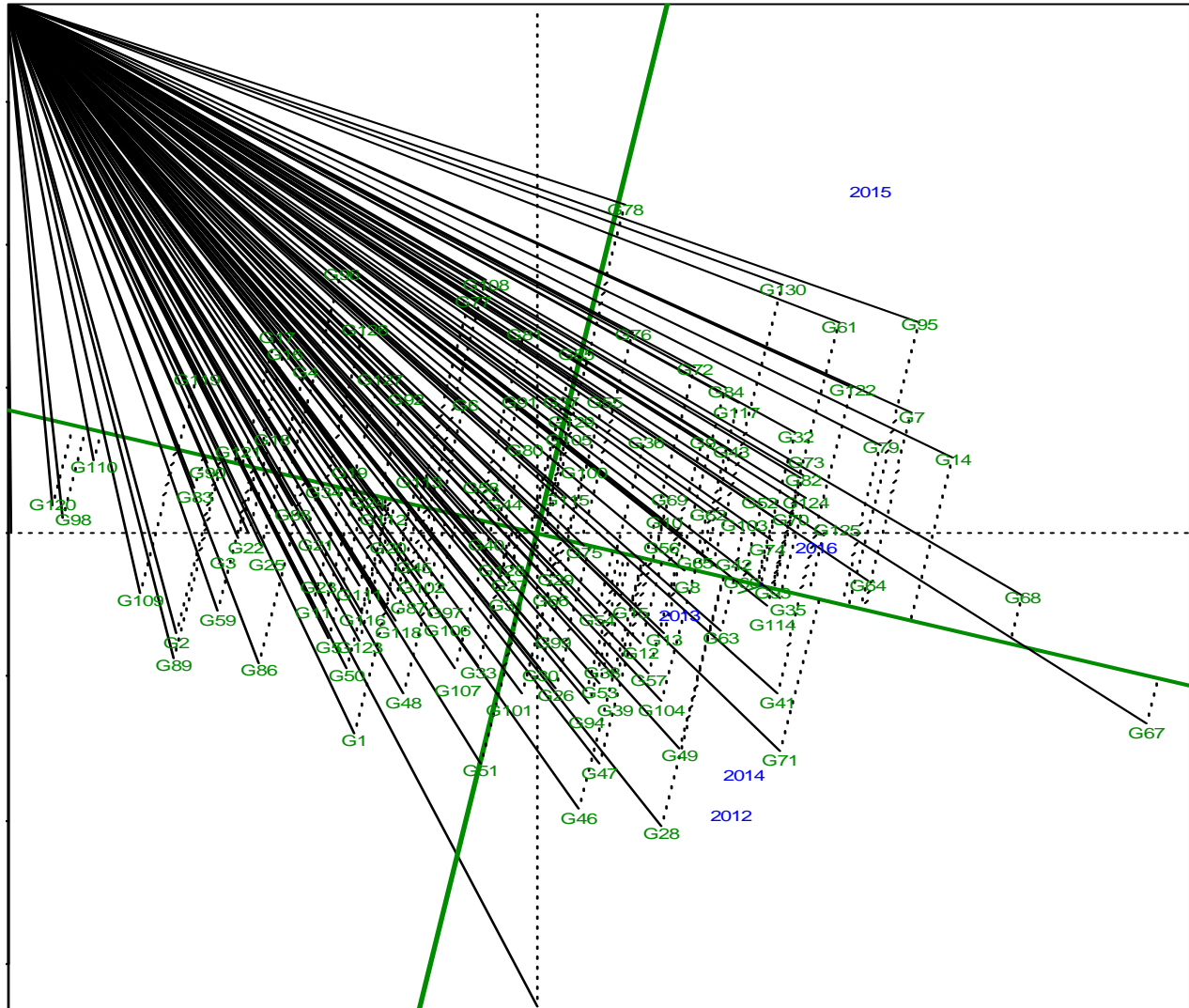


Рис. 4. GGE biplot, що відображає середню врожайність та стабільність, 2012-2016 рр.

Ранжируванням колекційних зразків по відношенню до гіпотетичного «ідеального» генотипу, який умовно являє собою середину центричних кіл на рисунку 5, підтверджено значну перевагу зразка G67 (Козван (UKR)) над усіма іншими. Поступаючись йому, але також суттєво переважаючи решту, розташувався зразок G68 (Сяйво (UKR)). Таким чином, у порівнянні з стандартами та іншими генотипами дослідженої вибірки, сорти Козван та Сяйво були найбільш цінними за поєднанням урожайності та стабільності у контрастних за погодними умовах роках.

В одному радіусі з стандартами G64 (Взірець (UKR)) та G35 (Командор (UKR)) розташувались зразки: G14 (Modena (AUT)), G95 (Алегро (UKR)), G7 (В 1215 (USA)), G79 (С 1000/2 (UKR)), G41 (Antek (POL)), G71 (Статок (UKR)), G114 (Владимир (RUS)), G93 (Аграрій (UKR)), G125 (Ладны (BLR)). Однак більшість з них мали дещо гіршу стабільність, порівняно з стандартами. На наш погляд дані зразки, як і названі стандарти, можуть становити цінність у створенні вихідного матеріалу, але при цьому слід

враховувати специфічну реакцію конкретного генотипу на умови окремих років досліджень, що повинно бути покладено в основу принципу підбору їх як батьківських компонентів для схрещувань. Колекційні зразки розташовані за «демаркаційною» лінією, яка репрезентує середню по досліді врожайність, взагалі не несуть в даному аспекті селекційної цінності і їх виправдано використовувати лише в тому випадку, якщо вони є джерелами однієї або кількох «дефіцитних» ознак, які відсутні у більш урожайних зразків.

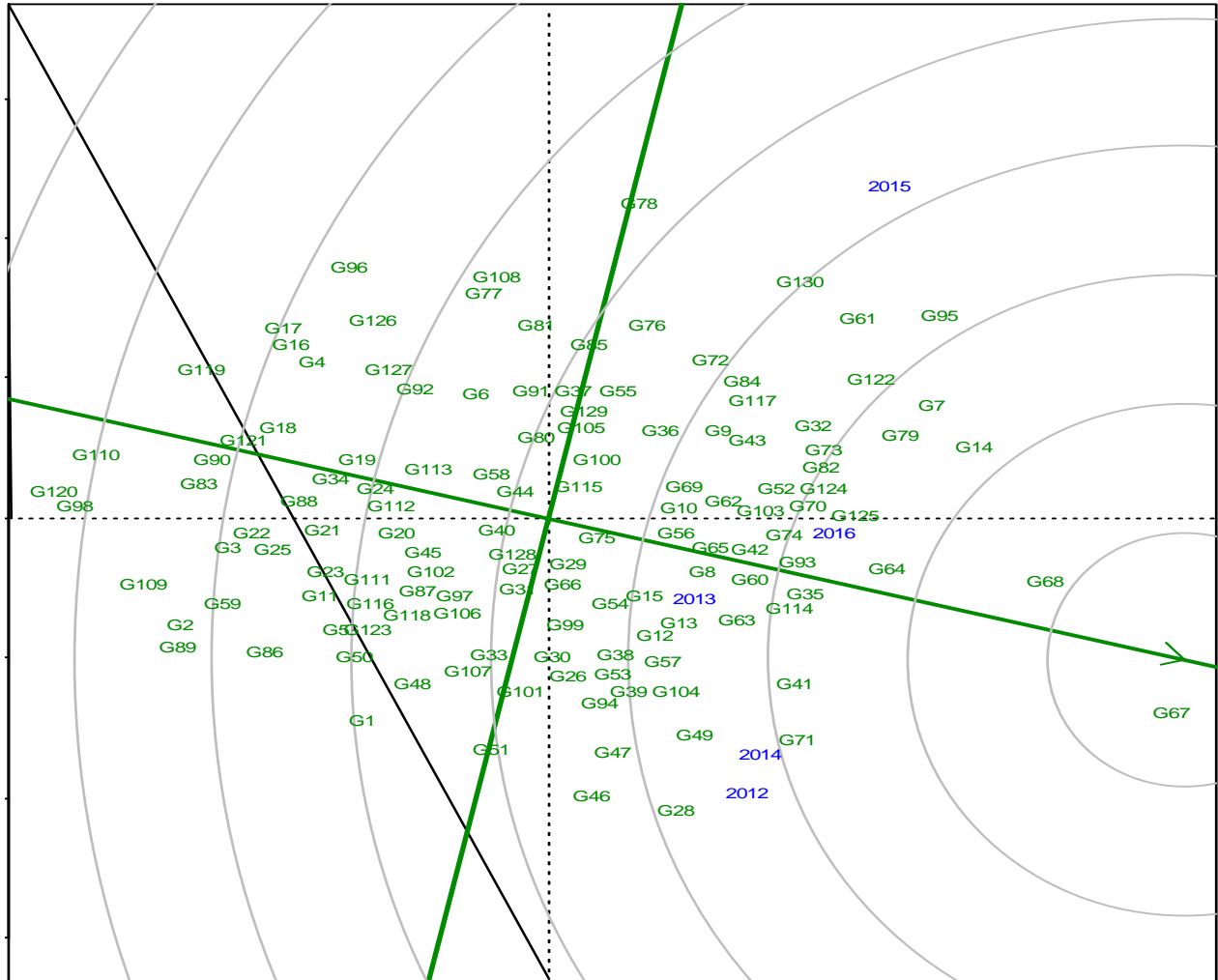


Рис. 5. Розподіл зразків по відношенню до «ідеатипу», 2012-2016 рр.

Підсумовуючи слід також відмітити, що застосування GGE biplot моделі для інтерпретації експериментальних даних багаторічних випробувань значного набору зразків дає змогу візуально характеризувати і порівнювати як роки випробувань за диференціюючою здатністю і репрезентативністю, так і генотипи за рівнем прояву врожайності та її стабільності.

ВИСНОВКИ

З використанням GGE biplot аналізу проведено поглиблену оцінку 130 колекційних зразків ячменю ярого різного походження за продуктивним та адаптивним потенціалом у контрастних за дією абіотичних та біотичних чинників 2012-2016 роках. Виділені генетичні джерела Козван (UKR) та Сяйво (UKR), які суттєво переважали інші зразки за поєднанням рівня прояву врожайності та стабільності. Вони становлять найвищу цінність для селекції в умовах центральної частини Лісостепу України.

Середній рівень врожайності за роки досліджень на рівні з стандартами Взірець (UKR) та Командор (UKR) сформували зразки: Modena (AUT), В 1215 (USA), Алегро

(UKR), С 1000/2 (UKR), Antek (POL), Статок (UKR), Владимир (RUS), Аграрій (UKR), Ладны (BLR) та ін. Однак більшість з них поступались стандартам за стабільністю. Дані зразки можуть бути залучені у створення вихідного матеріалу, але при цьому слід враховувати специфічну реакцію конкретного генотипу на умови окремих років досліджень, що повинно бути покладено в основу принципу підбору їх як батьківських компонентів схрещування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Barley: production, improvement, and uses. Wiley-Blackwell, 2011. 637 p.
2. FAO statistics [Електроний ресурс] Режим доступу: <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>
3. Ceccarelli S. Adaptation to low/high input cultivation. Euphytica. 1996. V. 92. P. 203–214.
4. Van Oosterom E. J., Acevedo E. Adaptation of barley (*Hordeum vulgare* L.) to harsh Mediterranean environments III. Plant ideotype and grain yield. Euphytica. 1992. V. 62. P. 29–38.
5. Von Korff M., Grando S., Del Greco A., This D., Baum M., Ceccarelli S. Quantitative trait loci associated with adaptation to Mediterranean dryland conditions in barley. Theor Appl Genet. 2008. V. 117. P. 653–669.
6. Pswarayi A., van Eeuwijk F. A., Ceccarelli S., Grando S., Comadran J., Russell J. R., Pecchioni N., Tondelli A., Akar T., Al-Yassin A., Benbelkacem A., Ouabbou H., Thomas W. T. B., Romagosa I. Changes in allele frequencies in landraces, old and modern barley cultivars of marker loci close to QTL for grain yield under high and low input conditions. Euphytica. 2008. 163. P. 435–447.
7. Петухова І. А., Рябчун В. К., Музафарова В. А., Падалка О. І. Оцінка сортів ячменю ярого для круп'яного напряму використання за комплексом цінних господарських ознак в умовах Лісостепу України. Генетичні ресурси рослин. 2016. № 18. С. 31–40.
8. Rahal-Bouziane H., Berkani S., Merdas S., Nait Merzoug S., Abdelguerfi A. Genetic diversity of traditional genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) in Algeria by pheno-morphological and agronomic traits. Afr. J. Agric. Res. 2015. V. 10 (31). P. 3041–3048.
9. Ebrahim S., Shiferaw E., Hailu F. Evaluation of genetic diversity in barley (*Hordeum vulgare* L.) from Wollo highland areas using agro-morphological traits and hordein. Afr. J. Biotechnol. 2015. V. 14 (22). P. 1886–1896.
10. Drikvand R., Salahvarzi E., Salahvarzi A., Hossinpour T. Study of genetic diversity among rainfed barley genotypes using ISJ markers and morphological traits. Journal of Agricultural Science. 2012. V. 4. № 9. P. 137–144.
11. Jalata Z. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in Southeastern Ethiopia Highlands. International journal of plant breeding and genetics. 2011. V. 5. № 1. P. 59–75.
12. Mohammadi M., Noorinia A. A., Khalilzadeh G. R., Hosseinpoo T. Application of GGE biplot analysis to investigate GE interaction on barley grain yield. Current opinion in agriculture. 2015. V. 4. № 1. P. 25–32.
13. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). Кишинев: Штиинца, 1988. 767 с.
14. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Урожайність ячменю ярого залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду у Центральному Лісостепу України. Агробіологія. 2016. Вип. 2. С. 11–17.
15. Yan W., Tinker N. A Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. Canadian journal of plant science. 2006. V. 86. № 3. P. 623–645.
16. Sarkar B., Sharma R. C., Verma R. P. S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. Indian J. Genet. 2014. V. 74. № 1. P. 26–33.

17. Solonechnyi P. M., Kozachenko M. R., Vasko N. I., Naumov O. G., Solonechna O. V., Bondareva O. B., Kovalenko A. L. GGE biplot assessment of phenotypic stability of spring barley varieties. Селекція і насінництво. 2015. Вип 107. С. 205-214.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
19. Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. Ленинград. 1981. 32 с.
20. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ. Прага, 1988. 321 с.
21. Frutos E., Galindo M. P., Leiva V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. Stoch. Environ. Res. Risk. Assess. 2014. V. 28. P. 1629–1641.

REFERENCES

1. Barley: production, improvement, and uses. Wiley-Blackwell; 2011. 637 p.
2. FAO statistics [Internet]. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>
3. Ceccarelli S. Adaptation to low/high input cultivation. Euphytica. 1996; 92: 203-214.
4. Van Oosterom E.J., Acevedo E. Adaptation of barley (*Hordeum vulgare* L.) to harsh Mediterranean environments III. Plant ideotype and grain yield. Euphytica. 1992; 62: 29-38.
5. Von Korff M., Grando S., Del Greco A., This D., Baum M., Ceccarelli S. Quantitative trait loci associated with adaptation to Mediterranean dryland conditions in barley. Theor Appl Genet. 2008; 117: 653-669.
6. Pswarayi A., van Eeuwijk F.A., Ceccarelli S., Grando S., Comadran J., Russell JR., Pecchioni N., Tondelli A., Akar T., Al-Yassin A., Benbelkacem A., Ouabbou H., Thomas WTB., Romagosa I. Changes in allele frequencies in landraces, old and modern barley cultivars of marker loci close to QTL for grain yield under high and low input conditions. Euphytica. 2008; 163: 435-447.
7. Petukhova IA, Riabchun VK, Muzafarova VA, Padalka OI. Evaluation of groat spring barley varieties for a set of valuable economic features in the Forest-Steppe of Ukraine. Genetychni Resursy Roslyn. 2016; 18: 31-40.
8. Rahal-Bouziane H., Berkani S., Merdas S., Nait Merzoug S., Abdelguerfi A. Genetic diversity of traditional genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) in Algeria by pheno-morphological and agronomic traits. Afr. J. Agric. Res. 2015; 10 (31): 3041-3048.
9. Ebrahim S., Shiferaw E., Hailu F. Evaluation of genetic diversity in barley (*Hordeum vulgare* L.) from Wollo highland areas using agro-morphological traits and hordein. Afr. J. Biotechnol. 2015; 14 (22): 1886-1896.
10. Drikvand R., Salahvarzi E., Salahvarzi A., Hossinpour T. Study of genetic diversity among rainfed barley genotypes using ISJ markers and morphological traits. Journal of Agricultural Science. 2012; 4 (9): 137-144.
11. Jalata Z. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in Southeastern Ethiopia Highlands. International journal of plant breeding and genetics. 2011; 5 (1): 59-75.
12. Mohammadi M., Noorinia A. A., Khalilzadeh G. R., Hosseinpoo T. Application of GGE biplot analysis to investigate GE interaction on barley grain yield. Current opinion in agriculture. 2015; 4 (1): 25-32.
13. Zhuchenko, AA. Adaptive capacity of cultivated plants (eco-genetic foundations). Kishinev: Shtiintsa, 1988. 767 p.
14. Hudzenko VM, Vasylykivskyi SP. Spring barley yielding capacity in the Central Forest-Steppe of Ukraine depending on hydrothermal conditions of the growing season. Ahrobiologiya. 2016; 2: 11-17.
15. Yan W. Tinker N. A Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. Canadian journal of plant science. 2006; 86 (3): 623–645.

16. Sarkar B., Sharma RC., Verma RPS., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. *Indian J. Genet.* 2014; 74 (1): 26-33.
17. Solonechnyi PM. Kozachenko MR., Vasko NI., Naumov OG., Solonechna OV., Bondareva OB., Kovalenko AL. GGE biplot assessment of phenotypic stability of spring barley varieties. *Selektsia i Nasinnytstvo.* 2015; 107: 205-214.
18. Dospikhov BA. *Methods of field experimentation (with the basics of statistical processing of research results).* 5th ed., rev. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
19. *Guidelines for studying the world collection of barley and oat.* 3rd ed. rev. Leningrad, 1981. 32 p.
20. *Methods of breeding and evaluation of wheat and barley resistance to diseases in the CMEA countries.* Prague, 1988. 321 p.
21. Frutos E., Galindo MP, Leiva V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. *Stoch. Environ. Res. Risk. Assess.* 2014; 28: 1629-1641.

Гудзенко В. Н., Васильковский С. П., Полищук Т. П.
 Мироновский институт пшеницы имени В.Н. Ремесло НААН,
 Центральное, Мироновский р-н., Киевская обл., 08853, Украина
 E-mail: barley22@ukr.net

ПРОДУКТИВНОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ГЕНОФОНДА ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО В МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Приведены результаты многолетних (2012-2016 гг.) исследований в Мироновском институте пшеницы имени В. Н. Ремесло НААН (МИП) 130 коллекционных образцов ячменя ярового различного происхождения по продуктивности и адаптивности.

Цель. Выделить источники повышенного продуктивного и адаптивного потенциала для селекции ячменя ярового в условиях Центральной Лесостепи Украины.

Результаты и обсуждение. Погодные условия лет исследований отличались значительной изменчивостью показателей гидротермического режима и варьировали от засушливых (2013 г.) к переувлажненным (2014 г.). В целом за период исследований характерной была неравномерность распределения осадков на протяжении вегетационного периода ячменя ярового. В различные годы на формирование урожайности образцов влиял комплекс абиотических и биотических факторов: недостаточное количество осадков и повышенные температуры воздуха, полегание, развитие возбудителей болезней (мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Golovin ex Speer f. sp. *hordei* Em. Marchal), сетчатая (*Pyrenophora teres* Drechs.), темно-бурая (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.), полосатая (*Pyrenophora graminea* Ito & Kurib.) пятнистости и карликовая ржавчина (*Puccinia hordei* Otth.)). Средняя по опыту урожайность варьировала от 522 г/м² в 2015 г. до 336 г/м² в 2013 г. Размах изменчивости между образцами в пределах года составлял 348-502 г/м². Абсолютный максимум и минимум урожайности колебался от 803 г/м² в сорта Conchita (DEU) в 2015 г. до 156 г/м² в линии БЛ 01-75/99-2 (UKR) в 2013 г. Для интерпретации полученных экспериментальных данных использовали GGE biplot модель, что позволило характеризовать и ранжировать образцы по урожайности и адаптивности. Результаты исследований позволяют утверждать, что полученный уровень проявления урожайности образцов характеризует общий адаптивный потенциал исследованных генотипов в условиях Центральной Лесостепи Украины.

Выводы. С использованием GGE biplot анализа проведена детальная оценка 130 коллекционных образцов ячменя ярового различного происхождения по продуктивному и адаптивному потенциалу в контрастные по влиянию абиотических и биотических условий

2012-2016 годы. Выделены генетические источники Козван (UKR) и Сяйво (UKR), которые существенно превосходили по сочетанию уровня урожайности и стабильности. Они имеют наиболее высокую селекционную ценность в условиях центральной части Лесостепи Украины.

Средний уровень урожайности по годам исследований на уровне со стандартами Взирец (UKR) и Командор (UKR) сформировали образцы: Modena (AUT), В 1215 (USA), Алегро (UKR), С 1000/2 (UKR), Antek (POL), Статок (UKR), Владимир (RUS), Аграрий (UKR), Ладны (BLR) и др. Однако большинство из них уступали стандартам по стабильности. Данные образцы могут быть вовлечены в создание исходного материала, но при этом следует принимать во внимание специфическую реакцию конкретного генотипа на условия отдельных лет исследований, что должно быть положено в основу принципа подбора их в качестве отцовских компонентов скрещиваний.

Ключевые слова: ячмень яровой, коллекционные образцы, генетические источники, урожайность, адаптивность, абиотические и биотические факторы, GGE biplot

Hudzenko V. M., Vasylykivskyi S. P., Polishchuk T. P.

VM Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS

Tsentrал'ne, Myronivka district, Kyiv region, 08853, Ukraine

E-mail: barley22@ukr.net

PERFORMANCE AND ADAPTABILITY OF SPRING BARLEY ACCESSIONS IN MULTI-YEARS TRIALS IN THE CENTRAL FOREST-STEPPE OF UKRAINE

The paper covers the results of long-term (2012-2016) investigations performance and adaptability of 130 spring barley collection accessions of different origin at VM Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS (MIW).

Goal. To identify sources of increased productive and adaptive potentials for spring barley breeding for the conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine.

Results and Discussion. The weather conditions in the research years were characterized by considerable variability in hydrothermal parameters and ranged from dry (2013) to moist (2014) ones. In general, precipitation in the research period was unevenly distributed during the spring barley growing season. Over the years, the yields of accessions under investigation were influenced by a complex of abiotic and biotic factors: insufficient rainfall and high air temperatures, lodging, disease progress (powdery mildew (*Blumeria graminis* (DC.) Golovin ex Speer f. sp. *hordei* Em. Marchal), net blotch (*Pyrenophora teres* Drechs.), spot blotch (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.), leaf stripe (*Pyrenophora graminea* Ito & Kurib.) and leaf rust (*Puccinia hordei* Otth.)). The average yield in the experiment varied from 522 g/m² in 2015 to 336 g/m² in 2013; the variability between accessions within a year was 348 - 502 g/m². The absolute maximum and minimum yields ranged from 803 g/m² in variety Conchita (DEU) in 2015 to 156 g/m² in line BL 01-75/99-2 (UKR) in 2013. To interpret the experimental data, a GGE biplot model was used, which allowed characterizing and ranking the accessions by yield capacity and adaptability. The results suggest that levels of yield capacity observed in the accessions characterize the general adaptive capacity of the genotypes studied in the Central Forest-Steppe of Ukraine.

Conclusions. Using GGE biplot, we thoroughly evaluated 130 spring barley collection accessions of different origin for productive and adaptive potentials in 2012-2016, which were contrastive in terms of effects of biotic and abiotic factors. We identified genetic sources that combined high yield capacity with its stability: Kozvan (UKR), Siaivo (UKR). They were considerably superior to other accessions by this combination and are of the greatest value for breeding in the Central Forest-Steppe of Ukraine.

Over the research years, accessions Modena (AUT), В 1215 (USA), Alehro (UKR), С 1000/2 (UKR), Antek (POL), Statok (UKR), Vladimir (RUS), Ahrarii (UKR), Ladny (BLR) and

others gave medium yields comparable with those of standard Vzirets (UKR) and Komandor (UKR). However, most of them were inferior to the standards in terms of stability. These accessions can be involved in creation of starting material, but here one should take into account the specific response of a given genotype to the conditions in some research years, and it should serve as a basis of the selection principle when choosing them as parents for crossing.

Key words: *spring barley, collection accessions, genetic sources, yield, adaptability, abiotic and biotic factors, GGE biplot*

УДК 633.16:631.527

КОМПАНЕЦЬ К. В., КОЗАЧЕНКО М. Р.

Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН,

Московський пр., 142, м. Харків, 61060, Україна,

E-mail: yuriev1908@gmail.com

УСПАДКУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЇЇ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У F₁ ГІБРИДІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

У 2014–2016 рр. встановлено особливості успадкування продуктивності та її структурних елементів у F₁ гібридів ячменю ярого за показником ступеня домінантності (h_{ст}). За роки досліджень у F₁ гібридів було, в основному, проміжне успадкування за ступенем домінантності за ознакою продуктивність рослини в цілому по всіх 55 гібридах (76 %, 78 % і 73 % відповідно за 2014 р, 2015 р. і 2016 р.). Варіювання в залежності від використаних сортів становило 60-100 % у 2014 р., 30-100 % у 2015 р., 50-100 % у 2016 р. За продуктивною кущистістю проміжне успадкування становило 87 %, 78 % і 89 % відповідно по всіх 55 гібридах. У залежності від використаних сортів – 70-100 %, 30-100 % та 80-100 % відповідно років. У окремі роки в F₁ деяких гібридних комбінацій успадкування ознаки продуктивність було за типом домінування та наддомінування, а в цілому в усіх гібридів ступінь домінантності склав за типом позитивного домінування 20 %, 16 %, 12 %, а за типом наддомінування – 4 %, 6 %, 11 % відповідно років, а ознаки продуктивна кущистість – 9 %, 15 %, 9 % та 2 %, 5 %, 0 % відповідно. У 2014-2016 рр. ознаки кількість зерен у колосі та маса 1000 зерен у F₁ гібридних комбінацій на 100 % мали проміжний тип успадкування. За цими ознаками дія генів була адитивною.

Ключові слова: *ячмінь ярий, сорт, кількісна ознака, діалельні схрещування, успадкування (h_{ст}), адитивні та неадитивні ефекти генів.*

ВСТУП

Одним із головних завдань селекції зернових культур є створення і впровадження у виробництво сортів з високим рівнем урожайності [1].

До Державного Реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні на 2016 рік занесено 146 сортів ячменю ярого, в тому числі 82 української та 64 іноземної селекції.

Для створення цінних сортів необхідно мати вихідний матеріал з комплексом цінних ознак. На ранніх етапах селекційного процесу важливо прогнозувати як у гібридів від різних комбінацій схрещування успадкуються ознаки від батьківських компонентів [2]. Для прогнозу ефективності доборів у гібридних популяціях необхідно знати адитивний чи неадитивний ефект генів, які визначають рівень показників ознак.