



## تحقیقات غلات

دوره نهم / شماره دوم / تابستان ۱۳۹۸ (۱۶۷-۱۵۷)

# بررسی عملکرد دانه و پایداری عملکرد ارقام گندم معرفی شده در بیش از نیم قرن اخیر در ایران

هادی علی پور\*<sup>۱</sup>، حسین عبدی<sup>۲</sup>، یوسف رحیمی<sup>۳</sup> و محمدرضا بی همتا<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۳۰

### چکیده

اصلاح برای عملکرد و پایداری عملکرد همواره از اصلی ترین اهداف به نژادگران بوده است. در تحقیق حاضر، عملکرد و پایداری عملکرد ۵۱ رقم گندم معرفی شده در بیش از نیم قرن اخیر در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با دو تکرار طی پنج سال زراعی ارزیابی شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش ژنوتیپ × محیط معنی دار بود و بنابراین الگوی تغییرات آن با استفاده از روش گرافیکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بر اساس نتایج تجزیه GGE-Biplot، مولفه اول به عنوان مولفه ژنوتیپ و مولفه دوم به عنوان مولفه برهمکنش ژنوتیپ × محیط به ترتیب ۴۱/۹۸ و ۲۸/۲۰ درصد از تغییرات موجود در کل داده ها را توجیه کردند. الگوی هم زمان عملکرد و پایداری عملکرد، ارقام مورد بررسی را به سه گروه مطلوب، متوسط و نامطلوب تقسیم کرد. در میان ارقام مورد بررسی، ارقام مهدوی، مارون و سیستان، عملکرد و پایداری عملکرد بالا و ارقام شاهپسند و زاگرس، عملکرد و پایداری عملکرد پایینی نشان دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که به نژادگران با گذشت زمان به طور تقریباً موفقیت آمیزی توانسته اند ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا و پایداری مطلوب را معرفی کنند، اما به دلیل پیچیدگی صفات عملکرد و پایداری عملکرد، ۱۰ درصد از ژنوتیپ ها با عملکرد کم و ۳۰ درصد با پایداری ضعیف در بازه زمانی سال های ۸۵-۱۳۶۵ معرفی شده اند که لزوم انجام آزمون های دقیق تر در آینده را تایید می کند. ژنوتیپ های زمستانه در مقایسه با ژنوتیپ های بهاره و دومنظوره، عملکرد و پایداری عملکرد پایین تری نشان دادند. از آنجایی که ارقام بهاره در کشت پاییزه عملکرد بالایی نشان دادند، بنابراین توصیه می شود این ارقام به صورت پاییزه نیز کشت شوند.

**واژه های کلیدی:** بای پلات GGE، برهمکنش ژنوتیپ × محیط، سازگاری، طرح موزاییکی

- ۱- استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
  - ۲- دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
  - ۳- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
  - ۴- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- \* نویسنده مسئول: [alipourhadi64@gmail.com](mailto:alipourhadi64@gmail.com)

## مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) در بین محصولات زراعی مختلف، از مهم‌ترین غلات در سطح جهان و نیز در ایران به‌شمار می‌آید. با توجه به نقش این غله در تأمین نیاز غذایی افراد جامعه، اصلاح برای افزایش عملکرد دانه گندم می‌تواند نقش اساسی در تضمین امنیت غذایی داشته باشد (Alipour et al., 2017). افزایش عملکرد، اصلی‌ترین هدف به‌نژادگران است. اما مطالعات نشان می‌دهند که ارقام با عملکرد بالا ممکن است همیشه و در تمام محیط‌ها پایدار نباشند. این موضوع به برهمکنش ژنوتیپ × محیط مربوط می‌شود که به‌همراه اثر محیط و اثر ژنوتیپ از عوامل تأثیرگذار در نمود فنوتیپی صفت هستند (De Leon et al., 2016). برهمکنش ژنوتیپ × محیط، اصلاح برای افزایش عملکرد را با چالشی جدی مواجه ساخته است و وجود آن، انجام آزمایش‌های چندمحیطی (در مکان‌ها و سال‌های مختلف) را ایجاب می‌کند. با وجود آن‌که تنوع مکانی و زمانی هر دو بیانگر تنوع محیطی هستند، اما ثبات عملکرد در هر کدام دارای اهداف و مفاهیم مختلف است. برخی ثبات عملکرد در مکان‌های مختلف را سازگاری و برخی دیگر ثبات عملکرد در سال‌های مختلف را پایداری تعریف کرده‌اند (Lin and Binns, 1994). با این حال لین و بینز (Lin and Binns, 1988) مفهومی از پایداری با جزء قابل پیش‌بینی برای مکان‌ها و جزء غیرقابل پیش‌بینی برای سال‌ها ارائه و اظهار کردند که پایداری در طول سال‌ها دارای اهمیت بیش‌تری است. این نوع پایداری از نظر زارعین نیز بسیار مهم است (Yan and Kang, 2002). همچنین سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌ها و ارزیابی محیط‌های کلان تنها زمانی قابل اطمینان است که الگوهای مشاهده شده طی چندین سال تکرارپذیر باشند (Dia et al., 2016). بنابراین بررسی گسترده در طول سال‌ها برای اصلاح ارقام مفید و امری ضروری است (Macholdt et al., 2019).

طی صد سال و به‌ویژه نیم قرن اخیر، روش‌های آماری گوناگونی برای مطالعه برهمکنش ژنوتیپ × محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار ارائه شده است (Elias et al., 2016). این روش‌ها به دو دسته اصلی تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند. اگرچه محاسبات و استفاده از روش‌های تک‌متغیره آسان‌تر است، ولی این روش‌ها نمی‌توانند ماهیت پیچیده و چندبعدی برهمکنش را به‌خوبی تفسیر کنند. از این‌رو، استفاده از روش‌های چندمتغیره برای رفع این مشکل پیشنهاد شده است (Moreno-Gonzalez et al., 2004).

روش AMMI بر مبنای تجزیه به مولفه‌های اصلی و روش GGE biplot بر مبنای تجزیه به مقادیر منفرد از جمله روش‌های چندمتغیره هستند. روش GGE biplot با استفاده از رگرسیون مکانی با ترکیب اثر اصلی ژنوتیپ (G) و برهمکنش ژنوتیپ × محیط (GE) ابداع شد و برای نمایش گرافیکی اثر هم‌زمان ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط در آزمایش‌های چندمحیطی استفاده شد (Yan et al., 2000). حذف اثر محیط برای به‌دست آوردن نتایج قابل اعتماد حائز اهمیت است، زیرا این اثر غالباً بزرگ است و عاملی نیست که بتوان آن را کنترل کرد و به‌عبارت دیگر، قابل بهره‌برداری نیست. عموماً تفسیر بای‌پلات‌های GGE ساده است، اما لافونت و همکاران (Laffont et al., 2007) در پاسخ به این پرسش که محورهای بای‌پلات چه مقدار از تغییرات ژنوتیپ و یا برهمکنش ژنوتیپ × محیط را توجیه می‌کنند، بین تقسیم‌بندی مجموع مربعات کل با دو روش تجزیه به مقادیر منفرد و تجزیه واریانس ارتباطی برقرار کردند. این ارتباط به‌صورت آماره‌های عددی و طرح موزاییکی به شکل ساده‌تر نشان داده شد و در نهایت به عنوان ابزاری جدید برای ساده کردن تفسیر نتایج روش GGE biplot معرفی شد. لافونت و همکاران (Laffont et al., 2013) این ارتباط را برای بای‌پلات‌های ژنوتیپ بعلاوه ژنوتیپ × بلوک محیطی (GGB biplot) نیز برقرار کردند و بر سودمندی آن تأکید داشتند.

محققین تجزیه GGE biplot را برای ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها سودمند یافته‌اند. به‌همین منظور، کاربرد GGE biplot در گزینش ارقام مناسب برای گندم در پژوهش‌های زیادی مورد استفاده قرار گرفته است (Mohammadi et al., 2016; Esmaeilzadeh Moghaddam et al., 2018; Jafari and Farshadfar, 2018). بر این اساس، هدف از این پژوهش نیز ارزیابی عملکرد و پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم با استفاده از روش گرافیکی GGE biplot و تعیین ارتباط عملکرد و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با سال معرفی و عادت رشدی آن‌ها است.

## مواد و روش‌ها

مواد گیاهی این پژوهش، تعداد ۵۱ رقم گندم بودند که از نظر عملکرد دانه طی پنج سال زراعی شامل ۹۲-۱۳۹۱، ۹۳-۱۳۹۲، ۹۴-۱۳۹۳، ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران-

الوند و شاه‌پسند به‌خود اختصاص دادند. همچنین ژنوتیپ‌ها در سال دوم عملکرد بیش‌تر و در سال پنجم عملکرد کم‌تری از خود نشان دادند (جدول ۲). بدون شک این امر ناشی از شرایط آب و هوایی مختلف می‌باشد و چنانچه قبلاً نیز گزارش شده است، تغییرات آب و هوایی از سالی به سال دیگر بر تولید گندم تأثیر می‌گذارند (Macholdt and Honermeier, 2018). جالب توجه این است که در سال سوم با وجود بارندگی کم‌تر از سال پنجم، عملکرد بیش‌تری مشاهده شد که می‌تواند به پراکنش زمانی مناسب بارش‌ها و نیز آبیاری مزرعه در تحقیق حاضر مرتبط باشد. این نتایج نشان می‌دهند که تحت شرایط طبیعی، سایر عوامل آب و هوایی می‌توانند نقش بیش‌تری داشته باشند و توجه بیش از حد به بارندگی می‌تواند گمراه کننده باشد.

معنی‌دار شدن برهمکنش ژنوتیپ  $\times$  محیط به این مفهوم است که واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف متفاوت بوده و در مقدار یا ترتیب عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در سال‌های مختلف نوساناتی وجود داشته است. سهم مجموع مربعات آثار اصلی محیط و ژنوتیپ و برهمکنش بین این دو از واریانس کل به‌ترتیب برابر با ۴۰/۸۷، ۱۰/۸۳ و ۲۷/۴۳ درصد بود (جدول ۳). بزرگی اثر محیط بیان‌گر متفاوت بودن محیط‌ها است که باعث ایجاد برهمکنش ژنوتیپ  $\times$  محیط معنی‌دار و ایجاد تنوع در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها شده است. این اثر در آزمایش‌های چندمحیطی عموماً بزرگ است و با ارزیابی ژنوتیپ‌ها مرتبط نیست (Gauch and Zobel, 1996). تأثیر کم ژنوتیپ در توجیه تنوع موجود به احتمال قوی به این علت است که طی سال‌های گذشته در برنامه‌های به‌نژادی، ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد انتخاب شده‌اند و این ژنوتیپ‌های برتر نقش کم‌تری نسبت به محیط و برهمکنش ژنوتیپ  $\times$  محیط در توجیه تنوع موجود در آزمایش‌های سازگاری و پایداری عملکرد داشته‌اند. به‌عبارت دیگر، در اثر گزینش‌های متوالی توسط به‌نژادگران از میزان تنوع به‌طور چشم‌گیری کاسته شده است. در نهایت سهم برهمکنش ژنوتیپ  $\times$  محیط نسبت به اثر ژنوتیپ حدود سه برابر بود. این دست‌آورد با نتایج دیگر پژوهش‌گران هماهنگ بود (Mohammadi et al., 2012; Luo et al., 2015; Vaezi et al., 2017).

برهمکنش ژنوتیپ  $\times$  محیط معنی‌دار در گندم در مطالعات گزارش (Najafian et al., 2010; Jafari and Farshadfar, 2018) و به موضوعی تقریباً بدیهی تبدیل شده است. با وجود معنی‌داری برهمکنش ژنوتیپ  $\times$  محیط،

کرج، با طول جغرافیایی ۵۰ درجه ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار تحت شرایط آبیاری معمولی با شش نوبت آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابعاد کرت‌ها شامل چهار خط به‌طول یک متر در نظر گرفته شدند که فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها درون ردیف‌ها پنج سانتی‌متر بود. مشخصات ژنوتیپ‌ها و ویژگی‌های آب و هوایی سال‌های مورد مطالعه به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

پس از بررسی همگنی واریانس آزمایش‌های مختلف، تجزیه مرکب انجام شد که با توجه به معنی‌دار شدن برهمکنش ژنوتیپ  $\times$  محیط، تجزیه گرافیکی با استفاده از روش GGE biplot بر اساس مدل زیر صورت گرفت:

$$\bar{Y}_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{2j} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

که در آن،  $\bar{Y}_{ij}$  عملکرد مورد انتظار ژنوتیپ  $i$  در محیط  $j$ ؛  $\mu$  میانگین کل ژنوتیپ‌ها،  $\beta_j$  اثر اصلی محیط  $j$ ام،  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  به‌ترتیب مقادیر منفرد اولین و دومین مؤلفه اصلی،  $\xi_{i1}$  و  $\xi_{i2}$  به‌ترتیب بردارهای ویژه ژنوتیپ  $i$  برای دو مؤلفه اول،  $\eta_{1j}$  و  $\eta_{2j}$  به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط  $j$  برای دو مؤلفه نخست و  $\varepsilon_{ij}$  بردار باقی‌مانده مدل هستند (Yan and Kang, 2002). بای‌پلات با استفاده از الگوی ارزیابی بر اساس ترکیب هم‌زمان عملکرد دانه با پایداری عملکرد ترسیم شد. تمامی تجزیه‌ها داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار R و بسته‌های Agricolae و GGEbiplotGUI انجام و طرح موزاییکی GGE biplot نیز بر اساس دستورهای ارائه شده توسط لافونت و همکاران (Laffont et al., 2007) در همین نرم‌افزار رسم شد.

## نتایج و بحث

پس از انجام آزمون همگنی واریانس خط‌های آزمایشی توسط آزمون بارتلت و اطمینان از صادق بودن این فرض، تجزیه واریانس مرکب انجام شد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین محیط‌های آزمایش، بین ژنوتیپ‌ها و برهمکنش ژنوتیپ  $\times$  محیط وجود دارد (جدول ۳). تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده اختلاف ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد که به‌راحتی با مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ قابل مشاهده است. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی برابر با ۲/۳۶ گرم در بوته بود که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد را به‌ترتیب ارقام

توجیه پایداری ژنوتیپها و الگوی واکنش آنها به محیطها نمی باشد (Whaley and Eskandari, 2019). بنابراین، از تجزیه گرافیکی برهمکنش ژنوتیپ × محیط به روش GGE biplot که در آن اثر محیط لحاظ نمی شود استفاده شد.

انتخاب و توصیه یک رقم برای کلیه شرایط بایستی با احتیاط انجام و سعی شود ژنوتیپی انتخاب شود که با وجود پرمحصولی، نوسان عملکرد کمتری از محیطی به محیط دیگر داشته و پایدار باشد. با توجه به وجود این برهمکنش، تجزیه واریانس در عین فراهمی اطلاعات بسیار مهم، قادر به

جدول ۱- مشخصات ارقام مورد مطالعه در این تحقیق

Table 1. Characteristics of the studied genotypes in this research

No.	Genotype	Introduced year	Growing habit	Yield (g/plant)	No.	Genotype	Introduced year	Growing habit	Yield (g/plant)
1	Adl	1341	Spring	2.28	27	Kavir	1376	Spring	2.59
2	Akbari	1385	Spring	2.71	28	Khazar1	1352	Spring	2.34
3	Alborz	1357	Spring	2.33	29	Mahdavi	1374	Spring	2.72
4	Alvand	1374	Facultative	2.80	30	Maroon	1370	Spring	2.58
5	Arta	1385	Spring	2.43	31	Marvdasht	1378	Spring	2.56
6	Atrak	1374	Spring	2.28	32	Moghan1	1352	Spring	2.42
7	Azadi	1358	Facultative	2.63	33	Moghan2	1353	Spring	2.18
8	Azar	1335	Winter	1.87	34	Moghan3	1385	Spring	2.16
9	Bam	1385	Spring	2.65	35	Navid	1369	Facultative	2.45
10	Bayat	1355	Spring	2.37	36	Naz	1357	Spring	2.62
11	Biston	1359	Spring	1.93	37	Nicknejad	1374	Spring	2.18
12	Chamran	1376	Spring	2.46	38	Pishtaz	1381	Spring	2.53
13	Darab2	1374	Spring	2.58	39	Roshan	1337	Spring	2.77
14	Darya	1385	Spring	2.30	40	Sabalan	1360	Facultative	2.10
15	Dez	1381	Spring	2.35	41	Sepahan	1385	Spring	2.34
16	DN11	-	-	2.17	42	Shahi	1346	Winter	2.34
17	Falat	1369	Spring	2.71	43	Shahpassand	1321	Winter	1.77
18	Fong	-	-	2.30	44	Shahryar	1381	Winter	2.34
19	Ghods	1368	Spring	2.44	45	Shiraz	1381	Spring	2.49
20	Golestan	1365	Spring	2.35	46	Shiroodi	1376	Spring	2.52
21	Hamoon	1381	Spring	2.45	47	Siosson	1373	-	2.74
22	Inia	1347	Spring	2.09	48	Sistan	1385	Spring	2.57
23	Karaj1	1352	Facultative	2.19	49	VEE/NAC	1376	Spring	1.84
24	Karaj2	1352	Winter	2.23	50	Zagros	1375	Spring	2.00
25	Karaj3	1355	Winter	2.15	51	Zarrin	1374	Facultative	2.34
26	Kaveh	1359	Spring	2.08	-	-	-	-	-

جدول ۲- پارامترهای آب و هوایی سالهای مورد مطالعه

Table 2. Climatic parameters of studied years

No.	Year	pr	tmin	tmax	tm	rh	sc	Grain yield
Year 1	2012-13	207.44	6.63	18.27	12.20	50.58	7.31	2.61
Year 2	2013-14	223.31	6.20	17.75	11.77	50.20	7.40	2.94
Year 3	2014-15	153.15	6.68	18.52	12.24	47.63	7.51	2.58
Year 4	2016-17	215.67	6.08	17.34	11.85	50.33	7.65	2.15
Year 5	2017-18	203.11	6.97	18.67	12.65	49.36	7.61	1.55

pr, total precipitation; tmin, minimum temperature; tmax, maximum temperature; tm, average temperature; rh, average relative humidity; sc, sun clock.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی

Source of variations	df	Sum of squares	Mean squares	SST %
Environment	4	116.65	29.16**	40.87
Replication (Environment)	5	5.24	1.05	1.84
Genotype	50	30.90	0.62***	10.83
Genotype × Environment	200	78.29	0.39***	27.43
Experimental error	250	54.32	0.22	19.03
Total	509	285.40	-	-
CV (%)	-	19.83	-	-

\*\* and \*\*\*: Significant at 1% and 0.1% probability levels, respectively.

SST%: Percentage relative to total sum of squares.

به میزان ناچیزی ناشی از ژنوتیپ می‌باشد و تقریباً می‌توان اظهار کرد که بیش‌تر تغییرات موجود در مولفه دوم ناشی از برهمکنش ژنوتیپ × محیط (مناطق روشن) است. بنابراین می‌توان مولفه اول را مولفه ژنوتیپ و مولفه دوم را مولفه برهمکنش ژنوتیپ در محیط نام‌گذاری کرد. به این ترتیب، ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محور نخست می‌تواند در رابطه با عملکرد و ارزیابی آن‌ها در محور دوم می‌تواند در باره پایداری اطلاعاتی را فراهم کند. لازم به توضیح است که واریانس‌های موجود در جدول ۴ با توجه به اینکه از جدول دوطرفه ژنوتیپ × محیط یا به عبارتی دیگر از میانگین تکرارها حاصل شده‌اند، نصف مقدار واریانس موجود در جدول تجزیه مرکب هستند.

یکی از ویژگی‌های بسیار مهم GGE biplot نمایش هم‌زمان عملکرد و پایداری است (Yan and Kang, 2002). این هم‌زمانی از آن جهت حائز اهمیت است که در حالت کلی بدون در نظر گرفتن سازگاری خصوصی، ژنوتیپ‌هایی با پایداری بالا و عملکرد پایین همانند ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و پایداری پایین نامطلوب هستند. بنابراین، ضروری است که به‌نژادگران به هر دو مقوله توجه داشته باشند تا از انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب از نظر عملکرد و پایداری اطمینان حاصل یابند.

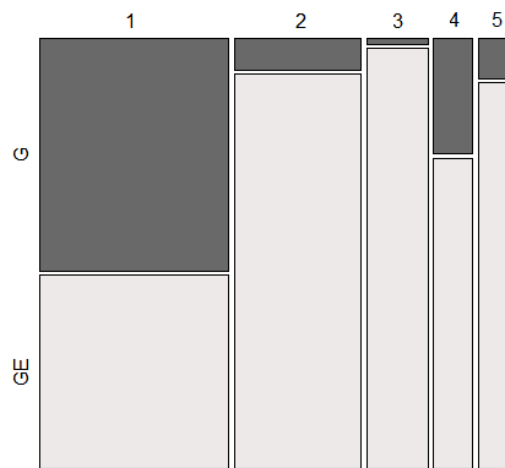
نتایج نشان داد که دو مولفه اول و دوم به‌ترتیب ۴۲ و ۲۸ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کنند (جدول ۴). تفسیرهای حاصل از این بای‌پلات با درصد توجیه ۷۰ درصدی می‌تواند به‌طور نسبی قابل اطمینان باشد، چرا که این بای‌پلات نماینده توجیه‌پذیر و قابل‌قبولی از جدول دوطرفه ژنوتیپ × محیط بوده و به‌صورت نیکویی، برآزش یافته است. بنابراین ساختار موجود در جدول دوطرفه‌ای که اثر محیط (سال) از آن برچیده شده است، توسط بای‌پلات می‌تواند مشاهده شود و استفاده از مولفه‌های اضافی نه تنها منجر به از بین رفتن دید دو بعدی و ساده می‌شود، بلکه می‌تواند ساختارهای کاذبی ارائه دهد (Laffont *et al.*, 2007). نجفی میرک و همکاران (Najafi Mirak *et al.*, 2019) نیز در بررسی پایداری ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم دوروم، درصد توجیه تغییرات توسط GGE biplot را تقریباً ۷۶ درصد گزارش و این میزان را حاکی از معتبر بودن بای‌پلات عنوان کردند. توجیه تغییرات توسط مولفه‌ها را می‌توان از طرح موزاییکی موجود در شکل ۱ نیز مشاهده کرد، جایی که مربع موزاییکی ۱۰۰ درصد از تغییرات کل (G+GE) را توجیه می‌کند.

اولین ستون مربوط به مولفه نخست است که بیش از نیمی از تغییرات آن ناشی از اثر اصلی ژنوتیپ (مناطق سیاه رنگ) است، درحالی‌که واریانس توجیهی توسط مولفه دوم

جدول ۴- سهم مولفه‌های اصلی از واریانس G + GE

Table 4. Contribution of principal components from the G + GE variance

Component	SSG	SSGE	Total	Percent
1	12.525	10.389	22.914	42
2	1.136	14.259	15.395	28
3	0.102	7.236	7.338	13
4	1.293	3.467	4.760	9
5	0.394	3.791	4.185	8
Total	15.450	39.142	54.592	100
Percent	28	72	100	-



شکل ۱- طرح موزاییکی جهت نمایش سهم مولفه‌های اصلی از واریانس G+GE

Figure 1. Mosaic plot to show the contribution of the principal components from the G and GE variance

برای پایداری نیز همانند عملکرد، از خطوطی به‌رنگ سیاه استفاده شد تا ژنوتیپ‌ها از نظر پایداری به سه قسمت تقسیم شوند. ژنوتیپ‌های واقع در بین دو خط سیاه کم‌رنگ دارای پایداری مطلوب، ژنوتیپ‌های موجود بین خطوط سیاه پررنگ و کم‌رنگ دارای پایداری متوسط و ژنوتیپ‌هایی که از خطوط سیاه پررنگ عبور کرده‌اند، دارای پایداری پایینی بودند. بنابراین، ارقام مهدوی، مارون و سیستان، مطلوب‌ترین و ارقام شاهپسند و زاگرس نامطلوب‌ترین ارقام به‌لحاظ عملکرد و پایداری شناخته شدند. همچنین، ارقام اکبری، داراب ۲، روشن و شیراز دارای عملکرد بالا و پایداری متوسط و ارقام الوند، بم و سیسون دارای عملکرد بالا و پایداری پایینی بودند (شکل ۲). اگرچه این الگو برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود، اما می‌توان از آن برای بررسی محیط‌ها نیز استفاده کرد. بر این اساس، سال اول و دوم عملکرد بالا، سال سوم عملکرد متوسط و سال چهارم و پنجم عملکرد پایینی داشتند. این رتبه‌بندی تا حدود زیادی مشابه جدول ۲ است و تفاوت‌ها ناشی از آن است که این بای‌پلات تمام تغییرات داده‌ها را توجیه نمی‌کند. همچنین سال‌های اول و دوم جزء محیط‌هایی بودند که ژنوتیپ‌ها در آن بیش‌ترین تفکیک و بالاترین برهمکنش را نشان دادند. نتایج حاصل از شکل ۲ و تقسیم‌بندی ژنوتیپ‌ها در سه گروه بر اساس عملکرد و پایداری، به تفکیک بازه زمانی معرفی رقم در جدول ۵ و به تفکیک عادت رشدی در جدول ۶ ارایه شده است. بر طبق نتایج، در ۲۰ سال نخست، چهار رقم گندم معرفی شده است که از بین آن‌ها، رقم روشن دارای عملکرد مطلوب، رقم عدل دارای عملکرد متوسط و ارقام آذر

برای این منظور، در شکل ۲ از محور AEC (Average environment coordination) که با دایره کوچک و فلش مشخص شده است، استفاده شد. این الگو امکان مقایسه ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد و پایداری تسهیل می‌کند، به این صورت که تصویر ارقام روی محور AEC تقریبی از عملکرد و فاصله آن‌ها از این محور تقریبی از پایداری است (Yan et al., 2007). همان‌طور که ملاحظه می‌شود، محور AEC هم‌راستا با محور افقی است، اما کمی با آن زاویه دارد، دلیل آن این است که مولفه دوم نیز بخش کمی از واریانس ژنوتیپ را توجیه می‌کند. بنابراین، در حالت کلی ارزیابی عملکرد ژنوتیپ‌ها با توجیه ۸۸/۴ درصد و ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها با توجیه ۶۳ درصد صورت می‌گیرد (جدول ۴). بر این اساس، رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد نسبت به پایداری تا حدود زیادی به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. خطی که از مبدا بای‌پلات عبور می‌کند و عمود بر محور AEC است، ژنوتیپ‌ها را از نظر عملکرد به دو قسمت کم‌تر از متوسط (ژنوتیپ‌های سمت راست) و بیش‌تر از متوسط (ژنوتیپ‌های سمت چپ) تقسیم کرد. اما از آنجایی که هدف تقسیم ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد به سه قسمت بود، خطوط قرمز رنگی روی شکل ترسیم شدند و ژنوتیپ‌های موجود میان دو خط قرمز عملکرد متوسط و ژنوتیپ‌های موجود در سمت چپ و راست این خط به ترتیب عملکرد مطلوب و پایین داشتند. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، ژنوتیپ‌هایی که مقادیر بالایی نسبت به محور AEC در هر دو جهت دارند، دارای برهمکنش ژنوتیپ × محیط بیش‌تر و در نتیجه پایداری کم‌تری خواهند بود.

بازه زمانی ۲۰۰۲ الی ۲۰۱۴ نتیجه گرفتند که برنامه‌های اصلاح گندم در سرتاسر دنیا در راستای تولید ژرم پلاسما سازگار است.

از نظر عادت رشدی، ۳۶ رقم بهاره، شش رقم زمستانه، شش رقم بینابینی و سه رقم نامشخص بودند. در میان ارقام بهاره، هشت رقم به‌ویژه رقم داراب ۲ عملکرد بالا، ۲۴ رقم عملکرد متوسط و چهار رقم عملکرد ضعیف داشتند. از نظر پایداری نیز ۱۳ رقم به‌ویژه ارقام مغان ۲، مهدوی و مارون دارای پایداری مناسب، ۱۴ رقم دارای پایداری متوسط و نه رقم دارای پایداری ضعیفی دارا بودند. در ارقام زمستانه نیز ارقام کرج ۲، شاهی و شهریار دارای عملکرد متوسط و ارقام آذر، کرج ۳ و شاهپسند دارای عملکرد پایینی داشتند. عملکرد پایین گندم‌های زمستانه می‌تواند به دلیل نوع کاشت پاییزه باشد. همچنین از نظر پایداری، رقم شهریار پایداری بالا، ارقام آذر، کرج ۲ و کرج ۳ پایداری متوسط و ارقام شاهی و شاهپسند پایداری ضعیفی داشتند. در بین گندم‌های با عادت رشد بینابین، از نظر عملکرد فقط رقم الوند دارای عملکرد بالایی بود و پنج رقم دیگر عملکرد متوسط داشتند. از نظر پایداری نیز ارقام آزادی، کرج ۱ و زرین در حالت مطلوب و ارقام الوند، نوید و سبلان نامطلوب بودند. از سه رقم با عادت رشدی نامشخص، رقم سیسون عملکرد بالا و ارقام فونگ و DN11 عملکرد متوسطی داشتند و از نظر پایداری رقم فونگ پایداری متوسط و ارقام سیسون و DN11 نیز پایداری نامطلوبی را نشان دادند (جدول ۶).

و شاهپسند دارای عملکرد ضعیف بودند و از نظر پایداری نیز ارقام عدل، آذر و روشن پایداری متوسط و رقم شاهپسند پایداری ضعیفی داشت. در بازه زمانی ۲۵ سال میانی ۱۵ رقم معرفی شد که از این تعداد، ۱۳ رقم عملکرد متوسط و دو رقم بیستون و کرج ۳ عملکرد ضعیفی داشتند و از نظر پایداری نیز ۵ رقم در هر یک از سه گروه پایداری قرار گرفتند. در بازه زمانی ۲۰ سال انتهایی نیز ۳۰ رقم معرفی شد که نه رقم به‌ویژه ارقام الوند، داراب ۲ و سیسون عملکرد بالا، ۱۸ رقم عملکرد متوسط و سه رقم نیک‌نژادی، زاگرس و ویناس عملکرد ضعیفی داشتند. از نظر پایداری نیز در این بازه زمانی ۱۲ رقم به‌ویژه ارقام شهریار و مهدوی پایداری بالا، نه رقم پایداری متوسط و نه رقم پایداری ضعیف داشتند. در نهایت ارقام فونگ و DN11 که اطلاعاتی در باره زمان معرفی آن‌ها نبود، عملکرد متوسط و به‌ترتیب پایداری متوسط و ضعیفی نشان دادند (جدول ۵).

این نتایج نشان می‌دهند که به‌نژادگران با گذشت زمان علاوه بر عملکرد به پایداری نیز توجه کردند و در معرفی ارقام با عملکرد بالا و پایداری مطلوب نیز تقریباً موفق بودند. اگرچه ۱۳ و ۳۰ درصد از ارقام معرفی شده در ۲۰ سال اخیر به‌ترتیب دارای عملکرد پایین و پایداری ضعیفی بودند و لزوم انجام آزمایش‌های دقیق‌تر در آینده را ایجاب می‌کنند، اما باید توجه داشت که این ارقام پس از آزمایش‌های چندناحیه‌ای معرفی شده‌اند و انجام آزمایش در یک مکان نمی‌تواند نتیجه قطعی به‌همراه داشته باشد. کریسپو-هررا و همکاران (Crespo-Herrera *et al.*, 2018) در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌های گندم در ۷۴۰ مکان از ۶۶ کشور طی

جدول ۵- گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد و پایداری به تفکیک بازه زمانی معرفی رقم

Table 5. Grouping of genotypes based on yield and stability with time interval of introduction of cultivars

Time interval	Number of genotype	Yield			Stability		
		More	Medium	Less	More	Medium	Less
1942-62	4 (7.8%)	1 (25%) <sup>a</sup>	1 (25%) <sup>b</sup>	2 (50%) <sup>c</sup>	0	3 (75%) <sup>d</sup>	1 (25%) <sup>e</sup>
1967-81	15 (29.5%)	0	13 (87.7%) <sup>f</sup>	2 (13.3%) <sup>g</sup>	5 (33.3%) <sup>h</sup>	5 (33.3%) <sup>i</sup>	5 (33.4%) <sup>j</sup>
1986-06	30 (58.8%)	9 (30%) <sup>k</sup>	18 (60%) <sup>l</sup>	3 (10%) <sup>m</sup>	12 (40%) <sup>n</sup>	9 (30%) <sup>o</sup>	9 (30%) <sup>p</sup>
Unknown	2 (3.9%)	0	2 (100%) <sup>q</sup>	0	0	1 (50%) <sup>r</sup>	1 (50%) <sup>s</sup>
Total	51	10(19.6%)	34 (66.7%)	7 (13.7%)	17 (33.3%)	18 (35.3%)	16(31.4%)

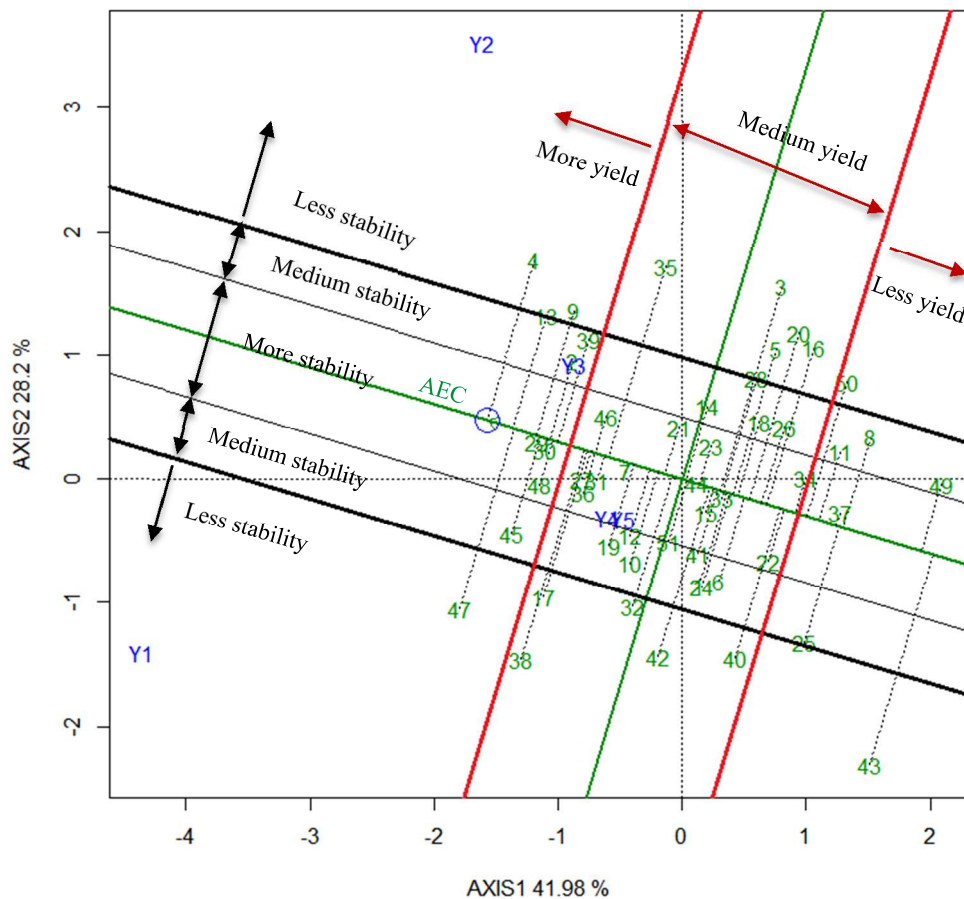
a. Roshan; b. Adl; c. Azar, Shahpassand; d. Adl, Azar, Roshan; e. Shahpassand; f. Alborz, Azadi, Bayat, Inia, Karaj1, Karaj2, Kaveh, Khazar1, Moghan1, Moghan2, Naz, Shahi, Sabalan; g. Biston, Karaj3; h. Azadi, Inia, Karaj1, Moghan2, Naz; i. Bayat, Biston, Karaj2, Karaj3, Kaveh; j. Alporz, Khazar1, Moghan1, Shahi, Sabalan; k. Maroon, Siosson, Alvand, Darab2, Mahdavi, Shiraz, Akbari, Bam, Sistan; l. Golestan, Ghods, Falat, Navid, Atrak, Zarrin, Chamran, Kavir, Shiroodi, Marvdasht, Dez, Hamoon, Pishtaz, Shahryar, Arta, Darya, Moghan3, Sepahan; m. Nicknejad, Zagros, VEE/NAC; n. Dez, Hamoon, Kavir, Mahdavi, Maroon, Marvdasht, Moghan3, Nicknejad, Shahryar, Shiroodi, Sistan, Zarrin; o. Akbari, Atrak, Chamran, Darab2, Darya, Chods, Sepahan, Shiraz, VEE/NAC; p. Alvand, Arta, Bam, Falat, Golestan, Navid, Pishtaz, Siosson, Zagros; q. DN11, Fong; r. Fong; s. DN11.

جدول ۶- گروه بندی ژنوتیپها بر اساس عملکرد و پایداری به تفکیک برای هر عادت رشدی

Table 6. Grouping genotypes based on yield and stability separately for each growth habit

Habit	Number of Genotype	Yield			Stability		
		More	Medium	Less	More	Medium	Less
Spring	36(70.5%)	8 (22.2%) <sup>a</sup>	24(66.7%) <sup>b</sup>	4(11.1%) <sup>c</sup>	13 (36.1%) <sup>d</sup>	14 (38.9%) <sup>e</sup>	9 (25%) <sup>f</sup>
Winter	6 (11.8%)	0	3 (50%) <sup>g</sup>	3 (50%) <sup>h</sup>	1 (16.7%) <sup>i</sup>	3 (50%) <sup>j</sup>	2 (33.3%) <sup>k</sup>
Facultative	6 (11.8%)	1 (16.7%) <sup>l</sup>	5 (83.3%) <sup>m</sup>	0	3 (50%) <sup>n</sup>	0	3 (50%) <sup>o</sup>
Unknown	3 (5.9%)	1 (33.3%) <sup>p</sup>	2 (66.7%) <sup>q</sup>	0	0	1 (33.3%) <sup>r</sup>	2 (66.7%) <sup>s</sup>
Total	51	10(19.6%)	34 (66.7%)	7(13.7%)	17 (33.3%)	18 (35.3%)	16(31.4%)

a. Roshan, Maroon, Darab2, Mahdavi, Shiraz, Akbari, Bam, Sistan; b. Adl, Inia, Khazar1, Moghan1, Moghan2, Bayat, Alborz, Naz, Kaveh, Golestan, Ghods, Falat, Atrak, Chamran, Kavir, Shirooti, Marvdasht, Dez, Hamoon, Pishtaz, Arta, Darya, Moghan3, Sepahan; c. Biston, Nicknejad, Zagros, VEE/NAC; d. Inia, Moghan2, Naz, Maroon, Mahdavi, Nicknejad, Kavir, Shirooti, Marvdasht, Dez, Hamoon, Moghan3, Sistan; e. Roshan, Adl, Bayat, Biston, Kaveh, Ghods, Atrak, Darab2, Chamran, VEE/NAC, Shiraz, Akbari, Darya, Sepahan; f. Khazar1, Moghan1, Alborz, Golestan, Falat, Zagros, Pishtaz, Arta, Bam; g. Karaj2, Shahi, Shahryar; h. Azar, Karaj3, Shahpassand; i. Shahryar; j. Azar, Karaj2, Karaj3; k. Shahi, Shahpassand; l. Alvand; m. Azadi, Karaj1, Navid, Sabalan, Zarrin; n. Azadi, Karaj1, Zarrin; o. Alvand, Navid, Sabalan; p. Siosson; q. DN11, Fong; r. Fong; s. DN11, Siosson.



شکل ۲- ارزیابی ژنوتیپها در محیطهای تحت آزمون به طور همزمان بر اساس عملکرد دانه و پایداری عملکرد

Figure 2. Evaluation of genotypes based on both yield and stability performance in experimental environments

بین میانگین عملکرد ارقام در تمام محیطها (به عنوان متغیر وابسته) و سال معرفی ارقام (به عنوان متغیر مستقل) انجام و نتایج در شکل ۳ ارائه شد. نتایج نشان داد که با گذشت زمان، انتخاب با شیبه کمی اما معنی دار در راستای افزایش

یکی از روشهای رایج در میان روشهای مختلفی که برای ارزیابی میزان پیشرفت ژنتیکی عملکرد دانه مورد استفاده قرار میگیرد، ارزیابی ارقام معرفی شده در زمانهای متفاوت است. بر این اساس، تجزیه رگرسیون خطی ساده

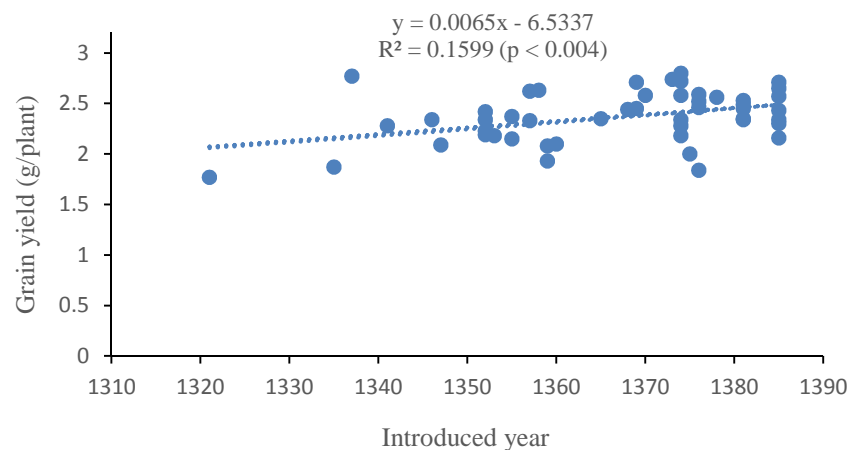


شده‌اند (به‌خصوص ارقام مهدوی، مارون و سیستان) دارای عملکرد و پایداری عملکرد مناسب‌تری هستند. بنابراین در حالت کلی با گذشت زمان به‌نژادگران آزمایشات دقیق‌تری نسبت به گذشته اجرا کرده و در معرفی ارقام حساسیت داشته‌اند. با این حال بایستی بر تلاش‌ها جهت معرفی ارقام گندم با عملکرد و پایداری بالا ادامه داد؛ زیرا برخی از ارقام که مربوط به سال‌های اخیر بودند، عملکرد بالا و پایداری ضعیف (ارقام الوند، بم و سیسون)، عملکرد نامطلوب و پایداری بالا (ارقام نیک‌نژاد و ویناس) و عملکرد و پایداری ضعیفی (رقم زاگرس) نشان دادند. از طرف دیگر بین عملکرد و پایداری ارقام با عادت رشدی آن‌ها ارتباط خاصی مشاهده نشد. اما همان‌گونه که انتظار می‌رفت کشت پاییزه منجر به افزایش عملکرد در ارقام بهاره شد.

عملکرد بوده است. این روش از سوی محققین مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (Lopes *et al.*, 2012). آیساوی و همکاران (Aisawi *et al.*, 2015) گندم‌های معرفی شده از سال ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۹ را طی سه سال در مرکز بین‌المللی سیمیت ارزیابی و گزارش کردند که روند بهبود عملکرد دانه گندم، آهسته و میزان افزایش عملکرد دانه فقط ۳۰ کیلوگرم در هکتار در هر سال (۰/۵۹ درصد) بود.

### نتیجه‌گیری کلی

GGE biplot روشی مناسب برای ارزیابی همزمان عملکرد و پایداری ارقام می‌باشد که می‌تواند با استفاده از ابزارهایی به شکل ساده‌تری تفسیر گردد. نتایج این تحقیق نشان داد ژنوتیپ‌های گندم که در سال‌های اخیر معرفی



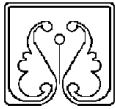
شکل ۳- رابطه بین میانگین عملکرد دانه ارقام گندم مورد مطالعه و سال معرفی آن‌ها

Figure 3. Relationship between the average yield of wheat cultivars with their introduced year

### References

- Aisawi, K. A. B., Reynolds, M. P., Singh, R. P. and Foulkes, M. J. 2015. The physiological basis of the genetic progress in yield potential of CIMMYT spring wheat cultivars from 1966 to 2009. *Crop Science* 55 (4): 1749-1764.
- Alipour, H., Bihanta, M. R., Mohammadi, V., Peyghambari, S. A., Bai, G. and Zhang, G. 2017. Genotyping-by-sequencing (GBS) revealed molecular genetic diversity of Iranian wheat landraces and cultivars. *Frontiers in Plant Science* 8: 1293.
- Crespo-Herrera, L. A., Crossa, J., Huerta-Espino, J., Vargas, M., Mondal, S., Velu, G., Payne, T. S., Braun, H. and Singh, R. P. 2018. Genetic gains for grain yield in CIMMYT's semi-arid wheat yield trials grown in suboptimal environments. *Crop Science* 58: 1-9.
- De Leon, N., Jannink, J. L., Edwards, J. W. and Kaeppeler, S. M. 2016. Introduction to a special issue on genotype by environment interaction. *Crop Science* 56 (5): 2081-2089.
- Dia, M., Wehner, T. C., Hassell, R., Price, D. S., Boyhan, G. E., Olson, S., King, S., Davis, A. R., Tolla, G. E., Bernier, J. and Juarez, B. 2016. Value of locations for representing mega-environments and for discriminating yield of watermelon in the US. *Crop Science* 56 (4): 1726-1735.
- Elias, A. A., Robbins, K. R., Doerge, R. W. and Tuinstra, M. R. 2016. Half a century of studying genotype× environment interactions in plant breeding experiments. *Crop Science* 56 (5): 2090-2105.

- Esmailzadeh Moghaddam, M., Tahmasebi, S., Lotf Ali Ayeneh, Gh. A., Akbari Moghadam, H., Mahmoudi, Kh., Sayyahfar, M., Tabib Ghaffari, S. M. and Zali, H. 2018.** Evaluation of grain yield stability of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines in warm and dry regions of Iran. **Iranian Journal of Crop Sciences** 20 (1): 270-283. (In Persian with English Abstract).
- Gauch, H. G. and Zobel, R. W. 1996.** AMMI analysis of yield trials. In: Kang, M. S. and Gauch, H. G. Jr. (Ed.). Genotype by environment interaction. CRC Press, Boca Raton, FL. pp: 85-122.
- Jafari, T. and Farshadfar, E. 2018.** Stability analysis of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) by GGE biplot. **Cereal Research** 8 (2): 1-13. (In Persian with English Abstract).
- Laffont, J. L., Hanafi, M. and Wright, K. 2007.** Numerical and graphical measures to facilitate the interpretation of GGE biplots. **Crop Science** 47 (3): 990-996.
- Laffont, J. L., Wright, K. and Hanafi, M. 2013.** Genotype plus genotype  $\times$  block of environments biplots. **Crop Science** 53 (6): 2332-2341.
- Lin, C. S. and Binns, M. R. 1994.** Concepts and methods for analyzing regional trial data for cultivar and location selection. **Plant Breeding Reviews** 12: 271-297.
- Lin, C. S. and Binns, M. R. 1988.** A method of analyzing cultivar  $\times$  location  $\times$  year experiments: a new stability parameter. **Theoretical and Applied Genetics** 76 (3): 425-430.
- Lopes, M. S., Reynolds, M. P., Manes, Y., Singh, R. P., Crossa, J. and Braun, H. J. 2012.** Genetic yield gains and changes in associated traits of CIMMYT spring bread wheat in a "historic" set representing 30 years of breeding. **Crop Science** 52 (3): 1123-1131.
- Luo, J., Pan, Y. B., Que, Y., Zhang, H., Grisham, M. P. and Xu, L. 2015.** Biplot evaluation of test environments and identification of mega-environment for sugarcane cultivars in China. **Scientific Reports** 5: 15505.
- Macholdt, J. and Honermeier, B. 2018.** Stability analysis for grain yield of winter wheat in a long-term field experiment. **Archives of Agronomy and Soil Science** 65 (5): 686-699.
- Macholdt, J., Piepho, H. P. and Honermeier, B. 2019.** Mineral NPK and manure fertilisation affecting the yield stability of winter wheat: Results from a long-term field experiment. **European Journal of Agronomy** 102 :14-22.
- Mohammadi, M., Hosseinpour, T., Armion, M., Khanzadeh, H. and Ghogh, H. 2016.** Analysis of genotype, environment and genotype  $\times$  environment interaction in bread wheat genotypes using gge biplot. **Agricultural Communications** 4 (3): 1-8.
- Mohammadi, R., Armion, M., Zadhasan, E., Ahmadi, M. M. and Sadeghzadeh, A. D. 2012.** Genotype  $\times$  environment interaction for grain yield of rainfed durum wheat using the GGE bipot model. **Seed and Plant Improvement Journal** 28 (3): 503-518. (In Persian with English Abstract).
- Moreno-Gonzalez, J., Crossa, J. and Cornelius, P. L. 2004.** Genotype  $\times$  environment interaction in multi-environment trials using shrinkage factors for AMMI models. **Euphytica** 137: 119-127.
- Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M. and Zali, H. 2019.** Evaluation of durum wheat cultivars and promising lines for yield and yield stability in warm and dry areas using AMMI and GGE biplot. **Journal of Crop Breeding** 10 (28): 1-12. (In Persian with English Abstract).
- Najafian, G., Kafashi, A. and Jafarnezhad, A. 2010.** Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotypes grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. **Journal of Agricultural Science and Technology** 12: 213-222.
- Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A., Mohammadi, R., Armion, M., Mehraban, A., Hossein-Pour, T. and Dorii, M. 2017.** GGE biplot and AMMI analysis of barley yield performance in Iran. **Cereal Research Communications** 45 (3): 500-511.
- Whaley, R. and Eskandari, M. 2019.** Genotypic main effect and genotype-by-environment interaction effect on seed protein concentration and yield in food-grade soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). **Euphytica** 215 (2): 1-17.
- Yan, W. and Kang, M. S. 2002.** GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q. and Szlavnic, Z. 2000.** Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. **Crop Science** 40 (3): 597-605.
- Yan, W., Kang, M. S., Ma, B., Woods, S. and Cornelius, P. L. 2007.** GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop Science** 47 (2): 643-653.



University of Guilan  
Faculty of Agricultural  
Sciences

**Cereal Research**  
Vol. 9, No. 2, Autumn 2019 (157-167)

## **Investigating grain yield and yield stability of wheat cultivars introduced in Iran over the last half century**

**Hadi Alipour<sup>1\*</sup>, Hossein Abdi<sup>2</sup>, Yousef Rahimi<sup>3</sup> and Mohammad Reza Bihamta<sup>4</sup>**

Received: May 20, 2019

Accepted: September 21, 2019

### **Abstract**

Breeding for yield and yield stability has always been the main goal for breeders. In the current research, yield and yield stability of 51 wheat cultivars introduced over the last half century were evaluated in a randomized complete block design with two replications during five years. Analysis of variance revealed that genotype  $\times$  environment interaction was significant. Therefore, the pattern of genotype  $\times$  environment variation was analyzed using graphical method. According to the results of GGE biplot analysis, the first and second components as genotype and genotype  $\times$  environment interaction components, explained 41.98% and 20.28% of the total variation, respectively. Simultaneous pattern of yield and yield stability divided the studied cultivars into three groups including desirable, moderate and undesirable. Among the studied cultivars, Mahdavi, Maroon and Sistan showed high yield and yield stability, while Shahpassand and Zagros had a low yield and yield stability. The results of this study showed that breeders have successfully introduced the genotypes with high yield and good stability over time, however due to the complexity of yield and yield stability traits, 10% of genotypes with low yield and 30% with poor stability have been introduced during 1986-2006, which confirms the need for more accurate tests in the future. Winter genotypes showed lower yield and yield stability compared to spring and facultative cultivars. Since, spring cultivars showed high yield in autumn cultivation, it is therefore recommended to cultivate spring cultivars in autumn as well.

**Keywords:** Adaptability, Genotype  $\times$  environment interaction, GGE biplot, Mosaic plot

1. Assist. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

2. Ph. D. Student, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

3. Ph. D. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

4. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

\* Corresponding author: [alipourhadi64@gmail.com](mailto:alipourhadi64@gmail.com)