

پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش جو در مناطق سرد ایران با استفاده از روش GGE biplot

## Yield Stability of Barley Elite Genotypes in Cold Regions of Iran Using GGE biplot

احمدرضا کوچکی<sup>۱</sup>، بهزاد سرخی‌لله‌لو<sup>۲</sup> و محمدرضا اسلام‌زاده حصار<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳- به ترتیب مربی، استادیار و کارشناس ارشد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱/۲۴

### چکیده

کوچکی، ا. ر.، سرخی‌لله‌لو، ب. و اسلام‌زاده حصار، م. ر. ۱۳۹۱. پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش جو در مناطق سرد ایران با استفاده از روش GGE biplot. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۸: ۵۴۳-۵۳۳.

پایداری عملکرد دانه هجده ژنوتیپ جو در مقایسه با دو رقم شاهد با استفاده از طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در هشت ایستگاه اقلیم سرد شامل اراک، اردبیل، همدان، جلگه رخ، کرج، میان‌دوآب، مشهد و تبریز به مدت دو سال زراعی (۸۵-۱۳۸۳) مورد بررسی قرار گرفت. برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط روش GGE biplot جهت تجزیه پایداری به کار گرفته شد. بر اساس نمودار چند ضلعی مربوط به ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ شماره ۱۶ (G16) بیشترین عملکرد را در اراک و همدان، ژنوتیپ شماره ۱۷ بیشترین عملکرد را در کرج، میان‌دوآب و مشهد و ژنوتیپ شماره ۴ بیشترین عملکرد را در اردبیل و جلگه رخ داشتند. بر اساس نمودار محیط‌های ایده‌آل فرضی، محیط‌های مشهد، میان‌دوآب و کرج به این محیط نزدیک‌تر بود، و بر اساس نمودار ژنوتیپ ایده‌آل فرضی و نمودار بای‌پلات ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها، ژنوتیپ شماره ۱۷ (MAKOUEE//ZARJOW/80-5151) با توجه به معیار پایداری مورد استفاده، پایداری مطلوب‌تری را نشان داد و این ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ برتر از نظر پر محصولی و پایداری عملکرد شناسایی شد. نتایج این بررسی نشان داد اگرچه اصلاح ارقام سازگار و پایدار برای پهنه گسترده اقلیم سرد مشکلات مختص به خود را دارد، لیکن انتخاب ژنوتیپ‌های پر محصول با سازگاری عمومی و یا خصوصی با استفاده از اطلاعات به دست آمده از این چنین تجزیه و تحلیل‌های پایداری، امکان‌پذیر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: جو، پایداری عملکرد، روش GGE biplot، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط.

## مقدمه

طور منظم رخ داده یا تحت کنترل انسان هستند، مثل نوع خاک، تاریخ کاشت، فاصله بین ردیف‌ها، تراکم گیاهی و مقادیر کود مورد استفاده و غیر قابل پیش‌بینی (Unpredictable): شامل آن‌هایی که فاقد ثبات و دارای نوسان هستند مثل بارندگی، دما و رطوبت نسبی تقسیم‌بندی کردند.

فعل و انفعالات بین ژنوتیپ و اثرهای محیطی را اثرهای متقابل ژنوتیپ و محیط می‌دانند و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط باعث کاهش همبستگی بین ژنوتیپ و فنوتیپ می‌شود، در نتیجه کارآیی انتخاب کاهش می‌یابد (Brandiey and Meverty, 1994).

مهم‌ترین مسأله که تحت تاثیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرد، مسأله سازگاری به شرایط محیط است. وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نشان‌دهنده این است که بهترین ژنوتیپ در یک محیط ممکن است که در محیط‌های دیگر بهترین ژنوتیپ نباشد (Perkins and Jinks, 1971). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌تواند جنبه‌های مختلفی داشته باشد. مثلاً یک اختلاف محیطی مخصوص می‌تواند روی برخی از ژنوتیپ‌ها بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها تأثیر داشته باشد. عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف معمولاً به دلیل پاسخ متفاوت ژن‌ها و با قدرت تظاهر متفاوت آن‌ها در محیط‌های مختلف است (Fallconer, 1981). تجزیه پایداری مهم‌ترین روشی است که برای پی‌بردن به ماهیت اثر

جو (*Hordeum vulgare* L.) با سازگاری وسیع اکولوژیکی، با سطح زیر کشت حدود ۵۴ میلیون هکتار و تولید حدود ۱۵۲ میلیون تن چهارمین محصول مهم غلات بعد از گندم، ذرت و برنج در جهان است که به عنوان غذا مورد استفاده انسان و دام قرار می‌گیرد. در ایران نیز جو با سطح زیر کشت حدود ۱/۷ میلیون هکتار و تولید حدود ۳/۵ میلیون تن دومین محصول بعد از گندم محسوب می‌شود (Anonymous, 2009).

اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای پژوهشگران علوم اصلاح نباتات دارای اهمیت ویژه‌ای بوده و یکی از مسائل پیچیده برنامه‌های به‌نژادی برای تهیه ژنوتیپ پرمحصول و پایدار به شمار می‌رود (Cornelius and Crossa, 1999؛ Gauch, 2006؛ Yan, et al., 2007). آگاهی از ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به به‌نژادگران کمک می‌کند تا بتوانند ژنوتیپ‌ها را با دقت بیشتری ارزیابی کرده و ژنوتیپ‌های برتر از نظر پایداری و عملکرد بالا را انتخاب کنند (Roy, 2000). معیار استفاده از انواع روش‌های تجزیه پایداری به نوع طرح آزمایشی، گیاه، نظر محقق، محیط آزمایش و سایر شرایط بستگی دارد (Fattahi and Yossefi, 2006).

آلارد و برادش

آلارد و برادش (Allard and Bradshaw, 1966) فاکتورهای موثر بر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را به دو دسته قابل پیش‌بینی (Predictable): آن‌هایی که به

GGE بای پلات از منابع تغییرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط استفاده می‌شود تا بتوان نتایج قابل اعتمادی را به دست آورد (Yan *et al.*, 2000). از روش GGE بای پلات، برای تعیین پایداری محصولات مختلف مثل برنج (Samonte *et al.*, 2005) و گندم (Kaya *et al.*, 2006) استفاده شده است. در تحقیقی که برای بررسی پایداری هفده رقم پاییزه و پنج رقم بهاره جو در ۴۰-۲۰ مکان و در سه سال انجام شد روش‌های GGE biplot و فاکتوریل رگرسیون برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به کار رفت، نتایج GGE biplot نشان داد که در هر سه زیر مجموعه یک رقم برتر وجود دارد و تفاوت‌های ارقام علاوه بر تاثیر ژنتیکی از عوامل محیطی شامل زمان قبل از گلدهی، خشکی حین پر شدن دانه و دمای قبل از گلدهی نیز تاثیر می‌پذیرد (Voltas *et al.*, 2005). یان و همکاران (Yan *et al.*, 2010) در آزمایشی که در کانادای شرقی به مدت سه سال بر روی یولاف انجام دادند، نتایج GGE biplot بیانگر تعیین سه محیط بزرگ در این منطقه بود که به شش زیر محیط تقسیم شد و ژنوتیپ‌های مربوط به هر زیر محیط مشخص و یک استراتژی به‌نژادی برای ارقام سازگار یولاف ارائه شد. هدف از انجام این تحقیق استفاده از روش GGE biplot برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و تعیین پایدارترین ژنوتیپ‌های امیدبخش جو مناطق سرد ایران بود.

متقابل ژنوتیپ و محیط کاربرد دارد و با توجه به آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی و مورد استفاده قرار داد.

در صورت وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، برای گزینش و اصلاح ژنوتیپ‌ها به ترتیب در هنگام گزینش نیاز به همبستگی معنی‌دار ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی است، زیرا اثر متقابل ژنوتیپ و محیط باعث کاهش همبستگی ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی می‌شود و تحلیل دقیق نتایج را مشکل می‌سازد (Pham and Kang, 1988).

با توجه به گسترش روزافزون روش‌های آماری چند متغیره و استفاده وسیع آن‌ها در تمام زمینه‌های علمی و از جمله در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد، روش‌های مختلفی برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط پیشنهاد شده است. یکی از روش‌های بسیار مهم و نوین که در سال‌های اخیر ارائه شده است، استفاده از روش بای پلات بر اساس مدل‌های چند متغیره است. برای رسم بای پلات باید از مقادیر حاصل از مدل‌های چند متغیره مربوط به ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در یک شکل و به طور همزمان استفاده کرد.

با استفاده از ویژگی‌های نمودار بای پلات گابریل (Gabril, 1971) و روش چند متغیره تجزیه به مولفه‌های اصلی، روش نوین GGE بای پلات معرفی شد (Yan *et al.*, 2000). از آنجایی که محیط عاملی غیر قابل کنترل است، از این روش

## مواد و روش‌ها

به منظور تعیین پایداری و ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط ارقام و لاین‌های جو، بیست ژنوتیپ جو به صورت کشت پاییزه در سال اول هفت مکان و در سال دوم هشت مکان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال و در مجموع پانزده محیط مورد بررسی قرار گرفتند. در محیط‌های مذکور آزمایش‌ها به صورت یکنواخت به اجرا درآمد و ژنوتیپ‌ها نیز به عنوان فاکتور ثابت در نظر گرفته شدند. میزان بذر بر اساس ۴۰۰ دانه در مترمربع و طول هر کرت آزمایشی شش متر و عرض آن ۱/۲۰ متر و مساحت هر کرت ۷/۲ متر مربع در نظر گرفته شد. مساحت برداشت با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به شش مترمربع کاهش یافت. در مرحله داشت برخی صفات که در ارتباط با عملکرد بودند (ارتفاع، تاریخ سنبله‌دهی و تاریخ رسیدگی) ثبت و یادداشت شد و در مرحله برداشت میزان عملکرد برای هر رقم در محیط مربوطه محاسبه شد. ایستگاه‌های تحقیقاتی مورد مطالعه در زمهره مناطق سرد کشور محسوب می‌شوند که شامل ایستگاه‌های مشهد، جلگه‌رخ، اردبیل، میاندوآب، تبریز، همدان، اراک و کرج بودند.

برای محاسبات آماری، آزمون بارتلت برای بررسی همگنی واریانس‌ها و تجزیه واریانس مرکب با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و تصادفی بودن اثر محیط انجام شد و از روش GGE biplot و گراف‌های آن برای بررسی اثر

متقابل ژنوتیپ و محیط و تعیین Mega-environment ها استفاده شد.

مدل GGE بای‌پلات بر پایه مقادیر ویژه تفکیک‌پذیر برای دو مولفه اول است:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

که  $Y_{ij}$  میانگین آمین ژنوتیپ در ژامین محیط،  $\mu$  میانگین کل،  $\beta_j$  میانگین اثر محیط،  $\lambda_1$ ،  $\lambda_2$  مقادیر ویژه برای اولین و دومین مولفه،  $\xi_{i1}$  و  $\xi_{i2}$  بردارهای ویژه ژنوتیپی و  $\eta_{j1}$  و  $\eta_{j2}$  بردارهای محیطی مولفه اول و دوم و  $\varepsilon_{ij}$  مقدار باقیمانده برای ژنوتیپ  $i$  در محیط  $j$  هستند.

مدل رگرسیون مکانی (SREG) براساس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و همچنین اثر اصلی ژنوتیپ استوار است با توجه به اهمیت شناخت اثر محیط (Yan et al., 2000) و لزوم مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در مقایسه با مدل AMMI برای تفسیر پایداری ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های ناحیه ای عملکرد، به نظر می‌رسد که استفاده همزمان از دو منبع اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نتایج موثرتری را در بر داشته باشد. بنابراین از روش مذکور برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در ژنوتیپ‌های جو مورد مطالعه، استفاده شد. برای محاسبه انواع روش‌های پایداری از نرم‌افزارهای SAS و EXCEL استفاده شد.

## نتایج و بحث

مشخصات ژنوتیپ‌های جو مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- کد و شجره ژنوتیپ‌های ارزیابی شده جو  
Table 1. Code and pedigree of evaluated barley genotypes

Genotype no.	Code/pedigree
G1	CB74-2 (Control)
G2	Espe/Vijay
G3	Schuyler//9cr.279-07/Bgs
G4	L.131/Gerbel//Ager-Ceres/3/(Scotia/Wa...)
G5	Arar/L.1242
G6	Victoria//Coss/OWB71080-44-1H
G7	ICB-101332/NE89725
G8	Clayton/NE89725
G9	Sadik-02=(Alpha/Durra//Schuyler)
G10	GkOmega
G11	Antares/Ky63-1294//Lignee131
G12	K-096M3
G13	Radical/Pervenets
G14	BOYER/TOJIS
G15	SCHUYLER/3/M.RNB89.80/NB1905//L.527
G16	SCHUYLER/3/M.RNB89.80/NB1905//L.527
G17	MAKOUUE//ZARJOW/80-5151
G18	ROHO/MAZURKA//ALPHA
G19	Alger//Roho/Mazurka
G20	EBYTC81-13

اول و دوم یکسان نبود لذا برای داده‌های توام دو سال، محیط تبریز حذف شد و برای هفت محیط دیگر تجزیه و تحلیل GGE biplot انجام شد. یکی از کاربردهای مهم روش GGE biplot نمودار چندضلعی (Polygon) است که می‌توان با استفاده از این نمودار تفسیرهای گوناگونی را بدست آورد. نمودار چندضلعی مربوط به میانگین ژنوتیپ‌های جو در دو سال در شکل ۱ نشان داده شده است. چنین رویه‌ای توسط سایر محققین نیز استفاده شده است (Yan *et al* 2000)؛ (Sabaghnia *et al.*, 2008). در این نمودار ژنوتیپ‌هایی که حد اکثر فاصله را از مبدا دارند به یک‌دیگر وصل شده و یک چند ضلعی

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه مرکب دوساله، اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اصلی ژنوتیپ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثر محیط نشان داد که محیط‌ها از نظر عملکرد ژنوتیپ‌ها با هم اختلاف داشتند و معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ و مکان نشان‌دهنده این بود که عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها از مکانی به مکان دیگر اختلاف داشت.

برای رسم بای‌پلات باید از مقادیر حاصل از مدل‌های چندمتغیره مربوط به ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در یک شکل و به طور همزمان استفاده کرد. چون تعداد مکان‌های آزمایش برای سال

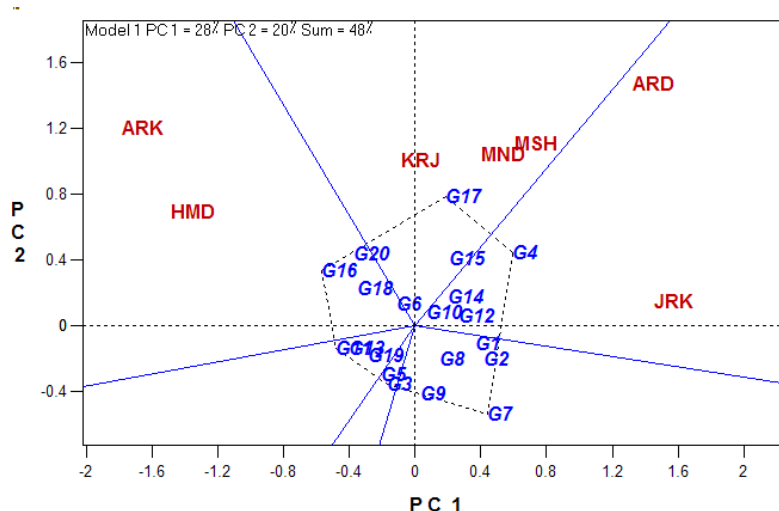
جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب ژنوتیپ‌های جو در چهارده محیط

Table 3. Combined analysis of variance for barley genotypes in fourteen environments

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df.	مجموع مربعات S. S.	میانگین مربعات M. S.
Environment (E)	محیط	13	708.02	54.46**
Replication × E	تکرار در محیط	28	43.00	1.53
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	38.778	2.04*
G × E	ژنوتیپ در محیط	274	281.94	1.14**
Error	خطا	532	433.56	0.81

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

\* and \*\*: Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.



شکل ۱- نمودار چندضلعی GGE biplot برای گروه‌بندی محیط‌ها در دو سال

Fig. 1. Polygons of GGE biplot method for grouping environments in two years

G1-G20: Genotypes (see Table 1); ARK: Arak; HMD: Hamedan; KRJ: Karaj; MND: Miandoab; MSH: Mashhad; ARD: Ardebil; JRK: Jolge Rokh.

محیط فوق را می‌توان به عنوان یک محیط بزرگ (Mega-Environment) فرض کرد. در این محیط بزرگ ژنوتیپ‌های شماره ۲۰ و ۱۸ دارای تشابهات نسبتاً زیادی با ژنوتیپ راس یعنی ژنوتیپ شماره ۱۶ بودند و در واقع این سه ژنوتیپ در یک گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ شماره ۱۷ بیشترین عملکرد را در محیط‌های کرج، میاندوآب و مشهد از خود

حاصل می‌شود، سپس از مبدا مختصات خطوطی بر اضلاع این چند ضلعی رسم شده و محیط‌های بزرگ مشخص می‌شوند (Yan et al., 2007). براساس این شکل شش ژنوتیپ برتر شامل ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۴، ۷، ۱۳، ۱۶ و ۱۷ در رأس چندضلعی قرار گرفتند. ژنوتیپ شماره ۱۶ بیشترین عملکرد را در اراک و همدان از خود نشان داد و علاوه بر این، دو

متقابل مثبت ژنوتیپ در محیط برای افزایش تولید و بهره‌وری محصول در این مناطق در نظر گرفته شود.

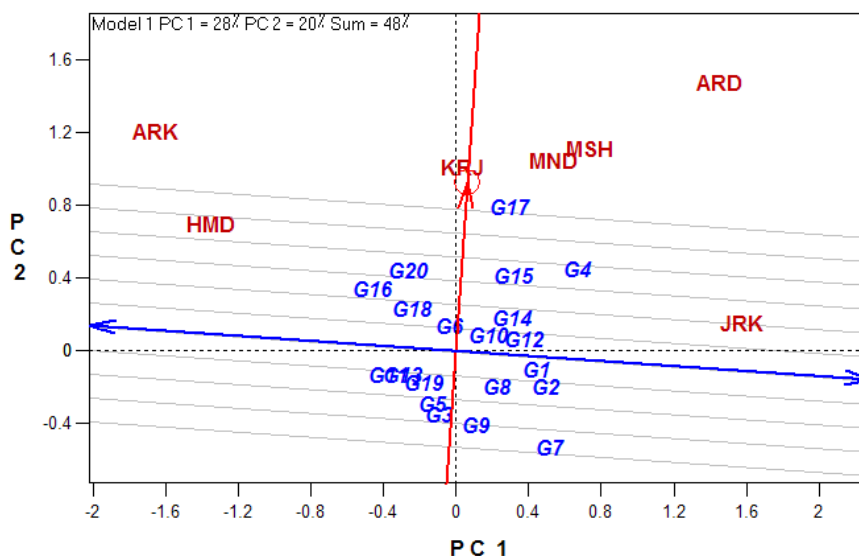
در مطالعه‌ای برای تعیین محیط‌های بزرگ برای مناطق عدس خیز ایران نیز سه محیط بزرگ از بین هفت مکان مورد بررسی، شناسایی شد (Sabaghnia *et al.*, 2008). اگر در آزمایش‌های مشابهی نیز وجود این محیط‌های بزرگ مورد تایید قرار گیرد، می‌توان از آزمایش‌های سازگاری در آینده استفاده کرد (Yan *et al.*, 2000; Yan and Hunt, 2001). نمودار محور پایداری متوسط (Tester Coordinat Average) نیز برای داده‌های میانگین دو سال رسم شد (شکل ۲). در این نمودار هم، هر ژنوتیپی که به محور مشخص با دایره و فلش نزدیک باشد پایدارتر است و هرچه در جهت نوک پیکان محور مذکور دورتر شود از عملکرد بالاتری برخوردار است (Yan *et al.*, 2000). اگرچه ژنوتیپ شماره ۶ پایدارترین ژنوتیپ بود چون دقیقاً روی محور قرار گرفت، اما با توجه به این که بایستی در آزمایش‌های تجزیه پایداری، هر دو مقوله پایداری و عملکرد را در نظر گرفت، بنابراین ژنوتیپ شماره ۱۷ که در فاصله زیادی از نوک پیکان محور مذکور قرار گرفت و از عملکرد خوبی نیز برخوردار بود، به نظر می‌رسد این ژنوتیپ براساس دو موضوع مهم پایداری و عملکرد بهترین ژنوتیپ باشد.

ژنوتیپ ایده‌آل فرضی نیز برای میانگین

نشان داد و می‌توان این ژنوتیپ را به عنوان ژنوتیپ برتر این محیط‌ها معرفی کرد. در این محیط بزرگ نیز، ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ و ۶ دارای تشابهات نسبتاً زیادی با ژنوتیپ راس یعنی ژنوتیپ شماره ۱۷ بودند و در واقع این سه ژنوتیپ نیز در یک گروه قرار گرفتند.

ژنوتیپ شماره ۴ نیز بیشترین عملکرد را در ایستگاه اردبیل و جلگه‌رخ داشت و ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۲ و ۱۴ نیز در این محیط بزرگ قرار گرفتند. ژنوتیپ شماره ۱۷ اگرچه به عنوان یک ژنوتیپ واقع در راس و برتر مطرح بود ولی در هیچ یک از محیط‌ها عملکرد خوبی نداشت.

چنین وضعیتی برای ژنوتیپ‌های شماره ۳ و ۱۳ نیز مشاهده شد. روش GGE biplot در ارزیابی پایداری ارقام گندم زمستانه در طی شش سال در ایالت انتاریو (Ontario) کشور کانادا (Yan and Hunt, 2001) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از نمودار چندضلعی نشان داد که برای گندم زمستانه در انتاریو دو زیرناحیه وجود دارد که برای هر زیر ناحیه یک ژنوتیپ برتر وجود داشت. جالاتا (Jalata, 2011) در تحقیقی در جنوب شرقی اتیوپی بر روی هجده ژنوتیپ جو و در یازده محیط بر اساس روش GGE biplot محیط‌ها را به دو محیط بزرگ که هر کدام شامل چند زیر محیط بود تقسیم کرد و برای هر محیط بزرگ یک ژنوتیپ مناسب تعیین شد. نتایج این مطالعه نشان داد که اصلاح برای سازگاری خصوصی باید به عنوان یک راهبرد اصلاحی با توجه به اثر



شکل ۲- نمودار بای پلات بررسی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها در دو سال

Fig. 2. Biplots used to study different genotypes and environment in two years

G1-G20: Genotypes (see Table 1); ARK: Arak; HMD: Hamedan; KRJ: Karaj; MND: Miandoab; MSH: Mashhad; ARD: Ardebil; JRK: Jolge Rokh.

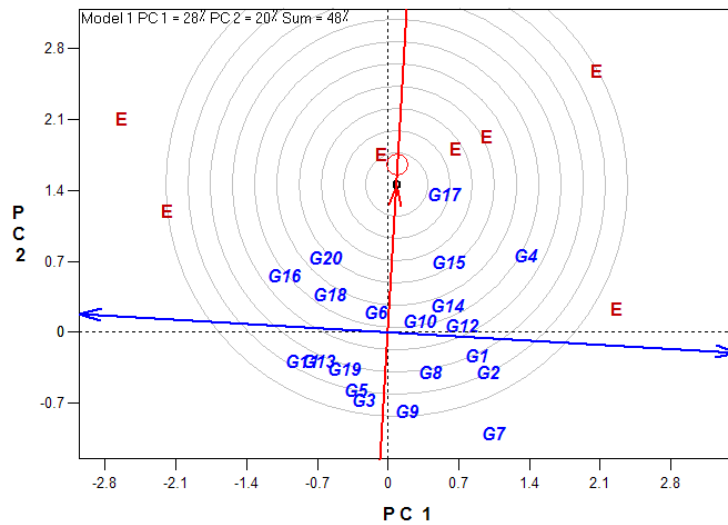
شماره ۷ بود.

محیط ایده‌آل فرضی نیز برای میانگین داده‌های دو سال و بر پایه مفاهیم قابلیت نمایندگی و تشخیص محیط‌های مختلف شناسایی شد. نمودار مربوط به محیط ایده‌آل فرضی برای میانگین داده‌های دو سال در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۴، محیط‌های مشهد، میاندوآب و کرج به این محیط ایده‌آل فرضی، نزدیک‌تر از سایر محیط‌های دیگر بودند، لذا در این آزمایش و برای داده‌های جو، قابلیت نمایندگی و تشخیص محیط‌های مذکور بیشتر بوده و ژنوتیپ‌ها بهتر متمایز شدند.

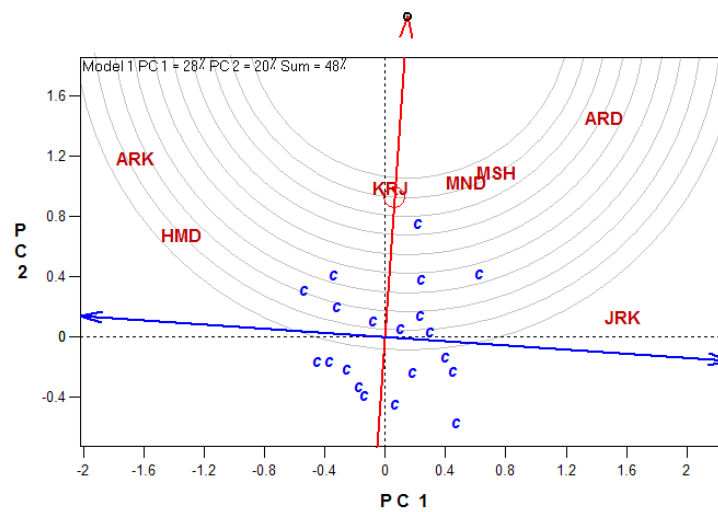
روش رگرسیون مکانی با توجه به کاربرد اثر G و GE و وجود نرم‌افزار GGE biplot، که

داده‌های دو سال و بر اساس مفاهیم پایداری و عملکرد بالا رسم شد. نمودار ژنوتیپ ایده‌آل فرضی در شکل ۳ نشان داده شده است. شناسایی ژنوتیپ ایده‌آل فرضی بر اساس مفاهیم پایداری و عملکرد بالا است. به عبارت دیگر بر اساس ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپی مطلوب، تعریف می‌شود که دارای حداکثر عملکرد و حداکثر پایداری باشد و هر ژنوتیپی که نزدیک‌ترین فاصله را به این ژنوتیپ فرضی داشته باشد به عنوان یک ژنوتیپ برتر محسوب می‌شود (Yan and Kang, 2003). با توجه به شکل مذکور، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ ایده‌آل فرضی، ژنوتیپ شماره ۱۷ بود و پس از آن ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ و ۲۰ بودند و نامطلوب‌ترین ژنوتیپ بر این اساس ژنوتیپ





شکل ۳- نمودار ژنوتیپ ایده‌آل فرضی ژنوتیپ‌ها در دو سال  
 Fig. 3. Ideal genotypes biplot for the genotypes selection in two years  
 G1-G20: Genotypes (see Table 1).



شکل ۴- نمودار محیط ایده‌آل فرضی برای بررسی مقایسه محیط‌ها در دو سال  
 Fig. 4. Ideal tester biplot for the genotypes selection in two years  
 ARK: Arak; HMD: Hamedan; KRJ: Karaj; MND: Miandoab; MSH: Mashhad;  
 ARD: Ardebil; JRK: Jolge Rokh.

استفاده از آن را آسان کرده است مورد استفاده  
 مدل رگرسیون مکانی در آزمایش‌های ناحیه‌ای  
 عملکرد محیط بیشترین کارایی را در توجیه

استفاده از آن را آسان کرده است مورد استفاده  
 محققین زیادی واقع شده است. ولتاز و همکاران  
 (Voltas *et al.*, 2005) و سامانته و همکاران

پایان چنین نتیجه‌گیری شد که اگرچه به‌نژادی ارقام سازگار و پایدار برای پهنه گسترده اقلیم سرد مشکلات مختص به خود را دارد، لیکن انتخاب ژنوتیپ‌های پر محصول با سازگاری عمومی و یا خصوصی با استفاده از اطلاعات مستخرج از این چنین تجزیه و تحلیل‌های پایداری، میسر خواهد بود.

تغییرات داشته و استفاده از آن نتایج بهتر و موثری در بر داشته است. در این تحقیق نیز چنین ویژگی دیده شد و ژنوتیپ شماره ۱۷ (MAKOUEE//ZARJOW/80-5151) که با روش‌های دینامیک به عنوان ژنوتیپ مطلوب شناخته شده بود، به عنوان ژنوتیپ ایده‌آل معرفی شد و به برنامه‌های به‌زراعی و آزمایش‌های تحقیقی تطبیقی پیشنهاد شد. در

## References

- Allard, R. W., and Bradshaw, A. D. 1966. Implication of genotype environmental interaction in applies plant breeding. *Crop Science* 4: 505-507.
- Anonymous, 2009. FAO Statistical Data. Available on: [www.faostat.org](http://www.faostat.org).
- Brandiej, E., and Meverty, B. E. 1994. Genotype  $\times$  environmental interaction and stability of seed yield of oil rapeseed. *Crop Science* 18: 344-353.
- Cornelius, P. L., and Crossa, J. 1999. Prediction assessment of shrinkage estimators of multiplicative models for multi-environment cultivar trials. *Crop Science* 39: 98-1009.
- Falconer, D. S. 1981. *Introduction to Quantitative Genetics*. 2<sup>nd</sup> ed. Longman Press. London, UK.
- Fattahi, F., and Yossefi, A. 2006. Evaluation of yield stability of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) using repeatable stability parameters and pattern analysis of AMMI model. *Iranian Journal of Agricultural Science* 37: 317-326. (in Persian).
- Gabriel, K. R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika* 58: 453-467.
- Gauch, H. G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science* 46: 1488-1500.
- Jalata, Z. 2011. 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* 5: 59-75.
- Kaya, Y., Akcura, M., and Taner, S. 2006. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 30: 325-337.

- Perkins, J. M., and Jinks, J. L. 1971.** Environmental and genotype environment components of variability.III. Multiple line and crosses. *Heredity* 23: 339-356.
- Pham, H. N., and Kang, M. S. 1988.** Interrelationships among and repeatability of several stability statistics estimated from international maize trials. *Crop Science* 28: 925-928.
- Roy, D. 2000.** Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International Ltd., UK.
- Sabaghnia, N., Dehghani, H., and Sabaghpour, S. H. 2008.** Graphic analysis of genotype  $\times$  environment interaction for lentil (*Lens culinaris* Medik) yield in Iran. *Agronomy Journal* 100: 760–764.
- Samonte, S. O. P. B., Wilson, L. T., McClung, A. M., and Medley, J. C. 2005.** Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GEE biplot analysis. *Crop Science* 45: 2414-2424.
- Voltas, J., Lopez-corles, H., and Borrás, G. 2005.** Use of biplot analysis and factorial regression for the investigation of superior genotypes in multi-environment trials. *European Journal of Agronomy of Agronomy* 22: 309-324.
- Yan, W., Fregeau-Reid, J. A., Pageau, D., Martin, R. A., Mitchell fetch, J.W., Etienne, M., Rowsell, J., Scott, P., Price, M., De Haan, B., Cummiskey, A., Lajeunesse, J., Durand, J., and Sparry, E. 2010.** Identifying essential test locations for oat breeding in eastern canada. *Crop Science* 50: 504-515.
- Yan, W., and Hunt, L. A. 2001.** Interpretation of genotype $\times$ environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Science* 41: 19–25.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q., and Szlavnic, Z. 2000.** Cultivar evaluation and mega –environment investigations based on the GGE biplot. *Crop Science* 40: 597-605.
- Yan, W., and Kang, M. S. 2003.** GGE Biplot Analysis: A graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.