نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۲ شماره ۱ / سال ۱۴۰۱ صفحات ۷۸-۶۵

Study of Grain Yield Stability of Barley Promising Lines in Warm Regions Using GGE biplot

Ali Barati[1], Hassan Zali[2*], Iraj Lakzadeh[3], Shirali Koohkan[4], Jabbar Jafarby[5], Arash Hosseinpour[6], Mehdi Jabari[2], Akbar Marzoghiyan[3], Ahmad Gholipour[5], Omid Poodineh[4] and Masoome Kheirgo[5]

Received: June 3, 2021 Accepted: March 8, 2021
1-Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Dept. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
2-Assist. Prof. and Res. Instructor, Crop and Horticultural Science Research Dept. Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Darab, Iran.
3-Res. Instructor and Assist. Prof., Crop and Horticultural Science Research Dept. Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
4-Assist. Prof. and Res. Instructor, Crop and Horticultural Science Research Dept. Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zabol, Iran.
5-Res. Instructor, Crop and Horticultural Science Research Dept. Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gonbad, Iran.
6-Assist. Prof., Crop and Horticultural Science Research Dept. Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Moghan, Iran.
*Corresponding Author Email: Hzali90@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives: The analyses of genotype × environment interaction in multi-environment yield trials are very important for evaluation, selection and recommendation of crop varieties. The purpose of this study was to identify high yielding and stable barley lines for introduction in different regions of warm climates of the Iran.

Materials and Methods: 17 barley promising lines (with two checks Auxin and WB-94-3) will be evaluated in two years (2017 – 2019) using RCBD with three replications in five stations of warm zone including Ahvaz, Darab, Zabol, Gonbad and Moghan.

Results: The results of variance analysis showed that the effects of location, genotype and genotype × location, genotype × year and genotype × year × location interactions were significant at the 0.01 probability level. The polygon-view of GGE biplot led to the identification of four superior lines (G18, G10, G19, and G17), six poor lines and three mega-environments. Among the test locations, Gonbad had a high discriminating ability to show differences between the genotypes and Moghan showed the least of discriminating; Also, Gonbad showed the highest amount of broad sense heritability of grain yield (0.780) and Moghan showed the lowest amount of broad sense heritability of grain yield (0.018).

Conclusion: Comparison of the studied lines with the ideal genotype showed that lines G18, G10, G19 and G17 were the closest lines to the ideal genotype with high yield and relative yield stability. Finally, these four lines were selected as the top lines for additional studies.

Keywords: Barley, Stability Analysis, Multivariate Methods, Seed Yield, Warm Zone

بررسی پایداری عملکرد دانه در لاین‌های امیدبخش جو با استفاده از GGE بای‌پلات در مناطق گرم

علی براتی[۱]، حسن زالی[۲*]، ایرج لک زاده[۳]، شیرعلی کوهکن[۴]، جبار جعفر بای[۵]، آرش حسین پور[۶]، مهدی جباری[۲]، اکبر مرزوقیان[۳]، احمد قلی پور[۵]، امید پودینه[۴]، معصومه خیرگو[۵]

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۱۳

۱-استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲-استادیار و مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران

۳-مربی و استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۴-استادیار و مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

۵-مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گنبد، ایران

۶-استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران

* مسئول مکاتبه: Email: Hzali90@yahoo.com

چکیده

اهداف: تجزیه اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط در آزمایشات مقایسه عملکرد چند محیطی برای ارزیابی، انتخاب و توصیه گیاهان زراعی بسیار مهم است. هدف از این تحقیق، شناسایی لاین‌های دارای عملکرد بالا و پایدار جهت معرفی در مناطق مختلف اقلیم‌های گرم ایران بود.

مواد و روش‌ها: تعداد ۱۷ لاین امیدبخش جو (همراه با دو شاهد اکسین و WB-94-3) در طی دو سال زارعی ۹۸ – ۱۳۹۶ در پنج ایستگاه منطقه گرم کشور شامل ایستگاه‌های اهواز، داراب، زابل، گنبد و مغان در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مکان، ژنوتیپ و اثرهای متقابل ژنوتیپ × مکان، ژنوتیپ × سال و ژنوتیپ × سال × مکان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. بررسی بای‌پلات چند ضلعی منجر به شناسایی چهار لاین برتر (G10، G17، G18 و G19)، شش لاین ضعیف و سه محیط بزرگ گردید و لاین‌های مناسب در هر محیط بزرگ نیز مشخص شد. از بین مکان‌های مورد بررسی، گنبد دارای تمایز بالایی بوده و توانست تفاوت‌های بین لاین‌ها را به‌خوبی نشان دهد و مغان کمترین مقدار تمایز را نشان داد. گنبد بیشترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی عملکرد دانه (۰/۷۸۰) و مغان کمترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی عملکرد دانه (۰/۰۱۸) را نشان دادند.

نتیجه‌گیری: مقایسه لاین‌های مورد بررسی با ژنوتیپ ایده‌آل نشان داد که لاین‌های شماره‌ی G18، G10، G19 و G17 نزدیک‌ترین لاین‌ها به ژنوتیپ ایده‌آل با عملکرد بالا و پایداری نسبی عملکرد دانه بودند و در نهایت این چهار لاین به‌عنوان لاین‌های برتر برای بررسی‌های تکمیلی انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: اقلیم گرم، تجزیه پایداری، روش‌های چندمتغیره، جو، عملکرد دانه

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده غلات است و از نظر اهمیت اقتصادی پس از گندم، برنج و ذرت در مقام چهارم جهان قرار گرفته است. بر اساس آمار منتشره در سال ۲۰۱۹، در جهان میزان تولید جو حدود ۱۵۸/۹ میلیون تن و در ایران ۳/۶ میلیون تن بود (فائو ۲۰۱۹). جو با درجه سازگاری وسیع‌تر ولی با ارزش اقتصادی کم‌تر، در مناطقی از نواحی خشک که بارندگی برای تولید گندم کافی نیست جایگزین گندم می‌شود (زالی و براتی ۲۰۲۰).

اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط یکی از مسائل مهم در اصلاح نباتات است که در توسعه و گسترش ارقام اصلاح شده حائز اهمیت فراوان می‌باشد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان‌دهنده واکنش متفاوت به شرایط محیطی است بدین‌معنی که بهترین ژنوتیپ در یک محیط لزوماً بهترین ژنوتیپ در محیط دیگر نیست (فرشادفر و همکاران ۲۰۱۲). به‌علت وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط، ارزیابی ارقام جدید در محیط‌های مختلف توسط اصلاح‌گران یک ضرورت محسوب می‌شود بنابراین محققین معیارهای متفاوتی را جهت بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تشخیص پایداری ارقام و معرفی آن‌ها به کار برده‌اند (تمزجن و همکاران ۲۰۱۵).

روش‌های آماری پارامتری به دو گروه تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم می‌شوند (زارعی و همکاران ۲۰۱۲). از مهم‌ترین روش‌های چندمتغیره می‌توان به مدلAMMI [1] (گاچ ۱۹۹۲) و GGE[2]بای‌پلات (یان و همکاران ۲۰۰۰) اشاره نمود. روش GGE (ژنوتیپ + ژنوتیپ × محیط) بای‌پلات یکی از روش‌های چندمتغیره در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده که در آن اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از هم تفکیک نشده و گزینش رقم‌های پایدار بر اساس هر دو اثر مذکور صورت می‌گیرد (یان و همکاران ۲۰۰۰). آنچه که در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بسیار حائز اهمیت است، این می‌باشد که اثر محیط در اکثر موارد بسیار بزرگ بوده اما قابل بهره‌برداری نیست. لذا حذف اثر محیط از داده‌ها و تمرکز بر اثر ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (GE) حائز اهمیت است (یان و کنگ ۲۰۰۳). تنها اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط است که در گزینش لاین‌های پایدار اهمیت دارند و نکته اساسی این است که دو اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط می‌بایست به‌صورت توأم بررسی شوند. روش GGE بای‌پلات این امکان را می‌دهد که این دو اثر (ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط) هم‌زمان وبه‌صورت ترسیمی مورد بررسی قرار گیرند (یان ۲۰۰۱).

تغییر در رتبه ارقام در پاسخ به شرایط محیطی (اثر متقابل متقاطع) و تغییر در مقدار پاسخ به شرایط محیطی بدون تغییر در رتبه (اثر متقابل غیرمتقاطع) دو جزء مهم اثر متقابل ژنوتیپ × محیط محسوب می‌شوند که پی بردن به نوع هر کدام از آن‌ها در مجموع مربعات اثر متقابل می‌تواند سهم بسزایی در طرح‌ریزی استراتژی به‌نژادی داشته باشد. اثر متقابل متقاطع پیچیده‌ترین نوع اثر متقابل در گزینش برترین ژنوتیپ‌ها در یک برنامه به‌نژادی است (پورداد و جمشیدی مقدم ۲۰۱۳). محدودیت مدل AMMI این است که نمی‌تواند اثرهای متقابل متقاطع (تغییر رتبه واریته‌ها در محیط‌های مختلف) و غیرمتقاطع را از یک‌دیگر تمیز دهد. تجزیه رگرسیون سایت (SERG) می‌تواند اثرات متقابل متقاطع را از غیرمتقاطع تمیز دهد. در واقع برای تعیین اثر متقابل متقاطع بایستی هم اثر ژنوتیپ (عملکرد) و هم اثر متقابل ژنوتیپ × محیط مورد توجه قرار گیرند. این مطلب دلالت دارد بر این‌که تحقیق پیرامون اثر متقابل ژنوتیپ × محیط وقتی اهمیت بیش‌تری دارد که در ارتباط با اثر ژنوتیپ مورد توجه قرار گیرد (یان و تینکر ۲۰۰۵).

محققان زیادی روش GGE بای‌پلات را روشی کارا برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معرفی نموده‌اند و بیان داشته‌اند که این روش اطلاعات مفیدی در خصوص ژنوتیپ‌ها و محیط‌های تحت بررسی در اختیار محقق قرار می‌دهد. کاربرد GGE بای‌پلات در گزینش ارقام مناسب برای گیاهان جو (طاهری پورفرد و همکاران ۲۰۱۷ و واعظی و همکاران ۲۰۱۷)، گندم نان (اسماعیل‌زاده مقدم و همکاران ۲۰۱۸)، کلزا (زالی و همکاران ۲۰۱۶)، گلرنگ (پورداد و جمشیدی مقدم ۲۰۱۳)، گندم دوروم (نجفی میرک و همکاران ۲۰۱۹)، نخود (فرشادفر و همکاران ۲۰۱۳) گزارش شده است. کندل و همکاران (۲۰۱۹) به‌منظور بررسی پایداری عملکرد و

[1]- The additive main effect and multiplication interaction

[2]- Genotype + genotype × environment

سازگاری عمومی لاین‌های امیدبخش جو از روش AMMI و تجزیه بای‌پلات به‌صورت هم‌زمان استفاده کردند. آن‌ها ۱۲ لاین را در هفت محیط مورد بررسی قرار دادند و هم لاین‌های دارای سازگاری عمومی برای تمام محیط‌ها و هم لاین‌های دارای سازگاری خصوصی به بعضی محیط‌ها را شناسائی کردند.

هدف از این تحقیق، بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از طریق روش گرافیکی GGE بای‌پلات در لاین-های امیدبخش جو و شناسایی لاین‌های دارای عملکرد بالا و پایدار جهت معرفی در مناطق مختلف اقلیم‌های گرم شمال و جنوب ایران بود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۷ لاین امیدبخش (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و همراه با دو شاهد رقم اکسین و لاین WB-94-3 در مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس (ایستگاه داراب)، خوزستان (اهواز)، سیستان (زابل)، اردبیل (ایستگاه مغان) و گلستان (ایستگاه گنبد) طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۶ ارزیابی شدند (جدول ۲). ژنوتیپ‌های مورد بررسی در همه مناطق در اواخر آذر ماه در شش خط به‌طول شش متر به‌فاصله ۱۵ سانتی‌متر از یک‌دیگر کشت و به‌صورت نشتی آبیاری شدند. میزان بذر مصرفی بر مبنای ۳۰۰ دانه در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر لاین تعیین گردید. در طول فصل زراعی، کلیه عملیات‌های زراعی مرسوم انجام شد و در زمان برداشت عملکرد دانه در واحد سطح محاسبه شد.

بررسی پایداری عملکرد ارقام و لاین‌ها با استفاده از روش چند متغیره GGE بای‌پلات انجام شد. مدل استفاده شده در GGE بای‌پلات به‌صورت رابطه ۱ است:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \varepsilon_{ij} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن g_{i1} و e_{1j} را نمرات اولیه برای ژنوتیپ i و محیط j گویند، g_{i2} و e_{2j} را نمرات ثانویه برای ژنوتیپ i و محیط j می‌نامند و ε_{ij} باقیمانده‌ای است که به‌وسیله اثرات اولیه و ثانویه توضیح داده نمی‌شود.

جدول ۱- شجره لاین‌های امیدبخش جو مورد بررسی

شماره لاین‌ها	کد لاین‌ها	شجره لاین‌ها
G2	Auxin	**Check**
G3	WB-96-3	Yousef/3/Rhn-03//L.527/NK1272
G4	WB-96-4	Lignee 527/Chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3/Deir Alla 106//Dl71/Strain 205/5/Teran78
G5	WB-96-5	Lignee 527/Chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3/Deir Alla 106//Dl71/Strain 205/5/Teran78
G6	WB-96-6	Rhn-03//L.527/NK1272/4/Arar/3/Cr.115/por//Giza 121
G7	WB-96-7	Ashar/Victoria//CWB117-5-9-6/5/Yousef/6/Nosrat/3/D-10(Rhn-03//L.527/NK1272)
G8	WB-96-8	Novosadski-444/3/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63
G9	WB-96-9	Lignee527/Aths//Lignee527/NK1272
G10	WB-96-10	BLLU/KASOTA
G11	WB-96-11	MELUSINE/ALELI/3/MATICO/JET//SHYRI/4/...ARUPO/K8755//MORA/3/CANELA/5/Arbaya
G12	WB-96-12	PINON/TOCTE//CHAMICO/3/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63
G13	WB-96-13	Gob96Dh/3/ND10277/Shyri/ND11231/Shyri/4/Azaf/5/Sahra
G14	WB-96-14	Zabol-11
G15	WB-96-15	Fajr30/3/Rhn-03//L.527/NK1272
G16	WB-96-16	Sahra/Torsh
G17	WB-96-17	Nosrat/3/D-10(Rhn-03//L.527/NK1272)/4/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63
G18	WB-96-18	Nosrat/3/D-10(Rhn-03//L.527/NK1272)/4/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63
G19	WB-96-19	354/14-TF
G20	WB-94-3	**Check**

یک بای‌پلات GGE با رسم g_{i1} در مقابل g_{i2} و e_{1j} در مقابل e_{2j} در یک نمودار پراکنش، رسم می‌شود. نمرات اولیه از طریق تجزیه به مقادیر منفرد (SVD)[۳] تجزیه می-شوند که معادله به‌صورت رابطه ۲ تبدیل می‌شود:

[3]- Singular valued composition

رابطه (۲) $Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1\xi_{i1}\eta_{1j} + \lambda_2\xi_{i2}\eta_{2j} + \varepsilon_{ij}$

در این معادله λ_1 و λ_2 به‌ترتیب مقادیر منفرد اولین و دومین مؤلفه اصلی (PC1 و PC2)، ξ_{i1} و ξ_{i2} به‌ترتیب بردارهای ویژه ژنوتیپ iام برای PC1 و PC2 و η_{1j} و η_{2j} به‌ترتیب بردارهای ویژه محیط jام برای PC1 و PC2 می‌باشد (یان و همکاران ۲۰۰۰ و یان ۲۰۰۱).

به‌منظور رسم نمودارهای GGE بای‌پلات از نرم‌افزار GGE biplot (یان و همکاران ۲۰۰۰)، برای محاسبه وراثت‌پذیری از نرم‌افزار META-R (الواردو و همکاران ۲۰۱۶) و برای تجزیه واریانس مرکب داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد.

جدول ۲- خصوصیات جغرافیایی و هواشناسی مکان‌های مورد آزمایش

مکان	ارتفاع (m)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	میانگین میزان بارندگی سالیانه (mm)
زابل	۴۸۹	31°0'N	61°32'E	۶۱
اهواز	۲۲	31°20'N	48°40'E	۲۱۳
داراب	۱۱۰۷	28°50'N	54°30'E	۲۴۸
گنبد	۷۰	37°17'N	55°18'E	۴۰۰-۲۰۰
مغان	۴۵	39°20'N	47°31'E	۲۵۰

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرهای ساده ژنوتیپ، مکان و اثرهای متقابل ژنوتیپ × مکان، ژنوتیپ × سال و سال × مکان و ژنوتیپ × سال × مکان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). معنی‌دار بودن اثر سال نشان داد که در طی دو سال اجرای آزمایش، عوامل اقلیمی (میزان بارندگی، حداقل و حداکثر درجه حرارت و ...) در بعضی از مناطق یا همه مناطق یکسان نبوده است. معنی‌دار بودن اثر مکان نشان‌دهنده تفاوت بین مکان‌های مورد بررسی بود. معنی‌دار بودن اثرهای متقابل سال × ژنوتیپ و ژنوتیپ × مکان نشان داد که عملکرد لاین‌ها از سالی به سال دیگر و از مکانی به مکان دیگر تفاوت داشته‌اند. معنی‌دار بودن اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که ترتیب ژنوتیپ‌ها در ترکیبات تیماری مکان و سال متفاوت بوده است. وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط سرعت روند انتخاب را کاهش داده و توصیه‌های ژنوتیپی را مشکل می‌سازد.

مقایسه میانگین دو ساله با استفاده از آزمون LSD در دو سال نشان داد که در مجموع ایستگاه‌ها، ژنوتیپ‌های شماره‌ی G18، G10 و G2 با عملکردهای ۴۸۲۹، ۴۸۱۲ و ۴۸۰۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشتند. در ایستگاه‌های جنوب کشور (اهواز، زابل و داراب) ژنوتیپ‌های شماره‌ی G17، G2 و G18 با عملکردهای ۴۵۸۹، ۴۴۱۱ و ۴۱۴۵ کیلوگرم در هکتار حاوی بیشترین عملکردها بودند و در ایستگاه‌های شمال (مغان و گنبد) نیز لاین‌های شماره‌ی G19، G10 و G18 با عملکردهای ۶۰۴۹، ۶۰۰۵ و ۵۸۵۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را به‌خود اختصاص داده بودند (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها در همه مناطق چهار لاین شماره‌ی G10، G17، G18 و G19 بیشترین عملکرد را داشتند. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × مکان × سال، انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بر اساس نتایج تجزیه مرکب و مقایسه میانگین عملکرد دانه کافی نبوده و نیاز است تا میزان پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها بررسی شود، به‌همین دلیل از روش تجزیه چندمتغیره GGE بای‌پلات (یان و همکاران ۲۰۰۰) استفاده شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش جو در مکان‌های مختلف طی دو سال زراعی در مناطق گرم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
سال	۱	۱۷۵۷۹۳۱۶**
مکان	۴	۹۲۳۵۳۵۸۷**
سال × مکان	۴	۳۸۴۶۸۶۲**
اشتباه ۱	۲۰	۴۱۷۹۷۷
ژنوتیپ	۱۸	۱۵۹۵۵۵۰**
ژنوتیپ × مکان	۷۲	۱۱۸۷۴۸۴**
ژنوتیپ × سال	۱۸	۶۸۳۸۱۵**
ژنوتیپ × سال × مکان	۷۲	۵۵۸۲۷۳**
اشتباه ۲	۳۶۰	۳۱۴۸۸۴

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

نتایج حاصل از روش GGE بای‌پلات نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۵۴/۱ و ۲۵/۱ درصد و در مجموع ۷۹/۲ درصد کل تغییرات را توجیه نموده است (شکل ۱). براتی و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی پایداری لاین‌های امیدبخش جو در ۵ مکان بیان کردند که نتایج GGE بای‌پلات ۶۴ درصد تغییرات را توجیه کرده است. در حالی‌که در بررسی پایداری عملکرد ارقام کلزا توسط پورداد و جمشیدی‌مقدم (۲۰۱۳)، GGE بای‌پلات در ۹ محیط مورد مطالعه ۷۸ درصد تغییرات را توجیه نموده بود. اگر مجموع مؤلفه‌های اصلی اول و دوم نتوانند اکثر تغییرات موجود را توجیه نمایند، بیانگر ماهیت پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده اما الزاماً به‌معنای غیرمعتبر بودن بای‌پلات نیست (یان و تینکر ۲۰۱۵). شکل ۱، نمایش گرافیکی اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط ۱۹ ژنوتیپ مورد مطالعه در ۵ مکان را نشان می‌دهد. در این شکل ژنوتیپ‌هایی که بیش‌ترین فاصله را از مرکز بای‌پلات دارند بوسیله یک سری خطوط مستقیم به‌هم وصل شده‌اند و سایر ژنوتیپ‌ها در درون چند ضلعی قرار دارند. ژنوتیپ‌هایی که در رئوس چند ضلعی می‌باشند از لحاظ عملکرد دانه بهترین یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در یک یا چند محیط می‌باشند چون بیش‌ترین فاصله را از مرکز بای‌پلات دارند (یان و کنگ ۲۰۰۳). بر هر ضلع چند ضلعی یک عمود از مرکز بای‌پلات رسم می‌شود که بای‌پلات را به چندین بخش تقسیم می‌نماید که محیط‌ها در بخش‌های یکسان و یا متفاوتی قرار می‌گیرند.

بررسی نمودار چند ضلعی به‌منظور تعیین لاین‌های برتر در محیط‌های مختلف و مشخص نمودن محیط‌های بزرگ (شکل ۱) نشان داد که لاین‌های شماره‌ی G18، G10، G19، G13، G14، G12، G9، G7 و G17 که در رئوس چند ضلعی قرار دارند لاین‌های برتر بودند. این لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بهترین یا ضعیف‌ترین لاین‌ها در بعضی از مکان‌ها یا همه مکان‌ها بودند (جدول ۴)، زیرا بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات داشتند. بر اساس شکل ۱ مکان‌ها به سه محیط بزرگ و ژنوتیپ‌ها به ۶ گروه تقسیم شدند. اولین محیط بزرگ شامل اهواز و زابل بود و لاین شماره‌ی G17، لاین برتر در آن بود. محیط بزرگ دوم شامل داراب بود و لاین‌های شماره‌ی G18، G10 و G19 برترین لاین‌ها در این گروه محیطی بودند. سومین محیط بزرگ شامل گنبد و مغان بود که هیچ لاین برتری در این گروه قرار نداشت. این نتایج نشان‌دهنده اثرات متقابل کراس‌اوری است که در آن رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف متفاوت می‌باشد (یان و تینکر

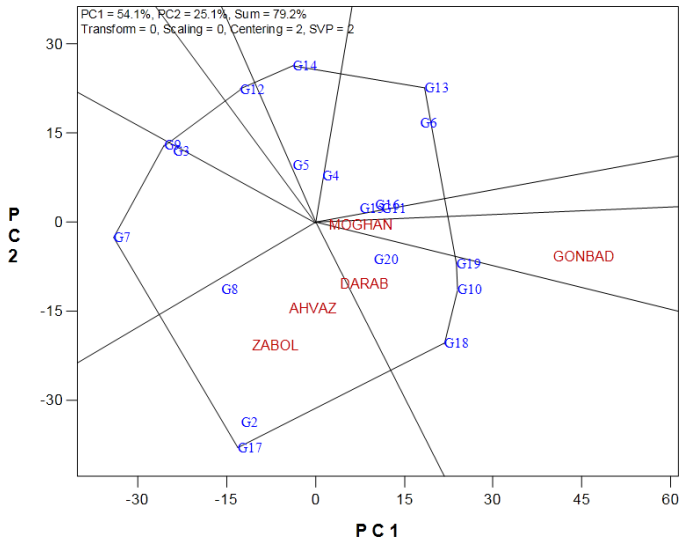
جدول ۴- میانگین عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش جو در مکان‌های مختلف (اهواز، داراب، زابل، گنبد و مغان) در دو سال زراعی

کد لاین‌ها	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)											
	اهواز	رتبه	داراب	رتبه	زابل	رتبه	گنبد	رتبه	مغان	رتبه	میانگین	رتبه
G2	۴۱۴۵	۳	۴۱۴۰	۹	۴۹۴۹	۱	۴۴۷۰	۱۲	۶۳۳۷	۲	۴۸۰۸	۳
G3	۴۰۲۳	۴	۳۷۹۱	۱۵	۳۶۷۱	۱۴	۳۶۴۶	۱۷	۶۳۶۸	۱	۴۳۰۰	۱۴
G4	۳۵۵۱	۱۲	۳۶۴۹	۱۷	۳۹۲۶	۷	۴۸۳۰	۱۰	۵۶۹۹	۱۲	۴۳۳۱	۱۳
G5	۳۷۳۸	۱۱	۳۴۶۹	۱۹	۳۸۶۳	۸	۴۶۱۲	۱۱	۶۰۲۸	۷	۴۳۴۲	۱۲
G6	۳۳۹۷	۱۷	۴۰۲۴	۱۲	۳۳۴۷	۱۸	۵۳۵۲	۴	۵۶۱۳	۱۵	۴۳۴۷	۱۱
G7	۴۰۱۷	۵	۴۱۵۸	۸	۴۱۷۱	۴	۳۳۴۳	۱۹	۵۶۷۶	۱۳	۴۲۷۳	۱۶
G8	۳۷۵۵	۱۰	۳۹۸۶	۱۳	۴۵۲۳	۳	۴۲۲۱	۱۵	۵۶۷۳	۱۴	۴۴۳۲	۱۰
G9	۳۴۴۴	۱۵	۴۰۹۶	۱۰	۳۹۲۶	۶	۳۵۹۶	۱۸	۵۵۹۰	۱۷	۴۱۳۰	۱۹
G10	۳۸۴۶	۷	۴۴۱۹	۵	۳۷۸۹	۱۰	۵۷۱۳	۳	۶۲۹۸	۴	۴۸۱۳	۲
G11	۳۷۹۱	۸	۴۰۸۶	۱۱	۳۶۴۶	۱۵	۵۱۷۸	۶	۵۵۹۳	۱۶	۴۴۵۹	۹
G12	۳۵۴۷	۱۳	۳۶۱۳	۱۸	۳۵۶۹	۱۶	۴۰۹۲	۱۶	۶۲۷۰	۵	۴۲۱۸	۱۷
G13	۲۹۹۶	۱۹	۴۱۶۵	۷	۳۳۴۰	۱۹	۵۳۲۲	۵	۵۵۸۲	۱۸	۴۲۸۱	۱۵
G14	۳۲۰۸	۱۸	۳۸۲۸	۱۴	۳۴۶۵	۱۷	۴۴۰۹	۱۴	۵۹۷۰	۱۰	۴۱۷۶	۱۸
G15	۳۴۱۴	۱۶	۴۴۴۵	۳	۳۷۷۱	۱۱	۴۹۴۳	۹	۶۱۹۵	۶	۴۵۵۳	۷
G16	۳۵۱۳	۱۴	۴۳۷۴	۶	۳۶۹۰	۱۳	۵۰۶۴	۸	۵۹۹۹	۸	۴۵۲۸	۸
G17	۴۳۰۲	۱	۴۶۸۸	۱	۴۷۷۸	۲	۴۴۱۰	۱۳	۵۴۵۳	۱۹	۴۷۲۶	۵
G18	۳۸۶۰	۶	۴۴۴۹	۲	۴۱۲۷	۵	۵۷۲۴	۲	۵۹۸۶	۹	۴۸۲۹	۱
G19	۴۱۶۹	۲	۳۷۶۱	۱۶	۳۷۰۴	۱۲	۵۷۸۹	۱	۶۳۰۹	۳	۴۷۴۷	۴
G20	۳۷۶۸	۹	۴۴۴۱	۴	۳۸۲۴	۹	۵۱۱۲	۷	۵۹۶۱	۱۱	۴۶۲۱	۶
میانگین	۳۷۱۰		۴۰۸۳		۳۸۹۹		۴۷۲۸		۵۹۲۶		۴۴۶۹	
$LSD_{0.05}$	۴۹۱		۷۳۴		۷۲۷		۵۳۵		۷۰۱		۲۸۴	
CV (٪)	۱۱/۵		۱۵/۶		۱۶/۲		۹/۸		۱۰/۳		۱۲/۶	

عمود از مرکز بای‌پلات رسم می‌شود که بای‌پلات را به چندین بخش تقسیم می‌نماید که محیط‌ها در بخش‌های یکسان و یا متفاوتی قرار می‌گیرند.

بررسی نمودار چند ضلعی به‌منظور تعیین لاین‌های برتر در محیط‌های مختلف و مشخص نمودن محیط‌های بزرگ (شکل ۱) نشان داد که لاین‌های شماره‌ی G18، G10، G19، G13، G14، G12، G9، G7 و G17 که در رئوس چند ضلعی قرار دارند لاین‌های برتر بودند. این لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بهترین یا ضعیف‌ترین لاین‌ها در بعضی از مکان‌ها یا همه مکان‌ها بودند (جدول ۴)، زیرا بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات داشتند. بر اساس شکل ۱ مکان‌ها به سه محیط بزرگ و ژنوتیپ‌ها به ۶ گروه تقسیم شدند. اولین محیط بزرگ شامل اهواز و زابل بود و لاین شماره‌ی G17، لاین برتر در آن بود. محیط بزرگ دوم شامل داراب بود و لاین‌های شماره‌ی G18، G10 و G19 برترین لاین‌ها در این گروه محیطی بودند. سومین محیط بزرگ شامل گنبد و مغان بود که هیچ لاین برتری در این گروه قرار نداشت. این نتایج نشان‌دهنده اثرات متقابل کراس‌اوری است که در آن رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف متفاوت می‌باشد (یان و تینکر ۲۰۰۵). از طرفی قرارگرفتن برخی از محیط‌ها در گروه-های مشابه نشان می‌دهد که رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط-های یک گروه خاص تغییرات زیادی ندارد که نشان‌دهنده اثرات متقابل غیرمتقاطع است. این نتایج نشان داد که هر دو نوع اثر متقابل متقاطع و غیرمتقاطع برای عملکرد دانه در آزمایشات چند محیطی جو در محیط‌های مورد بررسی وجود دارد (فان و همکاران ۲۰۰۷). اسماعیل‌زاده مقدم و همکاران (۲۰۱۸) هر دو نوع اثر متقابل متقاطع و

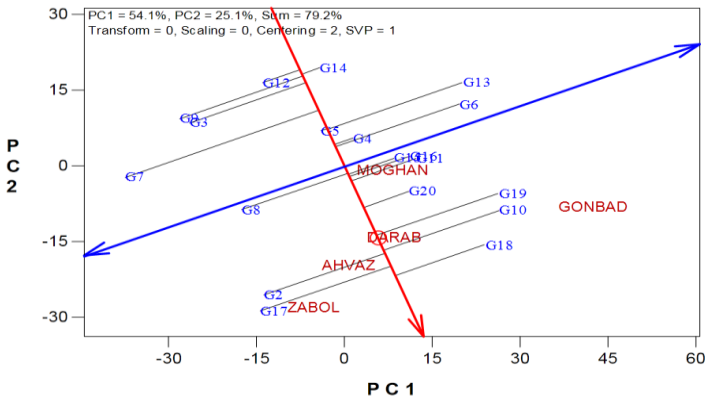
غیرمتقاطع را در آزمایشات گندم نان در ۱۲ محیط گزارش نمودند. در محیط بزرگ ۱ ژنوتیپ‌های شماره‌ی G2 و G8، علاوه بر ژنوتیپ واقع در رأس وجود داشتند. این ژنوتیپ‌ها دارای شباهت به ژنوتیپ واقع در رأس بوده و با محیط بزرگ اول سازگاری داشتند. هر چند لاین‌های شماره‌ی G13، G14، G12، G9 و G7 در رأس چند ضلعی قرار داشتند اما هیچ مکانی در اطراف آن‌ها وجود نداشت و این نشان داد که این لاین‌ها در اکثر مناطق مورد بررسی عملکرد ضعیفی از خود نشان داده‌اند. از آنجایی‌که ژنوتیپ‌های موجود در هر بخش شباهت زیادی به‌هم دارند (شکل ۱).



شکل ۱- چند ضلعی GGE بای‌پلات برای تعیین عملکرد لاین‌های امیدبخش جو در ایستگاه‌های زابل، داراب، اهواز، گنبد و مغان در دو سال زراعی

برای بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد لاین‌ها از نمودار مختصات محیط متوسط (AEC)[۴] استفاده شد (شکل ۲). به این نمودار، بای‌پلات میانگین در مقابل پایداری نیز گفته می‌شود. در این نمودار (شکل ۲)، محور افقی که دارای دو پیکان است و از مبدا مختصات می‌گذرد را محور میانگین محیط می‌نامند. تصویر لاین‌ها روی این محور، تقریبی از عملکرد دانه لاین‌ها می‌باشد (یان و همکاران ۲۰۰۱ و یان و راجکان ۲۰۰۳). لاین‌هایی که درسمت چپ این محور قرار دارند دارای متوسط عملکرد پایین‌تر از کل می‌باشند. نتایج بای‌پلات (شکل ۲) نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره‌ی G18، G17، G2 (اکسین)، G10، G19 و G20 (WB-94-3) جزء ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا بودند. محوری که از مبدأ مختصات می‌گذرد و دارای پیکان می‌باشد و عمود بر محور میانگین محیط است، بیانگر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده و پایداری ارقام را تعیین می‌کند. هر چقدر تصویر لاین‌ها روی این محور بلندتر باشد نشان‌دهنده ناپایداری بیش‌تر آن‌هاست. با استفاده از شکل ۲ مشخص گردید که لاین‌های شماره‌ی G5، G4، G14 و G12 جزء پایدارترین لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بودند ولی این لاین‌ها عملکرد پایینی داشتند. از طرفی ژنوتیپ‌های شماره‌ی G17 و G2 جزء ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها ولی با بیشترین عملکرد دانه بودند. با توجه به این‌که در این تحقیق با افزایش عملکرد دانه میزان ناپایداری لاین‌ها نیز افزایش می‌یابد بنابراین برای انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول با پایداری مناسب از بای‌پلات ژنوتیپ ایده‌آل استفاده شد (شکل ۳). نتایج این بررسی با نتایج پورداد و جمشیدی مقدم (۲۰۱۳) مطابقت داشت.

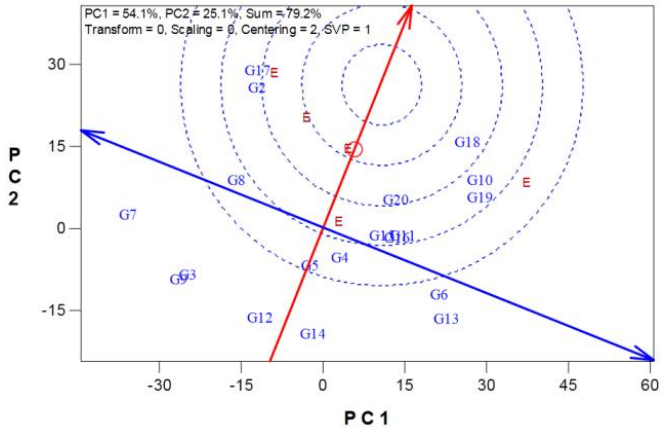
[4]- Average environment coordination



شکل ۲- بای‌پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش همزمان عملکرد و پایداری لاین‌های امیدبخش جو در ایستگاه‌های زابل، داراب، اهواز، گنبد و مغان در دو سال زراعی

یک ژنوتیپ ایده‌آل بایستی دارای بیش‌ترین میانگین عملکرد در محیط‌های مورد مطالعه و پایداری نسبت به شرایط محیطی باشد. چنین ژنوتیپی دارای بیش‌ترین طول بر روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و دارای حداقل نقش در اثر متقابل ژنوتیپ × محیط می‌باشد. دایره کوچک روی محور میانگین عملکرد به‌عنوان یک مرجع برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. ژنوتیپی ایده‌آل است که به این مرجع نزدیک‌تر باشد (یان ۲۰۰۱). بنابراین میزان مطلوبیت لاین‌ها به فاصله آن‌ها از ژنوتیپ مطلوب بستگی دارد. مقایسه لاین‌های مورد بررسی با ژنوتیپ ایده‌آل (شکل ۳) نشان داد که لاین‌های شماره‌ی G18، G17، G10 و G19 و ژنوتیپ های شاهد G2 و G20 نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به ژنوتیپ ایده‌آل با عملکرد بالا و پایداری نسبی می‌باشند. از طرفی بر اساس روش GGE بای‌پلات لاین‌های شماره‌ی G14، G12، G9، G3، G7 و G13 جزء ضعیف‌ترین لاین‌ها نسبت به سایر لاین‌ها از نظر نزدیکی به ژنوتیپ ایده‌آل در این تحقیق بودند. استفاده از مدل GGE بای‌پلات برای ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در جو (براتی و همکاران ۲۰۲۱، واعظی و همکاران ۲۰۱۷)، ذرت (فان و همکاران ۲۰۰۵)، نخود (فرشادفر و همکاران ۲۰۱۱)، کلزا (زالی و همکاران ۲۰۱۷)، سورگوم (رائو و همکاران ۲۰۱۱) و گندم دوروم (نجفی میرک و همکاران ۲۰۱۸) مورد استفاده و تأکید قرار گرفته است.

محاسبه کسینوس زاویه بین بردارهای محیط‌ها در نمودار بای‌پلات، تقریبی از همبستگی بین محیط‌ها است. زمانی‌که زاویه بین دو بردار محیط ۹۰ درجه باشد همبستگی آن‌ها صفر و اگر این زاویه صفر باشد همبستگی بین محیط‌ها ۱+ و اگر ۱۸۰ درجه باشد همبستگی ۱- خواهد بود. در واقع با تعیین مقدار همبستگی بین محیط‌ها می‌توان در آزمایشات تعیین سازگاری و پایداری ارقام و لاین‌ها که در چندین سال



شکل ۳- بای‌پلات مقایسه لاین‌های امیدبخش جو با ژنوتیپ ایده‌آل برمبنای عملکرد و پایداری در ایستگاه‌های زابل، داراب، اهواز، گنبد و مغان در دو سال زراعی

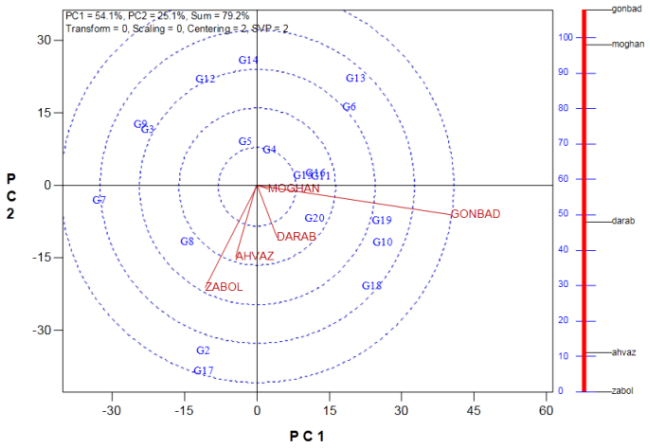
و مکان اجرا می‌شوند مکان‌ها و محیط‌های مشابه را شناسایی و حذف نمود که این امر منجر به کاهش هزینه-ها خواهد بود (یان و راجکان ۲۰۰۲) و یا لاین‌های مشترک برای مناطق مشابه را معرفی نمود.

مقایسه بردارهای محیطی مناطق مورد بررسی نشان داد (شکل ۴) که همبستگی بین مناطق داراب، اهواز و زابل بالا است. با توجه به کم بودن زاویه بین اهواز و زابل، همبستگی این دو منطقه بالا بود که این امر نمایانگر تشابه بین اهواز و زابل از نظر شرایط زراعی لاین‌های جو است. کم بودن زاویه بین بردارهای محیطی داراب، اهواز و زابل نشان‌دهنده تغییرات جزئی در شرایط آب و هوایی این مناطق در دو سال آزمایش است. در صورت تکرار آزمایش در سال‌های بعد و در صورتی‌که زاویه بین بردارهای محیطی هم‌چنان نزدیک به‌هم باشد، می‌توان گفت که تغییرات محیطی این مناطق روی عملکرد دانه موثر نبوده‌اند. هم‌چنین مقایسه بردار محیطی گنبد با سه منطقه دیگر (داراب، اهواز و زابل) نشان داد همبستگی بین گنبد با این سه منطقه پایین است که این مطلب نمایانگر عدم تشابه شرایط زراعی لاین‌های جو در مناطق گرم شمال کشور با سه مناطق گرم جنوب کشور است. گروه‌بندی مکان‌ها برمبنای مقایسه بردارهای محیطی دو گروه ایجاد کرد. گروه اول شامل داراب، اهواز و زابل که جزء ایستگاه‌های اقلیم گرم جنوب کشور می‌باشند. در این مکان‌ها طول دوره رشد جو کوتاه‌تر از ایستگاه‌های مغان و گنبد (گروه دو) می‌باشد (جدول ۶). یان و راجکان (۲۰۰۲) در بررسی ژنوتیپ‌های سویا در چهار منطقه مختلف کانادا طی چند سال به این نتیجه رسیدند که یکی از مناطق دارای همبستگی بالایی با سایر مناطق بوده و لذا این منطقه را از آزمایشات بررسی ارقام سویا حذف نمودند. قزوینی و یوسفی (۱۹۹۹)، ۱۹ لاین امیدبخش جو آبی را در هشت ایستگاه منطقه گرم کشور شامل ایستگاه‌های اهواز، داراب، زابل، ایرانشهر، دزفول، گنبد، گرگان و مغان مورد بررسی قرار داده و برای شناسائی ژنوتیپ‌های مطلوب و پایدار، تجزیه اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های جنوب و شمال را جداگانه انجام دادند و لاین شماره ۱۸ (رقم صحرا) را برای شمال کشور و لاین‌های شماره ۵ (رقم نیمروز) و ۱۸ را برای جنوب کشور مناسب تشخیص دادند. براتی و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی پایداری لاین‌های جو پیشنهاد نمودند که در برنامه‌های به‌نژادی جو در اقلیم گرم کشور علاوه بر تجزیه واریانس و تجزیه پایداری کلی ژنوتیپ‌ها در همه ایستگاه‌های شمال و جنوب، هرساله تجزیه جداگانه داده-ها در ایستگاه‌های هر منطقه به‌طور جداگانه نیز انجام پذیرد تا در صورت سازگاری منطقه‌ای لاین‌ها در شمال یا جنوب کشور نسبت به معرفی این لاین‌ها در مناطق با سازگاری خصوصی اقدام نمود.

محیط‌های بزرگ دارای دو ویژگی هستند. اول این‌که واریانس بین محیط‌های بزرگ به‌طور معنی‌داری بزرگ-تر از واریانس درون محیط‌های بزرگ است و دوم این‌که ارقام برتر متفاوتی در محیط‌های بزرگ وجود دارد (گاچ و زوبل ۱۹۹۶). هم‌چنین ارقامی که در مرکز GGE بای-پلات قرار می‌گیرند عکس‌العمل یکسان به اکثر محیط‌های مورد بررسی نشان می‌دهند و جزء ارقام متوسط در بیش‌تر محیط‌ها می‌باشند. ویژگی مهم دیگر در بای‌پلات همبستگی بین محیط‌ها، طول بردار محیطی است که تقریبی از انحراف معیار درون هر محیط بوده و نیز شاخصی از قابلیت تمایز محیط‌ها است (یان و کنگ ۲۰۰۳). به‌طوری که بردارهای بلندتر، انحراف معیار بیش‌تر و در نتیجه قابلیت تمایز بیش‌تری دارند. قابلیت تمایز یکی از ویژگی‌های مهم هر محیط بوده به‌طوری که محیط‌های فاقد قابلیت تمایز نمی‌توانند اطلاعات مفیدی در مورد ارقام و لاین‌ها را ارائه کنند (یان و راجکان ۲۰۰۲). بررسی بردارهای محیطی برای مناطق مورد بررسی نشان داد (شکل ۴) که گنبد با بلندترین طول بردار محیطی نسبت به سایر مناطق از قابلیت تمایز بالایی برخوردار است و از طرفی مغان با کم‌ترین طول بردار محیطی، از قابلیت تمایز پایینی برخوردار است. نتایج نشان داد که به‌ترتیب مناطق گنبد و زابل دارای قابلیت تمایز بالایی بوده و می‌توانند در آزمایشات بررسی ارقام در بین لاین‌ها و ارقام مورد بررسی تمایز مناسبی ایجاد نمایند.

واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری مکان‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است. گنبد بیشترین مقدار وراثت‌پذیری

(۰/۷۸۰) و مغان کمترین مقدار وراثت‌پذیری (۰/۰۱۸) را نشان دادند. میزان وراثت‌پذیری اهواز، زابل و داراب به‌ترتیب برابر با ۰/۴۰۵، ۰/۳۵۰ و ۰/۲۸۵ بود. این نتایج با نتایج GGE بای‌پلات (شکل ۴) که مکان‌های با تمایز بالا و پایین را مشخص کرد انطباق داشت. به‌عبارت دیگر مغان با کمترین مقدار تمایز (شکل ۴) کمترین مقدار وراثت‌پذیری را نشان داد و از طرفی گنبد با بیشترین قابلیت تمایز بیشترین مقدار وراثت‌پذیری را داشت.



شکل ۴- بای‌پلات نقشه همبستگی بین ایستگاه‌های زابل، داراب، اهواز، گنبد و مغان در دو سال زراعی

جدول ۵- وراثت‌پذیری و اجزای واریانس ایستگاه‌های زابل، داراب، اهواز، گنبد و مغان در دو سال زراعی

	مغان	گنبد	اهواز	داراب	زابل
وراثت‌پذیری عمومی	۰/۰۱۸	۰/۷۸۰	۰/۴۰۵	۰/۲۸۵	۰/۳۵۰
واریانس ژنتیکی	۳۲۷۶	۴۷۰۵۳۲	۶۷۴۳۷	۴۹۹۱۴	۱۰۲۰۱۲
واریانس باقیمانده	۵۴۸۶۸۰	۳۹۷۹۵۸	۲۹۷۰۶۰	۳۷۵۲۵۸	۵۶۷۴۹۸

واکنش لاین‌ها به بیماری‌های مهم مانند زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای، کچلی برگ جو[5]، سفیدک پودری، سپتوریوز و لکه قهوه‌ای نواری از جمله معیار گزینش لاین‌ها بودند و در همه ایستگاه‌ها این صفت یادداشت شدند (جدول نتایج بیماری‌ها ذکر نشده است). علائم زنگ قهوه‌ای و کچلی برگ جو تنها در ایستگاه دزفول (سال دوم) و در دو لاین مشاهده شد. بیماری لکه قهوه‌ای نواری در ایستگاه‌های داراب (سال اول و دوم)، مغان (سال اول و دوم) و اهواز (سال دوم) در تمام ارقام و لاین‌ها با شدت بین ۲۰ تا ۸۰ درصد مشاهده شد. بیماری سفیدک پودری در گنبد (سال اول)، مغان (هر دو سال)، اهواز و داراب در سال دوم با شدت بین ۲۰ تا ۸۰ درصد در همه لاین ها مشاهده شد.

میانگین تعدادی از صفات مورفو-فنولوژیک در مناطق مختلف و لاین‌های مورد بررسی در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد خوابیدگی بوته تنها در گنبد و کمی در مغان (هر دو سال) مشاهده شده است و در سایر مناطق خوابیدگی بوته مشاهده نشده است. بیشترین طول دوره رسیدگی هم در گنبد مشاهده شد که احتمال دارد این خوابیدگی با این طول دوره طولانی‌تر رشد ارتباط داشته باشد. بیشترین طول دوره رسیدگی مربوط به لاین دو ردیفه شماره G19 (۱۵۰ روز) بود.

[5] - Barley scald

جدول ۶- میانگین صفات مورفو-فنولوژیک لاین‌های امیدبخش جو در مناطق مختلف

شماره لاین‌ها/محیط‌ها	کد لاین‌ها/محیط‌ها	TKW (g)	DMA (Day)	Lodg. (%)	PLH (cm)	DHE (Day)
G2	Auxin	۴۱	۱۴۶	۱۴	۹۴	۱۰۵
G3	WB-96-3	۴۴	۱۴۷	۱۶	۹۸	۱۰۷
G4	WB-96-4	۴۵	۱۴۷	۱۵	۱۰۱	۱۰۸
G5	WB-96-5	۴۲	۱۴۷	۱۳	۹۷	۱۰۷
G6	WB-96-6	۳۶	۱۴۸	۱۲	۹۶	۱۰۹
G7	WB-96-7	۴۲	۱۴۹	۱۲	۹۶	۱۰۹
G8	WB-96-8	۴۴	۱۴۸	۱۳	۸۹	۱۰۶
G9	WB-96-9	۳۸	۱۴۸	۱۴	۹۵	۱۰۸
G10	WB-96-10	۳۷	۱۴۶	۹	۹۵	۹۶
G11	WB-96-11	۴۱	۱۴۵	۱۳	۱۰۲	۱۰۳
G12	WB-96-12	۴۴	۱۴۶	۱۵	۹۴	۱۰۵
G13	WB-96-13	۴۰	۱۴۹	۱۱	۹۵	۱۰۸
G14	WB-96-14	۴۴	۱۴۷	۱۳	۹۷	۱۰۶
G15	WB-96-15	۴۱	۱۴۹	۱۰	۸۷	۱۰۹
G16	WB-96-16	۳۹	۱۴۸	۱۲	۹۲	۱۰۷
G17	WB-96-17	۴۰	۱۴۹	۱۳	۹۵	۱۰۸
G18	WB-96-18	۴۳	۱۴۸	۱۲	۹۴	۱۰۷
G19	WB-96-19	۴۳	۱۵۰	۱۰	۸۲	۱۰۹
G20	WB-94-3	۳۸	۱۴۸	۱۲	۸۹	۱۰۸
$LSD_{0.05}$		۱/۸	۱/۱	۸/۶	۴/۴	۱/۷
Ah1	اهواز سال اول	۳۷	۱۴۰	۰	۷۷	۹۴
Ah2	اهواز سال دوم	۴۴	۱۴۹	۰	۹۹	۱۰۳
Da1	داراب سال اول	۴۴	۱۴۲	۰	۹۲	۱۰۴
Da2	داراب سال دوم	۴۲	۱۴۲	۰	۱۰۸	۱۰۴
Za1	زابل سال اول	۳۸	۱۴۳	۰	۸۳	۱۰۹
Za2	زابل سال دوم	۴۰	۱۳۶	۰	۸۰	۱۰۷
Go1	گنبد سال اول	۴۱	۱۶۰	۶۱	۹۳	۱۲۲
Go2	گنبد سال دوم	۳۸	۱۵۸	۵۷	۱۰۴	۱۱۷
Mo1	مغان سال اول	۴۴	۱۵۷	۳	۱۰۴	۱۰۵
Mo2	مغان سال دوم	۴۴	۱۴۹	۳	۹۸	۱۰۴

DHE: تعداد روز تا گل‌دهی؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته؛ TKW: وزن هزار دانه، Lodg: درصد خوابیدگی

نتیجه‌گیری کلی

در نهایت در این تحقیق، نتایج GGE بای‌پلات نشان داد که لاین‌های شماره‌ی G18 (WB-96-18)، G10 (WB-96-10)، G19 (WB-96-19) و G17 (WB-96-17) جزء بهترین لاین‌ها از نظر عملکرد بالا و پایداری نسبی عملکرد می‌باشند. این لاین‌های انتخاب شده پس از تکثیر بذر، برای بررسی بیش‌تر و انتخاب برترین آن‌ها در شرایط زارعین، می‌توان وارد آزمایشات تحقیقی-ترویجی نمود. در میان مکان‌های مورد بررسی، گنبد مکان مناسب در تمایز لاین‌های مورد بررسی بود.

سپاسگزاری

از همکاران مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های خوزستان، فارس (ایستگاه داراب)، زابل، گلستان (ایستگاه گنبد) و اردبیل (ایستگاه مغان) که در اجرا و یادداشت‌برداری صفات مورد بررسی در این آزمایش همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

منابع مورد استفاده

Alvarado G, López M, Vargas M, Pacheco A, Rodríguez F, Burgueño J and Crossa J. 2016. META-R (Multi Environment Trial Analysis with R for Windows.) Version 6.0. International Maize and Wheat Improvement Center, http://hdl.handle.net/11529/10201.

Barati A, Lakzadeh I, Jabari M, Poodineh O, Alt Jafarby J, Shahbazi Homonlo K, Gholipour A and Tabatabaei Fard NA. 2021. Evaluation of grain yield stability of irrigated barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in warm regions of Iran using GGE biplot analysis. Iranian Journal of Crop Sciences, 22(3): 212-224. (In Persian).

Esmaeilzadeh Moghaddam M, Tahmasebi S, Lotf Ali Ayeneh Gh A, Akbari Moghadam H, Mahmoudi Kh, Sayyahfar M, Tabib Ghaffari SM 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 Science, 20(1): 270-283. (In Persian).

Fan XM, Kang MS, Chen H, Zhang Y, Tan J and Xu C. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agronomy Journal, 99: 220- 228.

FAO. 2019. Statistical data. www. Fao. Org/faostat.

Farshadfar E, Zali H and Mohammadi R. 2011. Evaluation of phenotypic stability in chickpea genotypes using GGE-Biplot. Annals of Biological Research, 2 (6):282-292.

Farshadfar E, Rashidi M, Jokar M M and Zali H. 2013. GGE Biplot analysis of genotype × environment interaction in chickpea genotypes. European Journal of Experimental Biology, 3(1): 417-423.

Farshadfar E, Sabaghpour SH and Zali H. 2012. Comparison of parametric and non-parametric stability statistics for selecting stable chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under diverse environments. Australian Journal of Crop Science, 6: 514-524.

Gauch, HG. 1992. Statistical analysis of regional trials. AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 287pp.

Gauch HG and Zobel RW. 1996. AMMI analysis of yield trials, In: Kang M.S. and H.G. Gauch Jr (eds.), Genotype by environment interaction. pp: 85-122, CRC Press, Boca Raton, New York.

Ghazvini H and Yousefi A. 1999. Evaluation of adaptability and yield comparison of advanced barley lines in warm zones. Iranian Journal of Crop Science, 1(4): 29-41.(In Persian).

Kendal E, Karamian M, Tekdal S and Dogan S. 2019. Analysis of promising barley (*Hordeum vulgare* L.) lines performance by AMMI and GGE BIPLOT in multiple traits and environment. Applied Ecology and Environmental Research, 17(2): 5219-5233.

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 model and GGE Biplot. Journal of Crop Breeding, 10(28): 1-12. (In Persian).

Pourdad S S and Jamshid Moghaddam M. 2013. Study on genotype × environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) in rain-fed condition. Journal of Crop Breeding, 5 (12): 1-14. (In Persian).

Rao PS, Reddy PS, Ratore A, Reddy BVS and Panwar S. 2011. Application GGE biplot and AMMI model to evaluate sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) hybrids for genotype × environment interaction and seasonal adaptation. Indian Journal Agricultural Science, 81: 438–444.

Taheripourfard Z, Izadi-Darbandi A, Ghazvini H, Ebrahimi M, Mortazavian SMM and Abdipour M. 2017. Identifying superior barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using GGE-biplot across warm and moderate environments under irrigated conditions in Iran. Crop Breeding Journal, 7: 23-35.

Temesgen T, Keneni G, Sefera T and Jarso M. 2015. Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. The Crop Journal, 3: 258-268.

Vaezi, B., A. Pour-Aboughadareh, R. Mohammadi, M. Armion, A. Mehraban, T. Hossein-Pour, and M. Dorri. 2017. GGE biplot and AMMI analysis of barley yield performance in Iran. Cereal Research Communications, 45: 500-511.

Yan W. 2001. GGE biplot-A windows application for graphical analysis of multi environment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal, 93: 1111-1118.

Yan W and Rajcan I. 2002. Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science, 42: 11-20.

Yan W, Hunt L A, Sheny Q and Szlavnics Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597- 605.

Yan W and Kang MS. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, Geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.

Yan W and Tinker NA. 2005. An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting and exploring genotype × environment interaction. Crop Science, 45: 1004-1016.

Zali H, Sofalian O, Hasanloo T and Asghari A. 2016. Evaluation of yield stability and drought tolerance based AMMI and GGE biplot analysis in *Brassica napus* L. Agricultural Communications, 4(1): 1-8.

Zali, H and Barati A. 2020. Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selection of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. Journal of Crop Breeding, 12(34): 93-104. (In Persian).

Zarei L, Farshadfar E, Haghparast R, Rajabi R, Mohammadi Sarab Badieh M and Zali H. 2012. Comparison of different methods of stability evaluation in bread wheat genotypes under drought stress conditions. Electronic Journal of Crop Breeding, 5 (3): 81-97 (In Persian).