



"مقاله پژوهشی"

شناسایی ژنوتیپ‌های جو آبی با عملکرد دانه بالا و پایدار در مناطق گرم ایران

علی براتی^۱، حسن زالی^۲، علیرضا پورابوقدره^۳، احمد قلی پور^۴، شیرعلی کوهکن^۵، کمال شهبازی هومونلو^۶، اکبر مرزوقیان^۷، مهدی جباری^۸، امید بودینه^۹ و معصومه خیرگو^{۱۰}

- ۱- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، (نویسنده مسول: barati32@yahoo.com)
 ۲- استادیار پژوهشی و پژوهشگر، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران
 ۳- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
 ۴ و ۱۰- پژوهشگر، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گنبد، ایران
 ۵ و ۹- استادیار و پژوهشگر، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، 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
 ۷- 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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۲۷
صفحه: ۱۶۲ تا ۱۷۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: با توجه به فراوانی تنش‌های غیرزنده و زنده در اقلیم گرم، دستیابی به ژنوتیپ‌هایی از جو که تحت این شرایط عملکرد قابل قبول و پایداری داشته باشند از اصلی‌ترین اهداف به‌نژادی جو در این مناطق می‌باشد.

مواد و روش‌ها: تعداد هفده ژنوتیپ امیدبخش جو آبی به همراه دو ژنوتیپ شاهد در پنج ایستگاه تحقیقات کشاورزی واقع در اهواز، داراب، زابل، گنبد و مغان به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۷-۹۹) مورد مقایسه قرار گرفتند. به‌منظور بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا، از تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات استفاده شد.

یافته‌ها: تجزیه واریانس مرکب داده‌های عملکرد دانه نشان داد که اثرهای ساده مکان، ژنوتیپ و اثرهای متقابل سال × مکان، ژنوتیپ × مکان و سال × ژنوتیپ معنی‌دار می‌باشند. مقایسه میانگین نشان داد که ژنوتیپ‌های G1، G2، G4، G5، G10، G12، G16 و G19 نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها عملکرد بالایی داشته و می‌توانند مورد توجه قرار گیرند. پایداری عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت تا ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب و پایدار شناسایی شوند. نتایج حاصل از روش GGE بای‌پلات نشان داد که دو مولفه اصلی نخست به ترتیب ۳۶/۷۶ و ۱۶/۶۸ درصد از تغییرات کل عملکرد دانه را توجیه کردند و در نتیجه این دو مولفه می‌توانند به منظور توجیه عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گیرند. در این آزمایش دو ابر محیط مجزا مشخص گردید. محیط کلان اول شامل سال اول و دوم اهواز و زابل و ژنوتیپ G19 با میانگین عملکرد کل ۵۱۱۴ کیلوگرم در هکتار به عنوان ژنوتیپ برتر در این محیط شناسایی شد. محیط کلان دوم شامل سال اول و دوم گنبد و داراب ژنوتیپ G5 با میانگین عملکرد ۵۱۵۵ کیلوگرم در هکتار به عنوان ژنوتیپ برتر این محیط بود. سال‌های اول و دوم مغان در مرز بین دو محیط کلان قرار داشتند. ژنوتیپ‌های G3، G6، G8، G9، G14، G17، G18 و G19 در هیچ یک از محیط‌های کلان قرار نگرفتند و در نتیجه مناسب کشت در محیط‌های مورد آزمایش نبودند. نمای بای‌پلات ژنوتیپ ایده‌آل نشان داد که ژنوتیپ‌های G4 و G5 کمترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل دارا بوده و در نتیجه مطلوبترین آنها می‌باشند. نمای برداری GGE بای‌پلات نشان داد که سال‌های اول و دوم مغان، نزدیکترین محیط‌ها به محیط ایده‌آل بوده و قابلیت تمایز بالایی دارند.

نتیجه‌گیری: ژنوتیپ‌های G5 و G6 به ترتیب در مناطق گرم شمال و گرم جنوب کشور دارای عملکرد بالا و پایدار بوده و برای این مناطق مناسب تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه پایداری، سازگاری، GGE بای‌پلات

مقدمه

قبیل بیماری‌ها و آفات متنوع در این اقلیم، دستیابی به ژنوتیپ‌هایی از جو که تحت این شرایط عملکرد قابل قبول و پایداری داشته باشند از اصلی‌ترین اهداف به‌نژادی جو در این مناطق می‌باشد. با توجه به هزینه‌بر و زمان‌بر بودن تهیه ارقام سازگار برای هر محیط به‌صورت جداگانه، تلاش بر این است تا ارقامی را معرفی کرد که قابل توصیه برای چند منطقه مختلف باشد. وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در مورد عملکرد باعث می‌شود که نتوان یک رقم را برای مناطق مختلف توصیه کرد بنابراین بررسی اثر متقابل قبل از معرفی ارقام جدید پر محصول با سازگاری بالا ضروری می‌باشد. به علت وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، بهترین ژنوتیپ در یک محیط در محیط‌های دیگر ممکن است بهترین نباشد و علت آن نیز پاسخ متفاوت ژن‌ها و یا قدرت تظاهر متفاوت آنها در محیط‌های مختلف است (۲۱۸). در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، مجموع اثر اصلی ژنوتیپ و ژنوتیپ ×

جو (*Hordeum vulgare* L.) با سطح زیر کشت جهانی حدود ۵۱ میلیون هکتار و تولید حدود ۱۵۹ میلیون تن در سال، چهارمین محصول مهم زراعی دنیا بعد از گندم، ذرت و برنج می‌باشد (۷). بر اساس آخرین آمار انتشار یافته، سطح زیر کشت جو در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ در ایران ۱/۵۴۷ میلیون هکتار و تولید آن ۳/۵۱۴ میلیون تن در سال و سطح زیر کشت جو آبی برابر ۶۲۱ هزار هکتار و مقدار تولید آن حدود ۲/۳۴۰ میلیون تن گزارش شده است (۳). کشت‌وکار محصول جو در مناطق گرم جنوب کشور بیشتر در استان‌های خوزستان، سیستان و بلوچستان، کهگیلویه و بویراحمد و مناطق جنوبی استان فارس و در مناطق شمالی کشور در استان‌های گلستان و مازندران و دشت مغان انجام می‌شود. نظر به فراوانی تنش‌های محیطی غیرزنده از قبیل خشکی، گرما، شوری و قلیائیت خاک و نیز تنش‌های محیطی زنده از

دوم که شامل لرستان، گچساران و مغان بود بیشترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ‌های G2، G9، G5، G7 بود. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آزمایش‌های چند محیطی، برای تعیین روابط بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و تعیین ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب و پایدار از طریق روش گرافیکی GGE بای‌پلات در اقلیم گرم ایران برای کشت در این اقلیم و یا استفاده در برنامه‌های به‌نژادی جو این اقلیم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱۷ ژنوتیپ امیدبخش جو آبی (جدول ۱) به همراه دو شاهد (رقم اکسین و ژنوتیپ امیدبخش 3-WB95) در پنج ایستگاه اقلیم گرم کشور شامل ایستگاه‌های اهواز (E1، E2)، داراب (E3، E4)، زابل (E5، E6)، گنبد (E7، E8) و مغان (E9، E10) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در طی دو سال زراعی (۹۹-۱۳۹۷) مورد بررسی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های شماره ۲ و ۹ این مطالعه از ژنوتیپ‌های دریافتی از ایکاردا (مرکز بین‌المللی پژوهشی در منطق خشک) بود و بقیه ژنوتیپ‌ها از تلاقی‌های انجام یافته در برنامه به‌نژادی جو آبی ملی ایران حاصل شده بودند. تلاقی اولیه تمام این مواد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ انجام پذیرفته و بعد از انتخاب در نسل‌های در حال تفکیک، آزمایش‌های ارزیابی مشاهده‌ای، ارزیابی مقدماتی عملکرد و ارزیابی پیشرفته در چند منطقه، برای ارزیابی پایداری عملکرد دانه و سازگاری منطقه‌ای در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند. هر ژنوتیپ در شش خط و با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و با طول ۶ متر و با تراکم ۳۰۰ دانه در متر مربع کشت شد. تاریخ کاشت در محدوده زمانی خاص و در آذر ماه در کلیه ایستگاه‌ها انجام شد. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و نازک برگ از علف‌کش‌های گرانستار و پوماسوپر در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه‌رفتن استفاده شد. تعداد دفعات آبیاری یک نوبت در پاییز و چهار نوبت در بهار بود. در زمان برداشت و پس از حذف ۰/۵ متر از هر خط کاشت، عملکرد دانه هر ژنوتیپ با رطوبت ۱۲ درصد در سطحی معادل شش متر مربع در هر کرت محاسبه شد. تجزیه واریانس بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و پس از اطمینان از یکنواختی واریانس‌های خطای آزمایش و آزمون F منابع تغییر بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات و با فرض تصادفی بودن مکان‌ها و سال‌ها و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها انجام شد. برای آزمون اثرهای ساده سال و مکان از اثر متقابل سال × مکان و برای آزمون اثر ساده ژنوتیپ از اثر متقابل ژنوتیپ × مکان استفاده شد. برای آزمون اثر متقابل سه گانه ژنوتیپ × مکان × سال از خطای دوم استفاده گردید. برای انتخاب ژنوتیپ‌های دارای عملکرد دانه مطلوب و پایدار در ابتدا مقایسه میانگین انجام شد و ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا شناسایی شدند. بعد از انجام آزمون معنی‌داری اثرهای متقابل، به‌منظور بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا، تجزیه گرافیکی GGE بای‌پلات با استفاده از نرم‌افزار GenStat ver.12 انجام گردید (۲۹).

محیط در انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار از اهمیت زیادی برخوردار است و به همین علت باید اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به صورت هم‌زمان مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به این که اثر محیط در اکثر موارد بزرگ بوده و قابل بهره‌برداری نیست، حذف اثر محیط از داده‌ها و تمرکز بر اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط حایز اهمیت است. مدل $Genotype + Genotype \times Environment: GGE$ از روش‌های مورد استفاده در سال‌های اخیر برای ارزیابی بصری و تجزیه گرافیکی داده‌های آزمایش‌های چند منطقه‌ای از طریق ایجاد یک بای‌پلات می‌باشد (۳۱). به تصویر کشیدن نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها بسیار ارزشمندتر از ارائه آن‌ها به صورت جدول است به ویژه اگر پژوهشگر با مجموعه‌ای از داده‌های پیچیده روبرو باشد (۳۲). روش GGE بای‌پلات بر پایه تجزیه به مولفه‌های اصلی بوده و در گیاهان زراعی مختلف برای تجزیه داده‌های آزمایش‌های ناحیه‌ای مفید و کاربردی تشخیص داده شده است (۲۲، ۲۷، ۲۴، ۷). طاهری پورفرد و همکاران (۲۵) برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار جو، ۲۰ ژنوتیپ را در ۱۲ محیط مورد بررسی قرار داده و با استفاده از روش GGE بای‌پلات، سه محیط بزرگ را شناسایی کردند و برای هر محیط، ژنوتیپ دارای سازگاری خصوصی را مشخص کردند. جالاتا (۱۴) در اتیوپی با بررسی ۱۸ ژنوتیپ در ۱۱ محیط و با استفاده از روش GGE بای‌پلات، محیط‌ها را به دو محیط بزرگ که هر کدام شامل چند زیر محیط بود تقسیم کرد. این محقق در بررسی خود برای هر محیط بزرگ یک ژنوتیپ شناسایی کرده و اهمیت مطالعات به‌نژادی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی را مشخص کرد. بدوئی دلفارد و همکاران (۴) به‌منظور تعیین پایداری و بررسی عکس‌العمل عملکرد ارقام جو زراعی به شرایط اقلیمی مختلف از نظر عملکرد دانه، ده رقم جو را در پنج منطقه شامل کرج، بیرجند، کاشمر، شیراز و سنندج مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از تجزیه GGE بای‌پلات مشخص کردند که ارقام استرین، گرگان، کویر و نصرت دارای بیشترین عملکرد دانه و پایداری بودند. این محققان دو ابر محیط تشخیص دادند. ابر محیط دوم که شامل شیراز، سنندج و کاشمر بود به دلیل اینکه تعداد ارقام با عملکرد بیشتری را در خود جای داده بود به عنوان ابر محیط برتر تشخیص داده شد. آبی و بجرنستاد (۱) با استفاده از روش رگرسیون و GGE بای‌پلات عملکرد ده رقم جو را در ۲۱ محیط مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که نتایج به دست آمده از روش GGE بای‌پلات مطابقت زیادی با نتایج به‌دست آمده از روش رگرسیون ابرهات و راسل دارد. واعظی و همکاران (۲۶) به‌منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، ۱۸ ژنوتیپ پیشرفته جو همراه با دو شاهد محلی را در پنج منطقه گچساران، لرستان، ایلام، مغان و گنبد برای سه سال متوالی ۲۰۱۵-۲۰۱۲ مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از روش GGE بای‌پلات دو ابر محیط را شناسایی کردند. اولین ابر محیط شامل ایلام و گنبد بود و ژنوتیپ‌های G13، G19 و G1 عملکرد بالایی را در این ابر محیط داشتند. در ابر محیط

جدول ۱- شجره ژنوتیپ‌های امید بخش جو ارزیابی شده در مناطق گرم ایران در سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۷

Table 1. Pedigrees of evaluated promising lines of barley across warm regions of Iran in the 2018-2020 cropping seasons

ژنوتیپ genotype	Origion	شجره Pedigree
I (Check-1)		
2	International	Auxin Nadawa/Rhn-03/3/Lignee527/Rihane//Arar
3	Iran	Productive/Rihane-03//Nosrat/3/Rhn-03
4	Iran	Chamico/Tocte//Congona/5/Ciru/3/Agave/Sumbard400//Marco/4/Petunia1
5	Iran	Chamico/Tocte//Congona/5/Ciru/3/Agave/Sumbard400//Marco/4/Petunia1
6	Iran	Yousef 2*/6/BLS-3(Sadik-10=(3896/1-3/4/1246/1-3/3/3887/28//3892/1-3/5/Grivita))
7	Iran	Beecher-sell//Gloria"s"/Copal"s" Deir Alla 106//Hem/Bc/3/Rihane"s" /4/Rhn-03//L.527/Nk1272/5/Fajr30
8	Iran	Yousef/1-BC-80152
9	International	Lacey/9/Mola/Bermejo//Nispero/5/Cm67-b/Rye//Cam-B/3/Row906.73/4/ Gloria-come/6/Lino/7/Pinon/8/Petunia
10	Iran	Productive/Rihane-03//Nosrat/3/Rhn-03
11	Iran	111 F4 90-91((202 F3 89-90 (47 F2 88-89))
12	Iran	Chamico/Tocte//Congona/3/fajr30
13	Iran	Poa/Hjo//Qjina/4/Lignee527/Nk1272//Jlb70-063/3/Barjouj
14	Iran	F6 ZABOL(92-93)
15	Iran	Productive/Rihane-03//Nosrat/3/Rhn-03
16	Iran	Chamico/Tocte//Congona/5/Ciru/3/Agave/Sumbard400//Marco/4/Petunia1
17	Iran	Sd729/Por-b/3/Apm/Aths-b//Gva/4/Ore/5/Bllu/6/Ciru/7/Sahra/8/Rhn-03
18	Iran	Beecher-sell//Gloria"s"/Copal"s"//Karooon/Kavir//Rhodes"s"//Tb/Chzo/3/Gloria"s"//5/CANADA20
19 (Check-2)		
		WB95-3 (Dasht//EBC(a)/Badia/3/Sahra)

نتایج و بحث

مرکب و مقایسه میانگین عملکرد دانه کافی نبوده و نیاز است تا میزان پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها بررسی شود. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) نشان داد که ژنوتیپ‌های G1، G2، G4، G5، G10، G12، G16 و G19 نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها عملکرد بالایی داشته و می‌توانند مورد توجه قرار گیرند ولی با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سه‌گانه، پایداری عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند تا ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب و پایدار شناسایی شوند (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به عملکرد دانه نشان داد که اثر ساده مکان و اثر ساده ژنوتیپ و اثرهای متقابل سال × مکان، ژنوتیپ × مکان و ژنوتیپ × سال × مکان معنی‌دار می‌باشند (جدول ۲). نتیجه گرفته می‌شود که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت‌های ژنتیکی وجود داشته و مکان‌های مختلف نیز از لحاظ عوامل اقلیمی یکسان نمی‌باشند. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سه‌گانه، انتخاب ژنوتیپ‌های حاوی عملکرد بالا و پایدار بر اساس نتایج تجزیه

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های امید بخش جو در مکان‌های مختلف طی دو سال زراعی ۹۹-۱۳۹۷ در مناطق گرم ایران
Table 2. Combined ANOVA for grain yield data of barley promising genotypes in different locations during the 2018-2020 cropping seasons in the warm regions of Iran

S.O.V	Df	SS	MS
Year (Y)	۱	۲/۵	۲/۵ ^{ns}
Location (L)	۴	۲۷۲	۶۸ ^{**}
Y×L	۴	۲۵۰/۹	۶۲/۷ ^{**}
E ₁	۲۰	۳۱	۱/۵۵ ^{**}
Genotype (G)	۱۸	۷۹/۹	۴/۴ ^{**}
G×L	۷۲	۱۰۰/۳	۱/۴ ^{**}
G×Y	۱۸	۱۳/۳	۰/۷ ^{ns}
G×Y×L	۷۲	۵۶/۲	۰/۷ ^{**}
E ₂	۳۶۰	۱۶۱/۵	۰/۴
Total	۵۶۹	۹۶۷/۸۵	۱/۷

ns و * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه هر محیط و مقایسه میانگین کل با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ژنوتیپ‌های امید بخش مورد مطالعه جو در مناطق گرمسیر ایران، ۹۹-۱۳۹۷

Table 3. Grain yield mean in each station and total mean comparison using LSD test of evaluated promising barley genotypes in tropical regions of Iran. 2018-2020

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه در محیط - تن در هکتار Grain yield in environment, t/ha										میانگین کل Total mean
	اهواز Ahvaz		داراب Darab		زابل Zabol		گنبد Gonbad		مغان Moghan		
	سال اول 1st.	سال دوم 2nd	سال اول 1st.	سال دوم 2nd	سال اول 1st.	سال دوم 2nd	سال اول 1st.	سال دوم 2nd	سال اول 1st.	سال دوم 2nd	
۱	۳/۰۱۹	۴/۷۸۵	۴/۲۴۹	۶/۱۲۶	۵/۴۶۳	۴/۲۱۸	۴/۳۴۱	۴/۴۰۸	۶/۶۴۸	۵/۵۵۵	۴/۸۸۱
۲	۳/۲۴۶	۴/۷۷۱	۴/۸۸۴	۶/۱۶۴	۴/۶۵۷	۲/۲۹۶	۵/۸۷۲	۵/۳۶۶	۵/۵۵۱	۵/۲۵۴	۴/۸۰۶
۳	۲/۳۷۱	۴/۲۰۰	۴/۹۸۹	۶/۴۶۵	۴/۵۴۲	۲/۴۳۵	۴/۴۸۲	۵/۲۶۷	۵/۶۸۷	۴/۰۷۴	۴/۴۵۱
۴	۲/۱۵۵	۵/۲۰۲	۴/۹۰۲	۶/۷۱۶	۵/۲۶۹	۲/۷۳۱	۴/۳۱۰	۴/۵۲۶	۶/۶۵۲	۵/۶۷۲	۴/۸۱۳
۵	۲/۷۵۳	۴/۴۸۰	۵/۳۰۲	۷/۲۳۹	۴/۹۷۲	۲/۸۵۲	۶/۰۷۴	۵/۴۰۸	۶/۴۷۰	۵/۹۹۹	۵/۱۵۵
۶	۲/۳۶۲	۳/۶۰۳	۳/۱۱۵	۵/۵۵۷	۴/۵۱۹	۱/۷۵۰	۴/۱۲۴	۳/۲۰۴	۵/۹۰۷	۳/۵۸۹	۳/۷۷۳
۷	۲/۶۵۳	۵/۲۱۳	۴/۶۴۱	۶/۳۸۴	۳/۵۵۱	۴/۳۰۶	۴/۱۳۵	۴/۱۹۷	۶/۶۶۱	۵/۰۵۴	۴/۶۷۹
۸	۲/۸۴۸	۳/۹۳۷	۴/۶۶۷	۶/۰۳۹	۳/۹۷۲	۲/۸۲۹	۳/۷۶۷	۵/۵۲۸	۶/۱۳۱	۴/۴۳۸	۴/۴۱۶
۹	۳/۱۰۶	۴/۰۴۶	۲/۶۰۷	۴/۹۷۰	۳/۷۵۰	۲/۵۸۳	۴/۰۴۹	۳/۷۷۱	۴/۲۴۷	۴/۴۶۶	۳/۷۶۰
۱۰	۳/۱۲۵	۴/۳۲۰	۵/۱۴۶	۶/۳۳۴	۴/۴۰۳	۳/۰۰۰	۴/۹۳۴	۵/۲۹۷	۶/۰۵۶	۴/۶۶۷	۴/۷۳۸
۱۱	۳/۶۲۷	۴/۸۰۳	۴/۱۷۲	۵/۹۲۳	۴/۸۶۱	۳/۳۵۲	۴/۵۹۲	۴/۱۹۱	۵/۴۴۷	۵/۴۸۶	۴/۶۴۵
۱۲	۲/۳۸۹	۵/۳۹۱	۴/۳۱۳	۵/۶۵۱	۴/۶۱۱	۳/۱۲۵	۵/۰۸۳	۴/۵۲۵	۷/۰۰۹	۵/۴۱۲	۴/۷۵۱
۱۳	۳/۴۱۴	۴/۸۳۲	۴/۲۱۹	۵/۶۴۲	۴/۷۵۰	۲/۷۸۷	۴/۵۷۴	۳/۸۴۱	۶/۵۹۶	۵/۲۲۰	۴/۵۸۸
۱۴	۳/۲۶۴	۵/۴۸۲	۲/۸۵۷	۵/۰۶۷	۳/۴۴۴	۳/۹۶۸	۵/۶۹۴	۴/۵۹۴	۵/۱۵۰	۴/۲۸۶	۴/۳۸۱
۱۵	۲/۷۲۹	۴/۸۱۱	۵/۱۴۲	۶/۴۵۹	۴/۱۳۰	۳/۰۲۳	۴/۶۳۰	۴/۲۸۳	۵/۴۴۴	۴/۶۶۳	۴/۵۳۱
۱۶	۳/۳۳۴	۴/۲۷۰	۴/۷۱۷	۶/۰۶۴	۴/۲۰۸	۲/۹۳۵	۴/۹۱۶	۴/۱۴۶	۶/۴۴۴	۶/۱۲۵	۴/۷۱۶
۱۷	۳/۴۲۷	۴/۲۴۷	۳/۸۲۵	۵/۴۹۰	۴/۰۷۴	۲/۳۳۸	۵/۸۶۴	۴/۶۲۳	۵/۶۷۶	۴/۱۵۹	۴/۳۷۲
۱۸	۱/۶۲۸	۳/۴۶۳	۴/۰۵۶	۴/۵۴۳	۴/۷۷۸	۳/۲۵۹	۴/۸۵۸	۳/۹۳۰	۴/۹۸۰	۴/۶۰۳	۴/۰۱۰
۱۹	۳/۲۴۶	۴/۶۷۱	۳/۸۰۲	۷/۰۲۴	۶/۴۳۵	۴/۸۸۰	۴/۶۹۸	۵/۲۱۲	۶/۱۳۵	۵/۰۳۴	۵/۱۱۴

LSD (حداقل اختلاف معنی دار) 1% = 0.806 t/ha⁻¹

LSD (حداقل اختلاف معنی دار) 5% = 0.607 t/ha⁻¹

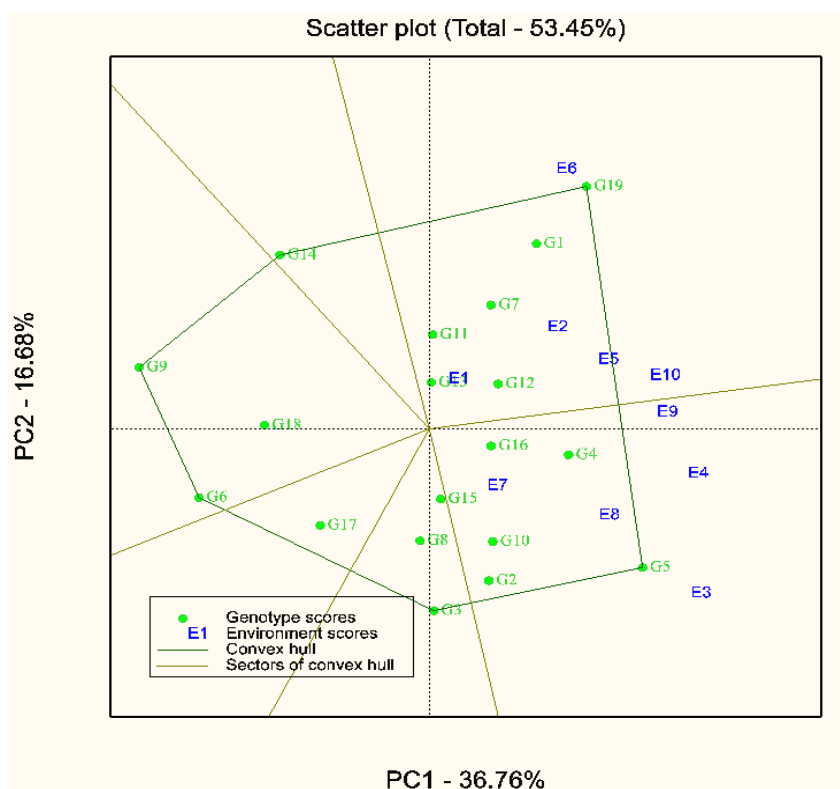
مختلف و مجزا با دو ژنوتیپ برتر G5 و G19 مشخص شدند. در هر محیط کلان، محیط‌های نسبتاً مشابه قرار داشتند و از کنار هم قرار گرفتن این محیط‌ها، یک محیط بزرگ (کلان) تشکیل شده بود.

محیط کلان اول شامل سال اول (E1) و دوم اهواز (E2) و سال اول زابل (E5) و دوم زابل (E6) بود و ژنوتیپ G19 با میانگین عملکرد کل ۵۱۱۴ کیلوگرم در هکتار به عنوان ژنوتیپ برتر در این محیط شناسایی شد. محیط کلان دوم شامل سال اول (E7) و سال دوم گنبد (E8) و همچنین سال اول و دوم داراب (E3, E4) بود و ژنوتیپ G5 با میانگین عملکرد ۵۱۵۵ کیلوگرم در هکتار ژنوتیپ برتر این محیط بود. سال‌های اول و دوم مغان (E9, E10) در مرز بین دو محیط کلان قرار داشتند. ژنوتیپ‌های G3, G6, G8, G9, G14, G17 و G18 در هیچ یک از محیط‌های کلان قرار نگرفتند و در نتیجه مناسب کشت در محیط‌های مورد آزمایش نبودند (۱۸). کندل (۱۵) چهار ژنوتیپ جو شامل وارسته‌های کندال، آلتیکات، سامیلی و ساهین ۹۱ را در هشت محیط و در سال‌های مختلف مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از تجزیه GGE بای‌پلات هشت محیط را به سه محیط بزرگ تقسیم‌بندی کرد. از چهار ژنوتیپ مورد مطالعه، دو ژنوتیپ کندال و آلتیکات در یک محیط کلان مشابه قرار گرفته و دارای سازگاری عمومی به محیط‌های E1, E2, E5, E8 و E8 بودند. وارسته‌های سامیلی و ساهین ۹۱ هر کدام در یک محیط کلان مجزا قرار گرفته و دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های E3 و E4 بودند.

تجسم میانگین عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها از طریق ترسیم یک محیط متوسط (AEC) در بای‌پلات مبتنی بر ژنوتیپ حاصل می‌شود (۲). شکل ۲، رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها را بر اساس میانگین عملکرد دانه و میزان پایداری در محیط‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. در این شکل یک محیط متوسط تعریف شده است که با یک دایره کوچک نشان داده شده است. این محیط متوسط با استفاده از میانگین نمره‌های PC1 و PC2 محیط‌ها تعریف شده و خطی که از مبدأ بای‌پلات و محیط متوسط عبور می‌کند (محور افقی) را می‌توان به عنوان محور محیط متوسط در نظر گرفت که عبارت از محور افقی AEC است. هر ژنوتیپی که به محور افقی نزدیک‌تر باشد پایدارتر است و هر چه در جهت نوک پیکان محور مذکور دورتر شود از عملکرد بالاتری برخوردار است (۲۹). در این آزمایش ژنوتیپ‌های G5 و G19 بیشترین و کمترین عملکرد را داشتند. محور عمودی که از مبدأ بای‌پلات می‌گذرد و عمود بر محور افقی می‌باشد نشان‌دهنده میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها است. ژنوتیپ‌های موجود در سمت چپ این خط دارای عملکرد پائین‌تر و ژنوتیپ‌های موجود در سمت راست دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌باشند. مقایسه میانگین عملکرد نشان داد که ژنوتیپ‌های G9, G6, G18, G14 و G17 دارای کمترین مقدار عملکرد می‌باشند (جدول ۳).

نتایج حاصل از تجزیه GGE بای‌پلات نشان داد که دو مولفه اصلی اول (معرف اثر اصلی ژنوتیپ) و دوم (معرف اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) به ترتیب ۳۶/۷۶ و ۱۶/۶۸ درصد و در مجموع ۵۳/۴۴ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند و در نتیجه این دو مولفه می‌توانند به منظور توجیه عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

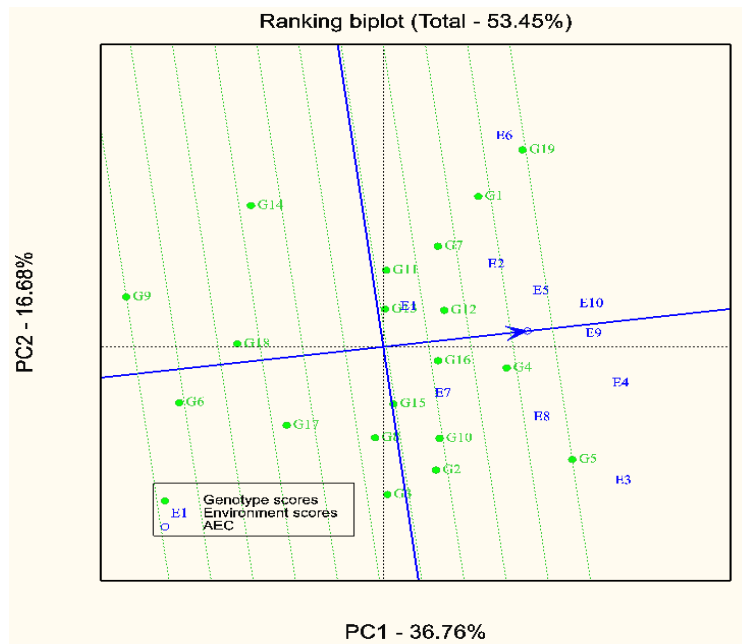
شکل ۱ نمایش چند ضلعی از ژنوتیپ‌های مورد بررسی در مکان‌های مختلف را نشان می‌دهد. نمای چند ضلعی بای‌پلات، بهترین روش برای تجسم الگوهای اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و تفسیر صحیح یک بای‌پلات است (۲۸). این چند ضلعی از پیوستن ژنوتیپ‌هایی که دورترین فاصله را از مبدأ پلات دارند (ارقام رأس)، با استفاده از خطوط مستقیم ترسیم شده است و ژنوتیپ‌های دیگر در درون چند ضلعی قرار گرفته‌اند. ژنوتیپ‌های رأس بردارهای طولی در جهت‌های مربوط به خود دارند که معیاری از میزان پاسخ به محیط بوده و نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها واکنش‌پذیر می‌باشند. سایر ژنوتیپ‌ها در جهت‌های مربوط به خود واکنش کمتر نشان می‌دهند. ژنوتیپ‌های نزدیک به مبدأ (ژنوتیپ‌های G13, G12 و G16) دارای تغییر رتبه کمی در محیط‌های مختلف بوده و واکنش‌های کمتری به محیط نشان داده‌اند. ژنوتیپ‌های رأس در این مطالعه G3, G5, G6, G9, G14 و G19 بودند (شکل ۱). این ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه بهترین (G5, G9, G14, G19) و یا ضعیف‌ترین (G3, G6, G9 و G14) ژنوتیپ‌ها در بعضی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها بودند زیرا بیشترین فاصله از مرکز بای‌پلات را داشتند. خطوط عمود به ضلع‌های چند ضلعی بای‌پلات را به چند بخش تقسیم می‌کنند. هر بخش دارای یک ژنوتیپ رأس است و سایر ژنوتیپ‌ها در برخی یا تمام محیط‌های آزمون از عملکرد کمتری برخوردار هستند. ژنوتیپ G5 بیشترین عملکرد را در سال اول و دوم اجرای آزمایش در داراب و همچنین سال اول اجرای آزمایش در گنبد دارا بود. ژنوتیپ G14 بیشترین عملکرد را در سال دوم اجرای آزمایش در اهواز دارا بود و ژنوتیپ G19 بیشترین عملکرد را در سال اول و دوم اجرای آزمایش در زابل داشت. ژنوتیپ G6 کمترین مقدار عملکرد را در سال‌های دوم اجرای آزمایش در گنبد و مغان دارا بود و ژنوتیپ G9 نیز کمترین مقدار عملکرد را در سال اول اجرای آزمایش در مغان دارا بود. هیچ محیطی در بخشی که ژنوتیپ G3 به عنوان رقم رأس محسوب می‌شود قرار ندارد و نشان‌دهنده آن است که ژنوتیپ رأس مذکور در هیچ یک از محیط‌ها برترین نیست. ژنوتیپ G3 در ۷ محیط از ۱۰ محیط محل اجرای آزمایش، دارای عملکردی کمتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها می‌باشد. میانگین عملکرد این ژنوتیپ به ترتیب در ده محیط مورد استفاده ۲/۳۷۱، ۴/۲۰۰، ۴/۹۸۹، ۶/۴۶۵، ۴/۵۴۲، ۲/۴۳۵، ۴/۴۸۲، ۵/۲۶۷، ۵/۶۸۷ و ۴/۰۷۴ تن در هکتار بود در حالی که میانگین ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این ده محیط به ترتیب ۲/۸۷۸، ۴/۵۵۴، ۴/۲۹۵، ۴/۹۹۲، ۵/۹۴۱، ۴/۵۴۳، ۴/۷۸۹، ۳/۰۸۷، ۴/۵۴۶، ۵/۹۹۲ تن در هکتار بود (جدول ۳). مطابق شکل ۱ دو محیط کلان



شکل ۱- نمایش گرافیکی انطباق ژنوتیپ‌های جو با محیط‌های مورد مطالعه
Figure 1. Graphical display for barley genotypes adapted to the test environments

بدین منظور بای پلات ژنوتیپ ایده‌آل رسم گردید. در شکل ۲ و بر روی محور افقی دایره کوچکی وجود دارد که با یک پیکان به آن اشاره شده است. این دایره دربرگیرنده ژنوتیپ ایده‌آل است. ژنوتیپ ایده‌آل فرضی بر اساس پرمحصول‌ترین ژنوتیپ و پایدارترین عملکرد تعریف می‌شود و به عنوان یک مرجع برای ارزیابی مواد مورد مطالعه مورد استفاده واقع می‌شود. هر ژنوتیپی که نزدیک‌ترین فاصله را به ژنوتیپ فرضی داشته باشد به عنوان یک ژنوتیپ برتر شناخته می‌شود (۳۰). بر اساس شکل ۳، ژنوتیپ‌های G5 و G4 با کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل فرضی به عنوان برترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. ژنوتیپ G9، با داشتن بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل فرضی به عنوان ژنوتیپ نامطلوب تعیین شد.

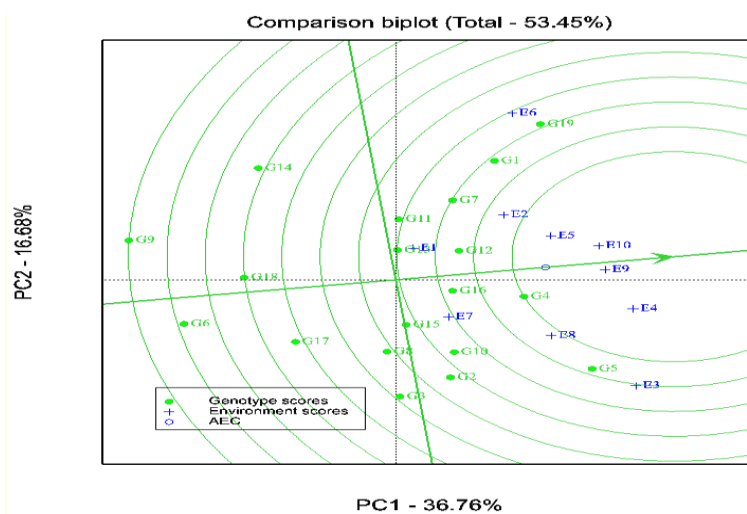
محور عمودی برآوردی از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط هر ژنوتیپ می‌باشد. این برآورد معیار تغییرپذیری و یا ناپایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها می‌باشد. با استفاده از این بای پلات (شکل ۲) مشخص گردید که ژنوتیپ‌های G18 و G16، G13، G12، G6، G4 با طول خط کمتری به محور افقی عمود شده‌اند و دارای پایداری بیشتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها می‌باشند. ژنوتیپ‌های G18 و G6 با عملکرد کمتر از میانگین کل و با فاصله کمتر از محور افقی، از جمله ژنوتیپ‌های با عملکرد پایدار هستند. ژنوتیپ‌های G19 و G5 با دارا بودن بیشترین عملکرد ولی با فاصله زیاد از محور افقی به عنوان ژنوتیپ‌های با پایداری کمتر شناخته شدند. با توجه به موارد ذکر شده، گزینش هم‌زمان عملکرد بالا و پایداری بالا ممکن نبوده و نیاز است تا ژنوتیپ‌های حد واسط (دارای عملکرد و پایداری نسبی) گزینش شوند.



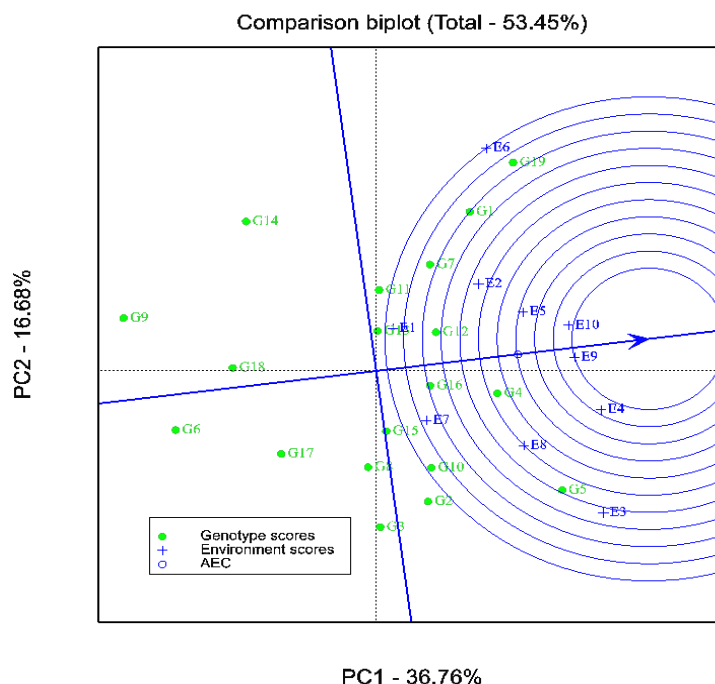
شکل ۲- بای پلات رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد و پایداری
Figure 2. Genotype ranking biplot based on the mean yield and stability

استفاده قرار گرفته است. برای شناسایی یک محیط نمونه در بای پلات، یک محیط متوسط تعریف شده و از آن به عنوان مرجع و یا شاهد استفاده می‌شود. محیط متوسط در شکل ۴ به وسیله یک دایره کوچک نشان داده شده است. خطی که از مبدأ بای پلات و محیط متوسط عبور می‌کند AEC است. زاویه بین بردار یک محیط (در شکل ترسیم نشده است) و محور AEC، معیاری برای شناسایی محیط نمونه است. در این پژوهش محیط‌های E10 و E9 (سال‌های اول و دوم مغان) نزدیکترین محیط‌ها به محیط ایده آل بوده و از بقیه محیط‌ها مطلوبتر می‌باشند (شکل ۴).

آزمایش‌های چند محیطی، اکثراً^{۱۱} برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی می‌توان از این نوع آزمایشات برای ارزیابی محیط‌ها نیز بهره برد. یک محیط ایده‌آل علاوه بر اینکه باید نماینده خوبی از محیط هدف باشد، بایستی بتواند اختلافات بین ژنوتیپ‌ها را نیز نشان دهد (۲۸). یکی از ویژگی‌های هر محیط، قابلیت تمایز است و محیط‌های فاقد قابلیت تمایز نه تنها اطلاعات مفیدی را در مورد ارقام ارائه نمی‌نمایند بلکه ممکن است با فراهم نمودن اطلاعات نادرست، گمراه‌کننده نیز باشند. این ویژگی برای محیط‌های ایده‌آل در محصولاتی چون جو (۱۷) و گندم دوروم (۱۹) مورد



شکل ۳- مقایسه ژنوتیپ‌های امید بخش جو با ژنوتیپ ایده‌آل بر اساس عملکرد دانه و پایداری عملکرد
Figure 3. Comparison of barley promising lines with ideal genotype based on yield and its stability



شکل ۴- بای پلات مقایسه محیطها با محیط هدف بر اساس توانایی تمایز و نماینده بودن محیط هدف
Figure 4. Biplot of comparison of environments with the target environment based on the discriminating and representiveness ability of the target environment

روش تجزیه گرافیکی GGE بای پلات به دلیل استفاده هم‌زمان از اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نسبت به روش مرسوم AMMI که تنها اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را مد نظر قرار می‌دهد نتایج جامع و قابل قبول‌تری را ارائه می‌نماید. در گیاه جو محققین مختلفی از روش GGE بای پلات استفاده کرده‌اند (۲، ۱۶۶، ۲۰، ۲۳). مقایسه میانگین در مجموع ایستگاه‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های G5 و G19 بیشترین عملکرد را دارند. با توجه به فاصله ژنوتیپ‌های G5 و G19 از محور افقی، این ژنوتیپ‌ها در زمره پایدارترین ژنوتیپ‌ها قرار نگرفتند ولی ژنوتیپ G5 با دارا بودن فاصله کم از ژنوتیپ ایده‌آل فرضی، به عنوان یکی از برترین ژنوتیپ‌ها شناخته شد (شکل ۲). در این آزمایش دو محیط بزرگ و مجزا تشخیص داده شد. اولین محیط بزرگ واقعی شامل سال‌های اول و دوم اجرای آزمایش در اهواز و زابل بود و ژنوتیپ G19 در این محیط در رأس قرار داشت و دومین محیط بزرگ نیز شامل سال‌های اول اجرای آزمایش در داراب و گنبد بود و ژنوتیپ G5 در این محیط در رأس قرار داشت (شکل ۱). در صورتی که میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در ایستگاه‌های جنوب (ایستگاه‌های اهواز، داراب و زابل) و شمال (گنبد و مغان) به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرند، مشخص می‌شود که در ایستگاه‌های جنوب ژنوتیپ G19 و در ایستگاه‌های شمال ژنوتیپ G5 بالاترین مقدار عملکرد دانه با کمترین میانگین رتبه را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین به صورت کلی (مجموع ایستگاه‌ها) و جداگانه برای ایستگاه‌های جنوب و شمال و بررسی پایداری عملکرد دانه،

ژنوتیپ G5 برای مناطق گرم شمال کشور و G19 برای مناطق گرم جنوب کشور مناسب تشخیص داده شدند. با توجه به گستردگی و پراکندگی مناطق گرمسیر ایران شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و پایدار برای این مناطق با مشکلاتی همراه می‌باشد ولی می‌توان با تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از چنین مطالعاتی نسبت به شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول با سازگاری عمومی و خصوصی اقدام کرد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این مطالعه در ایستگاه‌های جنوب و شمال کشور یکسان بودند. در برنامه‌های به‌نژادی جو آبی اقلیم گرم کشور، در ایستگاه‌های جنوب و شمال کشور مواد مشترک مورد مطالعه قرار می‌گیرند که در این صورت شناسایی ژنوتیپ/های دارای سازگاری عمومی به ندرت اتفاق می‌افتد به طوری که در طی سال‌های گذشته تنها رقم شناسایی شده از این نوع اجرای آزمایش‌ها فقط رقم اکسین می‌باشد که هم در اراضی جنوب و هم اراضی شمال کشور قابلیت کشت دارد (۱۲). در حالی که برای اقلیم گرم جنوب ارقامی چون نیمروز (۱۰)، زهک (۱۳) و نوروز (۱۱) و برای اقلیم گرم شمال ارقامی چون صحرا (۱۰)، نوبهار و دشت با استفاده از تجزیه‌های جداگانه دو اقلیم شناسایی شده‌اند. اهمیت توجه به سازگاری خصوصی در برنامه‌های به‌نژادی جو در ایران در مطالعات براتی و همکاران (۵) و طاهری‌پور فرد و همکاران (۲۵) نیز مورد اشاره قرار گرفته است. قزوینی و یوسفی (۱۰) ۱۹ ژنوتیپ امید بخش 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 شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب و پایدار، تجزیه اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های جنوب و شمال را جداگانه

هر منطقه (شمال و جنوب) نیز به‌طور جداگانه انجام پذیرد تا شناسایی ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی امکان پذیر باشد. در این مطالعه تجزیه‌ها برای مجموع ایستگاه‌ها و به صورت جداگانه برای ایستگاه‌های جنوب و شمال انجام پذیرفت و ژنوتیپ G5 برای مناطق گرم شمال کشور و G19 برای مناطق گرم جنوب کشور مناسب تشخیص داده شدند.

انجام دادند و ژنوتیپ شماره ۱۸ (رقم صحرا فعلی) را برای شمال کشور و ژنوتیپ‌های شماره ۵ (رقم نیمروز فعلی) و ۱۸ را برای جنوب کشور مناسب تشخیص دادند. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و مطالعات انجام شده در گذشته، پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌های به‌نژادی جو آبی در اقلیم گرم کشور، تجزیه‌ها علاوه بر این که برای تمام ایستگاه‌های شمال و جنوب بصورت متمرکز انجام شود، در ایستگاه‌های

منابع

1. Abay, F. and A. Bjornstad. 2009. Specific adaptation of barley varieties in different locations in ethiopia. *Euphytica*, 167(2): 181-195.
2. Ahakpaz, F. and F. Ahakpaz. 2014. Stability analysis of barley lines and cultivars grain yield using GGE biplot model. *Agroecology Journal*, 9(4): 1-12 (In Persian).
3. Ahmadi, K., F. Hatami, H.R. Ebadzadeh, H. Abdeshah and A. Kazemian. 2019. Agricultural statistics of 2017-2018 cropping season. Ministry of Agriculture-Jahad, 89 pp (In Persian).
4. Badooei Delfard, R., K.H. Mostafavi and A. Mohammadi. 2016. Genoytp-environment interaction yield stability of winter barley varieties (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Crop Breeding*, 8(20): 99-106 (In Persian).
5. Barati, A., I. Lakzadeh, M. Jabbari, O. Poodine, J.A. Jafarby, H. Khanzadeh Ghara Aghajlosofla and M. Kheirgoo. 2020. Selection of barley genotypes for warm regions of iran using stability statistics and AMMI analysis. *Seed and Plant Journal*, 36(2): 223-240 (In Persian).
6. Dehghani, H., A. Ebadi and A. Yousefi. 2006. Biplot analysis of genotype by environment interaction for barley yield in iran. *Agronomy Journal*, 98(2): 388-393.
7. Erdemci, I. 2018. Investigation of genotype \times environment interaction in chickpea genotypes using AAMI and GGE biplot analysis. *Turkish Journal of Field Crops*, 23(1): 20-26.
8. Falconer, D.S. 1981. Introduction to quantitative genetics. (2nd ed). Longman Press. London, UK. 1-133.
9. FAO. 2019. <http://www.fao.org/faostat>.
10. Ghazvini, H. and A. Yousefi. 1999. Evaluation of adaptability and yield comparison of advanced barley lines in warm zones. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 1(4): 29-41 (In Persian).
11. Ghazvini, H.O., I. Lakzadeh, Sh.A. Kouhkan, H.A. Fallahi, M. Jabbari, A. Barati, A.R. Kouchaki, R. Aghnoum, S.A. Safavi, K. Shahbazihomonloo, S. Tahmasebi, H. Khanzadeh, M. GHaseemi, H.R. Nikkhah, A.Z. Zakeri, M.A. Dehghan, N. Tabatabaeifard and M. Dalvand. 2020. Nowruz, a new barley cultivar with lodging resistance appropriate for cultivation in the south warm and dry climate zone of iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 9(1): 53-66 (In Persian).
12. Ghazvini, H.O., I. Lakzadeh, SH.A. Kouhkan, M. Jabbari, A. Barati, H.A. Fallahi, H. Khanzade Gharaaghajloo soflae, K. Shahbazi homonloo, A. Yousefi, R. Aghnoum, S.A. Safavi, A. Zakeri, N.K. Kazerani, H.R. Nikkhah, S.Tahmasebi, S.T. Dadrezaee, S.M. Nazeri, M. Sharif alhossaini, M. Dalvand and M. Rakhshandderoo. 2019. Oksin, a new irrigated six-rowed barley cultivar with wide adaptability in warm agro-climate zone of iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 7(2): 149-159 (In Persian).
13. Ghazvini, H.O., Sh.A. Kouhkan, I. Lakzadeh, H.A. Fahhahi, J. Alt jafarby, M. Ghasemi, A.A. Amini, S.M. Tabib ghaffari and B. Sorkhi lalalu. 2014. Zahak, a new irrigated barley cultivar with wide adaptability in the warm and dry agro-climate zone in the south of Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 3(1): 15-26 (In Persian).
14. 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(1): 59-75.
15. Kendal, E. 2016. GGE biplot analysis of multi-environment yield trials in barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*, 2(1): 90-99.
16. Khanzadeh, H., B. Vaezi, R. Mohammadi, A. Mehraban, T. Hosseinpor and K. Shahbazi. 2018. Grian yield stability of barley genotypes in uniform regional yield trials in warm and semi warm dry land area. *Indian Journal of Agricultural Research*, 52(1): 16-21.
17. Koocheki, A., B. Sorkhi, M. Eslam Zade Hesari. 2012. Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of Iran using GGE biplot. *Seed and Plant Improvement Journal*, 28(4): 26-39 (In Persian).
18. Miah, M.A., M.G. Rasul, M.A.K. Mian and M.M. Rohman. 2015. Evaluation of rapeseed lines for seed yield stability. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 7(6): 12-19.
19. Mohammadi, R., R. Haghparast, A. Amri and S. Ceccarelli. 2010. Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi environment trials. *Crop Science*, 61(1): 92-101.

20. Mortazavian, S.M., H.R. Nikkhah, F.A. Hassani, M. Sharif-al-hosseini, M. Taheri and M. Mahlooji. 2014. GGE-biplot and AMMI analysis of barley genotypes across different environment in iran. *Journal of Agricultural Science Technology*, 16(3): 609-622.
21. Perkins, J.M. and J.L. inks. 1971. Environments and genotype environment components of variability III. multiple lines and crosses. *Heredity*, 23(3): 339-356.
22. Rad, M.N., M.A. Kadri, M. Rafii, H.Z. Jaafar, M.R. Naghavi and F. Ahmadi. 2013. Genotype environment interaction by AMMI and GGE biplot analysis in three consecutive generations of wheat (*Triticum aestivum* L.) under normal and drought stress conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 7(7): 956-961.
23. Ramzi, E., A. Asghari, O. Sofalian, A. Mehraban and A. Ebadi. 2021. Evaluation of grain yield stability and genotype-environment interaction of barley promising lines in warm and humid regions of the country. *Journal of Crop Breeding*, 12(36): 57-65 (In Persian).
24. Solonechnyi, P., N. Vasko, A. Naumov, O. Solonechnaya, O. Vazhenina, O. Bondareva, and Y. Logvinenko. 2015. GGE biplot analysis of genotype by environment interaction of spring barley varieties. *Zemdirbyste*, 102(4): 431-436.
25. Taheripourfard, Z.S., A. Izadi-darbandi, H. Ghazvini, M. Ebrahimi, S.M. Mortazavian and M. Abdipour. 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(2): 23-35 (In Persian).
26. 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. *Cerebral Research Communications*, 45(3): 500-511.
27. Xu, N.Y., M. Fok, G.W. Zhang, J. Li and Z.G. Zhou. 2013. The application of GGE biplot analysis for evaluating test locations and mega-environment investigation of cotton regional trials. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(9): 1921-1933.
28. Yan, W., J.A. Fregeau-reid, D. Pageau, R.A. Martin, J.W. Mitchell fetch, M. Etienne, J. Rowsell, P. Scott, M. Price, B. Dehann, A. Cummiskey, J. Lajeunesse, J. Durand and E. Sparry. 2010. Identifying essential test locations for oat breeding in eastern canada. *Crop Science*, 50: 504-515.
29. Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigations based on the GGE biplot. *Crop science*, 40(3): 597-605.
30. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press Inc, Boca Raton, USA. 271 pp.
31. Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, 47(2): 643-655.
32. Yan, W. and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86(3): 623-645.

Identification of Irrigated Barley Genotypes with High and Stable Grain Yield in Warm Regions of Iran

Ali Barati¹, Hassan Zali², Alireza Pour-Aboughadareh³, Ahmad Gholipour⁴, Shirali Koohkan⁵, Kamal Shahbazi Homounlo⁶, Akbar Marzoghiyan⁷, Mehdi Jabbari⁸, Omid Poodineh⁹ and Masoumeh Kheirgoo¹⁰

1- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, (Corresponding author: barati32@yahoo.com)

2 and 8- Assistant Professor and Researcher, Crop and Horticultural Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Darab, Iran

3- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

4 and 10- Researcher Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gonbad, Iran

5 and 9- Assistant Professor and Researcher, Crop and Horticultural Science Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zabol, Iran

6- Instructor., Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Moghan, Iran

7- Assistant Professor Crop and Horticultural Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

Received: 17 May, 2021 Accepted: 18 September, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Due to abundance of non-living and living stresses in warm region, identification of barley genotypes with high and stable yield is one of the main goals of barley breeding programs in this region.

Materials and Methods: 17 barley promising genotypes along with two check varieties were evaluated in five the Agricultural Research Stations including Ahvaz, Darab, Zabol, Gonbad, and Moghan during two consecutive cropping seasons (2018-2020). GGE biplot analysis was used for identifying the high yielding and stable genotypes across test environments.

Results: Combined analysis of variance for grain yield data indicated a significant effect for locations, genotypes and year \times location. Genotype \times location and year \times location \times genotype. Mean comparison showed that G1, G2, G4, G5, G10, G12, G16 and G19 had high yield than other genotypes and can be considered. Grain yield stability of these genotypes were investigated for identifying of high yielding and stable genotypes across test environments. GGE Biplot analysis revealed that the first two components accounted for 36.76% and 16.68% of the total gain yield variation, respectively. Thus these two components can be used for explanation of grain yield of genotypes. In this study, two mega-environments were identified in warm regions of Iran. Accordingly, the first mega-environment included of the first and second year of Ahvaz and Zabol. G19 with 5114 kg/h was identified as superior genotype of this environment. The second mega-environment comprised of the the first and second year of Darab and Gonbad. G5 with 5155kg/h was identified as superior genotype of this environment. The first and second year of Moghan was located on the border between two mega environments. G3, G6, G8, G9, G14, G17 and G18 were not placed in none of the mega environments and were not suitable for cultivation in investigated environments. The vector view of ideal genotypes revealed that G4 and G5 are placed close to the ideal genotype, are most desirable than the other genotypes. The vector view of GGE biplot indicated discriminating and representative environments (first and second year of moghan) are good environments for selecting generally adapted genotypes.

Conclusion: In general, results indicated that genotypes G5 and G19 were identified as ideal barley genotypes for warm regions in north and south parts of Iran, respectively.

Keywords: Adaptability, GGE biplot, Stability analysis