دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی پایداری عملکرد دانه و اثر متقابل ژنوتیپ- محیط لاین‌های امیدبخش جو در مناطق گرم و مرطوب کشور

الناز رمزی[۱]، علی اصغری[۲]، امید سفالیان[۳]، اصغر مهربان[۴] و اصغر عبادی[۵]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، (نویسنده مسوول: ali_asgharii@yahoo.com)
۳- استاد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۴- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی مغان
۵- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۱۳
صفحه: ۵۷ تا ۶۵

چکیده

بررسی اثر متقابل ژنوتیپ - محیط برای انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار و پایدار در اصلاح گیاهان امری ضروری می‌باشد. به‌همین منظور، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و شناسایی ژنوتیپ پایدار جو برای مناطق گرم و مرطوب پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار و ١٦ ژنوتیپ و دو رقم شاهد در ٤ منطقه گچساران، مغان، خرم‌آباد و گنبد به‌مدت سه سال (۹۸-۱۳۹٦) اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب بر روی عملکرد دانه نشان داد که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار بود. برای ارزیابی پایداری عملکرد، از روش‌های پارامتری شامل روش‌های مبتنی بر واریانس و رگرسیون استفاده شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱، ۳، ٦ و ۸ در روش‌های مبتنی بر واریانس و ژنوتیپ‌های ۱، ٦، ۱۲، ۱۳ و ۱۵ در روش‌های مبتنی بر رگرسیون، پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. با توجه به متفاوت بودن نتایج روش‌های مختلف تجزیه پایداری، از شاخص SIIG برای تجمیع نتایج و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر پارامترهای پایداری استفاده شد. ارقام شاهد خرم و ماهور و ژنوتیپ‌های ۱۳ و ٦ دارای بیشترین مقدار SIIG و پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. ژنوتیپ‌های ۳، ٤، ۵ و ۹ به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. ارقام شاهد و ژنوتیپ ۱۳ با داشتن عملکرد بالا دارای پایداری زراعی و مناسب برای مناطق پربازده بود. ژنوتیپ ٦ با وجود پایداری بالا، کمترین عملکرد را داشت و پایداری آن از نوع بیولوژیکی بوده و مناسب برای مناطق کم بازده تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه پایداری، شاخص SIIG، لاین‌های امید بخش جو

مقدمه

سطح زیر کشت غلات در دنیا رو به افزایش است ولی این افزایش سطح زیرکشت جوابگوی تقاضای جهانی غلات در آینده نخواهد بود. بنابراین، افزایش تنوع و توسعه ارقام معرفی شده با پتانسیل عملکرد بالا، پایدار و سازگار به تنش‌های محیطی یکی از مؤثرترین راه‌ها برای جبران تقاضای جهانی غلات می‌باشد (۳۰). در اصلاح نباتات سازگاری به دو مفهوم عمومی (به‌دست آوردن ارقامی با عملکرد بالا در تمام محیط‌ها) و خصوصی (تولید ارقامی با میانگین عملکرد بالا در برخی از محیط‌ها) به‌کار می‌رود (۲۳). ژنوتیپی دارای سازگاری و پایداری بالا است که تحت شرایط مختلف محیطی بتواند عملکردی مطلوب و پایدار داشته باشد. بنابراین، آگاهی از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط علاوه براین‌که به اصلاح‌گران کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها، با دقت بیشتری عمل کرده و بهترین ژنوتیپ پایدار و با عملکرد بالا را انتخاب کند و در برآورد سازگاری خصوصی و عمومی ژنوتیپ‌ها نیز نقش مهمی ایفا نماید. اگرچه در ظاهر این یک هدف ساده است، ولی دسترسی به آن بسیار پیچیده و مشکل می‌باشد (۸).

عملکرد دانه یک ژنوتیپ، در هر محیط در واقع شامل اثر اصلی ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است (۴۱). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در مورد صفاتی همچونعملکرد موجب شده است که نتوان یک رقم اصلاحی پرمحصول را برای مناطق مختلف توصیه کرد. لذا، وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ضرورت معرفی ارقام پرمحصول با پایداری و سازگاری بالا را توجیه می‌کند. تجزیه واریانس مرکب نشان‌دهنده وجود تغییرات در عملکرد هر ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر در محیط‌های متفاوت می‌باشد. چنانچه عملکرد ارقام در محیط‌های گوناگون تغییر چندانی نکند، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معنی‌دار نخواهد بود (۶). گروه زیادی از محققین برای تخمین اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از روش تجزیه واریانس مرکب استفاده کرده‌اند (۳۲،۶). با این وجود، روش تجزیه واریانس مرکب و آزمون اثرات متقابل مرکب فاقد قدرت لازم برای تعیین ژنوتیپ پایدار است (۳۱،۱۳). بنابراین، روش‌های مختلفی برای شناسایی ژنوتیپ پایدار مورد استفاده قرار گرفته است که از این جمله می‌توان به روش‌های تک متغیره و چند متغیره، پارامتری و ناپارامتری پایداری و غیره اشاره کرد. آکورا و همکاران (۲) در گندم دوروم، اوزر و کایا (۱۷) در تریتیکاله، خلیلی و پورقادر (۱۸) در جوهای دابل‌هاپلوئید از آماره‌های مختلف تک متغیره پارامتری برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده کردند. شاه محمدی و همکاران (۳۴) به‌منظور تعیین پایداری عملکرد ۱۹ ژنوتیپ پیشرفته جو از چندین پارامتر پایداری استفاده کردند. علینواز و همکاران (۳) ضمن تعیین ژنوتیپ‌های پایدار پنبه، روش رگرسیون ابرهارت- راسل (۷) را به‌عنوان یک روش مناسب

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOI: 10.52547/jcb.12.36.57]

برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها معرفی کردند. طاهریان و همکاران (۳۸) در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در جو از پارامترهای پایداری استفاده کردند. واعظی و احمدی (۴۰) با بررسی پایداری ۱۸ ژنوتیپ جو با استفاده از مدل‌های رگرسیونی فینلی و ویلکینسون و ابرهارت- راسل ژنوتیپ‌های مغان، گچساران و ایزه را به‌عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی کردند. کریمی‌زاده و همکاران (۱۷) به‌منظور تعیین برترین ژنوتیپ جو در مناطق دیم نیمه‌گرمسیر چندین روش تک متغیره و چندمتغیره را مورد استفاده قرار دادند. بدوئی و همکاران به منظور بررسی پایداری ارقام جوزمستانه از پارامترهای پایداری شوکلا (۳۵) اکووالانس ریک و ضریب تغییرات لین و بینز (۵) استفاده کردند.

در ایران اراضی وسیعی وجود دارد که به‌دلیل حاصل‌خیزی کم، کم عمق بودن و شور بودن آب زراعی و غیره صرفاً برای زراعت جو مناسب هستند. لذا، ارزیابی و دستیابی به ارقام جو پرمحصول و با ثبات عملکرد دانه در سال‌ها و مناطق مختلف اهمیت زیادی دارد. لذا، این مطالعه با هدف شناسایی و انتخاب ژنوتیپ پایدار جو در مناطق مورد مطالعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها و لاین‌های امید بخش جو در محیط‌های مختلف، آزمایش مقایسه عملکرد یکنواخت سراسری منطقه گرم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ لاین و ژنوتیپ انتخابی از آزمایش‌های مقایسه عملکرد در سال قبل با احتساب دو شاهد ماهور و خرم (جدول ۱) در ۴ ایستگاه منطقه گرم شامل گچساران، مغان، لرستان و گنبد (جدول ۲) به‌مدت سه سال (۹۸-۱۳۹۶) در چهار تکرار اجرا شد. در محیط‌های مذکور آزمایش‌ها به‌طور یکنواخت به اجرا درآمد و ژنوتیپ‌ها به‌عنوان فاکتور ثابت در نظر گرفته شد. هر ژنوتیپ در شش خط کاشت به‌طول شش متر و به فاصله ۲۰ سانتی‌متر بر روی دو پشته در کرت‌هایی به ابعاد ۳/۷ × ۵/۱ متر مربع کشت شد. تهیه زمین در زمان مناسب در ایستگاه‌های مربوطه و تاریخ کاشت در محدوده زمانی مشخص و در آذرماه برای کلیه ایستگاه‌ها بود. میزان کود مصرفی براساس آزمون خاک در هر ایستگاه انجام شد. میزان بذر براساس ۳۵۰ دانه در هر متر مربع محاسبه و توزین بذر لازم برای کاشت در هر کرت با توجه به وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها انجام شد. تعداد دفعات آبیاری بر حسب نیاز گیاه و در طول فصل زراعی ۴ تا ۵ نوبت انجام شد. برای جلوگیری از خسارت علف‌های هرز پهن‌برگ از علف‌کش گرانستار و علف‌های هرز نازک برگ از علف‌کش پوماکسترا استفاده شد. پس از حذف اثر حاشیه هر کرت، عملکرد دانه در هر کرت برحسب کیلوگرم در هکتار یادداشت و به تن در هکتار تبدیل شد. تجزیه واریانس مرکب پس از آزمون بارتلت بر روی عملکرد دانه با در نظر گرفتن تمامی مکان‌ها و سال‌های آزمایش بر اساس امید ریاضی انجام شد.

جدول ۱- فهرست و شجره ژنوتیپ‌های جو مورد مطالعه

Table 1. List and pedigeree of studied barley genotypes

Number	Genotypes pedigeree
1	Mahoor as check
2	Khorram as check
3	HART-BAR/CANELA//MSEL CBSS01Y00777T-Z-0Y-10M-0M-1M-0Y(PRBYT2010-11-44)
4	CANELA/CHERI CBSS01Y00007S-0Y-6M-0M-1M-0Y(PRBYT2010-11-28)
5	Moroc9-75//WI2291/WI2269 ICB93-1132-0AP-31AP-0AP-5TR-8AP-0AP(PRBYT2010-11-81)
6	B89.2027/5/ATACO/BERMEJO//HIGO/3/CLNB/80.5138//GLORIABAR/COPAL/4/CHEVRONBAR/6/LEGACY 6 CBSS01Y00858T-B-0Y-9M-0M-2M-0Y(PRBYT2010-11-31)
7	Moroc9-75//WI2291/WI2269 ICB93-1132-0AP-31AP-0AP-6TR-38AP-0AP(PRBYT2010-11-85)
8	MNS1//CALI92/ROBUST CBSS01Y00154S-0Y-10M-0M-3M-0Y(PRBYT2010-11 -33)
9	Moroc9-75//WI2291/WI2269 ICB93-1132-0AP-31AP-0AP-5TR-20AP-0AP(PRBYT2010-11-82)
10	MSEL//CLI18/E.QUEBRACHO CBSS01Y00023S-0Y-10M-0M-1M-0Y(PRBYT2010-11-26)
11	Giza127/4/Gloria'S'/Saida//Mtn'S'/EH165/3/LBIran/Una80//Lignee640ICB97-0488-0AP-21AP-6TR-0AP(PRBYT2010-11-20)
12	MSEL//CLI18/E.QUEBRACHOCBSS01Y00023S-0Y-10M-0M-1M-0Y(PRBYT2010-11-42)
13	WI2291//Apm/PI000046/3/Hml-02/4/Arda/Moroc9-75 ICB01-0006-0AP-28AP-0AP(PRBYT2010-11-99)
14	WI2291/4/7028/2759/3/6982//Ds/Apro/5/Zanbaka/3/ER/Apm//Lignee131ICB94-0590-0AP-9A-0AP-0AP-14AP-0AP-9AP-0AP(PRBYT2010-11-93)
15	Moroc9-75//WI2291/WI2269 ICB93-1132-0AP-33AP-0AP-18TR-41AP-0AP(PRBYT2010-11-88)
16	Moroc9-75//WI2291/WI2269 ICB93-1132-0AP-31AP-0AP-6TR-46AP-0AP(PRBYT2010-11 -86)
17	Moroc9-75//WI2291/WI2269 ICB93-1132-0AP-13AP-0AP-19AP-0AP(PRBYT2010-11-122)
18	Hml-02//WI2291/Bgs ICB83-1554-1AP-1AP-6AP-0AP-23AP-0AP-13AP-0AP(PRBYT2010-11-121)

جدول ۲- برخی ویژگی‌های زراعی- اقلیمی مناطق اجرای آزمایش

Table 2. Some agro-climatic properties of the test locations

Location	Longitude Latitude	Altitude (m)	Soil Texture	Soil Type	Rainfall (mm)
Gachsaran	50° 50´ E 30° 20´ N	710	Silty Clay Loam	Regosols	455
Gonbad	55° 12´ E 37° 16´ N	45	Silty Clay Loam	Regosols	367
Khorram Abad	48° 12´ E 33° 29´ N	1125	Silt-Loam	Regosols	433
Moghan	47° 88´ E 39° 39´ N	100	Sandy-Loam	Cambisols	271

برای ارزیابی پایداری عملکرد، روش‌های پارامتری، شامل روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس (روش واریانس محیطی، ضریب تغییرات محیطی (۱۲)، اکووالانس ریک (۴۱)، واریانس پایداری شوکلا (۳۵)، پلستید-پترسون (۲۸)، روش پلیستد (۲۷) و روش‌های مبتنی بر رگرسیون (روش فینلی و ویلکینسون (۱۰)، ابرهارت-راسل (۷)، شاخص برتری لین- بینز (۲۱)، پارامتر پایداری ژنوتیپی هانسون (۱۵)، روش ضریب تبیین (۲۶) محاسبه شدند. در روش‌های ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا ژنوتیپ‌های دارای حداقل مقدار به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. در نهایت ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار با محاسبه فاصله هر ژنوتیپ از ایده‌آل مثبت و ژنوتیپ ایده‌آل

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.57]

منفی و محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) انجام شد. برای رتبه‌بندی و مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف و انتخاب بهترین ژنوتیپ و تعیین فواصل بین ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها، می‌توان از روش انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) استفاده کرد (۴۳). بعد از محاسبه شاخص‌ها و به‌دست آوردن بالاترین و پایین‌ترین مقدار شاخص، از آن‌ها برای محاسبه فاصله هر ژنوتیپ از ژنوتیپ ایده‌آل مثبت (d^+)(رابطه ۱) و ژنوتیپ ایده‌آل منفی (d^-)(رابطه ۲) استفاده می‌شود.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}(Ti_{ij} - Ti_j^+)} \qquad i=1,\ldots,n \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}(Ti_{ij} - Ti_j^-)} \qquad i=1,\ldots,n \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در روابط فوق اندیس‌های i و j به‌ترتیب معرف ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها می‌باشند.

برای محاسبه آماره شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) از رابطه ۳ استفاده شد.

$$SIIG = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i=1, 2, \ldots,n \quad 0 \le SIIG \le 1 \quad \text{(رابطه ۳)}$$

از ویژگی‌های این روش این است که برای محاسبه آن از سایر شاخص‌ها استفاده می‌شود. ممکن است هر ژنوتیپی از نظر یک شاخص یا صفتی ژنوتیپ برتر باشد و با افزایش تعداد شاخص‌ها، انتخاب ژنوتیپ مناسب برای محقق دشوار می‌شود. در صورتی‌که، با تجمیع این شاخص‌ها در قالب یک شاخص تحت عنوان شاخص SIIG کار تصمیم‌گیری راحت‌تر خواهد شد (۲۹). به‌منظور تجزیه آماری در این تحقیق از نرم‌افزارهای SAS، $SPSS_{16}$ و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس برای دوازده محیط به‌طور جداگانه انجام و یکنواختی واریانس خطاها با استفاده از آزمون بارتلت تأیید شد که نشان‌دهنده همگنی خطاهای آزمایش بود. تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر ژنوتیپ، اثر متقابل سال × مکان، ژنوتیپ × مکان و سال × مکان × ژنوتیپ معنی‌دار بود که نشان‌دهنده عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف بود (جدول ۳). در آزمایش‌های مرکب در گیاهان مختلف مانند جو، طاهریان و همکاران (۳۸)، جو، واعظی و احمدی (۴۰)، گندم دوروم، حاج محمدی و همکاران (۱۴)، گندم دوروم، سوقی و همکاران(۳۷)، گندم دوروم، جهرمی و همکاران (۱۶)، ذرت، فرشادفر و همکاران (۹) اثر متقابل ژنوتیپ در سال، مکان و یا اثر متقابل سه جانبه برای عملکرد دانه معنی‌دار بود و با استفاده از روش‌های تجزیه پایداری، ژنوتیپ برتر از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شناسایی شد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سال × مکان × ژنوتیپ، استفاده از نتایج تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین تیمارها برای تعیین درجه سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها کافی نبود و از روش‌های مختلف تجزیه پایداری برای این منظور استفاده گردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد جو در چهار منطقه و سه سال

Table 3. Combinde analysis of variance for barley yield in four regions and tree years

SOV	bf	SS	MS
Location (L)	۳	۹۵/۲۹۶	۳۱/۷۶۵^{ns}
Year (Y)	۲	۲۲/۴۵۹	۱۱/۲۳۰^{ns}
L× Y	۶	۷۰/۲۷۹	۱۱/۷۱۳**
E1	۳۶	۱۴/۱۰۹	۰/۳۹۲
Genotypes (G)	۱۷	۱۱/۴۷۰	۰/۶۷۵**
L×G	۵۱	۲۱/۸۵۳	۰/۴۲۸
Y×G	۳۴	۱۱/۲۱۸	۰/۳۳۰^{ns}
Y×L×G	۱۰۲	۲۴/۳۸۰	۰/۲۳۹
E2	۶۱۲	۶۶/۵۶	۰/۱۰۹

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

نتایج تجزیه پایداری براساس مدل ابرهارت و راسل (۷) نشان داد که اثرات اختلاف ژنوتیپ‌ها و محیط‌های داخل هر ژنوتیپ معنی‌دار بود که نشان‌دهنده پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد. میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون برای ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نشد که نشان‌دهنده پراکندگی غیر معنی‌دار عملکرد ژنوتیپ‌ها در اطراف خط رگرسیون بود (جدول ۴). بنابر نظر ابرهارت و راسل (۷) برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها در آزمایشات ناحیه‌ای عملکرد علاوه بر ضریب رگرسیون خطی و میانگین عملکرد باید به مقدار باقی‌مانده مدل رگرسیونی نیز باید توجه شود. بنابراین، ژنوتیپ‌های پایدار باید دارای حداقل مقدار باقیمانده نیز باشند. با توجه به مقدار باقی‌مانده مدل، ژنوتیپ‌های شماره‌ی ۶، ۱۵، ۱۳و ۱۸ دارای حداقل مقدار و ژنوتیپ شماره‌ی ۹ دارای حداکثر مقدار باقی‌مانده می‌باشند. از بین ژنوتیپ‌هایی که دارای میزان ضریب رگرسیون نزدیک به یک بودند، ژنوتیپ شماره‌ی ۱۳ دارای کمترین میزان باقی‌مانده بود و بنابراین می‌توان این ژنوتیپ را براساس ضریب رگرسیون، میانگین عملکرد و میزان حداقل باقی‌مانده مدل رگرسیونی به‌عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی کرد (جدول ۵). لین و همکاران (۲۱) و لین و بینز (۲۲) در تحقیقات خود، این پارامتر را به‌عنوان پایدار نوع سوم طبقه‌بندی کرده و تأکید دارند که نباید از این آماره برای بررسی پایداری استفاده نمود. بلکه، این آماره بیانگر نحوه برازش مدل رگرسیونی می‌باشد و بهتر است برای تعیین وسعت کشت از آن استفاده گردد.

با توجه به این‌که ژنوتیپ‌های شماره‌ی ۱ (رقم ماهور) و ۲ (رقم خرم) به‌عنوان شاهد استفاده شده بودند، بنابراین اگر پایداری ژنوتیپی بهتر از این ارقام باشد، می‌توان از این ژنوتیپ با همان پتانسیل عملکرد دانه و با توجه به مطلوب

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.57]

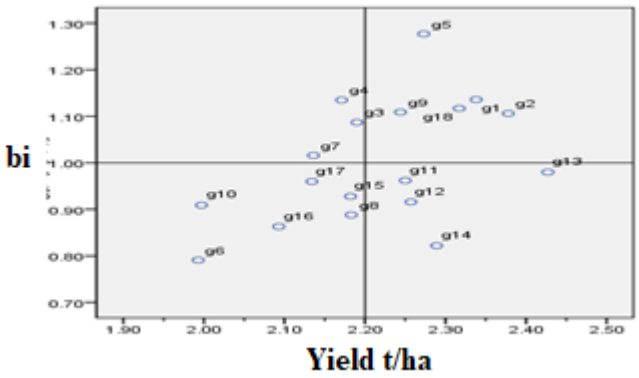
بودن سایر خصوصیات زراعی دیگر استفاده نمود. در بررسی میانگین کل ژنوتیپ‌ها (جدول ۵) بیشترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۲، ۱،۱۸ و ۱۴ به‌ترتیب با ۲/۴۲۶، ۲/۳۷۷، ۲/۳۳۸، ۲/۳۱۷ و ۲/۲۸۹ تن در هکتار و حداقل میانگین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ‌های ۶، ۷، ۱۰، ۱۶ و ۱۷ بود. موقعیت کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر میانگین عملکرد دانه و ضریب خط رگرسیون در شکل ۱ نشان داده شده است. در این شکل خط عمودی بر میانگین کل آزمایش و خط افقی برضریب رگرسیون ۱ قرار دارد. در این مطالعه در همه ژنوتیپ‌ها ضریب رگرسیون با یک اختلاف معنی‌دار نداشت ولی ژنوتیپ ۱۳ با عملکرد بالا و ضریب رگرسیون نزدیک به یک و انحراف از خط رگرسیون غیرمعنی‌دار به‌عنوان ژنوتیپی پایدار شناخته شد. ژنوتیپ ۶ با داشتن کمترین عملکرد و ضریب رگرسیون پایین مناسب برای زمین‌های غیر حاصلخیز تشخیص داده شد. رقم‌های شاهد ماهور و خرم (۱ و ۲) و ۱۸ با وجود شیب خط بزرگتر از یک و حساسیت بیشتر به تغییرات محیطی، دارای عملکرد بالا بودند. ژنوتیپ ۵ نیز دارای سازگاری خصوصی در مناطق مساعد بود. سیال و همکاران (۳۶) در طی بررسی‌هایی که روی ژنوتیپ‌های گندم انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ژنوتیپ‌هایی با ضریب رگرسیون بالا و عملکرد کمتر از میانگین کل برای محیط‌های ضعیف مناسب هستند.

جدول ۴- تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو در محیط‌های مختلف

Table 4. Seed yield stability of barley genotypes in different environments

SOV	df	SS	MS
Total	۲۱۵	۶۴/۲۳	–
Genotypes	۱۷	۲/۸۶۸	۰/۱۶۹**
Environmen/Genotypes	۱۹۸	۶۱/۳۶۸	۰/۳۱**
Linear environment	۱	۲/۶۱۱	۲/۶۱۱^{ns}
Linear (Genotyping * environment)	۱۷	۴۵/۵۱۴	۲/۶۸**
Deviation from regression	۱۸۰	۱۳/۲۴۳	۰/۰۷۴^{ns}
Genotype 1	۱۰	۰/۶۸۴	۰/۰۶۸۴^{ns}
Genotype 2	۱۰	۰/۹۷۲	۰/۰۹۷۲^{ns}
Genotype3	۱۰	۰/۶۴۹	۰/۰۶۴۹^{ns}
Genotype4	۱۰	۰/۹۶۰	۰/۰۹۶^{ns}
Genotype5	۱۰	۰/۴۴۹	۰/۰۴۴۹^{ns}
Genotype6	۱۰	۰/۲۲۷	۰/۰۲۲۷^{ns}
Genotype7	۱۰	۰/۷۸۷	۰/۰۷۸۷^{ns}
Genotype8	۱۰	۰/۴۲۴	۰/۰۴۲۴^{ns}
Genotype9	۱۰	۱/۵۶۹	۰/۱۵۶۹^{ns}
Genotype10	۱۰	۰/۴۷۲	۰/۰۴۷۲^{ns}
Genotype11	۱۰	۱/۰۵۶	۰/۱۰۳۶^{ns}
Genotype12	۱۰	۰/۴۳۳	۰/۰۴۳۳^{ns}
Genotype13	۱۰	۰/۳۷۹	۰/۰۳۷۹^{ns}
Genotype14	۱۰	۱/۹۴۲	۰/۱۹۴۲^{ns}
Genotype15	۱۰	۰/۲۵۵	۰/۰۲۵۵^{ns}
Genotype16	۱۰	۰/۸۵۸	۰/۰۸۵۸^{ns}
Genotype17	۱۰	۱/۲۵۶	۰/۱۲۵۶^{ns}
Genotype18	۱۰	۰/۲۵۹	۰/۰۲۵۹^{ns}
E	۶۱۲	۶۰/۵۶	۰/۱۰۹

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



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌های جو بر حسب عملکرد دانه و ضریب رگرسیون

Figure 1. Distribution of barley genotypes according to grain yield and regression coefficient

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.57]

بر اساس شاخص واریانس محیطی، ژنوتیپ‌های ۶، ۸، ۱۲ و ۱۵ دارای کمترین واریانس محیطی بودند ولی میانگین عملکرد پایینی نسبت به میانگین کل داشتند (جدول ۵). ژنوتیپ‌های ۶، ۸، ۱۲ و ۱۳ دارای کمترین ضریب تغییرات محیطی بودند. ژنوتیپ ۱۳ علاوه بر ضریب تغییرات پایین، دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل بود و به‌عنوان ژنوتیپ پایدار شناخته شد. ژنوتیپ ناپایدار در این دو روش، ژنوتیپ ۹ بود که دارای عملکردی برابر میانگین کل و هم‌چنین دارای بیش‌ترین میزان ضریب تغییرات محیطی بود (جدول ۵). پارامترهای واریانس و ضریب تغییرات محیطی دارای ماهیت بیولوژیکی بوده و ژنوتیپ‌های پایدار براساس این روش‌ها از میانگین بالایی برخوردار نمی‌باشند. کیلیک و همکاران (۲۰) و لین (۲۲) در ارزیابی پایداری عملکرد دانه ۲۵ ژنوتیپ گندم دوروم، کایا و اوزر (۱۸) در ارزیابی پایداری ۹ ژنوتیپ تریتیکاله، نشان دادند که ژنوتیپ‌های پایدار در روش‌های واریانس و ضریب تغییرات محیطی دارای میزان عملکرد پایینی هستند. البته برخی مطالعات هم نشان داد که الزاماً ژنوتیپ‌های پایدار انتخاب شده به‌وسیله دو روش مذکور میزان عملکرد پایینی ندارند (۱،۲). علیزاده و تاری‌نژاد (۴) به منظور بررسی پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش جو در شرایط آبی ، لاین شماره ۱۲ را بر اساس ضریب تغییرات و انحراف معیار رتبه پایدارترین لاین معرفی کردند.

با استفاده از پارامترهای پایداری اکووالانس ریک، واریانس شوکلا، پلیستد و پترسون و پلیستد پایدارترین ژنوتیپ‌ها ارقام ۱ و ۲ و ژنوتیپ‌های ۳، ۶ و ۸ بودند. ژنوتیپ‌های ۴، ۹، ۵، ۱۴و ۱۷ به‌ترتیب ناپایدارترین ژنوتیپ شناخته شدند (جدول ۵). ژنوتیپ‌های ۱ و ۲ (ارقام شاهد) دارای میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل و ژنوتیپ ۶ دارای پایین‌ترین عملکرد و ژنوتیپ‌های ۳ و ۸ از نظر عملکرد در سطح متوسطی بودند. در مطالعه واعظی و احمدی (۴۰) نیز مطابقت بالایی بین نتایج روش واریانس محیطی و اکووالانس ریک وجود داشت (۴۱). پژوهش‌های زیادی نشان دادند که نتایج رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در این چهار روش مشابهت بالایی دارند که مشابه با نتایج به دست آمده از این پژوهش بود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی، استفاده هم‌زمان هر چهار روش ضروری نیست و بهتر است یکی از این روش‌ها به‌کار گرفته شود. اباته و همکاران (۱) و اوزر و کایا (۱۸) و کیلیلک و همکاران (۲۰) در مطالعه خود با بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم دوروم در اقلیم گرم و خشک جنوب ایران به این نکته اشاره کردند که اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا از نظر درجه‌بندی ژنوتیپ‌ها دارای ارزش یکسانی می‌باشند.

جدول ۵- پارامترهای مختلف پایداری در ژنوتیپ‌های جو

Table 5. Different stability parameters in barley genotypes

Genotype	Genotype mean (t/ha)	bi	R^2_i	S^2_{di}	S^2_{Gi}	CV_{Gi}	σ^2_i	W^2_{Gi}	Θ_i	$\Theta_{(i)}$	D^2_{GI}	Pi
۱	۲/۳۳۸^{abc}	۱/۱۳۶^{ns}	۰/۸۳۰	۰/۰۴۱	۰/۳۶۸	۲۵/۹۵۶	۰/۰۵۸	/۷۳۲	۰/۱۷۳	۰/۲۹۰	۰/۹۹۴	۰/۰۹۴
۲	۲/۳۷۷^{ab}	۱/۱۰۶^{ns}	۰/۷۶۶	۰/۰۷	۰/۳۷۹	۲۵/۸۸۲	۰/۰۸۵	۰/۰۰۱	۰/۱۸۶	۰/۲۸۸	۴/۱۶۷	۰/۱۰۸
۳	۲/۱۹۰^{cdef}	۱/۰۸۷^{ns}	۰/۸۲۴	۰/۰۳۸	۰/۳۳۹	۲۶/۵۹۷	۰/۰۵۱	/۶۷۰	۰/۱۷۰	۰/۲۹۰	۳/۷۳۳	۰/۱۶۸
۴	۲/۱۷۱^{def}	۱/۱۳۵^{ns}	۰/۷۸۲	۰/۰۶۹	۰/۳۹۳	۲۸/۸۶۸	۰/۶۶۲	۰/۶۵۴	۰/۴۵۷	۰/۲۵۴	۴/۳۲۲	۰/۲۰۸
۵	۲/۲۷۳^{bcde}	۱/۲۷۷^{ns}	۰/۸۹۰	۰/۰۱۸	۰/۴۲۸	۲۸/۷۶۵	۰/۴۶۳	۰/۷۰۴	۰/۳۶۴	۰/۲۶۶	۴/۷۰۴	۰/۱۲۱
۶	۱/۹۹۳^{g}	۰/۷۹۱^{ns}	۰/۸۵۸	۰	۰/۱۶۹	۲۰/۶۲۳	۰/۱۷۳	۰/۸۵۹	۰/۲۲۷	۰/۲۸۳	۱/۸۵۹	۰/۳۰۱
۷	۲/۱۳۶^{efg}	۱/۰۱۶^{ns}	۰/۷۸۳	۰/۰۵۲	۰/۳۱۶	۲۶/۳۲۶	۰/۳۳۸	۰/۴۷۸	۰/۳۰۵	۰/۲۷۳	۳/۴۷۸	۰/۲۴۱
۸	۲/۱۸۲^{cdef}	۰/۸۸۸^{ns}	۰/۸۲۶	۰/۰۱۵	۰/۲۲۶	۲۱/۷۷۵	۰/۲۳۶	۰/۴۸۵	۰/۲۵۷	۰/۲۷۹	۲/۴۸۵	۰/۱۷۵
۹	۲/۲۴۳^{bcdef}	۱/۱۰۹^{ns}	۰/۶۶۹	۰/۱۲۹	۰/۴۳۵	۲۹/۳۷۷	۰/۴۷۱	۰/۷۸۰	۰/۳۶۷	۰/۲۶۵	۴/۷۸۰	۰/۲۲۸
۱۰	۱/۹۹۶^{g}	۰/۹۰۹^{ns}	۰/۸۳۴	۰/۰۲	۰/۲۳۹	۲۴/۴۹۰	۰/۲۵۱	۰/۶۳۱	۰/۲۶۴	۰/۲۷۸	۲/۶۳۱	۰/۳۱۹
۱۱	۲/۲۵۰^{bcde}	۰/۹۶۲^{ns}	۰/۶۹۷	۰/۰۷۷	۰/۳۱۴	۲۴/۸۹۸	۰/۳۳۵	۰/۴۵۳	۰/۳۰۴	۰/۲۷۳	۳/۴۵۳	۰/۱۵۷
۱۲	۲/۲۵۷^{bcde}	۰/۹۱۶^{ns}	۰/۸۳۷	۰/۰۱۶	۰/۲۳۹	۲۱/۶۴۴	۰/۲۵۱	۰/۶۲۶	۰/۲۶۴	۰/۲۷۸	۲/۶۲۶	۰/۱۴۵
۱۳	۲/۴۲۶^{a}	۰/۹۸۱^{ns}	۰/۸۶۷	۰/۰۱۱	۰/۲۶۲	۲۱/۱۱۲	۰/۲۷۷	۰/۸۸۷	۰/۲۷۷	۰/۲۷۷	۲/۸۸۷	۰/۰۶۸
۱۴	۲/۲۸۹^{abcd}	۰/۸۲۲^{ns}	۰/۴۷۵	۰/۱۶۷	۰/۳۳۷	۲۵/۳۵۶	۰/۳۶۱	۰/۷۰۶	۰/۳۱۶	۰/۲۷۲	۳/۷۰۶	۰/۱۹۷
۱۵	۲/۱۸۲^{cdef}	۰/۹۲۸^{ns}	۰/۸۹۷	۰	۰/۲۲۸	۲۱/۸۶۴	۰/۲۳۸	۰/۵۰۴	۰/۲۵۸	۰/۲۷۹	۲/۵۰۴	۰/۱۷۳
۱۶	۲/۰۹۲^{fg}	۰/۸۶۳^{ns}	۰/۶۹۲	۰/۰۵۹	۰/۲۵۵	۲۴/۱۱۹	۰/۲۶۹	۰/۸۰۲	۰/۲۷۲	۰/۲۷۷	۲/۸۰۲	۰/۲۵۵
۱۷	۲/۱۳۳^{efg}	۰/۹۶^{ns}	۰/۶۷۸	۰/۰۹۹	۰/۳۳۳	۲۷/۰۴۹	۰/۳۵۷	۰/۶۶۵	۰/۳۱۴	۰/۲۷۲	۳/۶۶۵	۰/۲۷۳
۱۸	۲/۳۱۷^{abcd}	۱/۱۱۷^{ns}	۰/۹۳۰	۰	۰/۳۲۰	۲۴/۴۱۱	۰/۳۴۲	۰/۵۱۹	۰/۳۰۷	۰/۲۷۳	۳/۵۱۹	۰/۱۱۸

bi: ضریب رگرسیون، R^2_i: ضریب تشخیص، S^2_{di}: انحراف از خط رگرسیون، S^2_{Gi}: واریانس محیطی، CV_{Gi}: ضریب تغییرات محیطی، σ^2_i: واریانس شوکلا، W^2_{Gi}: اکووالانس ریک، Θ_i: پلیستد- پترسون، $\Theta_{(i)}$: پلیستد، D^2_{GI}: شاخص مطلوبیت، P_i: شاخص برتری.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.57]

بدوئی و همکاران در بررسی ارقام جو زمستانه بر اساس این دو پارامتر ارقام نصرت، ماکوئی و زرجو را به‌عنوان پایدارترین ارقام معرفی کردند (۵). ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۱، ۱۷ و ۱۵ براساس پارامتر ضریب رگرسیون فینلی- ویلکینسون پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. هرچند ضریب رگرسیون هیچ ژنوتیپی با یک اختلاف معنی‌دار نداشت. بر اساس پارامتر پایداری هانسون ژنوتیپ‌های ۱، ۶، ۸، ۱۵ و ۱۲ دارای کمترین مقدار و در نتیجه پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند (جدول ۵). این روش مشابه اکووالانس ریک می‌باشد با این تفاوت که از طریق رگرسیون محاسبه می‌شود. با توجه به این‌که ضرایب رگرسیون پایین نشان‌دهنده پایداری اختصاصی به محیط‌های کم‌بازده است، بنابراین این نوع پایداری مفهومی مشابه با پایداری‌های تیپ I و II دارد و بسته به شرایط آزمایش می‌تواند در هریک از این دو گروه قرار گیرد.

بر اساس مقادیر ضریب تبیین، ژنوتیپ‌های ۱۸، ۱۵، ۵، ۱۳ و ۶ دارای بالاترین ضریب تبیین بودند (جدول ۵). مقادیر پارامتر ابرهارت-راسل نشان داد که کمترین میانگین مربعات انحرافات رگرسیونی مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۸، ۱۵، ۶، ۸ و ۱۳ می باشد (جدول ۵) با توجه به این‌که از نظر روش ضریب رگرسیون و باقی‌مانده رگرسیونی نیز ژنوتیپ‌های ۱۳ وضعیت مطلوبی داشت، بنابراین می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ ایده‌آل براساس پارامترهای میانگین عملکرد، مقدار شیب رگرسیون، میزان انحراف از رگرسیون و مقدار ضریب تبیین معرفی گردد. ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱، ۲، ۱۸ و ۵ از لحاظ شاخص برتری (Pi) لین و بینز دارای کمترین مقدار و ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند. این ژنوتیپ‌ها از نظر میانگین عملکرد در سطح بالایی قرار داشتند. این روش نیز ژنوتیپ‌های پرمحصول را پایدار می‌داند و به‌عبارت دیگر، بیشتر بر پایداری دینامیک یا زراعی گرایش دارد (۱۱). به بیان دیگر، شاخص برتری لین و بینز در مطالعه حاضر نیز از ماهیت زراعی برخوردار بوده و تعیین پایداری بر این اساس، منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار می‌گردد. محققین پارامترهای ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک و واریانس درون مکانی را وراثت‌پذیر معرفی نمودند و گزارش دادند که نسبت به پارامترهای واریانس پایداری شوکلا و واریانس محیطی از اعتماد بیشتری برخوردارند (۲۱). هدف نهایی این پژوهش معرفی رقمی با پایداری بالا بود که دارای متوسط عملکرد دانه‌ی بالاتر از رقم‌های شاهد ماهور و خرم بوده و مناسب کشت در مناطق گرم و مرطوب کشور باشد. در این راستا از روش‌های مختلف تجزیه پایداری استفاده شد. ولی هرکدام از روش‌ها نتایج متفاوتی ارایه می‌کنند که تصمیم‌گیری نهایی را با مشکل مواجه می‌کند. لذا، برای تجمیع نتایج همه شاخص‌های به‌کار برده شده در این تحقیق و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)، استفاده شد. مقدار شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)، بین صفر و یک متغیر است. در رتبه‌بندی، ژنوتیپ‌های با مقادیر SIIG نزدیک به یک، برترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های با مقادیر SIIG نزدیک به صفر، جزو ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته می‌شوند. در واقع شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل، یک روش انتخاب هم‌زمان می‌باشد که کارایی گزینش را افزایش می‌دهد. نتایج حاصل از روش SIIG و رتبه‌بندی نشان داد که ارقام شاهد خرم و ماهور و ژنوتیپ‌های ۱۳ و ۶ دارای بیشترین مقدار SIIG و پایدارترین ژنوتیپ‌ها می‌باشند. ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۵ و ۹ به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۶). ارقام شاهد و ژنوتیپ ۱۳ با داشتن عملکرد بالا دارای پایداری زراعی بوده و مناسب برای مناطق پربازده هستند. عملکرد ژنوتیپ ۱۳ از ارقام شاهد نیز بیشتر بود. ژنوتیپ ۶ با وجود پایداری بالا دارای کمترین عملکرد بود و پایداری آن از نوع بیولوژیکی بوده و مناسب برای مناطق کم بازده می‌باشد.

جدول ۶- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های جو بر اساس شاخص SIIG

Table 6. Classification of barley genotypes based on SIIG Index

Genotype	d^+	d^-	SIIG	Rank	Genotype	d^+	d^-	SIIG	Rank
۱	۵/۳۴۰	۱۰/۲۹۰	۰/۶۵۸۳۱۷	۲	۱۰	۲۴/۸۰۴	۳۵/۳۴۸	۰/۵۸۷۶۴۹	۱۲
۲	۷/۴۱۶	۲۷/۰۸۳	۰/۷۸۸۷۰۴	۱	۱۱	۲۵/۳۹۲	۳۶/۲۱۵	۰/۵۸۷۸۳۲	۱۰
۳	۲۶/۸۷۵	۲۸/۲۸۶	۰/۵۸۷۵۵۸	۱۵	۱۲	۲۲/۰۲۱	۳۱/۴۴۶	۰/۵۸۸۱۳۹	۵
۴	۲۹/۹۳۷	۴۲/۶۰۶	۰/۵۸۷۳۱۹	۱۸	۱۳	۲۱/۵۷۶	۳۰/۸۲۷	۰/۵۸۸۲۶۴	۳
۵	۲۹/۵۲۲	۴۲/۰۱۸	۰/۵۸۷۳۴۱	۱۷	۱۴	۲۵/۸۹۶	۳۶/۹۵۷	۰/۵۸۷۹۸۵	۸
۶	۲۰/۸۶۰	۲۹/۷۹۲	۰/۵۸۸۱۷۵	۴	۱۵	۲۲/۲۱۰	۳۱/۶۹۸	۰/۵۸۸۰۰۲	۷
۷	۲۶/۷۹۵	۳۸/۱۷۳	۰/۵۸۷۵۶۱	۱۴	۱۶	۲۴/۴۷۱	۳۴/۹۰۵	۰/۵۸۷۸۶۸	۹
۸	۲۲/۱۱۴	۳۱/۵۷۴	۰/۵۸۸۰۹۹	۶	۱۷	۲۷/۵۴۴	۳۹/۲۴۱	۰/۵۸۷۵۷۴	۱۳
۹	۲۰/۱۲۶	۴۲/۸۹۵	۰/۵۸۷۴۲۸	۱۶	۱۸	۲۴/۹۵۱	۳۵/۵۶۶	۰/۵۸۷۷۰۳	۱۱

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.57]

منابع

1. Abate, F., F. Mekbib and Y. Dessalegn. 2015. GGE biplot analysis of multi-environment yield trials of durum wheat (*Triticum turgidum desf.)* genotypes in north western Ethiopia. American Journal of Experimental Agriculture, 8(2): 120-129.
2. Akcura, M., Y. Kaya, S. Taner and R. Ayranci. 2006. Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. Plant Soil and Environment, 52(6): 254-261.
3. Ali, N., M.S. Nawaz, M.Y. Mirza and G.R. Hazara. 2001. Stability analysis for pod yield in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Pakistan Journal of Botany, 33: 191-196.
4. Alizadeh, B. and A. Tarinejad. 2002. The study of yield stability in barely cultivars and advanced lines. In: Proceedings of 7th Congress of Agronomy and Plant Breeding, 24-26 Aug., Karaj, Iran, 424 pp (In Persian).
5. Badooei Delfard, R., K.H. Mostafavi and A. Mohammadi. 2016. Genotype-Environment Interaction and Yield Stability of Winter Barley Varieties (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Crop Breeding, 20:99-106.
6. Comstock, R.E. and RH. Moll. 1963. Genotype-environment interactions, 164-196. In: Hanson, WD., Robinson, HF. (Eds.), Statistical genetics and plant breeding, National Academy of Science-National Research Council Publishing NAS-NRC, Washington, D.C.
7. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
8. Elias, A.A., K.R. Robbins, R.W. Doerge and M.R. Tuinstra. 2016. Half a century of studying genotype × environment interactions in plant breeding experiments. Crop Science, 56: 2090-2105.
9. Farshadfar, E., N. Mahmodi and A. Yaghotipoor. 2011. AMMI stability value and simultaneous estimation of yield and yield stability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Australian Journal of Crop Science, 5: 1837-1844 (In Persian).
10. Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Australian Journal of Agricultural Research, 14: 742-754.
11. Flores, F., M.T. Moreno and J.I. Cubero. 1998. A comparison of univariate and multivariate methods to analyze G × E interaction. Field Crop research, 56: 271-286.
12. Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize: I. A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58: 1029-1034.
13. Gauch, H.G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometrics, 44: 705-715.
14. Hajimohammadali Jahromi, M., M. Khodarahmi, A.R. Mohammadi and A. Mohammadi. 2011. Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in southern warm and dry agro-climatic zone of Iran. Iranian Journal of Crop Sciences, 13(3): 565-579 (In Persian).
15. Hanson, W.D. 1970.Genotypic stability. Theoretical and Applied Genetics, 40: 226-231.
16. Jahromi, M.A., M. Khodarahmi, A.R. Mohammadi and A. Mohammadi. 2011. Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in southern warm and dry agro-climatic zone of Iran. Iranian Journal of Crop Sciences, 13: 565-579 (In Persian).
17. Karimizadeh, R., M. Mohammadi, N. Sabaghnia, A.A. Mahmoodi, B. oustami, F. Seyyedi and F. Akbari. 2013. GGE biplot analysis of yield stability in multi-environment trials of lentil genotypes under rainfed condition. Notulae Scientia Biologicae, 5: 256-262.
18. Kaya, Y. and E. Ozer. 2014. Parametric stability analyses of multi-environment yield trials in triticale (*Triticosecale Wittmack*). Genetika, 46(3): 705-718.
19. Khalili, M. and A. Pour-Aboghadareh. 2016. Parametric and non-parametric measures for evaluating yield stability and adaptability in barley doubled haploid lines. Journal of Agricultural Science and Technology, 18(3): 789-803.
20. Kilic, H., M. Akcura and H. Aktas. 2010. Assessment of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in multi-environments. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 38(3): 271-279.
21. Lin, C.S. and M.R. Binns. 1988. A method of analyzing cultivar × location × year experiments: a new stability parameter. Theoretical and Applied Genetics, 76: 425-430.
22. Lin, C.S., M.R. Binns and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Science, 26: 894-900.
23. Naveed, M., N. Mukhtar, J. Farooq, M. Ilyas and N. Ul Islam. 2006. Evaluation of some new strains of Gossypium hirsutum L. for yield stability across environments. International Journal Agricultural Science, 12: 1813-2235.
24. Perkins, J.M. and J.L. Jinks. 1968. Environmental and genotype-environmental components of variability. Heredity, 23: 339-356.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.57]

25. Pham, H.N. and M.S. Kang. 1988. Interrelationship among and repeatability of several stability statistics estimated from international maize trials. Crop Science, 28: 925-928.
26. Pinthus, J.M. 1973. Estimate of genotype value: a proposed method. Euphytica, 22: 121-123.
27. Plaisted, R.L. 1960. A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. American Potato Journal, 37: 166-172.
28. Plaisted, R.L. and L.C. Peterson. 1959. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. American Potato Journal, 36: 381-385.
29. Ramzi, E., A. Asghari, S. Khomari and H. Mohammaddoust Chamanabad. 2018. Investigation of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* Desf) lines for tolerance to aluminum stress condition. Journal of Crop Breeding, 25: 63-72 (In Persian).
30. Rashid, A., G.R. Hazara, N. Javed, M.N. Nawaz and G.M. Ali. 2002. Genotype×Environment Interaction and Stability Analysis in Mustard. Asian Journal Plant Science, 5: 591-592.
31. Reynolds, M.P., E. Quilligan, P.K. Aggarwal, K.C. Bansal, A.J. Cavalieri, S.C. Chapman, S.M. Chapotin, S.K. Datta, E. Duveiller, K.S. Gill, K.S.V. Jagadish, A.K. Joshi, AK. Koehler, P.K. Srivalli, K.R. Lafitte, R.S. Mahala, R. Muthurajan, A.H. Paterson, B.M. Prasanna, S. Rakshit, M.W. Rosegrant, I. Sharma, R.P. Singh, S. Sivasankar, V. Vadez, R. Valluru, P.V.V. Prasad and O.M. Yadav. 2016. An integrated approach to maintaining cereal productivity under climate change. Global Food Security, 8: 9-18.
32. Richard, M.J., R.W. Zobel and H.G. Guach. 1988. Statistical analysis of yield trials. Agronomy Journal, 80: 388-393.
33. Roy, D. 2000. Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International Ltd. U.K.
34. Shah Mohammai, M., H. Dehghani and M. Yousefi. 2005. Stability analysis of barley genotypes for cold zones in Iran. Agricultural and Natural Resources Sciences and Technology, 9(1): 143-154 (In Persian).
35. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype × environmental components of variability. Heredity, 29: 237-245.
36. Sial, M.A., M.A. Arain and M. Ahmad. 2000. Genotype × Environment interaction on bread wheat grown over multiple sites and years in Pakistan. Pakistan Journal of Botany, 32: 85-91.
37. Soughi. H., M. Vahab Zadeh, M. Kalateh Arabi, J. A. JafarBay, S. Khavari Nezhad, M. Ghasemi, H. Falahi and A. Amini. 2009. Study on grain yield stability of some promising bread wheat lines in northern warm and humid climate of Iran. Seed Plant Improvment Journal, 25(1): 211-222 (In Persian).
38. Taherian, M., M. Bihamta, A. Peyghambari, H. Alizadeh and A. Rasoulnia. 2019. Stability analysis and selection of salinity tolerant barley genotype. Journal of Crop Breeding, 11(29): 93-103.
39. Tai, G.C.C. 1971. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. Crop Science, 11: 184-190.
40. Vaezi, B. and J. Ahmadi. 2010. Assessment of genotype × environment interaction and stability of yield in advanced barley lines in rainfed conditions. Iranian Journal of Agricultural, 41: 395-402 (In Persian).
41. Wrick, G. 1962. Uber eine methode zur erfassung der okologischen streubreite in feld versuchen. Zeits Chrift Für Pflanzenzuechtung, 47: 92-96.
42. Yan, W. and L.A. kang. 2003. GGE Bioplot Analysis: A graphical Tool for Breeders, Geneticists and Agronomist. CRC Press, Boca Raton, FL.
43. Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo, A. Asghari and S.M. Hoseini. 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. Biological Forum – An International Journal, 7(2): 703-711.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.57]

Evaluation of Grain Yield Stability and Genotype- Environment Interaction of Barley Promising Lines in Warm and Humid Regions of the Country

Elnaz Ramzi[1], Ali Asghari[2], Omid Sofalian[3], Asghar Mehraban[4] and Asghar Ebadi[5]

1- PhD. Student, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili
2- Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, (Corresponding Author: ali_asgharii@yahoo.com)
3- Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili
4- Assistant Professor, Moghan Agricultural Research Center
5- Assistant Professor, University of Mohaghegh Ardabili
Received: April 1, 2020 Accepted: October 4, 2020

Abstract

In order to investigation of genotype - environment interaction is essential for selecting compatible and stable genotypes in plant breeding. For this order analysis of genotype × environment interaction and identify barley stable genotypes for warm and humid regions, this study conducted in a randomized complete block design with 4 replications and 16 genotypes with two check cultivars in Gachsaran, Moghan, Khorramabad and Gonbad regions for three years (2018-2020). Results of combined analysis of variance for grain yield showed that the effects of genotype and genotype × environment interaction were significant. In order to evaluate yield stability, parametric methods including variance and regression-based methods were used. Results showed that the genotypes 1, 3, 6 and 8 using variance-based methods and the genotypes 1, 6, 12, 13 and 15 using regression-based methods were stable genotypes. Because of different result that obtained from stability analysis methods, the SIIG index was used for grouping of genotypes based on all stability parameters. The check variety of Khorram and Mahoor and genotype 13 and 6 had the highest value of SIIG index and were the most stable genotypes. Genotypes 3, 4, 5 and 9 were the most unstable genotypes. The check varieties and genotype 13 with the high yield had the high agronomic stability and are suitable for high yield areas. Despite of high stability, genotype 6 had the lowest yield and its stability is biological type and thus is suitable for low yield areas.

Keywords: Barley promising line, Stability analysis, SIIG index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/jcb.12.36.57]