دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و پایداری عملکرد دانه ارقام جو زمستانه

روح‌اله بدوئی دلفارد[۱]، خداداد مصطفوی[۲] و عبداله محمدی[۳]

۱ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران
۲ - دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران، (نویسنده مسوول: mostafavi@kiau.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱۴

چکیده

به منظور تعیین پایداری و بررسی عکس‌العمل ارقام جو زراعی به شرایط اقلیمی مختلف از نظر عملکرد دانه، ده رقم جو در پنج منطقه شامل کرج، بیرجند، کاشمر، شیراز و سنندج مورد بررسی قرار گرفتند. ارقام مورد بررسی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ کشت و ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای عملکرد دانه معنی‌دار می‌باشد. به منظور بررسی پایداری ارقام، پارامترهای پایداری شامل واریانس محیطی، واریانس پایداری شوکلا، اکووالانس ریک، ضریب تغییرات لین و بینز و آماره پایداری ضریب تغییرات مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس این روش‌ها در مجموع ارقام نصرت، ماکوئی و گرگان دارای عملکردی مناسب و از پایداری بیشتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بودند. نمودار GGE biplot مورد نظر برای صفت عملکرد دانه ۹۱/۵٤ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود. براساس این روش به ترتیب ارقام استرین، گرگان، کویر و نصرت دارای بیشترین عملکرد دانه و پایداری بودند. در مقابل، ارقام ریحان و زرجو از عملکرد و پایداری کمتری برخوردار بودند. در رابطه با صفت عملکرد دانه مناطق مورد بررسی به دو ابرمحیط تقسیم شدند. ابر محیط اول شامل کرج و بیرجند و ابرمحیط دوم شامل شیراز، سنندج و کاشمر بود. ابر محیط دوم به دلیل اینکه تعداد ارقام با عملکرد بالای بیشتری را در خود جای داده بود بهترین ابرمحیط تشخیص داده شد. محیط‌های کرج، سنندج و شیراز از قدرت تمیز بیشتری برای تشخیص ارقام برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: ابرمحیط، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، روش GGE biplot

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از مهم‌ترین غلات می‌باشد که بعد از گندم بیشترین سطح زیر کشت را در ایران به خود اختصاص داده است. این محصول دارای دامنه انتشار و سازش اقلیمی وسیعی بوده به طوری که گسترده‌ترین دامنه کشت در این گیاه دیده می‌شود.

در شرایط تولید محصول، افزایش سود خالص که یکی از اهداف مهم تولید محصولات می‌باشد از طریق افزایش عملکرد دانه انجام می‌شود. در مناطقی که دارای آب و هوای متغیر می‌باشند و می‌تواند تولید محصول را در تحت تأثیر قرار دهد افزایش پایداری تولید محصول یکی از اهداف مهم در کشاورزی می‌باشد (۲۱).

اثر متقابل ژنوتیپ و محیط همواره یکی از موضوعات مهم، پیچیده و مورد توجه اصلاح کنندگان نبات بوده است. روش‌های متعددی به منظور تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و برآورد ارقام پایدار، پیشنهاد شده است که هر کدام از آنها تحت شرایط خاصی قابل استفاده می‌باشند، اما روشی که بتواند اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را بطور کامل برآورد نماید و از طرف دیگر مورد توافق محققان باشد هنوز ابداع نشده است (۴). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد، بطوری که معنی‌دار بودن این اثر به معنی تغییر در رتبه ژنوتیپ‌ها یا تفاوت عملکرد بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد (۱۰). آگاهی از اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به اصلاح کنندگان نبات کمک می‌کند تا در ارزیابی ژنوتیپ‌ها دقت و توجه بیشتری نموده و ژنوتیپ‌هایی را برای هر یک از محیط‌های مورد نظر توصیه نمایند که ضمن تولید عملکرد بالا از ثبات و پایداری عملکرد بیشتری نیز برخوردار باشند.

محیط به مجموعه شرایط خارجی اطلاق می‌شود که رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بافت خاک، اسیدیته، عمق خاک، مواد آلی، حاصلخیزی، بیماری‌ها و حشرات تغییرات مربوط به خودشان را در محیط ایجاد می‌کنند. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نیز پاسخ یک واریته به تغییرات موجود در محیط می‌باشد (۵). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط یکی از موضوعات اساسی در مطالعات اصلاح نباتات می‌باشد و خود باعث ایجاد روش‌های متفاوتی برای بهبود ژنتیکی گیاهان می‌شود. این موضوع یک نگرانی همیشگی برای اصلاح کنندگان نبات محسوب می‌شود و بویژه زمانی که اثر متقابل ژنوتیپ و محیط شدید باشد گزینش و توصیه ارقام پایدار را با مشکل مواجه و پیشرفت گزینش را کند می‌کند (۱۷). زمانی که اثر متقابل ژنوتیپ و محیط کم باشد دو راه جهت توسعه ارقام وجود دارد: اول تقسیم مناطق مورد بررسی به نواحی کوچکتر و همگن که ارقام دارای سازگاری خصوصی در آن کشت شوند و دوم ایجاد ارقامی با دامنه سازگاری وسیع که بتوان آنها را در مناطق مختلفی کشت نمود. ارقام ایده‌آل ارقامی با عملکرد دانه بالا و سازگاری مناسب به دامنه وسیعی از شرایط محیطی هستند (۲۵). ارزیابی ارقام در محیط‌های مختلف باید به گونه‌ای طراحی شوند که امکان گزینش بهترین ارقام برای هر یک از محیط‌ها وجود داشته باشد و سپس بتوان ابرمحیط[۱]ها را در صورت وجود مشخص نمود (۲۷).

1- Mega-environment

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

از جمله روش‌های تک متغییره مبتنی بـر تجزیـه واریـانس می‌توان ضریب تغییرات، اکـوالانس ریـک، واریـانس پایـداری شوکلا و ضریب تغییرات درون مکانی لین و بینز را نام برد.

گاش روش‌های آماری متداول از قبیل تجزیه واریانس، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رگرسیون خطی را با هم مقایسه نمود تا نشان دهد این روش‌ها، روش‌های مؤثری جهت تجزیه داده‌های چند محیط نمی‌باشند (۸).

روش بای‌پلات ابزاری بسیار مفید جهت ارزیابی چشمی و تفسیر پاسخ الگوی ارقام، محیط‌ها و اثر متقابل آنها می‌باشد. بای‌پلات نمایش گرافیکی و ارائه رفتار همزمان دو متغییر می‌باشد. این روش برای اولین بار توسط گابریل پیشنهاد گردید (۷) و روش گرافیکی مناسب آن جهت تجزیه داده‌های با حجم زیاد توسط سایر محققین معرفی شد (۸، ۱۹). اثر ژنوتیپ (G) و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (G × E) که در مجموع آنها را بصورت GGE نشان می‌دهند فاکتورهای مهمی در گزینش ارقام می‌باشند. این فاکتورها بصورت گرافیکی توسط روشGGE biplot برآورد شده و در این روش، هم ارقام و هم محیط‌ها بصورت چشمی نمایش داده می‌شوند (۲۷،۲۶). ویژگی منحصر به فرد این مدل گروه‌بندی محیط‌هایی است که دارای رفتار مشابهی بوده‌اند و بصورت گرافیکی می‌تواند مشخص نماید کدام رقم در کدام محیط یا زیر گروه از پتانسیل بالاتری برخوردار است.

آبای و بجرنستاد پایداری عملکرد ده رقم جو را در ۲۱ محیط با استفاده از روش رگرسیون و GGE biplot مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که نتایج بدست آمده از روش رگرسیون ابرهارت و راسل مطابقت بالایی با روش چند متغیره GGE biplot دارد (۱).

واعظی و احمدی با بررسی پایداری ۱۸ ژنوتیپ جو در چهار مکان به مدت سه سال توانستند با استفاده از مدل‌های رگرسیونی فینلی و ویلکینسون و ابرهارت و راسل ژنوتیپ‌های مغان، گچساران و ایزه را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار برای چهار مکان مورد آزمایش معرفی نمایند (۲۳).

اکبرپور و همکاران در مطالعه‌ای با هدف بررسی پایداری عملکرد ۱۸ لاین امیدبخش و ارقام شاهد جو در هشت ناحیه سرد کشور و طی دو سال زراعی از روش‌های رگرسیونی فینلی و ویلکینسون و ابرهارت و راسل استفاده و لاین‌های مناسب را از نظر پایداری عملکرد مشخص نمودند (۲).

تقی‌زاده و همکاران با بررسی پایداری ارقام جو سردسیر با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره طی دو سال نشان دادند که ارقام EC88-07 و EC86-10 از پایداری عملکرد بیشتری برخوردارند (۲۲).

کریمی‌زاده و همکاران به منظور تعیین برترین ژنوتیپ جو در مناطق دیم نیمه‌گرمسیر چندین روش تک متغیره و چند متغیره را برای تجزیه داده‌های عملکرد دانه مورد استفاده قرار دادند و بیان داشتند که ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون و آماره ابرهارت و راسل همبستگی بالایی با رتبه میانگین داده‌های عملکرد دارد (۱۲).

کلاته‌جاری و همکاران با مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در ارقام آزاد گرده‌افشان آفتابگردان نشان دادند که محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ با محیط به ترتیب بیشترین سهم از مجموع مربعات کل داده‌ها را به خود اختصاص می‌دهند (۹).

شجاعی و همکاران در مطالعه‌ای ده رقم کلزا را در چهار منطقه ارزیابی و با استفاده از روش GGE biplot ضمن مشخص نمودن ابرمحیط‌ها ارقام را از نظر پایداری، سازگاری عمومی و سازگاری خصوصی رتبه بندی نمودند (۱۸).

هدف از تحقیق حاضر مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در ارقام جو و تعیین سازگاری عمومی و خصوصی ده رقم جو در مناطق مختلف (کرج، بیرجند، شیراز، کاشمر و سنندج) طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و مقایسه پتانسیل عملکرد ارقام مختلف بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ده رقم جو در پنج منطقه شامل کرج، شیراز، بیرجند، کاشمر و سنندج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. مشخصات زراعی و فنی اجرایی طرح در کلیه مناطق یکسان بود. هر کرت آزمایشی شامل ۴ ردیف به طول ۲ متر و به فاصله ۳۰ سانتی‌متر بود که جهت محاسبه عملکرد دانه از دو ردیف وسط استفاده شد. کشت به صورت جوی و پشته و آبیاری به طور متداول انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و فاروکشی بود و عملیات کاشت به صورت دستی انجام گرفت. در طول فصل رشد و نمو عملیات زراعی به طور مرتب انجام شد. ارقام مورد بررسی شامل گرگان ۴، ریحان، کویر، نصرت، نیمروز، والفجر، ماکوئی، زرجو، گرگان و استرین بود. مشخصات جغرافیایی مکان‌های آزمایش شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا در جدول ۱ ارائه شده است.

روش‌های آماری مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، آزمون بارتلت برای بررسی همگنی واریانس بین مکان‌ها انجام گرفت. تجزیه واریانس مرکب روی داده‌های چند سال برای عملکرد دانه انجام شد.

روش‌های تجزیه پایداری تک متغیره بر مبنای تجزیه واریانس، شامل آماره واریانس پایداری در روش شوکلا (۲۰)، آماره پایداری اکووالانس در روش ریک (۲۴)، آماره پایداری ضریب تغییرات در روش فرنسیس و کانبرگ (۶)، واریانس درون مکانی لین و بینز (۱۵) و واریانس محیطی رومر (۱۶) محاسبه شدند. همچنین از روش چند متغیره GGE biplot برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده گردید. به منظور تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزارهای SAS (Ver. 9.1) و GenStat (Ver. 12) استفاده شد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی مکان‌های اجرای آزمایش

Table 1. Geographical charastictics for trial locations

	Karaj	Kashmar	Birjand	Shiraz	Sanandaj
Latitude	35˚ 50′ N	35˚ 24′ N	32˚ 89′ N	29˚ 61′ N	35˚ 19′ N
Longittute	51˚ 00′ E	58.46˚ E	59.24˚ E	52.53˚ E	46˚ 59′ E
Elevation (m)	1360	1065	1503	1531	1852

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین ارقام مورد بررسی از نظر عملکرد دانه تفاوت قابل توجهی وجود دارد. اثر متقابل رقم و مکان نیز معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن این عامل نشان می‌دهد که تغییرات ارقام از نظر عملکرد دانه از یک مکان به مکان دیگر متفاوت بوده است به عبارتی تغییرات عملکرد در بین ارقام مورد بررسی در مکان‌های مختلف روند یکسانی نداشته است (جدول ۲).

در مطالعه‌ای که توسط واعظی و احمدی روی لاین‌های پیشرفته جو انجام شد نیز اثر متقابل ژنوتیپ و مکان معنی‌دار بود (۲۳). در مطالعات کنگ و همکاران که بر روی پنج ژنوتیپ ذرت انجام شد نیز اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در تمام آزمایش‌ها معنی‌دار گزارش شد. این محققین خاطر نشان کردند زمانی که اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معنی‌دار است انتخاب براساس عملکرد به تنهایی کافی نمی‌باشد (۱۱).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ارقام جو در محیط‌های مختلف.

Table 2. Combine analysis of variance for kernel yield in barley varieties.

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
محیط	۴	۸۲۲۶۲/۲۶	۲۰۵۶۵/۵۶^{ns}
خطای اول (خطای a)	۱۰	۱۸۷۲۳۰/۶۲	۱۸۷۲۳/۰۶*
رقم	۹	۱۰۹۵۶۰۳/۱۷	۱۲۱۷۳۳/۶۹**
واریته × محیط	۳۶	۷۳۸۳۲۱/۶۰	۲۰۵۰۸/۹۳**
خطای دوم	۹۰	۸۵۰۹۳۶/۵۵	۹۴۵۴/۸۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۹/۶۴	

شاخص‌های پایداری نوع اول

نتایج حاصل از واریانس محیطی و ضریب تغییرات که از پارامترهای تیپ یک به شمار می‌روند، در جدول ۳ ارائه شده است. در روش واریانس محیطی پایدارترین ژنوتیپ‌ها کمترین میزان واریانس را دارا می‌باشند. بر این اساس ارقام نصرت، ماکوئی و زرجو پایدارترین ارقام بودند. بیشترین واریانس محیطی مربوط به ارقام والفجر، گرگان و استرین بود که نشان‌دهنده نوسان عملکرد این ژنوتیپ‌ها در محیط‌های تحت آزمایش می‌باشد. نتایج ضریب تغییرات نشان داد که مشابه با روش واریانس محیطی ارقام نصرت، ماکوئی و زرجو از پایداری بالایی برخوردار می‌باشند. در میان این ارقام، رقم نصرت دارای میانگین عملکرد بالاتر از میانگین می‌باشد که مناسب‌ترین رقم شناخته شد (جدول ۳). علیزاده و تاری‌نژاد به منظور بررسی پایداری عملکرد لاین‌های امید بخش جو در شرایط آبی، هجده لاین پیشرفته جو را طی سه سال در منطقه مغان به همراه رقم شاهد منطقه مورد بررسی قرار دادند. این محققین لاین شماره ۱۲ با ضریب تغییرات ۹/۳۷ و انحراف معیار رتبه ۳۷۹ پایدارترین لاین معرفی نمودند (۳).

شاخص‌های پایداری نوع دوم

آماره‌های واریانس پایداری شوکلا و اکوالانس ریک بیانگر پایداری نوع دوم لین و همکاران (۱۴) می‌باشند. به منظور تعیین سهم هر ژنوتیپ از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و محاسبه آن به عنوان یک آماره پایداری، آماره اکوالانس ریک محاسبه شد. نتایج حاصل از رتبه‌بندی واریانس پایداری شوکلا و اکوالانس ریک نشان داد که این دو آماره شبیه به هم می‌باشند و ترجیحاً می‌توان از یکی از دو پارامتر استفاده کرد. بر این اساس ارقام نصرت، ماکوئی و زرجو پایدارترین ارقام بودند. از بین این ارقام نیز رقم نصرت به دلیل اینکه دارای عملکردی بالاتر از میانگین عملکرد ارقام می‌باشد رقم مناسب‌تری می‌باشد (جدول ۳). در مطالعه واعظی و احمدی نیز مطابقت بالایی بین نتایج روش واریانس محیطی و اکوالانس ریک وجود داشت به طوری که بر اساس هر دو روش ارقام یکسانی از نظر پایداری معرفی شدند (۲۳).

نتایج روش لین و بینز

لین و بینز روش میانگین مربعات سال‌های درون مکانی را پیشنهاد کردند (۱۳). آن‌ها عامل مکان را از محاسبه پایداری جدا کردند و واریانس بین سال‌های هر مکان را محاسبه نمودند و سپس از واریانس میانگین گرفتند. بر اساس نتایج این روش ارقام نصرت، ماکوئی و نیمروز به ترتیب دارای کمترین میزان ضریب تغییرات درون مکانی بودند و به عنوان ارقام پایدار شناخته شدند (جدول ۳). به عقیده لین و بینز پارامترهای ضریب تغییرات، واریانس محیطی و واریانس پایداری شوکلا بیشتر در ارتباط با اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بوده و ژنوتیپ‌هایی را که دارای پایداری بیولوژیک بوده ولی از عملکرد بالائی برخوردار نمی‌باشند گزینش می‌کنند. این محققین پارامترهای ضریب تغییرات محیطی، اکوالانس ریک و واریانس درون مکانی را وراثت‌پذیر معرفی نمودند و گزارش کردند که نسبت به پارامترهای واریانس پایداری شوکلا و واریانس محیطی از اعتماد بیشتری برخوردارند (۱۵). روش ضریب تغییرات محیطی به علت معرفی ارقامی که علاوه بر عملکرد بالا دارای پایداری بیولوژیکی خوبی هستند نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد.

نتایج روش GGE biplot برای عملکرد دانه

جهت بررسی و تفسیر تنوع ارقام، محیط‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ و مکان از تجزیه گرافیکی بای‌پلات نیز استفاده شد.

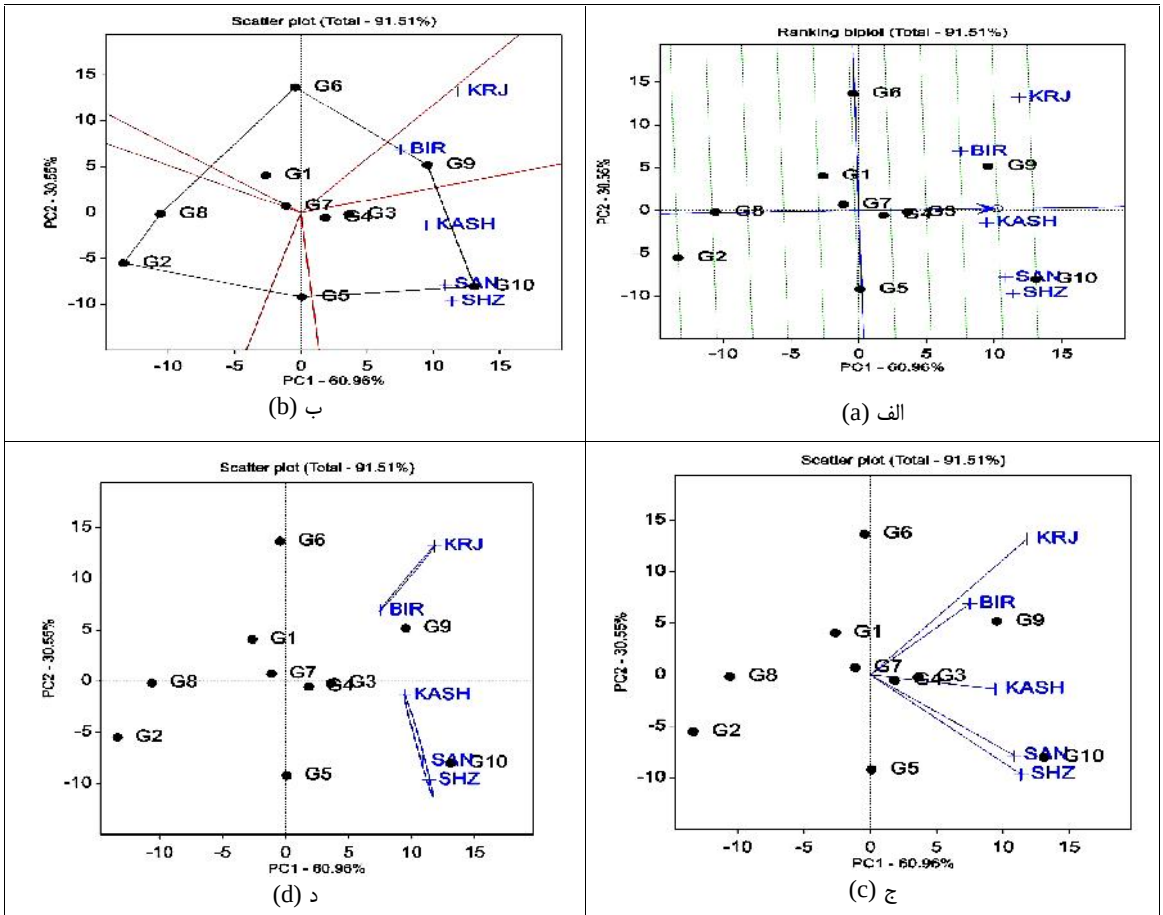
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

نمودار بای‌پلات در خصوص عملکرد دانه ۹۱/۵۱ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نمود (PC1= ۶۰/۹۶٪ و PC2= ۳۰/۵۵٪) (شکل ۱).

جدول ۳- پارامترهای پایداری عملکرد دانه ارقام جو

Table 3. Stability parameters for barley kernel yield

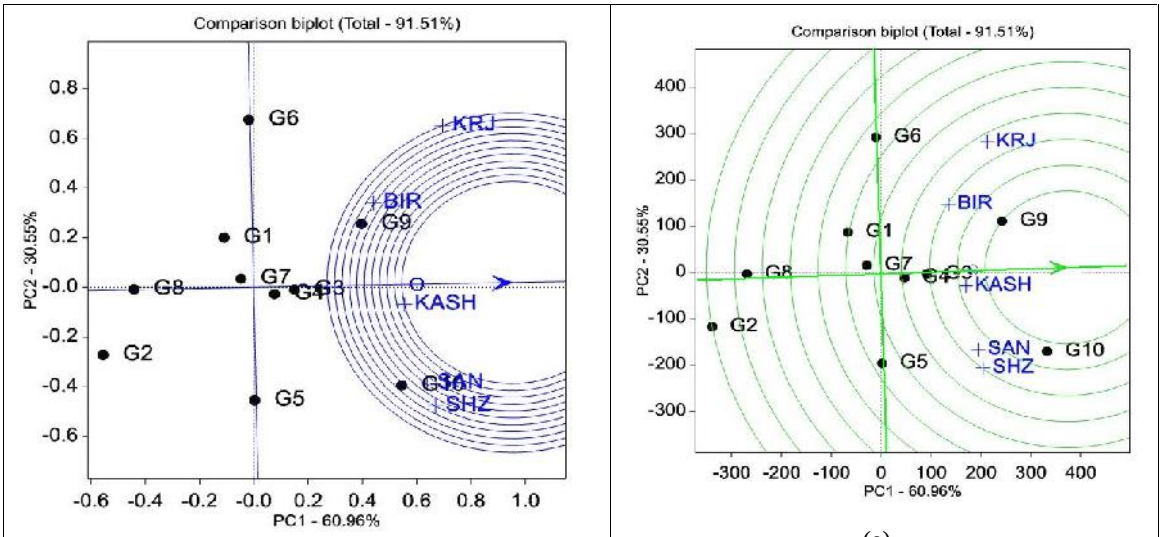
شماره رقم	نام رقم	میانگین عملکرد (گرم در متر مربع)	واریانس محیطی	ضریب تغییرات	واریانس پایداری شوکلا	اکووالانس ریک	ضریب تغییرات درون مکانی لین و بینز
۱	گرگان ۴	۴۰۹/۰۰	۳۸۱۹/۵۳	۱۴/۲۹	۱۷۵۶/۶۴	۸۳۵۵/۷۷	۳۰۲۵۲/۴۱
۲	ریحان	۳۱۶/۱۷	۱۷۵۸/۴۱	۱۳/۶۷	۲۹۶۰/۷۴	۱۲۲۰۸/۹۱	۶۷۸۲۲/۳۹
۳	کویر	۵۲۳/۷۹	۳۴۶۴/۶۴	۱۱/۵۰	۷۱۴۲/۹۴	۲۵۵۹۱/۹۴	۱۹۰۹۵/۳۱
۴	نصرت	۴۷۷/۰۸	۲۷۵/۱۱	۳/۴۴	۶۵۵/۱۸	۶۳۷/۹۴	۱۸۸۳۵/۱۶
۵	نیمروز	۴۷۰/۸۵	۷۵۷۸/۱۴	۱۸/۹۴	۱۱۳۲۵/۴۸	۳۸۹۷۶/۰۶	۲۶۶۵۲/۸۶
۶	والفجر	۴۲۱/۴۶	۲۶۰۵۳/۲۴	۳۵/۰۷	۲۵۹۸۲/۶۳	۸۵۸۷۸/۹۳	۳۲۱۶۶/۶۲
۷	ماکوئی	۴۳۹/۲۳	۹۳۲/۹۴	۶/۸۲	۶۵۵/۲۶	۶۳۷/۶۹	۲۵۶۲۰/۸۶
۸	زرجو	۳۲۸/۶۹	۸۷۵/۳۸	۸/۷۴	۸۳۹/۵۹	۴۷/۸۲	۵۵۴۲۴/۶۸
۹	گرگان	۵۳۸/۲۳	۱۳۵۴۹/۴۸	۲۰/۷۴	۹۶۹۳/۸۳	۳۳۷۵۴/۷۷	۷۶۵۵/۳۸
۱۰	استرین	۶۰۴/۶۹	۱۰۰۵۷/۰۹	۱۶/۶۵	۱۱۶۵۰/۸۸	۴۰۰۱۷/۳۴	۵۳۶۴/۶۸
میانگین عملکرد		۴۶۰/۳۸					



شکل ۱- نمودار بای‌پلات مربوط به صفت عملکرد دانه در متر مربع برای ارقام جو. محور افقی معرف اثر اصلی ژنوتیپ و محور عمودی نشان‌دهنده اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد. الف- تعیین موقعیت ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها با نمایش میانگین مکان‌ها جهت گروه‌بندی ارقام بر اساس میانگین عملکرد و پایداری. ب- نمایش چند وجهی به منظور تشخیص پاسخ ارقام به مناطق. ج- نمایش بردار مکان‌ها به منظور تعیین رابطه بین مناطق. د- تعیین ابرمحیط‌ها. ارقام با حرف و اعداد نشان داده شده‌اند که به ترتیب به صورت زیر می‌باشند: G1: گرگان ۴، G2: ریحان، G3: کویر، G4: نصرت، G5: نیمروز، G6: والفجر، G7: ماکوئی، G8: زرجو، G9: گرگان، G10: استرین.

Figure 1. Biplot graph for barley kernel yield. The horizontal axis represents the genotype main effects and vertical axis represents genotype by environment interaction effect. a- Genotypes and locations position with location average for varieties ranking base yield average and stability. b- Polygone view for investigation of varieties response to locations. c- Location vector for determination of location relationshipe. d- Determination of mega-environments. Varieties display with letters and number as below: G1: Gorgan4, G2: Rayhan, G3: Kavir, G4: Nosrat, G5: Nimrooz, G6: Valfajr, G7: Makuei, G8: Zarjou, G8: Gorgan, G9: Gorgan, G10: Strain.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]



(f) ه (e) و

شکل ۱- (ادامه)- نمودار بای‌پلات مربوط به صفت عملکرد دانه در متر مربع برای ارقام جو در پنج منطقه. و- رتبه‌بندی ارقام براساس رقم ایده‌آل. ه- رتبه‌بندی مکان‌ها بر اساس محیط ایده‌آل. ارقام با حرف و اعداد نشان داده شده‌اند که به ترتیب به صورت زیر می‌باشند: G1: گرگان ۴، G2: ریحان، G3: کویر، G4: نصرت، G5: نیمروز، G6: والفجر، G7: ماکوئی، G8: زرجو، G9: گرگان، G10: استرین.

Figure 1. (Continue). Bilpot graph for barley kernel yield in five locations. e- Varieties ranking base ideal genotypes. f- Location ranking base ideal environment. Varieties display with letters and number as below: G1: Gorgan4, G2: Rayhan, G3: Kavir, G4: Nosrat, G5: Nimrooz, G6: Valfajr, G7: Makuei, G8: Zarjou, G8: Gorgan, G9: Gorgan, G10: Strain.

از مبدأ مختصات خطی به میانگین مکان‌ها وصل می‌شود (محل میانگین مکان‌ها با دایره مشخص شده است)، این خط محور میانگین مکان‌ها نام دارد. ارقامی که در ابتدای مثبت این محور قرار دارند دارای عملکرد بیشتری هستند و بالعکس. بنابر این بر اساس این شکل ترتیب ارقام از نظر عملکرد به صورت G2>G8>G1>G7>G6≈G5>G4>G3>G9>G10 می‌باشد. جهت تعیین پایداری ارقام از خطی که از مبدأ گذشته و روی محور میانگین محیط‌ها عمود شده استفاده می‌شود. ارقامی که نزدیک به محور میانگین محیط‌ها قرار دارند از پایداری بیشتری برخوردار هستند، به عبارتی ارقامی که فاصله عمود آنها از محور میانگین محیط‌ها کمتر باشد پایدارتر می‌باشند. بر این اساس ارقام کویر (G3)، نصرت (G4)، ماکوئی (G7) و زرجو (G8) نسبت به سایر ارقام پایدارترند. به طور کلی ارقامی که نزدیک به مبدأ قرار دارند از پایداری بیشتری برخوردار بوده به عبارتی به عوض شدن محیط واکنش زیادی نشان نمی‌دهند. یک رقم ایده‌آل باید اولاً عملکرد بالایی داشته باشد و ثانیاً از پایداری بیشتری برخوردار باشد به عبارتی نزدیک به انتهای مثبت محور میانگین محیط‌ها باشد و فاصله آن از این محور حداقل باشد. بر این اساس ارقام گرگان (G9) و کویر (G3) ارقام مناسب‌تری می‌باشد. این ارقام به عنوان معیاری برای ارزیابی سایر ارقام می‌توانند استفاده شوند. هرچقدر فاصله یک ژنوتیپ از این ارقام کمتر باشد رقم مناسب‌تری می‌باشد (شکل ۱- الف).

نمودار چند وجهی (شکل ۱- ب) جهت تعیین بهترین ژنوتیپ برای هر منطقه استفاده می‌شود. این شکل از وصل کردن ژنوتیپ‌هایی حاصل می‌شود که بیشترین فاصله را از مبدأ دارند به طوری که سایر ژنوتیپ‌ها داخل این چند وجهی قرار دارند. از مبدأ روی هر ضلع چند وجهی خطی عمود می‌شود تا شکل به چند قسمت تقسیم شود. در این شکل ارقامی که در یک بخش با محیط خاص قرار داشته باشند در آن محیط عملکرد خوبی دارند. به عنوان مثال رقم گرگان (G9) در بیرجند و کرج عملکرد بهتری داشته است. همچنین رقم استرین (G10) در شیراز، سنندج و کاشمر بهترین رقم می‌باشد به عبارتی در این مکان‌ها سازگاری خصوصی دارند. در هر بخش نیز بهترین ژنوتیپ، ژنوتیپی است که در رأس چند وجهی قرار دارد. ژنوتیپ‌هایی که نزدیک مبدأ قرار دارند به عوض شدن محیط یا محیط‌هایی که نزدیک مبدأ قرار دارند به عوض شدن ژنوتیپ واکنش زیادی نشان نمی‌دهند. بنابر این ارقام کویر (G3)، نصرت (G4) و ماکوئی (G7) از پایداری عمومی برخوردارند و به عوض شدن محیط واکنش زیادی نشان نمی‌دهند (۲۸). ارقام والفجر (G6)، نیمروز (G5) و ریحان (G2) از مبدأ فاصله زیادی دارند و فاصله آنها از محور میانگین محیط‌ها هم زیاد می‌باشد، این موضوع نشان دهنده تغییرات زیاد این ارقام می‌باشد. از طرفی در بخش‌هایی که این ارقام قرار دارند هیچ محیطی وجود ندارد مفهوم آن این می‌باشد که این ارقام در هیچکدام از محیط‌های مورد بررسی عملکرد مناسبی نداشته‌اند. این نتیجه دلیلی بر اینکه این ارقام ارقام خوبی نمی‌باشند نیست چرا که ممکن است در محیط‌های دیگری که در این تحقیق بررسی نشده‌اند عملکرد و پایداری خوبی داشته باشند (شکل ۱- ب).

شکل ۱- ج رابطه بین محیط‌ها را نشان می‌دهد. زاویه بین محور دو محیط میزان همبستگی بین دو محیط را نشان می‌دهد. بر این اساس محیط‌ها به دو گروه تقسیم می‌شوند. گروه اول شامل کرج و بیرجند و گروه دوم شامل شیراز،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

سنندج و کاشمر می‌باشد. این شکل نشان می‌دهد که بین محیط‌های کرج و شیراز رابطه بسیار پائینی وجود دارد. طول محور محیط‌ها نیز معرف قدرت تمیز محیط‌ها می‌باشد بدینگونه که هر چه طول محور یک محیط بلندتر باشد آن محیط از قدرت تمیز بهتری برخوردار می‌باشد به عبارتی آن محیط می‌تواند به عنوان یک معیار یا تستر جهت جدانمودن ارقام استفاده شود. بر اساس این شکل مکان‌های کرج، سنندج و شیراز نسبت به بیرجند و کاشمر از قدرت تمیز بهتری برخوردار هستند.

شکل ۱- د ابر محیط‌ها را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهدکه مناطق مورد نظر به دو ابرمحیط تقسیم می‌شوند. ابر محیط اول شامل کرج و بیرجند و ابر محیط دوم شامل کاشمر، سنندج و شیراز می‌باشد. همانطور که اشاره شد در ابرمحیط اول یک رقم و در ابرمحیط دوم سه رقم وضعیت بسیار مطلوبی دارند.

شکل ۱- و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها را براساس رقم ایده‌آل نشان می‌دهد. بدین منظور از مبدأ مختصات خطی به نقطه میانگین محیط‌ها وصل می‌شود و به طرفین ادامه پیدا می‌کند. در این شکل بهترین نقطه مرکز دوایر متحدالمرکز می‌باشد که با علامت پیکان مشخص شده است. سایر ژنوتیپ‌ها براساس این نقطه گروه‌بندی می‌شوند. بهترین رقم، رقمی است که فاصله کمتری از مرکز دوایر داشته باشد. بر این اساس ترتیب ژنوتیپ‌ها به صورت G9>G10>G3>G4>G7>G5>G1>G6>G8>G2 می‌باشد. نتایج بدست آمده از این شکل مطابقت خوبی با نتایج جدول ۳ نیز دارد. در جدول ۳ مشاهده می‌شود که ارقام کویر، گرگان و استرین دارای بالاترین عملکرد دانه و ارقام ریحان، زرجو و والفجر دارای کمترین عملکرد دانه می‌باشند که مشابه با نتایج شکل ۱- و می‌باشد.

شکل ۱- ه رتبه بندی محیط‌ها را براساس محیط ایده‌آل نشان می‌دهد. بدین منظور از مبدأ مختصات خطی به نقطه میانگین محیط‌ها وصل و به طرفین ادامه می‌یابد. بهترین محیط، محیطی است به مرکز دوایر نزدیک‌تر باشد. بر اساس این شکل ترتیب محیط‌ها به صورت کرج<بیرجند<شیراز<سنندج<کاشمر می‌باشد. میانگین عملکرد ارقام در محیط‌های کرج، شیراز، کاشمر، سنندج و بیرجند به ترتیب برابر ۵۰۳، ۴۶۴/۴، ۴۵۲/۱، ۴۴۱/۸ و ۴۳۹/۷ کیلوگرم در متر مربع بود. مطابقت پائینی بین این نتایج با نتایج گرافیکی مشاهده می‌شود. این موضوع طبیعی به نظر می‌رسد چرا که روش بای‌پلات علاوه بر عملکرد، پایداری ارقام را نیز مد نظر قرار می‌دهد و رتبه‌بندی حاصل از روش گرافیکی هم بر اساس عملکرد و هم بر اساس پایداری ارقام صورت می‌گیرد.

در مجموع ارقام کویر، نصرت، نیمروز، گرگان و استرین دارای عملکردی بالاتر از میانگین عملکرد ارقام بودند. براساس پارامترهای پایداری محاسبه شده ارقام نصرت، ماکوئی و زرجو از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بودند.

براساس روش بای‌پلات نیز ارقام گرگان و استرین از عملکرد بالایی برخوردار بودند (مطابق با نتایج جدول ۳)، اما پایداری عملکرد این ارقام قابل توجه نبود. ارقام گرگان ۴، ماکوئی و زرجو از پایداری خوبی برخوردار بودند اما عملکرد مناسبی نشان ندادند. ارقام ریحان، نیمروز و والفجر هم از عملکرد پائینی برخوردار بودند و هم ناپایدار بودند. در بین ارقام مطالعه شده ارقام کویر و نصرت ضمن داشتن عملکرد بالا از پایداری خوبی هم برخوردار بودند. رقم نصرت در حالی که عملکردی بالاتر از میانگین عملکرد ارقام دارد در بسیاری از پارامترهای پایداری محاسبه شده نیز جزء ارقام پایدار بود. با توجه به اینکه در سال‌های مختلف و به دلیل وجود اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و متقابل تغییراتی در عملکرد و رتبه ارقام از نظر پایداری مشاهده می‌شود، به نظر می‌رسد راه مطمئن‌تر برای داشتن عملکرد مناسب استفاده از سازگاری خصوصی ارقام می‌باشد. بدین منظور در هر منطقه رقم مناسب همان منطقه معرفی می‌شود. در این تحقیق برای محیط‌های بیرجند و کرج رقم گرگان و برای سایر محیط‌ها رقم استرین مناسب‌ترین رقم بودند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

منابع

1. Abay, F. and A. Bjornstad. 2009. Specific adaptation of barley varieties in different locations in Ethiopia. Euphytica, 167: 181-195.
2. Akbarpour, O. A., H. Dehghani and B. Sorkhi-Lalehloo. 2012. Study of grain yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in cold regions of Iran using regression methods. Iranian J. Crop Sci., 14: 155-170 (In Persian).
3. 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).
4. Becker, H.C. 1984. Analysis of genotype × environment interaction with partitioning of environmental effects into effects of locations and years. Vortr. Pflanzenzuchtg, 7: 209-218.
5. Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. Advances in Agronomy, 44: 55-85.
6. Francis, T.R. and L.W. Kanneberg. 1978. Yield stability studies in short season maize. A descriptive five method, for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58: 1029-1034.
7. Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrical, 58: 453-467.
8. Gauch, H.G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Crop science, 46: 1488-1500.
9. Kalateh Jari, S., K. Mostafavi and A. Nabipour. 2016. Intrraction of Genotpe and Environment on the Open Pollinated Sunfllower (*Heliantus annuus*) Cultivars base on Parametric Methods and Tai Method. Journal of Crop Breeding, 8: 114-122.
10. Kang, M.S. 1998. Using genotype -by- environment interaction for crop cultivar development. Advances in Agronomy, 62: 199-252.
11. Kang, M.S., V.D. Aggarwal and R.M. Chirwa. 2006. Adaptability and stability of bean cultivars as determined via yield stability statistic and GGE biplot analysis. Journal of Crop Improvement, 15: 97-120.
12. Karimizadeh, R., M. Mohammadi, N. Sabaghnia, A. A. Mahmoodi, B. Roustami, 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.
13. Lin, C.S. and M.R. Binns. 1991. Genetic properties of four types of stability parameter. Theor. Applied Genetics, 82: 505-509.
14. Lin, C.S., M.R. Binns and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis. Crop science, 26: 894-899.
15. Lin, C.S. and M.R. Binns. 1988. Genetic properties of four types of stability parameter. Theor. Applied Genetics, 82: 505-509.
16. Roemer, T. 1917. Sind die ertragsreichen sorten ertragssichers? Mitt. DLG. 32: 87-89.
17. Roozeboom, K.S. Doug, H. Johnathan, M. Vic and B. Dale. 2008. Summer annual forages: selection and production characteristics. Cooperative Extension Service, Kansas State University, Manhattan, KS. MF2871.
18. Shojaei, H.K. Mostafavi, M. Khodarahmi and M. Zabet. 2013. Response study of canola (*Brassica napus* L.) cultivars to multi-environments using genotype plus genotype environment interaction (GGE) biplot method in Iran. African Journal of Biotechnology, 10: 10877-10881.
19. Shorter, R., R.J. Lawn and G.L. Hammer. 1991. Improving genotypic adaptation in crops−a role for breeders, physiologists and modellers. Expl Agric., 27: 155-175.
20. Shukla, G.H. 1972. Some statistical aspects for partitioning genotype- environment component of variability. Heredity, 29: 237-245.
21. Slafer, G.A. and G.C. Kernoch. 1996. Have changes in yield (1900-1992) been accompanied by a decreased yield stability in Australian cereal production? Australian Journal of Agricultural, 47: 323-334.
22. Taghizadeh, A.A., B. Sorkhilalehloo and S. Nakhjavan. 2016. Study on Stability of Winter Barley (*Hordeum vulgare* L.) using Multivariate Statistical Methods. Journal of Crop Breeding, 8: 87-95.
23. 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).
24. Wricke, G. 1962. Uber eine methode fur erfassung der Okologischen Streubreite in Fledversuchen. Zeitschrift für Pflanzenzuecht 47: 92-96.
25. Yan, W. and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. Canadian Journal of Plant Science, 86: 623-645.
26. Yan, W., 2001. GGE biplot Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal, 93: 1111-1118.
27. Yan, W.L.A. Hant, S. Qinglai and Z. Szalvincs. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science, 40: 597-605.
28. Yan, W.P.L. Cornelius, J. Crossa and L. Hunt. 2001. Tow Types of GGE Biplot for Analyzing Multi-Environment Trial Data. Crop Science, 41: 656-663.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

Genotype-Environment Interaction and Yield Stability of Winter Barley Varieties (*Hordeum vulgare* L.)

Rohollah Badooei Delfard[1], Khodadad Mostafavi[2] and Abdollah Mohammadi[3]

1 and 3- M.Sc. Student and Associated Professor, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran
2- Associated Professor, Islamic Azad University, Karaj branch, Karaj, Iran
(Corresponding author: mostafavi@kiau.ac.ir)
Received: May 29, 2015 Accepted: September 5, 2015

Abstract

In order to determine the stability and reaction of barley genotypes in different climatic conditions, grain yield of ten barley cultivars were evaluated in five locations. Studied areas were Karaj, Birjand, Kashmar, Sanandaj and Shiraz. The experiment conducted in a randomized complete block designs with three replications in 2013-2014. Genotype by environment interaction effect was significant for grain yield. To investigate the stability of the cultivars, stability parameters including environmental variance, Shukla stability variance, Wricke ecovalence, Lin and Bains coefficient variation and the variation coefficient stability parameter were assessed. According to these methods, Nosrat, Makuei and Gorgan cultivars with optimum performance were more stable than other genotypes. GGE - biplot graph in grain yield explained 91.54 percent of variations. According to GGE – biplot method Strain, Gorgan, Kavir and Nosrat had the high mean values of grain yield and stability. In contrast, Rayhan and Zarjou had the low mean values of grain yield and stability. For grain yield, studied locations divided to two mega-environments. The first mega-environment was Karaj and Birjand and the second mega-environment was Shiraz, Sanandaj and Kashmar. The second mega-environment regarded as the best mega-environment because of more number of varieties in with high grain yield. Karaj, Sanandaj and Shiraz had the most discrimination power in genotype recognition.

Keywords: Genotype by environment interaction, GGE biplot method, Mega-environment

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]