دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

عادل غدیری[۱]، سیده سودابه شبیری[۲] و علی‌اکبر اسدی[۳]

۱- پژوهشگر، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران
۲- استادیار، دکترای زراعت، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
۳- استادیار، دکترای اصلاح نباتات، ژنتیک بیومتری، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران، (نویسنده مسوول: asadipm@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۲۰
صفحه: ۱۷۲ تا ۱۸۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای صفات کمی مثل عملکرد دانه می‌تواند انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را برای توسعه ارقام اصلاح‌شده محدود کند. به‌منظور محاسبه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، به‌نژادگران ژنوتیپ‌ها را در چندین محیط ارزیابی می‌کنند تا ژنوتیپ‌های با عملکرد و پایداری بالا شناسایی شوند. این آزمایش به‌منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر روی تعداد ۱۱ ژنوتیپ لوبیا چیتی با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری و مدل GGE بای‌پلات به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها، تعیین روابط بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و شناسایی ژنوتیپ ایده‌آل انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این آزمایش تعداد ۹ لاین لوبیاچیتی به همراه ارقام غفار و لاین Cos16 (در مجموع ۱۱ لاین)، طی سال های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در دو ایستگاه خمین و زنجان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌منظور دستیابی به ارقام لوبیاچیتی با عملکرد بالا و بازارپسندی مطلوب انجام گرفت. جهت انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا از روش‌های پارامتری و ناپارامتری و جهت گزینش ژنوتیپ‌های برتر و سازگار با محیط‌های انجام آزمایش از تجزیه GGE بای‌پلات استفاده شد.

یافته‌ها: وجود اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ × محیط حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به محیط‌های مختلف بود. در روش‌های پارامتری ژنوتیپ‌های G4، G8، G9 و تا حدودی G2 و در روش‌های ناپارامتری ژنوتیپ‌های G2، G3،G8، G4 و تا حدودی G9 با عنوان ارقام پایدار معرفی شدند. تجزیه بای‌پلات نشان داد که ژنوتیپ Cos16 در محیط‌های زنجان سال اول و دوم و ژنوتیپ G2 در محیط‌های خمین سال اول و دوم بیشترین عملکرد را از خود نشان دادند. ژنوتیپ‌های G11 و G7 با بیشترین فاصله تا خط ATC دارای عملکرد پایین و نیز پایداری عملکرد پایین بودند. هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌ها به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب که دارای میانگین عملکرد بالا و نیز پایداری عملکرد بالایی باشند وجود نداشتند ولی ژنوتیپ G2 و در مرحله بعد ژنوتیپ G4 در فاصله اندکی نسبت به ژنوتیپ ایده‌آل قرار داشتند. هیچ‌کدام از محیط‌های مورد بررسی نیز به محیط ایده‌آل نزدیک نبوده و بنابراین نمی‌توان هیچ‌کدام از آن‌ها را به‌عنوان نماینده محیط‌ها برای تفکیک ژنوتیپ‌ها در نظر گرفت.

نتیجه‌گیری: شاهد Cos16 در محیط‌های زنجان سال اول و دوم و ژنوتیپG2 در محیط‌های خمین سال اول و دوم بیشترین عملکرد را دارا هستند. هیچ ژنوتیپ ایده‌آلی مشاهده نشد ولی دو ژنوتیپ شاهد Cos16 و G4 را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: پایداری، روش‌های پارامتری، سازگاری، عملکرد

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) از خانواده بقوالت بوده که دانه آنها به‌دلیل داشتن ارزش غذایی بالا نقش مهمی در زندگی انسان دارد و در بین آنها از لحاظ سطح زیرکشت و ارزش اقتصادی مقام اول متعلق به انواع لوبیا است. همچنین این گیاهان به سبب خصوصیات ویژه در تناوب با سایر گیاهان زراعی و تثبیت نیتروژن اهمیت فراوانی در کشاورزی دارند (۱۷، ۴۵). سطح زیر کشت حبوبات و لوبیا در جهان به‌ترتیب در حدود ۹۳ و ۳۵ میلیون هکتار می‌باشد. ایران با سطح زیر کشت حبوبات به میزان ۷۵۹ هزار هکتار و تولید محصول ۵۰۸ هزار تنی در سال و لوبیا خشک به میزان ۸۳ هزار هکتار و تولید ۱۷۰ هزار تنی در سال از مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده این محصولات می‌باشد (۸). گیاه لوبیا انواع مختلفی دارد که از نظر کمیت و کیفیت باهم متفاوت هستند، از مهمترین آنها میتوان به لوبیا سفید، قرمز و چیتی اشاره کرد. لوبیا چیتی یکی از مطلوبترین و پرمصرف‌ترین نوع لوبیا است که به‌علت قابلیت هضم بهتر، خوش‌خوراکی و زودپزی حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به حساسیت این نوع لوبیا به عوامل محیطی برای کشت لازم است به شرایط مطلوب کشت آن توجهی ویژه داشت (۱۷،۲۸).

در برنامه‌های به‌نژادی تولید ارقام با پتانسیل عملکرد بالا، هدف نهایی پژوهشگران در افزایش تولیدات محصولات کشاورزی است. علارقم این که آزمایش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌تواند به شناسایی ژنوتیپ‌های برتر کمک کند، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، از یک‌طرف همبستگی بین اثرات ژنوتیپی و فنوتیپی و از طرف دیگر، امکان گزینش ژنوتیپ‌های برتر را به‌ویژه در شرایط تنش، کاهش می‌دهد (۱۵،۴۸). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط GEI[1] اهمیت زیادی در برنامه‌های به‌نژادی لوبیا داشته که به‌عنوان پاسخ فنوتیپی ژنوتیپ‌ها به تغییرات محیطی تعریف می‌شود (۳۸) که از تغییرات بزرگنمایی اختلافات بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف یا از تغییرات نمره‌دهی نسبی ژنوتیپ‌ها به‌دست می‌آید (۶). بالا بودن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای صفات کمی مثل عملکرد دانه می‌تواند انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را برای توسعه ارقام اصلاح‌شده محدود کند (۱۱،۹). به‌منظور محاسبه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، به‌نژادگران ژنوتیپ‌ها را در چندین محیط ارزیابی می‌کنند تا ژنوتیپ‌های با عملکرد و پایداری بالا شناسایی شوند. ژنوتیپ‌هایی با اثر متقابل ژنوتیپ در محیط غیر معنی‌دار به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند (۲۷،۴۰).

1- Genotype×Environment Interaction

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.172]

اهمیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در ارزیابی ارقام و برنامه‌های بهنژادی در اکثر محصولات ثابت شده است (۲۴،۵۴).

تجزیه پایداری مهم‌ترین روشی است که برای پی بردن به ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد و با توجه به نتایج آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی کرد. روش‌های مختلفی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار ارائه شده است که شامل روش‌های تک متغیره و چند متغیره پارامتریک و نا پارامتریک هستند (۲۱). اگرچه محاسبه و استفاده از روش‌های تک متغیره پارامتری و ناپارامتری آسان است، ولی این روش‌ها نمی‌توانند ماهیت پیچیده و چند بعدی اثر متقابل را به‌خوبی تفسیر نمایند (۵۰). برای رفع این مشکل استفاده از روش‌های چند متغیره پیشنهاد شده است. واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف همان اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است. داده‌های حاصل از این آزمایش‌ها برای تعیین GEI به روش‌های مختلف تجزیه می‌شوند. در این آزمایش‌ها می‌توان با استفاده از روش GGE بای‌پلات و با لحاظ نمودن اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، دو مؤلفه اول و دوم را تعریف نموده و پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها را به‌طور هم‌زمان سنجید (۵۲). بهره‌گیری از مدل GGE بای‌پلات، گزینش ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس هر دو اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را ممکن می‌کند. مدل GGE بای‌پلات یکی از متداول‌ترین روش‌های چند متغیره در ارزیابی و تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است که همانند روش AMMI بر پایه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام می‌شود (۵۲). با بهره‌گیری از نمودارهای ارائه شده در روش GGE بای‌پلات می‌توان پی برد که کدام رقم در کدام محیط، واکنش بهتری نشان داده است (۱۸). در مقایسه روش GGE بای‌پلات با روش AMMI به‌عنوان دیگر روش مهم تجزیه پایداری چند متغیره، گزارش شده است که GGE بای‌پلات به‌منظور تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، توانمندتر از روش AMMI می‌باشد (۴۷). در آزمایش‌های چندمحیطی اثر مکان در بیشتر موارد بسیار بزرگ است، اما درعین‌حال قابل تجزیه و تحلیل و ارزیابی نیست، بنابراین حذف اثر مکان و تمرکز بر اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، در رسیدن به نتایج قابل اطمینان‌تر، می‌تواند مؤثر باشد (۵۲). در روش GGEبای‌پلات، از اثر ساده ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط استفاده می‌شود تا بتوان نتایج قابل اعتمادتری را به دست آورد (۳۶،۱۶). با توجه به کارایی روش GGE بای‌پلات، از این روش در سنجش پایداری گونه‌های مختلف زراعی به‌طور موفقیت‌آمیزی بهره گرفته شده است که از آن جمله می‌توان به جو (۱)، کلزا (۳۲)، گلرنگ (۲۶)، آفتابگردان (۳۹)، برنج (۴)، گندم دوروم (۲۰) اشاره نمود. هدف از این پژوهش بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بر روی تعداد ۱۱ ژنوتیپ لوبیا با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری و مدل GGE بای‌پلات به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها، تعیین روابط بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و شناسایی ژنوتیپ ایده‌آل بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور دستیابی به ارقام لوبیاچیتی با عملکرد بالا و بازارپسندی مطلوب پروژه‌ای ملی در شهرستانهای خمین و زنجان طی دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. در این آزمایش تعداد ۹ لاین لوبیاچیتی انتخاب شده از آزمایشات گذشته، به همراه ارقام غفار و لاین Cos16 (درمجموع ۱۱ لاین)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱). رقم غفار، رقمی ایستاده، رشد نامحدود مقاوم به کنه دو نقطه‌ای با بازارپسندی خوب ولی دیررس می‌باشد. همچنین رقم Cos16، رقمی ایستاده، حساس به کنه دونقطه‌ای با بازارپسندی متوسط می‌باشد. عملیات تهیه زمین شامل شخم عمیق پائیزه، شخم سطحی بهاره، دیسک، تسطیح و لولر بود. قبل از کاشت، با توجه به نتایج آزمون خاک از عناصر ماکرو و میکرو به مقدار لازم مصرف شد. همچنین به‌منظور کنترل علف‌های هرز از علف‌کش پیش‌کاشت تریفلورالین به مقدار ۲ لیتر در هکتار استفاده شد. جهت انجام کاشت اقدام به ایجاد جوی و پشته به فواصل ۵۰ سانتیمتر از یکدیگر گردید و پس از پیاده‌سازی نقشه آزمایش بذور هر یک از لاین‌ها بر روی چهار خط به طول ۳ متر کشت گردید به‌طوری‌که فواصل بوته‌ها بر روی ردیف ۵ سانتیمتر بود. آبیاری با استفاده از نوارهای تیپ انجام می‌شد. در طول دوران رشد مراقبت‌های زراعی شامل آبیاری، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و مبارزه مکانیکی و شیمیایی علیه علف‌های هرز انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکرد هر کرت بوته‌های هر یک از لاین‌ها به‌صورت جداگانه برداشت و کوبیده و وزن شد.

جدول ۱- فهرست لاین‌های لوبیاچیتی مورد ارزیابی

Table 1. List of evaluated pinto bean lines

ROW ردیف	Abbreviation sign علامت اختصاری	Line Code کد لاین
1	G1	COS16(Control)
2	G2	KBC-22103
3	G3	KBC-23120
4	G4	KBC-22125
5	G5	Ks-21383
6	G6	Ghaffar(Control)
7	G7	KBC-22136
8	G8	KBC-21136
9	G9	KBC-22136
10	G10	KBC-22127
11	G11	Ks-21214

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.172]

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، برای تعیین سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌ها از روش‌های مختلف تجزیه شامل واریانس محیطی رومر (۳۴)، اکووالانس ریک (۴۶)، روش رگرسیون فینلی و ویلکینسون (۱۰)، واریانس پایداری شوکلا (۴۱)، ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کانبرگ (۱۱)، مجموع رتبه کانگ (۱۴)، آماره پلاستد و پترسون (۳۰)، آماره پلاستد (۲۹)، آماره‌های ناپارامتریک تنارازو (۴۳)، آماره‌های ناپارامتریک هیون (۱۲) و در انتها از روش GGE بای‌پلات استفاده شد. در این مطالعه بای‌پلات‌ها برای نمایش الگوی تعیین‌کننده ژنوتیپ بهتر در هر محیط (Which-win-Where)، رتبه‌بندی گرافیکی ژنوتیپ‌ها بر اساس ترکیب هم‌زمان عملکرد دانه با پایداری، قابلیت نمایندگی محیط‌ها و قدرت تمایز محیط‌ها در تفکیک ژنوتیپ‌های مورد بررسی (Discriminative vs. Representative ability) و رتبه‌بندی گرافیکی ژنوتیپ‌ها بر اساس ژنوتیپ ایده‌آل بکار گرفته شدند. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها و محاسبه پارامترهای پایداری آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی (آزمون بارتلت) تائید و سپس تجزیه مرکب داده‌ها انجام شد. برای آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی و تجزیه مرکب داده‌ها از نرم‌افزار SAS، برای برآورد پارامترهای پایداری از برنامه اینترنتی آنلاین STABILITYSOFT (۳۱) و نرم‌افزار EXCEL و برای روش GGE-Biplot از نرم‌افزار RStudio استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه اختلافات معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی و وجود اختلافات معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش را نشان داد. همچنین اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ × محیط مشاهده شد که حاکی از تفاوت‌های معنی‌دار در واکنش ژنوتیپ‌ها به محیط‌های مختلف اجرای آزمایش بود. اثر اصلی محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به‌ترتیب با ۲۲/۳ درصد و ۲۲ درصد بیشترین سهم و ژنوتیپ با ۱۸/۸ درصد کمترین سهم را درمجموع مربعات کل واریانس مشاهده شده در آزمایشات داشتند (به‌جز اثرات مربوط به خطای آزمایش) (جدول ۱).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه برای ۱۱ ژنوتیپ لوبیا ارزیابی‌شده در ۴ محیط مورد آزمایش

Table 2. Combined analysis of variance of grain yield for 11 bean genotypes evaluated in 4 experimental environments

Percentage of total sum of square درصد از کل مجموع مربعات	Mean of square میانگین مربعات	Sum of square مجموع مربعات	Degree of freedom درجه آزادی	S.O.V. منابع تغییر
23.3%	4780666**	14341998	3	محیط (Environment)
7%	554403	4435224	8	محیط × تکرار(Rep × Environment)
18.8%	1157813**	11578130	10	ژنوتیپ (Genotype)
22%	452378**	13571340	30	ژنوتیپ ×محیط (Genotype ×Environment)
28.9%	219769	17581520	80	باقیمانده (Residual)
		61508212	13	کل (Total)
		14%		ضریب تغییرات (CV%)

** و *: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد به‌ترتیب

**, *: Significant in 0.01% and 0.05% respectively

نتایج حاصل از روش‌های پارامتری و ناپارامتری تجزیه پایداری در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس ضریب رگرسیون خطی فینلی و ویلکینسون (۱۰) ژنوتیپ‌های G4، G3 و G8 تا حدودی دارای ضریب رگرسیون نزدیک به یک بودند. بیشترین ضریب رگرسیون مربوط به ژنوتیپ G10 و کمترین مربوط به ژنوتیپ G9 بود. واریانس انحراف از خط رگرسیون S^2_{di} سهم هر ژنوتیپ را در اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نشان می‌دهد. بنابراین اگر ژنوتیپی دارای انحراف از خط رگرسیون صفر یا حداقل باشد آن رقم پایدار است (۴۲). براین اساس ژنوتیپ‌های G7،G8 ، G10 و تا حدودی G9 دارای کمترین میزان انحراف از خط رگرسیون بودند. بقیه ژنوتیپ‌ها انحراف از خط رگرسیون بالاتری را نشان دادند؛ بنابراین تغییرات عملکردی این ژنوتیپ‌ها در طول تغییرات خطی با شاخص محیطی (محیط‌های اجرای آزمایش) دارای نوسان بوده است.

فینلی و ویلکینسون (۱۰) اظهار داشتند که ضریب رگرسیون هر ژنوتیپ وابسته به سایر ژنوتیپ‌های موجود در آزمایش است بنابراین ضریب رگرسیون به‌تنهایی قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار نیست و نمی‌تواند به‌عنوان یک معیار پایداری عمومی در نظر گرفته شود. دشتکی و همکاران (۳) در بررسی پایداری ۲۰ ژنوتیپ گندم در سه سال و هفت منطقه با استفاده از تجزیه رگرسیون بیان داشتند که به علت معنی‌دار نبودن واریانس انحرافات از خط رگرسیون و قرارگیری اکثر ژنوتیپ‌ها در حول خط رگرسیون، از این دو پارامتر نتوانستند برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار استفاده کنند.

بر اساس شاخص‌های اکووالانس ریک (۴۶) و واریانس پایداری شوکلا (۴۱) ژنوتیپ‌های G8، G4، G9 و G3 در محیط‌های مورد بررسی دارای اکووالانس و واریانس کمتر بودند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند. به دلیل این‌که واریانس پایداری شوکلا ترکیبی خطی از اکووالانس است بنابراین این دو شاخص ازنظر رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها دارای ارزش یکسان هستند بنابراین یکسان بودن نتایج حاصل از این دو روش دور از انتظار نبود. روستایی و همکاران (۳۵) دو شاخص واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک را جهت

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.172]

انتخاب ارقام پر محصول در شرایط دیم بسیار مناسب دانستند. این دو روش بیشتر تأکید بر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط دارند به همین دلیل منجر به انتخاب ارقام پایدار و پر محصول می‌شوند. رمضانی (۳۳) نیز با استفاده از روش واریانس پایداری شوکلا، سه ژنوتیپ پایدار و سازگار به شرایط آب و هوایی در گیاه برنج را شناسایی و معرفی کرد.

مقایسه پایداری ژنوتیپ‌ها ازنظر واریانس محیطی نشان داد که ژنوتیپ‌های Cos16، G8، G9 و G3 به‌ترتیب با کمترین مقدار واریانس محیطی از پایداری بیشتری برخوردارند. بر اساس ضریب تغییرات محیطی نیز ژنوتیپ‌های Cos16، G9، Ghaffar وG11 دارای کمترین مقدار ضریب تغییرات بودند. برخی محققین در بررسی‌های خود در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار از ضریب تغییرات محیطی و واریانس درون مکانی استفاده کرده و اظهار داشتند که این دو روش بیانگر پایداری بیولوژیک بوده و به دلیل وراثت پذیر بودن می‌توانند به‌عنوان معیارهای مناسب برای انتخاب ارقام پایدار مورد استفاده قرار گیرند (۵۳،۴۲،۴۴). در روش پلاستد و پترسون (۳۰) ژنوتیپ‌های G11، Cos16، G2 و G7 به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر ازنظر پایداری انتخاب شدند؛ زیرا از مقادیر پایین θi برخوردار بودند. بدین معنی که این ژنوتیپ‌ها سهم کمتری در اثر متقابل ژنوتیپ در محیط داشتند. ولی به دلیل پایین بودن عملکرد ژنوتیپ‌های G11 و G7 از میانگین کل عملکرد فقط ژنوتیپ‌های Cos16 و G2 که دارای میانگین عملکرد بالاتری بودند، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها با توجه به این آماره در این بررسی انتخاب شدند. در روش پلاستد (۲۹) واریانس اثر متقابل باقیمانده $\theta_{(i)}$ دربرگیرنده مقادیر زیاد می‌باشد، بنابراین ژنوتیپ‌های G8، G4، G9 و G3به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی انتخاب شدند که سهم کمتری در برهمکنش اثر متقابل را داشتند؛ اما به‌دلیل پایین بودن میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها فقط ژنوتیپ G4 که دارای عملکرد مطلوبی بود به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ معرفی شد.

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه و آماره‌های پایداری برای ۱۱ ژنوتیپ لوبیا در محیط‌های مورد بررسی

Table 3. Mean grain yield and stability statistics for 11 bean genotypes in the studied environments

Plaisted روش پلاستد	Plaisted and Peterson روش پلاستد و پترسون	Coefficient of environmental variation ضریب تغییرات محیطی	Regression Deviation انحراف از رگرسیون	Regression coefficient ضریب رگرسیون	Shukla's stability variance واریانس پایداری شوکلا	Equivalence wricke اکوالانس ریک	Environmental variance واریانس محیطی	Grain yield عملکرد دانه	Genotype ژنوتیپ
136262.9	224553.7	8.12	14567.9	-0.24	296089.77	767791.06	245015	2530.39	G1
142866.2	194839.1	25.71	40335.7	1.86	230057.31	605811.4	703508	3004.65	G2
160522.6	115385.1	17.51	22324.7	0.81	53492.82	172425.83	295742	2185.62	G3
162743.1	105392.7	18.46	15620.8	1.14	31287.54	117921.96	333502	2569.5	G4
156612.1	132982.5	26.54	10009.2	1.68	92598.23	268411.83	458193	2471.35	G5
154945.1	140483.7	12.96	24096.4	0.43	10967.56	309327.46	250033	2225	G6
155831.9	136493.2	34.18	1690	1.8	100399.82	287561.19	586063	2008.98	G7
164495.7	97506.3	23.3	1144.9	1.39	1376.15	74905.09	265732	2295.31	G8
161384.1	109442.7	11.92	5674	0.52	40287.57	140012.9	369753	1919.35	G9
143216.7	193261.8	34.68	3790.85	2.15	226552.2	597207.92	694524	2370.94	G10
119379.5	300529	15.09	22879.9	-0.53	464923.85	1182301.98	337060	2038.44	G11

ادامه جدول ۳

NP4	NP3	NP2	NP1	$S_i^{(6)}$	$S_i^{(3)}$	$S_i^{(2)}$	$S_i^{(1)}$	Kang rank مجموع رتبه کانگ	Genotype ژنوتیپ
0.62	0.57	0.47	4.25	1.87	6.53	16.33	4.67	13	G1
0.22	0.41	0.24	3.75	0.56	1.1	3.58	2.17	10	G2
0.53	0.36	0.27	1.25	1.2	2.8	4.67	2.67	12	G3
0.21	0.26	0.21	1.5	0.5	0.75	2	1.67	4	G4
0.49	0.36	0.29	2.25	1.2	3.97	9.67	3.67	9	G5
0.73	0.45	0.56	2.25	1.82	6	11	4	14	G6
0.76	0.64	0.69	2.25	1.87	3.93	4.92	2.83	16	G7
0.32	0.26	0.21	1	0.87	1.17	2.25	1.83	7	G8
0.8	0.82	1.25	1.75	2	3.6	3	2	14	G9
0.77	0.66	0.5	4	2.08	7.16	14.92	4.83	13	G10
1.04	1.06	0.78	4.75	3.11	10.89	16.33	4.67	20	G11

$S_i^{(1)}$: میانگین اختلاف رتبه مطلق یک ژنوتیپ در تمام محیطهای آزمایش‌شده ، $S_i^{(2)}$: واریانس بین رتبه‌های کلی محیطهای آزمایش‌شده،$S_i^{(3)}$: مجموع انحرافات مطلق برای هر ژنوتیپ نسبت به میانگین رتبه‌ها، $S_i^{(6)}$: مجموع مجذورات رتبه برای هر ژنوتیپ نسبت به میانگین رتبه‌ها، NP1، NP2، NP3، NP4: پارامترهای پایداری تنارازو بر مبنای میانگین های تعدیل شده

$S_i^{(1)}$: the average absolute rank difference of a genotype in all the tested environments, $S_i^{(2)}$: the variance between the overall ranks of the tested environments, $S_i^{(3)}$: the sum of the absolute deviations for each genotype compared to the average of the ranks, $S_i^{(6)}$: total Rank squares for each genotype relative to the mean of ranks, NP1, NP2, NP3, NP4: tenarazo stability parameters based on adjusted means

آماره‌های ناپارامتری پایداری مورد مطالعه برای انتخاب لاین‌های پایدار لوبیا بر اساس معیارهای پیشنهادی هیون (۱۲)، تنارازو (۴۳) و مجموع رتبه کانگ در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس روش مجموع رتبه کانگ (۱۴) ژنوتیپ‌های دارای کمترین مجموع رتبه به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب شناسایی می‌شوند. بر این اساس ژنوتیپ‌های G8،G4 ، G5 و G2 به‌ترتیب با کمترین مجموع رتبه به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. روستایی و همکاران (۳۵) با استفاده از روش مجموع رتبه کانگ پایدارترین رقم گندم را در بررسی خود معرفی کرده و نشان دادند که این روش در شرایط دیم بهتر از سایر روش‌ها در گزینش ارقام پایدار و پر محصول بهنژادگران را کمک می‌کند. صباغ نیا و همکاران (۳۷) روش مجموع مربعات کانگ را به‌عنوان بهترین روش غیرپارامتری در تعیین ژنوتیپ‌های برخوردار از عملکرد بالا و پایدار معرفی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.172]

کردند. عبادی و همکاران (۵) نیز نشان دادند که روش مجموع رتبه به دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه می‌تواند به‌عنوان یک معیار پایداری مفید در شناسایی ارقام پایدار و پر محصول به کار گرفته شود.

هیون (۱۲) و ناصار و هیون (۲۵) چهار آمار ناپارامتریک را پیشنهاد کردند: $S_i^{(1)}$ یا میانگین اختلاف رتبه مطلق یک ژنوتیپ در تمام محیط‌های آزمایش‌شده، $S_i^{(2)}$ یا واریانس بین رتبه‌های کلی محیط‌های آزمایش‌شده، $S_i^{(3)}$ یا مجموع انحرافات مطلق برای هر ژنوتیپ نسبت به میانگین رتبه‌ها و $S_i^{(6)}$ یا مجموع مجذورات رتبه برای هر ژنوتیپ نسبت به میانگین رتبه‌ها. برای محاسبه این آماره‌ها، داده‌های میانگین عملکرد باید به رتبه‌هایی برای هر ژنوتیپ و محیط تبدیل شوند و اگر رتبه‌های آن‌ها در بین محیط‌هانیز پایین و مشابه باشد، ژنوتیپ‌ها پایدار در نظر گرفته می‌شوند. کمترین مقدار برای هر یک از این آمارها نشان‌دهنده پایداری بالا برای یک ژنوتیپ خاص است. بااین‌حال نتایج این پارامترها متفاوت بود و به‌طورکلی بر این اساس ژنوتیپ‌های G4، G8، G2 و G3 دارای کمترین میزان رتبه در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بودند بنابراین به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته شدند. NP_1 تا NP_4 مجموعه‌ای از آماره‌های پایداری ناپارامتری جایگزین هستند که توسط تناراسو (۴۳) تعریف شده‌اند. این پارامترها بر اساس رتبه میانگین‌های تعدیل‌شده ژنوتیپ‌ها در هر محیط محاسبه می‌شوند. مقادیر پایین این آماره‌ها نیز نشان‌دهنده ثبات بالای ژنوتیپ‌ها می‌باشد؛ بنابراین بر اساس این آماره‌ها نیز ژنوتیپ‌های G4، G8 وG3 دارای کمترین میزان رتبه در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بودند؛ بنابراین به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته شدند. روش‌های ناپارامتری به‌منظور انتخاب ارقام و لاین‌های پایدار ازنظر عملکرد در گندم دوروم (۳۰)، گلرنگ (۱۹)، جو (۴۴)، عدس (۳۷)، نخود زراعی (۵۴) و گندم نان (۵۵) مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

مجموع رتبه کانگ (۱۴) از عملکرد و $\sigma^2 i$ به‌عنوان معیار انتخاب استفاده می‌کند. این پارامتر برای شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار، وزنی برابر با یک به آمار عملکرد و پایداری می‌دهد. ژنوتیپ با بالاترین عملکرد و $\sigma^2 i$ کمتر رتبه یک را به خود اختصاص می‌دهد. سپس رتبه‌های عملکرد و واریانس پایداری برای هر ژنوتیپ اضافه می‌شود و ژنوتیپ‌هایی که کمترین مجموع رتبه‌ها را دارند، مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها هستند. براین اساس ژنوتیپ‌های G4، G8، G5 و G2 به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند که از بین این ارقام ژنوتیپ G2 و G4 دارای عملکرد بیشتری بودند.

جدول ۴- میانگین عملکرد دانه در دو ایستگاه و دو سال مورد بررسی

Table 4. Average grain yield in two stations and two years

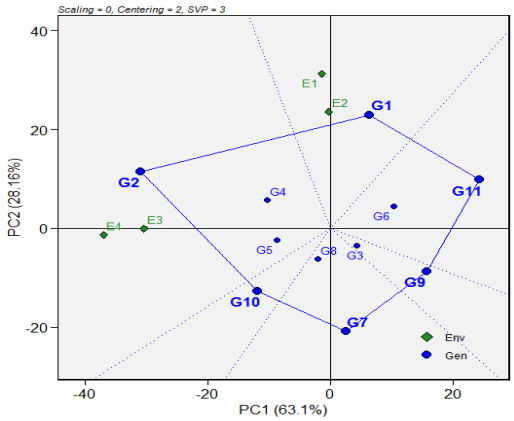
Mean	Khomein		Zanjan		Genotype
	219-2020	2018-2019	219-2020	2018-2019	
میانگین	خمین		زنجان		ژنوتیپ
	۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۳۹۸-۱۳۹۹	۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۳۹۸-۱۳۹۹	
2530.39	2375	2432	2831.25	2483.33	G1
3004.65	3736.67	3605.67	2289.58	2386.67	G2
2185.62	2405	2586.67	1737.5	2013.33	G3
2569.5	2986.67	2971.33	2116.67	2203.33	G4
2471.35	2848.33	2971.33	2418.75	1570	G5
2225	2216.67	2365	2491.67	1826.67	G6
2008.98	2573.33	2558	1747.92	1156.67	G7
2285.31	2703.33	2716.67	2114.58	1606.67	G8
1919.35	2033.33	2182	1685.42	1776.67	G9
2370.94	3083.33	3010	2010.42	1380	G10
2038.44	1670	1951.67	2402.08	2130	G11
2328.14	2602.89	2675.21	2167.8	1866.67	Mean

الگوی کدام- برتر-کجا

شکل ۱، نمایش چندضلعی (پلی گون) از تجزیه بای‌پلات برای ۱۱ ژنوتیپ مورد بررسی لوبیا در چهار محیط را نشان می‌دهد. تجسم الگوی کدام- برتر-کجا در داده‌های چند محیطی برای مطالعه امکان وجود محیط‌های کلان در یک منطقه اهمیت دارد. نمای چندضلعی بای‌پلات، بهترین روش برای تجسم الگوهای اثر متقابل بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و تفسیر صحیح یک بای‌پلات است (۴۸). چندضلعی با پیوستن ژنوتیپ‌هایی که دورترین فاصله را از مبدأ بای‌پلات دارند (ارقام رأس)، به‌وسیله خطوط مستقیم ترسیم‌شده است، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های دیگر در درون چندضلعی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های رأس، بردارهای طویلی در جهت‌های مربوط به خود دارند که معیاری از میزان پاسخ به محیط است و لذا در زمره لاین‌های واکنش‌پذیر هستند. سایر ژنوتیپ‌ها در جهت‌های مربوط به خود واکنش کمتر نشان می‌دهند (۱). لاین‌های رأس در این مطالعه COS16، G11، G9، G7، G10و G2 بودند. این لاین‌ها ازنظر عملکرد دانه بهترین و یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در بعضی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها بودند، زیرا بیشترین فاصله را از مرکز بای‌پلات داشتند. خطوط عمود به ضلع‌ها، چندضلعی بای‌پلات را به چند بخش تقسیم می‌کنند. هر بخش دارای یک ژنوتیپ رأس است و سایر ژنوتیپ‌ها در برخی یا تمام محیط‌های آزمون از کمترین عملکرد برخوردار هستند. ژنوتیپ COS16 در محیط‌های E1 و E2 و ژنوتیپ G2 در محیط‌هایE3 و E4 بیشترین عملکرد را از خود نشان دادند. هیچ محیطی در بخشی که ژنوتیپ‌های G9، G7، G10 و G11 به‌عنوان رقم رأس محسوب می‌شد، قرار نداشتند. این امر نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های رأس مذکور در هیچ‌یک از محیط‌ها بهترین

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.172]

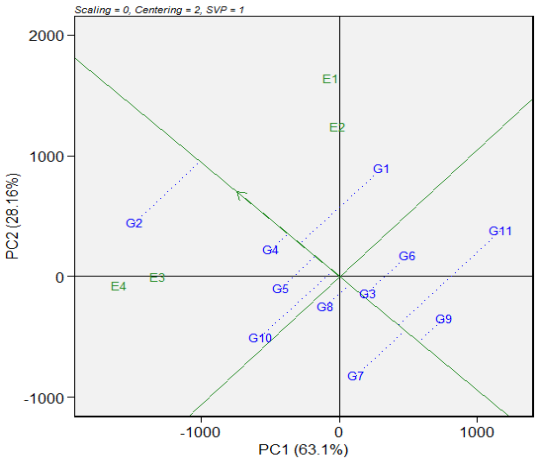
نبودند. افزون براین نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها در برخی یا همه محیط‌ها دارای کمترین عملکرد هستند.



شکل ۱- نمایش گرافیکی انطباق ژنوتیپ‌های لوبیا با محیط‌های مورد مطالعه
Figure 1. Graphical display for bean genotypes adapted to the environments studied

میانگین عملکرد و پایداری

شکل ۲ رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد دانه و میزان پایداری عملکرد در محیط‌های تحت بررسی نشان می‌دهد. لاین‌هایی که سمت چپ خط پیکان عمودی واقع شده‌اند دارای عملکردی بیشتر از میانگین و لاین‌هایی که سمت راست خط پیکان عمودی قرار گرفتند دارای عملکردی کمتر از میانگین هستند (۱). بر این اساس ژنوتیپ‌های G4 و تا حدودی G5 جزو ژنوتیپ‌های برتر ازنظر عملکرد و پایداری عملکرد بالا بودند. ژنوتیپ‌های G11 و G7 با بیشترین فاصله تا خط ATC یعنی خط پیکان افقی از عملکرد پایین و نیز پایداری عملکرد پایین برخوردار بودند. از سوی دیگر ژنوتیپ‌های G3 و G9 دارای عملکرد پایین ولی پایداری عملکرد بالا بودند. این اطلاعات می‌تواند توسط به‌نژادگران برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بیشتر از میانگین و با پایداری عملکرد اندک که بهترین پاسخ را به محیط‌های خاصی داشته و دارای سازگاری خصوصی هستند، کمک نماید. ژنوتیپ G2 و شاهد Cos16 با عملکرد بالا سازگاری خصوصی به محیط‌های متفاوت را نشان دادند.



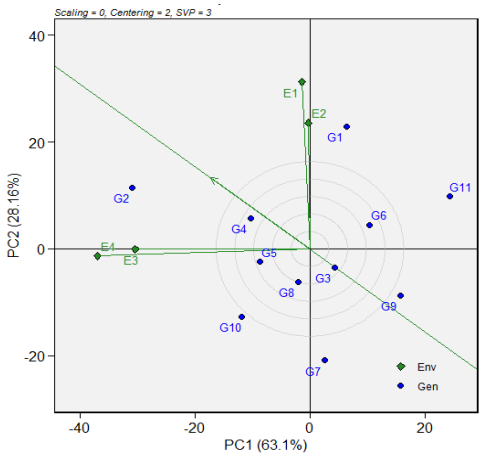
شکل ۲- گزینش همزمان برای عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌های جو در محیط‌های مختلف
Figure 2. Simultaneous selection for grain yield and stability of barley genotypes in different environments

روابط بین محیط‌ها و ژنوتیپ‌ها

بررسی روابط بین محیط‌ها وجود همبستگی بسیار بالایی را بین محیط‌های E1 و E2 نشان داد. همچنین محیط‌های E3 و E4 نیز همبستگی بالایی را با یکدیگر به نمایش گذاشتند. زاویه کمتر از ۹۰ درجه در بین محیط‌ها حاکی از عملکرد مشابه آن‌ها در شناسایی و تفکیک ژنوتیپ‌ها می‌باشد (۱). زاویه بین محیط‌ها در درون دو گروه محیطی فوق کمتر از ۹۰ درجه بود که حاکی از رفتار مشابه در رتبه‌بندی و تفکیک ژنوتیپ‌ها می‌باشد از شکل ۳ می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ G2 به محیط‌های E3 و E4 و ژنوتیپ Cos16 به محیط E1 و E2 سازگاری بیشتری نشان می‌دهند. اگرچه آزمایش‌های چند محیطی اغلب برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها به کار می‌روند اما

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.172]

می‌توان از اطلاعات به‌دست‌آمده برای ارزیابی محیط‌ها نیز بهره برد. یک محیط ایده‌آل بایستی به‌طور واضح اختلاف بین ژنوتیپ‌ها را نشان دهد و هم‌زمان نماینده خوبی از محیط‌های دیگر باشد. مفهوم محیط ایده‌آل برای محیط‌هایی به کار می‌رود که دو ویژگی عمده را دارا هستند، ۱- توانایی بالایی در تفکیک و تمایز بین ژنوتیپ‌ها را داشته باشد ۲- نماینده‌ای خوب برای محیط‌های دیگر باشد (۴۹،۴۸). این مفهوم از محیط‌های ایده‌آل برای محصولات مختلف ازجمله ذرت (۷)، پنبه (۲) و گندم دوروم (۲۲) بکار گرفته شده است. توانایی تفکیک و تمایز یک محیط به توانایی محیط برای نشان دادن حداکثر تنوع بین ژنوتیپ‌ها برمی‌گردد ولی توانایی نمایندگی یک محیط بیانگر این است که محیط موردنظر تا چه میزان نماینده شرایط سایر محیط‌های آزمایشی است؛ بنابراین محیط ایده‌آل باید ترکیبی از این دو ویژگی را داشته باشد تا بتواند ژنوتیپ‌های سازگار را تشخیص دهد. این خصوصیت در مدل GGE بای‌پلات پلات تحت عنوان قدرت تفکیک محیط‌ها در برابر میزان نمایندگی آن‌ها (Discrimitiveness vs. Representativeness) ارائه شده است (۴۸). بر اساس شکل ۳ هیچ‌کدام از محیط‌های مورد بررسی به محیط ایده‌آل نزدیک نبودند بنابراین نمی‌توان هیچ‌کدام از آن‌ها را به‌عنوان نماینده محیط‌ها برای تفکیک ژنوتیپ‌ها در نظر گرفت.

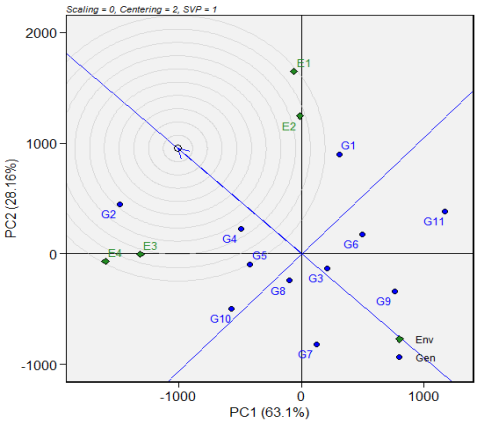


شکل ۳- روابط میان محیط‌ها و مقایسه هم‌زمان محیط‌ها ازنظر قابلیت تفکیک ژنوتیپ‌ها در مقابل نماینده بودن آن‌ها
Figure 3. The relationship among testing environments and compares the environments based on their discrimintiveness vs. representativeness

رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس ژنوتیپ ایده‌آل

یک ژنوتیپ ایده‌آل باید بیشترین میانگین عملکرد در محیط‌های مورد مطالعه را داشته باشد و نسبت به شرایط محیطی نیز از پایداری عملکرد برخوردار باشد (۵۱). چنین ژنوتیپی به‌عنوان ژنوتیپی که دارای بیشترین طول بر روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و دارای کمترین نقش در پدیده اثر متقابل ژنوتیپ در محیط باشد، تعریف‌شده است به‌طوری‌که در شکل به‌صورت یک دایره کوچک روی محور میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها به آن اشاره شده است برای استفاده از ژنوتیپ ایده‌آل به‌عنوان مرکز ارزیابی، دایره‌های هم مرکزی در بای‌پلات پلات به‌منظور تعیین گرافیکی فاصله بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با ژنوتیپ ایده‌آل ترسیم شده است (شکل ۴). ژنوتیپی که در مرکز دایره‌ها قرار می‌گیرد ژنوتیپی با میانگین عملکرد بالا و دارای پایداری عملکرد بالاست (۱). بنابراین هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌ها را نمی‌توان به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب که دارای میانگین عملکرد بالا و نیز پایداری عملکرد بالایی هست، در نظر گرفت. ولی ژنوتیپ G2 و در مرحله بعد ژنوتیپ G4 در فاصله اندکی نسبت به ژنوتیپ ایده‌آل قرار دارند. ولی ژنوتیپ‌های G9، G7 و G11 با بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل به‌عنوان ژنوتیپ‌های نامطلوب شناخته شدند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.172]



شکل ۴- ارزیابی ژنوتیپ‌ها نسبت به ژنوتیپ ایده‌آل
Figure 4. Evaluation of genotypes compared to the ideal genotype

نتیجه‌گیری کلی

وجود تفاوت معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌ها نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها از نظر ژنتیکی با یکدیگر متفاوت می‌باشند. وجود اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ × محیط حاکی از تفاوت‌های معنی‌دار در واکنش ژنوتیپ‌ها به محیط‌های مختلف اجرای آزمایش بود. در روش‌های پارامتری ژنوتیپ‌های G4، G8، G9 و تا حدودی G2 و در روش‌های ناپارامتری ژنوتیپ‌های G2، G8 ، G3، G4 و تا حدودی G9 با عنوان ارقام پایدار معرفی شدند. تجزیه بای‌پلات پلات نشان داد که شاهد Cos16 در محیط‌های زنجان ۱ و ۲ و ژنوتیپ G2 در محیط‌های خمین ۱ و ۲ بیشترین عملکرد را از خود نشان دادند. ژنوتیپ‌های G11 و G7 با بیشترین فاصله تا خط ATC دارای عملکرد پایین و نیز پایداری عملکرد پایین بودند. از سوی دیگر ژنوتیپ‌های G3 و G9 دارای عملکرد پایین ولی پایداری عملکرد بالا بودند که نشان می‌دهد می‌توان این زنوتیپ‌ها را به عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری عمومی بالا در نظر گرفت. هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌ها به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب که دارای میانگین عملکرد بالا و نیز پایداری عملکرد بالایی باشند وجود نداشتند ولی ژنوتیپ G2 و در مرحله بعد ژنوتیپ G4 در فاصله اندکی نسبت به ژنوتیپ ایده‌آل قرار داشتند. هیچ‌کدام از محیط‌های مورد بررسی نیز به محیط ایده‌آل نزدیک نبوده و بنابراین نمی‌توان هیچ‌کدام از آن‌ها را به‌عنوان نماینده محیط‌ها برای تفکیک ژنوتیپ‌ها در نظر گرفت. در مجموع نتایج نشان داد که روش GGE بای‌پلات روش مناسبی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های برتر براساس بای‌پلات‌های مختلف و گزینش هم‌زمان ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد و پایداری عملکرد می‌باشند.

منابع

1. Barati, A., I. Lakzadeh, M. Jabbari, O. Poodineh, J. Jafarbby, K. Shahbazihomonlo, A. Gholipour and N.A. Tabatabaei Fard. 2020. Evaluation of grain yield stability of irrigated barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in warm regions of Iran using GGE biplot analysis. Iranian Journal of Crop Science, 22: 212-224 (In Persian).
2. Blanche, S.B. and G.O. Myers. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. Crop Science, 46: 946-949.
3. Dashtaki, M., A. YazdanSepas, T. NajafiMirak, M.R. Ghanadha, R. Joukar, M.R. Islampour, A.A. Moayedi, M. Nazeri, M.S. AbediOskooie, G. Aminzadeh, R. Soltani, S. Ashouri and A.R. Kouchaki. 2004. Stability of grain yield and harvest index in winter and facultative bread wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. Seed and Plant Improvement Journal, 20(3): 263-280 (In Persian).
4. Donoso-Ñanculao, G., M. Paredes, V. Becerra, C. Arrepol and C. Balzarini. 2018. GGE-Biplot analysis of multienvironment yield trials of rice produced in a temperate climate. Chilean Journal of Agricultural Research, 76(2): 152-157.
5. Ebadi Segherloo, A., S.H. Sabaghpour, H. Dehghani and M. Kamrani. 2008. Nonparametric measures of phenotypic stability in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). Euphytica, 162: 221-229.
6. Ebdon, J.S. and H.G. Gauch. 2002. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trials. Crop Science, 42: 497-506.
7. Fan, X.M., M.S. Kang, H. Chen, Y. Zhang, J. Tan and C. Xu. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agronomy Journal, 99: 220-228.
8. FAO (Food and Agriculture Organization). 2020. Production and Trade yearbook, 2007. FAO, Rome.
9. Farshadfar, E. and J. Sutka. 2000. Combining ability analysis of drought tolerance in wheat over different water regimes. Acta Agronomica Hungarica, 48: 353-361.
10. Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding program. Australian Journal of Agricultural Research, 14: 752-754.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.172]

11. 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.
12. Huehn, V.M. 1990. Non-parametric measures of phenotypic stability. Part I: Theory. Euphytica, 47: 189-194.
13. Kang, M.S. 1990. Understanding and utilization of genotype-by-environment interaction in plant breeding, 52-68 pp. In: Kang, M.S. (ed.) Genotype- by- Environment, Interaction and Plant Breeding, Louisiana State University, Department of Agronomy, Baton Rouge, Louisian, USA.
14. Kang, M.S. 1988. A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. Cereal Research Communications, 16: 113-115.
15. Kaya, Y., M. Akcura and S. Taner. 2006. GGE-Biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30: 325-337.
16. Laffont, J.L., M. Hanafi and K. Wright. 2007. Numerical and graphical measures to facilitate the interpretation of GGE biplots, Crop Science, 47: 990-996.
17. Majnoun Hosseini, N. 2015. Agriculture and production of cereals (new edition of cereals in Iran). Tehran University Jihad Publishing Organization. 283 p.
18. Makumbi, D., A. Diallo, K. Kanampiu, S. Mugo and H. Karaya. 2015. Agronomic performance and genotype × environment interaction of herbicide-resistant maize varieties in Eastern Africa. Crop Science, 55: 540-555.
19. Moghaddam, M.J. and S.S. Pourdad. 2009. Comparison of parametric and nonparametric methods for analyzing genotype × environment interactions in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agricultural Science, Cambridge, 147: 601-612.
20. Mohammadi, R., M. Armion, E. Zadhassan and M. Eskandari. 2014. Analysis of genotype and environment interaction for grain yield in rain-fed durum wheat. Iranian Dryland Agronomy Journal, 1(4): 23-32 (In Persian).
21. Mohammadi, R., M. Armion, E. Zadhasan, M.M. Ahmadi and D. Sadeghzadeh Ahari. 2012. Genotype environment interaction for grain yield of rainfed durum wheat using the GGE bipot model, Seed and Plant Journal, 28(3): 503-518 (In Persian).
22. 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 and Pasture Science, 61: 92-101.
23. Mohammadi, R., A. Abdulahi, R. Haghparast and M. Armion. 2007. Interpreting genotype × environment interactions for durum wheat grain yields using nonparametric methods. Euphytica, 157: 239-251.
24. Najafian, G., A.K. Kaffashi and A. Jafar-Nezhad. 2010. Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotypes grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. Journal of Agricultural Science and Technology, 12: 213-222 (In Persian).
25. Nassar, R. and M. Huehn. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. Biometrics, 43: 45-53.
26. Omrani, S., A. Omrani, M. Afshari, A. Saremi-rad, S. Bardehji and P. Foroozesh. 2019. Application of multivariable of additive main effects and multiplicative interaction and Biplot graphical analysis multivariate methods on the study of genotype environment interaction on safflower genotypes grain yield. Journal of Crop Breeding, 11(31): 153-163.
27. Osiru, M.O., O.M. Olanya, E. Adipala, R. Kapinga and B. Lemaga. 2009. Yield stability analysis of *Ipomoea batatus* L. cultivars in diverse environments. Australian Journal of Crop Science, 3: 213-220.
28. Perez de la Vega, M., M. Santalla, and F. Marsolais. 2017. The common bean genome. Springer International Publishing. 304 p.
29. Plaisted, R.L. 1960. A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. American Potato Journal, 37: 166-172.
30. Plasted, R.L. and Peterson, L.C. 1959. A technique for evaluation the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. American Potato Journal, 36: 281-285.
31. Pour-Aboughadareh, A., M. Yousefian, H. Moradkhani, P. Poczai and K.H.M. Siddique. 2019. STABILITYSOFT: A new online program to calculate parametric and non-parametric stability statistics for crop traits. Applications in Plant Sciences, 7(1): e1211.
32. Pourdad, S. and M. Jamshidi Moghaddam. 2013. Study on genotype and environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) in rain-Fed condition. Journal of Crop Breeding, 5(12): 12-23 (In Persian).
33. Ramazani, A. 2012. The study of yield stability of rice genotypes in Isfahan province. Cereal Research, 2(3): 181-192 (In Persian).
34. Romer, T. 1917. Sind die ertragsreichen sorten ertragssichers? Milt. DLG. 32: 87-89.
35. Roustaie, M., D. Sadeghzadeh Ahari, A. Hesami, K. Soleymani, H. Pashapour, K. Nader-Mahmoudi, M.M. Pour Siahbidi, M. Ahmadi, M. Hassanpour Hosni, and M. Abedi-Asl .2003. Study of adaptability and stability of grain yield of bread wheat genotypes in cold and moderate-cold dry land areas. Seed and Plant Improvement Journal. 19(2): 263-275 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.172]

36. Sabaghnia, N., H. Dehghani and S.H. Sabaghpour. 2008. Graphic analysis of genotype and environment interaction for lentil (*Lens culinaris* Medik) yield in Iran. Agronomy Journal, 100: 760-764 (In Persian).
37. Sabaghnia, N., H. Dehghani and S.H. Sabaghpour. 2006. Nonparametric methods for interpreting genotype × environment interaction of lentil genotypes. Crop Science, 46: 1100-1106.
38. Sabah, M.A., M.M. El-Hady, A.M. El-Taweel and E.H. El-Harty. 2007. Stability statistics of some faba bean genotypes. Annals of Agricultural Sciences, 45: 525-544.
39. Saremi Rad, A., K. Mostafavi and A. Mohammadi. 2020. Genotype-environment interaction study base GGE biplot method for kernel yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. Journal of Crop Breeding, 12(34): 43-53.
40. Ssemakula, G. and A. Dixon. 2007. Genotype × environment interaction, stability and agronomic performance of carotenoid-rich cassava clones. Scientific Research and Essays, 2: 390-399.
41. Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype - environmental components of variability. Heredity, 29: 237-245.
42. Soughi, H.A., N.A. Babaeian Jelodar, G.A. Ranjbar and M. Hadi Pahlevani. 2016. Simultaneous selection based on yield and yield stability in bread wheat genotypes. Journal of Crop Breeding, 8(18): 119-125 (In Persian).
43. Thennarasu, K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. Ph.D. Thesis. P.J. School, IARI, New Delhi. India.
44. Vaezi, B., J. Ahmadi and A.R. Pour-Aboughadareh. 2015. Stability analysis of barley advanced lines under Gachsaran tropical environment. Cereal Research, 5(3): 261-272.
45. Van Schoonhoven, A. and O. Voysest. 1993. Common beans: research for crop improvement. CIAT, Cali. Colombia, 980 p.
46. Wricks, G. 1962. uber eine method zur erfassung der okoiogschen streubreite in feldversuchen. Z. Pflanzenzuchtg, 47: 92-96.
47. 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: 643-655.
48. 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.
49. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE Biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists.' CRC Press: Boca Raton, FL.
50. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science, 42: 11-20.
51. Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. Agronomy Journal, 94: 990-996.
52. Yan, W., P.L. Cornelius, J. Crossa and L.A. Hunt. 2001. Two types of GGE biplots for analyzing multi environment trial data. Crop Science, 41: 656-663.
53. Zaifizadeh, M., M. Mogaddam, M. Ghasemi, S. Mahfouzi and A. Ahmadi. 1996. Stability analysis of grain yield of spring bread wheat cultivars in Caspian Sea regions. Iranian Journal of Agricultural Sciences,7(1): 45-51 (In Persian).
54. Zali, H., E. Farshadfar and S.H. Sabaghpour. 2011. Non-parametric analysis of phenotypic stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in Iran. Crop Breeding Journal, 1: 89-100 (In Persian).
55. Zarei, L., E. Farshadfar, R. Haghparast, R. Rajabi, M. Mohammadi Sarab Badieh and H. Zali. 2012. Comparison of different methods of stability evaluation in bread wheat genotypes under drought stress conditions. Electronic Journal of Crop Breeding, 5(3): 81-97 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.172]

Genotype × Environment Interactions Effects on Grain Yield in Chitti Bean Genotypes

Adel Ghadiri[1], Seyedeh Soudabeh Shobeiri[2] and Ali Akbar Asadi[3]

1- Researcher of Crop and Horticultural Science Research Department, Arak Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREOO), Arak, Iran
2- Assistant Professor of Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREOO), Zanjan, Iran,
3-Asistant Professor of Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREOO), Zanjan, Iran, (Corresponding Author: asadipm@gmail.com)
Received: 22 June, 2022 Accepted: 11 September, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Existence of genotype × environment interaction for quantitative traits such as grain yield can limit the selection of superior genotypes for the development of improved cultivars. In order to calculate the interaction of genotype × environment, breeders evaluate genotypes in several environments to identify genotypes with high yield and stability. This experiment was performed to investigate the interaction of genotype in the environment on 11 bean genotypes using parametric and nonparametric methods and GGE bioplot model to evaluate genotypes and environments, determine the relationship between genotypes and environments and identify the ideal genotype.

Material and Methods: In this experiment, 9 lines of pinto beans along with Ghaffar cultivars and Cos16 lines (11 lines in total) were performed in a randomized complete block design with three replications in order to achieve high yield and marketable bean cultivars. Parametric and non-parametric methods were used to select stable genotypes with high yield and GGE bioplot analysis was used to select superior genotypes that are compatible with regional environments.

Results: There was a significant interaction between genotype and environment, indicating significant differences in the response of genotypes to different environments of the experiment. In parametric methods G4, G8, G9 and to some extent G2 genotypes and in nonparametric methods G2, G8, G3, G4 and to some extent G9 genotypes were introduced as stable cultivars. Biplot analysis showed that G1 genotype in Zanjan in first and Second years and G2 genotype in Khomein n first and second environments showed the highest yield. G11 and G7 genotypes with the longest distance to the ATC line had low yield and low yield stability. None of the genotypes were found to be desirable genotypes with average yield and high yield stability, but G2 genotype and later, G4 genotype was a short distance from the ideal genotype. None of the studied environments is close to the ideal environment and therefore none of them can be considered as representative of environments for genotype segregation.

Results: Zanjan in first and Second years and G2 genotype in Khomein n first and second environments have the highest yield. No ideal genotypes were observed, but two genotypes, G1 and G4, can be introduced as superior genotypes.

Keywords: Compatibility, Performance, Parametric methods, Stability

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.172]