"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نوزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶

ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) با استفاده از روش AMMI

Study of genotype × environment interaction effect on seed yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes using AMMI method

محمد حسن کوشکی[۱]، مهناز قائد رحمتی[۲]، فرود صالحی[۳]، حمیدرضا دری[۴]، سیده سودابه شبیری[۵] و محمد باقر خورشیدی بنام[۶]

چکیده

کوشکی. م.ح.، م. قائد رحمتی، ف. صالحی، ح.ر. دری، س.س. شبیری و م.ب. خورشیدی بنام. ۱۳۹۶. ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) با استفاده از روش AMMI. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(۱): ۳۹-۲۶.**

به منظور بررسی اثر ژنوتیپ، محیط و اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه در لوبیا قرمز، ۱۰ ژنوتیپ لوبیا در یک آزمایش طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در پنج مکان (بروجرد، زنجان، شهرکرد، تبریز و خمین) طی دو سال (۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب، معنی‌دار بودن اثرات ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه را نشان داد. متوسط عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها از ۱۶۱۵/۸ (شهرکرد در سال اول) تا ۴۰۶۹/۸ کیلوگرم درهکتار (بروجرد در سال دوم) متفاوت بود. بر اساس نتایج تجزیه واریانس AMMI، محیط منبع اصلی تغییرات بود که ۶۱ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داد. نتایج تجزیه واریانس AMMI نیز نشان داد که اثر هشت مؤلفه بر عملکرد دانه معنی‌دار بود و اثرات باقی مانده (نویز) صفر در نظر گرفته شد. سه مؤلفه اصلی اول مدل AMMI ۷۹/۸ درصد از کل واریانس عملکرد را توجیه کردند. بر اساس مقادیر سه مؤلفه اصلی اول، ارزش پایداری AMMI (ASV)، پارامتر D و شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI)، ژنوتیپ ۵ (KS31290) به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ با عملکرد متوسط شناخته شد. ژنوتیپ ٤ (KS31285) با بیشترین میزان ASV، پارامترD و بیشترین فاصله از مرکز نمودار بای‌پلات، ژنوتیپی ناپایدار شناخته شد. این ژنوتیپ عملکرد نسبتاً بالایی (۲۹۰۰ کیلوگرم در هکتار) داشت. بر اساس نتایج این آزمایش لاین اصلاحی KS31290 به‌عنوان ژنوتیپ قابل توصیه جهت معرفی برای مناطق اجرای آزمایش و اقلیم‌های مشابه شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، پارامتر D، شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) و لوبیا قرمز.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۲۰ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی مصوب سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.با شماره ۹۲۱۰۷-۰۳-۵۹-۰ می‌باشد.

۱- عضو هیأت علمی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: avinmahnaz@gmail.com)
۳ – استادیار پژوهش ، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۵- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۶- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

مقدمه

حبوبات بعد از غلات دومین منبع غذایی انسان به‌شمار می‌روند و در کشور ایران بعد از گندم، اصلی‌ترین ماده غذای مردم را تشکیل می‌دهند. در بین حبوبات، لوبیا مقام اول را از نظر سطح زیر کشت جهانی و ارزش اقتصادی دارا است (Majnoun Hosseini, 2006). سطح زیرکشت لوبیا در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در ایران ۱۱۶ هزار هکتار با عملکرد متوسط ۱۹۴۴ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. بیشترین میزان تولید لوبیا در کشور (۲۷/۶ درصد) به استان فارس تعلق داشته و استان‌های زنجان، لرستان، مرکزی و خوزستان به ترتیب رتبه‌های دوم تا پنجم به خود اختصاص داده‌اند (Agricultural Statistics, 2014). عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا تا حد زیادی به محیط بستگی دارد. به‌طورکلی، ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط عملکرد یک رقم را تعیین می‌کنند (Falconer and Mackey, 1996). با در نظر گرفتن سطح زیرکشت لوبیا، تنوع شرایط اقلیمی- زراعی مناطق مورد کشت و عکس‌العمل ارقام مختلف در شرایط محیطی متفاوت، معرفی ارقام پرمحصول که سازگاری وسیع داشته باشند حائز اهمیت است. سازگاری و پایداری عملکرد دو مفهوم مهم در برنامه‌های اصلاح گیاهان زراعی می‌باشند (Costa *et al*., 2008). توانایی یک ژنوتیپ به دارا بودن حداقل اثر متقابل در برابر تغییرات محیطی، تحت عنوان پایداری عملکرد ژنوتیپ تعریف شده است (Eberhart and Russell, 1966). پایداری عملکرد، یکی از مطلوب‌ترین خصوصیات یک رقم زراعی است که باعث سازگاری آن به اکثر مناطق شده و با عنوان سازگاری عمومی نامیده می‌شود (Liang *et al*., 2015). یکی از عوامل مهم اختلاف بین عملکرد بالقوه (پتانسیل) و عملکرد واقعی، عدم پایداری کافی عملکرد است (Cattivelli *et al*., 2008). از طرف دیگر، جهت دستیابی به حداکثر تولید لازم است سازگاری ارقام مورد نظر به بهترین محیط رشد آنها مشخص شوند که این موضوع تحت عنوان سازگاری خصوصی نامیده می‌شود. هدف از انتخاب برای سازگاری عمومی، شناسایی ژنوتیپی است که تقریباً در همه محیط‌ها عملکرد خوبی داشته باشد. در سازگاری خصوصی هدف این است که ژنوتیپی بدست آید که عملکرد خوبی در یک محیط خاص داشته باشد (Baquedano *et al*., 2008).

با توجه به اهمیت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، معمولاً به‌نژادگران، ژنوتیپ‌های واجد شرایط را جهت تعیین سازگاری عمومی و خصوصی آن‌ها در چند محیط مورد ارزیابی قرار می‌دهند. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به‌عنوان تغییر نسبی عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف تعریف شده است که به عنوان یک چالش برای به‌نژادگران محسوب می‌شود، زیرا انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را مشکل ساخته و باعث کاهش پیشرفت ژنتیکی می‌شود (Cooper and Delacy, 1994). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از چندین روش اندازه‌گیری می‌شود که اساس همه آن‌ها ارزیابی ژنوتیپ‌ها در چند محیط می‌باشد. آزمایش‌های چند محیطی گیاهان زراعی، نقش مهمی در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در بسیاری از مراحل برنامه‌های اصلاح و معرفی ارقام جدید دارند. متداول‌ترین روش تجزیه آزمایش‌های چند محیطی مبتنی بر فرض یکنواختی واریانس خطای باقیمانده در همه محیط‌های مورد آزمایش است، اما اغلب این موضوع در عمل اتفاق نمی‌افتد و می‌تواند صحت ارزیابی ژنوتیپ‌ها را محدود نماید. پر واضح است که در چنین آزمایشاتی، به‌علت اختلاف عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها، واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تغییر کرده و واریانس خطاهای باقی‌مانده در محیط‌ها بعلت تفاوت در شرایط طبیعی (خاک، آب و هوا) و همچنین عملیات اجرایی در محیط‌های مختلف تغییر می‌کند (Hu *et al*., 2013). بکر و لئون (Becker and Leon 1988) اظهار داشتند که پایداری عملکرد یک ژنوتیپ ارتباط مستقیمی با اثر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

متقابل ژنوتیپ × محیط داشته و یک ژنوتیپ موفق باید عملکرد و پایداری بالایی در دامنه وسیعی از شرایط محیطی داشته باشد. در صورت وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، لازم است ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد نسبتاً ثابت در دامنه‌ای از محیط‌ها شناسایی شوند. روش‌های آماری مختلف بررسی اثرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها توسط محققان مورد مطالعه قرار گرفته است (Hussein *et al*., 2000; Ferreira *et al*., 2006)، اما هیچ‌کدام از روش‌ها برای تجزیه ساختاری داده‌های چندمحیطی در برنامه‌های اصلاحی کارایی کافی را نداشتند (Navabi *et al*., 2006). در میان روش‌های آماری، تجزیه پایداری به روش AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interactions) در مطالعات بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است. در مدل AMMI، ضریب رگرسیون و واریانس محیطی، قابل اعتمادترین ابزار برای محاسبه پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها گزارش شده‌اند (Gauch, 2007). در مدل AMMI، مؤلفه‌های افزایشی برای اثرات اصلی (ژنوتیپ و محیط) و مؤلفه‌های ضرب‌پذیر برای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ترکیب می‌شوند (Sadiyah and Hadi, 2016). این مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل، برای تفسیر کارایی عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌های ارزیابی شده در محیط‌های مختلف استفاده می‌شوند (Baxevanos *et al*., 2008; Gauch, 2013). یکی از خروجی‌های تجزیه AMMI، بای‌پلات‌هایی است که اطلاعاتی درباره اثرات اصلی و متقابل ارائه داده و همچنین اطلاعات مفیدی درباره شباهت مکان‌ها برای پاسخ‌های سازگاری ژنوتیپ ارائه می‌دهند. اطلاعات بای‌پلات‌های AMMI امکان بررسی بصری ارتباطات بین محیط‌ها، ژنوتیپ‌های مورد آزمون و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را فراهم می‌کند.

زبیر و غفور (Zubair & Ghafoor 2001)، ۱۲ ژنوتیپ لوبیای معمولی را برای پایداری عملکرد دانه در هفت محیط مختلف در پاکستان مورد ارزیابی قرار دادند و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط خیلی بالایی برای عملکرد دانه گزارش نمودند. ۲۱۶ لاین لوبیا دانه سیاه و ۵۶ لاین دانه رنگی از نظر عملکرد و پایداری در مرکز تحقیقات لوبیا و برنج Embrapa برزیل مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمایش، ۵۶ لاین لوبیا دانه رنگی و ۴۹ لاین لوبیا دانه سیاه پایداری نشان دادند (Costa *et al*., 2008). به منظور تعیین پایداری عملکرد دانه، نه ژنوتیپ لوبیا معمولی در ده محیط در سودان مورد بررسی قرار گرفتند و در مجموع چهار ژنوتیپ پایدار شناسایی شد. این ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش گرمایی و خشکی متحمل بودند (Khalifa *et al*., 2013).

افزایش روزافزون نقش حبوبات در امنیت غذایی کشور بسیار مهم است که این موضوع با تولید ارقام پایدار با عملکرد بالا تحقق می‌یابد. هدف از این تحقیق، ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط عملکرد دانه ۱۰ ژنوتیپ لوبیا قرمز از طریق تجزیه AMMI و بررسی الگوی سازگاری و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های پرمحصول بوده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی پایداری و الگوی سازگاری ژنوتیپ‌ها، ۹ ژنوتیپ پیشرفته لوبیا قرمز همراه با رقم گلی (شاهد) در یک آزمایش مقایسه عملکرد طی دو سال (۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) مورد ارزیابی قرار گرفتند. مناطق اجرای آزمایش شامل بروجرد، زنجان، شهرکرد، تبریز و خمین بودند. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های محل اجرای آزمایش و کد آنها در جدول ۱ و نام و منشأ ژنوتیپ‌های لوبیای مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. طرح مورد استفاده در هر آزمایش بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. هر ژنوتیپ در یک کرت شامل چهار خط به طول شش متر و فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر کشت شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر بود و پس از تنک کردن،

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و سازه‌های هواشناسی محیط‌های مورد آزمایش

Table 1. Geographical characteristics and meteorological parameters of experimental environments

Location	مکان	سال Year	کد محیط Environment code	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا Height from sea level (m)	میانگین بارش سالیانه Average of annual rainfall (mm)	دما Temperature (˚C) حداکثر مطلق (Max)	دما Temperature (˚C) حداقل مطلق (Min)
Borujerd	بروجرد	2012 ۱۳۹۱	E1	48:27	33:36	1580	403	27.8	-11.4
		2013 ۱۳۹۲	E2				436	27.1	-15.6
Zanjan	زنجان	2012 ۱۳۹۱	E3	47:01	35:25	1500	301	37.4	-26
		2013 ۱۳۹۲	E4				357	37.2	-20.4
Shahrekord	شهرکرد	2012 ۱۳۹۱	E5	50:49	32:18	2060	348	38.6	-27.3
		2013 ۱۳۹۲	E6				307	37	-28.6
Tabriz	تبریز	2012 ۱۳۹۱	E7	46:25	38:02	1350	267	37.6	-18.6
		2013 ۱۳۹۲	E8				237	39.8	-25
Khomein	خمین	2012 ۱۳۹۱	E9	50:04	33:38	1815	258	40.8	-11.2
		2013 ۱۳۹۲	E10				345	39.6	-19

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

فاصله آنها به ۱۰ سانتی‌متر افزایش داده شد. میزان بذر در هر کرت ۵۰۰ عدد در نظر گرفته شد. مقدار کود لازم بر اساس نتایج آزمون خاک به‌طور یکنواخت به کرت‌های آزمایشی داده شد. برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش پیش از کاشت ترفلان به میزان دو لیتر در هکتار (قبل از دیسک زنی) و علف‌کش بنتازون استفاده شد. کلیه عملیات داشت شامل کوددهی، آبیاری و وجین به‌صورت یکسان برای همه کرت‌ها اعمال گردید. در هنگام برداشت در هر کرت، ردیف‌های حاشیه حذف و سایر ردیف‌ها با دست برداشت و سپس غلاف‌ها کوبیده و بوجاری شدند و وزن دانه‌ها به‌عنوان عملکرد کرت محاسبه و ثبت شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها انجام و سایر محاسبات آماری به شرح زیر انجام شد:

الف- تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به روش AMMI با استفاده از رابطه ۱ (Gauch, 1992) برآورد شد:

$$Y_{ger} = \mu + \sigma_g + \beta_{e+\sum\lambda_n} y_{gn}\delta_{en} + P_{ge} + \varepsilon_{ger} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

Y_{ger}: عملکرد ژنوتیپ gام در محیط eام و تکرار rام، μ : میانگین کل، σ_g: اثر اصلی ژنوتیپ، β_e: اثر اصلی محیط، λ_n: مقدار منفرد برای محور مؤلفه اصلی nام که برابر با مقدار ویژه مربوط به همان مؤلفه اصلی است، n: تعداد محورهای PCA باقیمانده در مدل AMMI، y_{gn}: بردار ویژه ژنوتیپ gام از n مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPCA)، δ_{en}: بردار ویژه محیط eام از n مؤلفه اصلی اثر متقابل، P_{ge}: نویز و ε_{aer}: خطای آزمایش هستند.

ب- تعیین ارزش پایداری AMMI (AMMI stability value; ASV) (Ghodrati-Niari and Abdolashahi, 2014):

$$ASV_i = \sqrt{[\frac{SSIPCA1}{SS_{G\times E}} \times IPCA1Score]^2 + [\frac{SSIPCA2}{SS_{G\times E}} \times IPCA2Score]^2 + [\frac{SSIPCA3}{SS_{G\times E}} \times IPCA3Score]^2} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

جدول ۲- اسامی و منشاء ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز مورد ارزیابی

Table 2. Name and origin of red bean genotypes

شماره ژنوتیپ No. of Genotype	کد ژنوتیپ Genotype code	نام/ شجره ژنوتیپ Genotype name/pedigree	منشاء Origin
1	KS31286	GOLI/NAZ	Iran-Khomein
2	KS31288	GOLI/NAZ/GOLI	Iran-Khomein
3	KS31289	GOLI/NAZ/GOLI	Iran-Khomein
4	KS31285	AND1007/D81083	Iran- Khomein
5	KS31290	AND1007/AKHTAR/NAZ	Iran- Khomein
6	KS31291	AND1007/ D81083	Iran- Khomein
7	KS31292	D81083/AND1007	Iran- Khomein
8	KS31169	KS31169	Iran-Khomein
9	KS31287	ARSR93003	CIAT
10	--	Goli	Iran

ج- تعیین شاخص پایداری ژنوتیپ (Genotype stability index; GSI) (Kumar Bose *et al.*, 2014):

$$GSI_i = RASV_i + RY_i \quad \text{(رابطه ۳)}$$

GSI_i: شاخص پایداری ژنوتیپ iام در محیط‌ها، $RASV_i$: رتبه ژنوتیپ iام در محیط‌ها بر اساس ASV و RY_i: رتبه ژنوتیپ iام در محیط‌ها بر اساس میانگین عملکرد هستند.

د- تعیین فاصله AMMI (AMMI Distance; D) (Roostaei *et al.*, 2014)

$$D = \sqrt{\sum_{r=1}^{N}\gamma_{is}^2}\ (i = 1,2,3...,n) \quad \text{(رابطه ۴)}$$

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

D: فاصله نقطه مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC) از مبداء مختصات، N: تعداد مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل (IPC) معنی‌دار و γ_{is}: نمره IPCها برای ژنوتیپ iام هستند. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS 9.1 و CROPSTAT انجام شد.

نتایج و بحث

ابتدا تجزیه واریانس ساده (داده‌ها نشان داده نشده است) برای هر محیط انجام و آزمون بارتلت برای بررسی متجانس بودن واریانس‌های خطای آزمایش‌ها نیز انجام شد. با انجام آزمون بارتلت روی داده‌های ده محیط، فرض همگنی واریانس خطاهای آزمایشی مورد تائید قرار گرفت (χ^2=۱۶/۴^{ns}). نتایج تجزیه واریانس مرکب برای ده محیط نشان داد که اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این موضوع نشان می‌دهد که هر ژنوتیپ به‌طور متفاوتی به تغییرات در محیط‌های مورد آزمون پاسخ داده و یا محیط‌های مورد آزمایش به‌طور متفاوتی ژنوتیپ‌ها را تحت تاثیر قرار دادند و یا می‌تواند به هر دو مورد مربوط باشد. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان می‌دهد که بیان فنوتیپی یک ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ دیگر در یک محیط برتر بوده، اما در محیطی دیگر نامطلوب است (Sadiyah and Hadi, 2016). گزارش شده است که اثر متقابل بالای ژنوتیپ × محیط سرعت روند انتخاب را کاهش می‌دهد و توصیه‌های ژنوتیپی را مشکل می‌سازد (Caliskan *et al.*, 2007).

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که نیمی از واریانس محیطی بعلت تفاوت بین سال‌ها بوده است در حالی‌که واریانس مکان تنها ۲۵ درصد از کل واریانس محیطی را دارا بود. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به اثر متقابل ژنوتیپ × سال، ژنوتیپ × مکان و ژنوتیپ × سال × مکان تقسیم شد. علی‌رغم این‌که واریانس اثر سال‌ها بیشتر از اثر میانگین مکان‌ها بود، اما واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × مکان بیشتر از واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × سال بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل سال × مکان × ژنوتیپ نشاندهنده این است که اثر متقابل ژنوتیپ × مکان در سال‌های مختلف متفاوت بوده است و انتخاب و توصیه ارقام جدید تحت چنین شرایطی مشکل است. از طرفی دیگر، معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر این فرضیه تاکید می‌کند که ژنوتیپ‌های مورد بررسی سازگاری متفاوتی داشته و نیاز به اجرای تجزیه پایداری می‌باشد.

در این پژوهش، اثر محیط بیشترین سهم را در توجیه مجموع مربعات کل به خود اختصاص داد (جدول ۳) که این موضوع نشان دهنده دامنه وسیع‌تر اثرات اصلی محیط نسبت به اثرات اصلی ژنوتیپ بود. اسفا و همکاران (Asfaw *et al.*, 2008) نیز با ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط روی ۱۶ ژنوتیپ لوبیا قرمز در ۱۸ محیط، بخش عمده تنوع کل را به محیط نسبت دادند. نتایج سایر تحقیقات روی گندم نان، گندم دوروم، ذرت و نخود اهمیت محیط را در محاسبه درصد بیشتر مجموع مربعات کل نسبت به اثرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان دادند (Aghaee Sarbarzeh *et al.*, 2012; Dehghani *et al.*, 2009; Mohammadi *et al.*, 2015; Roostaei *et al.*, 2014; Zali *et al.*, 2009).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس مدل AMMI نشان داد که مؤلفه‌های اثر متقابل اول تا هشتم برای عملکرد دانه معنی‌دار بودند (جدول ۳) و اثرات باقی مانده (نویز) صفر در نظر گرفته شد. اولین، دومین و سومین مؤلفه اصلی (IPCA1، IPCA2 و IPCA3) به ترتیب ۴۰/۴۸، ۲۶/۲۱ و ۱۳/۱ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را تبیین نمودند. در آزمایشی روی ۱۲ لاین لوبیا سفید در ۱۹ محیط با استفاده از روش AMMI سه مؤلفه اصلی معنی‌دار گزارش شدند که ۶۷ درصد از تنوع داده‌ها را توجیه نمودند (Pereira *et al.*, 2014).در این آزمایش سهم

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

مجموع مربعات اولین محور مؤلفه اصلی اثر متقابل (درصد IPCA1=۴۰/۴۸) بیشتر از دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل (درصد IPCA2=۲۶/۲۱) بود. این موضوع نشان می‌دهد که پاسخ‌های متفاوت عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز در محیط‌های موردآزمون، به‌علت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده است، بنابراین به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز با سازگاری خصوصی یا نسبتاً عمومی، ارزیابی بزرگنمایی و الگوهای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، اهمیت زیادی در محیط‌های مورد آزمون دارد.

جدول ۳- نتایج تجزیه AMMI ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز در ده محیط

Table 3. AMMI analysis of red bean genotypes evaluated in 10 environments

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	درصد توجیهی Explained percentage	درصد تجمعی Cumulative percentage
Environment (E)	محیط	9	15501663.1**	---	---
Genotype (G)	ژنوتیپ	9	3659241.1**	---	---
G × E	ژنوتیپ × محیط	81	695914**	---	---
IPCA1		17	1342371.5**	40.48	40.48
IPCA2		15	984940.7**	26.21	66.69
IPCA3		13	567542.2**	13.09	79.78
IPCA4		11	10.84**	7.88	87.66
IPCA5		9	11.05**	6.57	94.23
IPCA6		7	7.66**	3.54	97.78
IPCA7		5	5.14**	1.7	99.48
IPCA8		3	2.63*	0.52	100

*، **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

*, **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

متوسط عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا در هر محیط از ۱۶۱۵/۸ کیلوگرم در هکتار در محیط E5 (شهرکرد، سال اول) تا ۴۰۶۹/۸ کیلوگرم در هکتار در محیط E2 (بروجرد، سال دوم) متغیر بود (جدول ۴). متوسط عملکرد دانه هر ژنوتیپ در محیط‌ها از ۳۰۰۸/۵ تا ۱۸۹۳/۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب برای ژنوتیپ‌های ۷ و ۸ (KS31169 و KS31292) و متوسط عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف ۲۵۴۵/۲ کیلوگرم در هکتار بود. برای بیشتر ژنوتیپ‌ها، محیط‌های E2 و E8 منجر به عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر محیط‌ها شدند. این موضوع ممکن است با شرایط بهتر رشد مرتبط باشد. محیط‌های E1 و E5 کمترین عملکرد دانه را در مقایسه با سایر محیط‌ها داشتند. طبقه‌بندی محیط‌ها به محیط‌های مطلوب و نامطلوب بر اساس عملکرد دانه لاین‌های لوبیا، حساسیت لاین‌ها به تنش‌های زنده (آفات و بیماری‌ها) و تنش‌های غیرزنده شامل کمبود آب، تنش دمایی و حاصلخیزی کم خاک را منعکس می‌کند (Pereira *et al*., 2014).

مقادیر اولین، دومین و سومین مؤلفه اثر متقابل برای ژنوتیپ و محیط‌ها در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شده است. محیط‌هایی که دارای اولین و دومین مؤلفه اثر متقابل بالایی باشند، برای تفکیک و غربال ژنوتیپ‌ها مناسب‌تر هستند، از این‌رو محیط‌های E1 و E5 با بیشترین میزان اولین مؤلفه اثر متقابل (IPCA1) برای غربال ژنوتیپ‌ها مناسب هستند. از طرفی محیط‌های E9 و E10 (خمین، سال اول و دوم) دارای مقادیر IPCA1 کمتری نسبت به سایر محیط‌ها بودند. در این محیط‌ها قابلیت پیش‌بینی کمتری برای ارزیابی و تولید دانه لوبیا قرمز در مقایسه با سایر محیط‌ها وجود دارد. در این تحقیق، هیچ‌کدام از محیط‌ها دارای مقادیر نزدیک به صفر برای دو مؤلفه اثر متقابل نبودند. این موضوع نشان می‌دهد که کلیه محیط‌ها پتانسیل ایجاد اثر متقابل را

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

دارا بودند. ژنوتیپ ۵ (KS31290) کمترین مقدار را از نظر اولین و دومین مؤلفه اثر متقابل داشت و دارای عملکرد دانه متوسطی بود. ژنوتیپ‌های با متوسط عملکرد دانه بالا و نمره IPCA پایین، به‌عنوان ژنوتیپ پایدار و دارای سازگاری عمومی به همه محیط‌ها در نظر گرفته می‌شوند (Katsura *et al*., 2016)، از این‌رو ژنوتیپ ۵ (KS31290) بیشترین پایداری را در میان ژنوتیپ‌های لوبیا به خود اختصاص داد و به‌عنوان ژنوتیپ مناسب برای کشت در مناطق و سال‌های مختلف قابل توصیه است. ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای مقادیر بالای مؤلفه اصلی اول یا دوم اثر متقابل بالایی داشته، ولی نسبت به یکدیگر سازگاری خصوصی نشان دادند. بدین ترتیب ژنوتیپ ۶ (KS31291) به محیط E8، ژنوتیپ ۱ (KS31286) به محیط E6 و ژنوتیپ‌های ۲ و ۳ (KS31288 و KS31289) به محیط‌های E9 و E10 سازگاری خصوصی داشتند.

جدول ۴– میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل ۱۰ محیط

Table 4. Mean of seed yield of red bean genotypes and interaction main component scores for 10 environments

محیط Environment	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	IPCA1	IPCA2	IPCA3
E1	1764.6	31.91	-3.98	-23.55
E2	4069.8	-9.92	-11.34	-5.88
E3	2755.9	-10.58	6.06	9.47
E4	2892.9	-8.03	-11.46	-12.76
E5	1615.8	20.81	29.17	5.61
E6	2028.1	20.11	-11.98	25.13
E7	2548.1	-17.43	11.71	-3.75
E8	3097.8	-16.38	19.64	-3.00
E9	2462.7	-5.4	-15.03	5.48
E10	2216.4	-5.09	-12.79	3.25

پایداری ژنوتیپ‌های لوبیا و محیط‌ها با استفاده از نمودار بای پلات مؤلفه‌های اثر متقابل اول و دوم ژنوتیپ‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۱). در این بای پلات محیط‌ها به صورت بردار و پراکنش ژنوتیپ‌ها نشان داده شدند. در مجموع، این بای پلات ۶۶/۷ درصد اطلاعات مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه نمود. هیچ‌یک از ژنوتیپ‌های لوبیا پتانسیل تولید مناسبی در اکثر محیط‌ها نداشتند. به‌عبارت دیگر هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها سازگاری عمومی بالایی ندارند، زیرا هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌ها نزدیکی زیادی نسبت به مبداء مختصات نداشتند (شکل ۱). در نمودار بای پلات محیط‌های E1 و E5 طول بردار بلندتری نسبت به سایر محیط‌ها داشتند، از این‌رو اثرات متقابل نسبتاً بالایی را می‌توان به این محیط‌ها نسبت داد. از طرفی محیط E3 با کوتاه‌ترین طول بردار، اثر متقابل کمتری را اعمال نمود. زاویه بین بردارهای محیطی همبستگی بین محیط‌ها را نشان می‌دهد. هرچه زاویه بین محیط‌ها کوچک‌تر باشد، محیط‌ها همبستگی بالاتری داشته و نقش مشابهی در گزینش ژنوتیپ‌ها خواهند داشت، بنابراین محیط‌های E2، E4، E9 و E10، محیط‌های مشابه از نظر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بودند و ژنوتیپ‌ها در این محیط‌ها واکنش مشابهی خواهند داشت و بنابراین یک گروه محیطی را تشکیل دادند. بعلاوه حداکثر زاویه بین بردارهای سه محیط E3، E7 و E8 کمتر از ۹۰ درجه بود که نشان می‌دهد ژنوتیپ‌های لوبیا در این محیط‌ها به‌طور مشابهی تشخیص داده می‌شوند و دومین گروه محیطی را تشکیل دادند. زاویه بین محیط‌های E4 و E5، ۱۸۰

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

جدول ۵- رتبه‌بندی ۱۰ ژنوتیپ لوبیا قرمز بر اساس میانگین عملکرد دانه، نمرات IPCA و شاخص انتخاب ژنوتیپ (GSI) در ۱۰ محیط

Table 5. Ranking of 10 red bean genotypes by mean of seed yield, IPCA1 scores and genotype selection index (GSI) across 10 environments

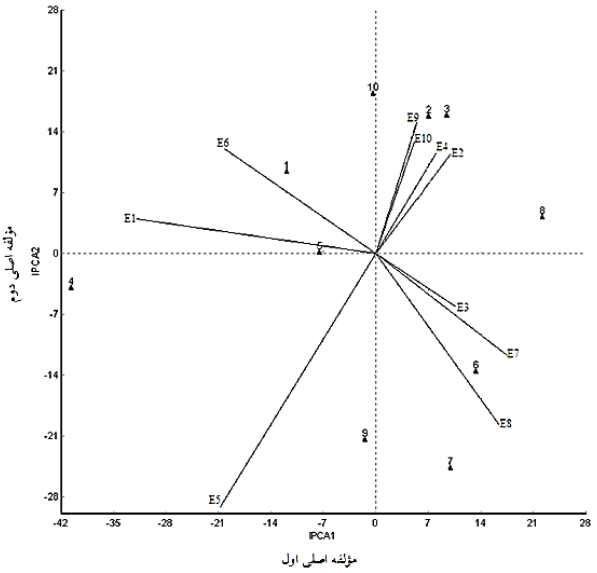
ژنوتیپ‌های لوبیا Red bean genotype	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	IPCA1	IPCA2	IPCA3	ASV	Mean rank	ASV rank	GSI	GSI rank	D
KS31286	2182.5	11.86	-9.4	-21.21	5.4	9	4	13	6	26
KS31288	2745.6	-7.02	-15.79	15.78	5.02	4	3	7	1	23.4
KS31289	2762.4	-9.46	-15.87	-16.5	5.65	3	5	8	2	24.8
KS31285	2900.5	40.63	3.97	7.71	16.49	2	9	11	5	41.5
KS31290	2525.6	7.53	-0.09	4.18	3.05	6	1	7	1	8.6
KS31291	2303.3	-13.29	13.62	-10.01	6.46	8	6	14	7	21.5
KS31292	1893.5	-9.93	24.72	-7.78	7.62	10	7	17	8	27.7
KS31169	3008.5	-22.21	-4.17	16.38	9.06	1	8	9	3	27.9
KS31287	2728.8	1.46	21.44	9.17	5.65	5	5	10	4	23.4
Goli	2401.4	0.42	-18.43	2.32	4.83	7	2	9	3	18.6

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

درجه بود، بنابراین تشخیص ژنوتیپ‌ها در این دو محیط در جهت مخالف یکدیگر می‌باشد. در نمودار بای پلات، ژنوتیپ‌هایی که در نزدیکی مرکز بای پلات پراکنش دارند، از پایداری عمومی برخوردار هستند و برای کشت در اکثر محیط‌ها قابل توصیه هستند و ژنوتیپ‌هایی که دور از مرکز بای پلات قرار دارند، دارای پایداری خصوصی هستند. ژنوتیپ ۵ (KS31290) در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها کمترین فاصله را از مبداء مختصات داشت، بدین ترتیب این ژنوتیپ واکنش زیادی به محیط‌ها نشان نمی‌دهد و پایداری بالایی دارد.

برای استفاده هم‌زمان از اطلاعات سه مؤلفه اثر متقابل معنی‌دار که بیشترین درصد از مجموع مربعات کل را توجیه نمودند، از ارزش پایداری AMMI (ASV) استفاده شد. در این تحقیق ژنوتیپ ۵ (KS31290) با کمترین ارزش پایداری AMMI (ASV=۳/۰۵) به عنوان پایدارترین ژنوتیپ در بین ده ژنوتیپ لوبیای مورد بررسی شناخته شد. بیشترین ارزش پایداری AMMI نیز متعلق به ژنوتیپ ۴ (KS31285)(ASV=۱۶/۴۹) با میانگین عملکرد بالا بود.



شکل ۱- بای‌پلات نمرات IPCA1 و IPCA2 برای ۱۰ ژنوتیپ لوبیا قرمز مورد ارزیابی در ۱۰ محیط

Fig. 1. Biplot of IPCA1 and IPCA2 scores for 10 red bean genotypes evaluated in ten environments

برای ارزیابی پایداری، علاوه بر روش AMMI، از ضریب پارامتر AMMI (D) که به‌عنوان فاصله AMMI نامیده می‌شود نیز استفاده شد. هر چه میزان D ژنوتیپ بیشتر باشد، فاصله ژنوتیپ از مبداء IPCAها بیشتر می‌باشد، بنابراین ژنوتیپ با کمترین میزان پارامتر D به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ در نظر گرفته می‌شود، از این‌رو ژنوتیپ ۵ (KS31290) با کمترین میزان D (D=۸/۶) به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ در میان ژنوتیپ‌های لوبیای مورد ارزیابی شناخته شد (جدول ۵). همچنین ژنوتیپ ۴ (KS31285) با بیشترین میزان D (D=۴۱/۵) به‌عنوان ژنوتیپ ناپایدار در نظر گرفته شد. از شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) نیز برای ارزیابی هم‌زمان پایداری و عملکرد بالای ژنوتیپ‌های لوبیا استفاده شد. بر اساس GSI، ژنوتیپ‌های لوبیا به‌طور هم‌زمان بر اساس پایداری و عملکرد بالا انتخاب می‌شوند. ژنوتیپ با کمترین مقدار GSI به‌عنوان ژنوتیپی با عملکرد بالا و پایدار شناخته می‌شود، بنابراین ژنوتیپ‌های ۲ و ۵ (KS31290 و KS31288) با کمترین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

میزان GSI (GSI=۷) به‌عنوان بهتـرین ژنوتیـپ‌هـا از نظـر عملکرد و پایداری شناخته شدند.

References منابع مورد استفاده

Aghaee Sarbarzeh, M., M. Dastfal, H. Farzadi, B. Andarzian, A. Shahbaz Pour Shahbazi, M. Bahari and H. Rostami. 2012. Evaluation of durum wheat genotypes for yield and yield stability in warm and dry areas of Iran. Iran. J. Crop Sci. 28 (2): 315-325 (In Persian with English abstract).

Agricultural statistics. 2014. Ministry of Jihad-e-Agricultural, Department of Statistics and Information, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center. 169 pp. (In Persian).

Asfaw, A., T. Assefa, B. Amsalu, K. Negash, F. Alemayehu, F. Gurum, Y. Rezene, C. Finenissa, M. Alnafi and C. Daba. 2008. Adaption and yield stability of small red bean elite lines in Ethiopia. Int. J. Plant Breed. Genet. 2(2): 51-63.

Baquedano, F. J., F. Valladares and F. J. Castillo. 2008. Phenotypic plasticity blurs ecotypic divergence in the response of *Quercus coccifera* and *Pinus halepensis* to water stress. Eur. J. Forest Res. 6: 495–506.

Baxevanos, D., C. Goulas, J. Rossi and E. Braojos. 2008. Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE biplots. Agron. J. 100: 1230–1236.

Becker, H. and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breed. 101: 1–23.

Caliskan, M. E., E. Erturk, T. Sogut, E. Boydak and H. Arioglu. 2007. Genotype × environment interaction and stability analysis of sweet potato (*Ipomoea balatas*) genotypes. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 35: 87-99.

Cattivelli, L., F. Rizza, F. W. Badeck, E. Mazzucotelli, A. M. Mastrangelo, E. Francia, C. Marè, A. Tondelli and A. M. Stanca. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomic. Field Crops Res. 15: 1–14.

Cooper, M. and I. H. Delacy. 1994. Relationships among analytic methods used to study genotypic variation and genotype- by- environment interaction in plant breeding multi- environment trials. Theor. Appl. Genet. 88 (5): 561-572.

Costa, J. G. C., C. A. Rava, F. J. P. Zimmermann and L. C. Melo. 2008. Yield stability and adaptability of common bean line developed by Embrapa. Pesq Agropec Trop. 2 (38): 141-145.

Dehghani, H., N. Sabaghnia and M. Moghaddam. 2009. Interpretation of genotype-by-environment interaction for late maize hybrids' grain yield using a biplot method. Turk. J. Agric. Forest. 33(2): 139-148.

Eberhart, S. T. and W. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6: 36–40.

Falconer, D. S. and T. F. C. Mackey. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. (4th Ed.). Addison-Wesley Longman, Harlow, UK.

Ferreira, D. F., C. G. B. Demetrio, B. F. J. Manly, A. D. A. Machado and R. Vencovsky. 2006. Statistical model in agriculture: Biometrical methods for evaluating phenotypic stability in plant breeding. Cerne Lavras. 12: 373-388.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

Gauch, H. G. 1992. Statistical Analysis for Regional Yield Traits: AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.

Ghodarti-Niari, F. and R. Abdolshahi. 2014. Evaluation of yield stability of 40 bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI). Iran. J. Crop. Sci. 16 (4): 322-333 (In Persian with English abstract).

Gauch, H. G. 2007. MATAMODEL Version 3.0: Open Source Software for AMMI and Related Analyses. Crop and Soil Science. Cornell University, Ithaca, NY 14853.

http://www.css.cornell.edu/staff/gauch/matmodel.html.

Gauch, H. G. 2013. A simple protocol for AMMI analysis of yield trials. Crop Sci. 53: 1860–1869.

Hu, X. Y., S. W. Yan and K. L. Shen. 2013. Heterogeneity of error variance and its influence on genotype comparison in multi-location trials. Field Crops Res. 149:322–328.

Hussein, M. A., A. Bjornstad and A. H. Aastveit. 2000. SASG x ESTAB: A SAS program for computing genotype x environment stability statistics. Agron J. 92: 454-459.

Katsura, K., Y. Tsujimoto, M. Oda, K. I. Matsushima, B. Inusah, W. Dogbe and J. I. Sakagami. 2016. Genotype-by-environment interaction analysis of rice (*Oryza* SPP.) yield in a floodplain ecosystem in West Africa. Eur. J. Agron. 73: 152-159.

Khalifa, G. E., A. E. Eljack, M. I. Mohammed, O. M. Elamin and E. S. Mohamed. 2013. Yield stability in bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Sudan. J. Plant Breed Crop Sci. 5(10): 203-208.

Kumar Bose, L., N. Namdeorao Jambhulkar, K. Pande and O. Nath Singh. 2014. Use of AMMI and other stability statistics in the simultaneous selection of rice genotypes for yield and stability under direct-seeded conditions. Chilean. J. Agric. Res. 74 (1): 3- 9.

Liang, S., G. Ren, J. Liu, X. Zhao, M. Zhou, D. MC Neil and G. Ye. 2015. Genotype-by-environment interaction is important for grain yield in irrigated lowland rice. Field Crops Res. 180: 90-99.

Majnoun Hosseini, N. 2006. Production of Pulse Crops. Jihad-e Daneshghahi Press, University of Tehran Branch. 284 pp. (In Persian).

Mohammadi, R., E. Farshadfar and A. Amir. 2015. Interpreting genotype×environment interactions for grain yield of rain-fed durum wheat in Iran. Crop J. 6 (3): 526-535.

Navabi, A., R. C. Yang, J. Helm and D. M. Spaner. 2006. Can spring wheat growing mega-environments in the northern great-plains be dissected for representative locations or niche-adapted genotypes? Crop Sci. 46: 1107-1116.

Pereira, H. S., L. G. Bueno, M. J. D. Peloso, A. de. F. B. Abreu, J. A. A. Moreiva, M. Martins, A. Wendland, L. C. de. Faria, T. L. P. O. de Souza and L. C. Melo. 2014. Agronomic performance and stability of Andean common bean lines with white grains in Brazil. Crop Breed. 73: 130-137

Roostaei, M., R. Mohammadi and A. Amri. 2014. Rank correlation among different statistical models in

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

ranking of winter wheat genotypes. The Crop J. 2: 154-163.

Sadiyah, H. and A. F. Hadi. 2016. AMMI model for yield estimation in multi-environment trials: A comparison to BLUP. Agric. Agric. Sci. Procedia. 9: 163-169.

Zali, H., S. H. Sabbaghpour, A. A. Farshadfar and P. Pezeshkpour. 2009. Stability analysis of chickpea genotypes using ASV parameter compare to other stability methods. Iran. J. Field Crop Sci. 2: 21-29. (In Persian with English Abstract).

Zubair, M. and A. Ghafoor. 2001. Genotype environment interaction in mungbean. Pak. J. Bot. 33: 187-190.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]

Study of genotype × environment interaction effect on seed yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes using AMMI method

Kooshki, M. H.[1], M. Ghaedrahmati [2], F. Salehi [3], H. R. Dorri [4], S. S. Shobeiri [5] and M. B. Khorshidi Benam [6]

ABSTRACT

Kooshki, M. H., M. Ghaedrahmati, F. Salehi, H. R. Dorri, S. S. Shobeiri and M. B. Khorshidi Benam. 2017. Study of genotype × environment interaction effect on seed yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes using AMMI method. **Iranian Journal of Crop Sciences. 19(1): 26-39. (In Persian).**

To study genotype, environment, genotype × environment interaction effects for grain yield on red bean, ten red bean genotypes were evaluated at five locations (Borujerd, Zanjan, Shahrekord, Tabriz, and Khomein) for two cropping seasons (2012- 2014). The experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications. Combined analysis of variance for grain yield showed that the main effects of both genotypes and environments, and the genotype × environment interaction effect, were highly significant. Average environmental grain yield across genotypes ranged from lowest of 1615.8 kg.ha^{-1} in Shahrekord in 2012 to the highest of 4069.8 kg.ha^{-1} in Borujerd in 2013. Environment main effect was the main source of variation that accounted for 61% of the total yield variation. Analysis of variance of additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) showed that eight IPCAs were significant and residue effects (noise) was considered zero. The first three main components of AMMI model explained 79.8% of the total yield variation. Genotype KS31290 was identified as the most stable genotype based on the values of the first three main components, ASV and D parameter. Genotype KS31285 with the highest ASV and D parameter, and the most distance from the center of biplot was unstable genotype. However, this genotype had higher yield (2900 kg.ha^{-1}). Based on the results of this experiment, KS31290 can be considered as a promising line for being released in areas with similar climatic conditions as those in experimental sites.

Keywords: D parameter, Genotype×environment, Genotype stability index (GSI) and Red bean.

Received: December, 2016 **Accepted: May, 2017**

1. Faculty Member, Seed and Plant improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Khorramabad, Iran
2. Assistant Prof., Seed and Plant improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Khorramabad, Iran (Corresponding author) (Email: avinmahnaz@gmail.com)
3. Assistant Prof., Seed and Plant improvement Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shahrekord, Iran
4. Assistant Prof., Seed and Plant improvement Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Arak, Iran
5. Assistant Prof., Seed and Plant improvement Research Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Zanjan, Iran
6. Assistant Prof., Seed and Plant improvement Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tabriz, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.1.3.9]