University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

Evaluation of Yield Stability and Adaptability of Promising Lines of Cowpea in Hot and Dry Regions

Reza Sekhavat[1]| Reza Keshavarznia[2]✉| Seid Mohammad Alavi Siney[3]| Gholam Abbas Moshref Ghahfaroukhi[4]

1. Seed and Plant Improvement Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran.
2. Corresponding Author, Seed and Plant Improvement Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran. Email: r.keshavarznia@areeo.ac.ir
3. Science Research Department, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran. Email: m.alavis@areeo.ac.ir
4. Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: August 18, 2024
Received in revised form: September 23, 2024
Accepted: October 09, 2024
Published online: June 22, 2025

Keywords:
Graphical stability analysis, hundred seed weight, rank stability analysis, seed yield.

ABSTRACT

Sustainability refers to consistent production of product (yield stability) in different places and years. The goal of breeding centers is to obtain cultivars with wide adaptability, high yield, stability, and resistance to all kinds of environmental stresses. For this purpose and to compare the yield and to check the compatibility of cowpea lines, an experiment was conducted over three years in three regions of Dezful, Jiroft, and Ahwaz with 11 lines and the Mashhad (control) cultivar in the form of a randomized complete block design with three replications. The results of composite variance analysis showed that the effect of year, place, and the interaction of year in place were significant on all studied traits, which shows that genotypes in different places and years have different reactions. The coefficient of variation of the measured traits varied from 2.7 for the number of days to maturity to 17.9 for the grain yield trait. The results related to the statistical measures of central tendency showed that the changes in the measured traits were high in different regions, which indicates the high genetic diversity of the studied lines. Based on the GGE biplot method for grain yield, the first and second main components explained 47.72 and 23.13 percent of the changes, respectively. This means that the resulting biplot was able to justify 70.85% of the genotype changes and the genotype × environment interaction, which indicates the relatively high validity of the biplot diagram obtained in this study in explaining the G + GE changes. In general, according to the results of the traits evaluated in the investigated areas, analysis of grain yield stability using graphical and ranking methods, and considering the important trait of marketability (grain size, which is a function of the weight of 100 seeds), line 7259, which is at the top of the best investigated lines in terms of seed yield and hundred seed weight, is recommended for all tested areas.

Cite this article: Sekhavat, R., Keshavarznia, R., Alavi Siney, S.M., & Moshref Ghahfaroukhi, G.A. (2025). Evaluation of yield stability and adaptability of promising lines of cowpea in hot and dry regions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *56*(2), 13-25. Doi: 10.22059/ijfcs.2024.381058.655095.

© The Authors.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2024.381058.655095

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

ارزیابی پایداری عملکرد و سازگاری لاین‌های امیدبخش لوبیا چشم‌بلبلی در مناطق گرم و خشک

رضا سخاوت[۱] | رضا کشاورزنیا[۲]✉ | سیدمحمد علوی سینی[۳] | غلام‌عباس مشرف قهفرخی[۴]

۱. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، دزفول، ایران.

۲. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، دزفول، ایران. رایانامه: r.keshavarznia@areeo.ac.ir

۳. خش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران. رایانامه: m.alavis@areeo.ac.ir

۴. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، اهواز، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۸
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تجزیه پایداری رتبه‌ای،
تجزیه پایداری گرافیکی،
عملکرد دانه،
وزن صد دانه.

چکیده

پایداری به تولید ثابت محصول (ثبات عملکرد) در مکان‌ها و سال‌های مختلف اطلاق می‌شود. هدف مراکز به‌نژادی به‌دست‌آوردن ارقام با سازگاری وسیع، عملکرد بالا، پایدار و مقاوم به انواع تنش‌های محیطی می‌باشد. بدین‌منظور و جهت مقایسه عملکرد و بررسی سازگاری لاین‌های لوبیا چشم‌بلبلی، آزمایشی طی سه سال در سه منطقه دزفول، جیرفت و اهواز با تعداد ۱۱ لاین به‌همراه رقم مشهد (شاهد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال، مکان و اثر متقابل سال در مکان بر همه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود که نشان می‌دهد ژنوتیپ‌ها در مکان‌ها و سال‌های مختلف دارای عکس‌العمل‌های متفاوتی بوده‌اند. ضریب تغییر صفات اندازه‌گیری‌شده از ۲/۷ برای صفت تعداد روز تا رسیدگی تا ۱۷/۹ برای صفت عملکرد دانه متغیر بود. نتایج مربوط به شاخص‌های آماری متمایل به مرکز نشان داد که تغییرات صفات اندازه‌گیری شده در مناطق مختلف زیاد بوده که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالای لاین‌های مورد بررسی می‌باشد. بر اساس روش GGE biplot برای عملکرد دانه، دو مؤلفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۴۷/۷۲ و ۲۳/۱۳ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. این بدان معنی است که بای‌پلات حاصل توانسته است ۷۰/۸۵ درصد از تغییرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه نمایند که بیانگر اعتبار نسبتاً بالای نمودار بای‌پلات حاصل از این مطالعه در تبیین تغییرات G + GE است. در مجموع، با توجه به نتایج صفات مورد ارزیابی در مناطق مورد بررسی، تجزیه پایداری عملکرد دانه با استفاده از روش گرافیکی و رتبه‌ای و با درنظرگرفتن صفت مهم بازارپسندی (اندازه دانه که تابعی از وزن صد دانه می‌باشد)، لاین ۷۲۵۹ که به لحاظ عملکرد دانه و وزن صد دانه در صدر بهترین لاین‌های مورد بررسی قرار دارد، برای تمام مناطق مورد آزمایش توصیه می‌شود.

استناد: سخاوت، ر.، کشاورزنیا، ر.، علوی سینی، س.م.، و مشرف قهفرخی، غ.ع. (۱۴۰۴). ارزیابی پایداری عملکرد و سازگاری لاین‌های امیدبخش لوبیا چشم‌بلبلی در مناطق گرم و خشک. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۶(۲)، ۱۳-۲۵.
DOI: 10.22059/ijfcs.2024.381058.655095

CC BY NC

© نویسندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) از خانواده Fabaceae و زیرخانواده پروانه‌آسایان است. منشاء آن غرب آفریقا (نیجریه) بوده و از آنجا به خاورمیانه و اروپا منتقل شده است. گیاهی یک‌ساله، علفی و روزکوتاه است که بعضی از ارقام آن روز خنثی نیز هستند. این گیاه دارای تیپ‌های رشد محدود و رشد نامحدود بوده و تعداد کروموزوم آن ۲۲ عدد است. این گیاه به‌صورت چندمنظوره (برداشت غلاف سبز، برداشت دانه خشک، تعلیف دام) کشت می‌شود (Majnoun Hoseini, 2008). به استناد آمار سازمان خواروبار و کشاورزی، سطح زیر کشت لوبیا چشم‌بلبلی در جهان ۱۴/۹ میلیون هکتار با تولید ۸/۹۸ میلیون تن و میانگین عملکرد ۶۰۳ کیلوگرم در هکتار است. بیشترین سطح زیر کشت به آفریقا و بیشترین عملکرد (۱۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) به آسیا تعلق دارد (FAO, 2021). سطح زیر کشت لوبیا چشم‌بلبلی در آمارنامه‌های رسمی ایران در دسترس نیست؛ ولی مطابق گزارش‌های غیر رسمی، در حدود ۱۷–۱۵ هزار هکتار از اراضی سطح کشور کشت می‌شود. استان‌های اصلی تولیدکننده این گیاه خوزستان، آذربایجان شرقی، جنوب کرمان، گیلان و خراسان رضوی هستند (Sekhavat *et al.*, 2018; Ghanbari *et al.*, 2018).

هر محصولی حداکثر رشد و عملکرد خود را در مجموعه خاصی از شرایط محیطی دارد. در این میان، نه تنها محصولات، بلکه ارقام مختلف یک محصول نیز تفاوت‌های زیادی را در سازگاری با محیط‌های مختلف نشان می‌دهند (Khajeh Pour, 2000). مطالعه و سنجش میزان سازگاری و پایداری عملکرد ارقام در شرایط مختلف محیطی در برنامه‌های اصلاح نباتات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. انتخاب صحیح واریته زراعی برای یک مکان خاص، از تصمیم‌های مهم مدیریت بوده و می‌تواند اثر زیادی بر سوددهی یک پروژه تولید کشاورزی داشته باشد (Harper, 1994).

اهداف برنامه‌های اصلاحی لوبیا چشم‌بلبلی شامل عملکرد بالا، زودرسی، دوره رویشی بالا برای تولید علوفه، داشتن مواد مغذی مناسب در برگ و دانه و کیفیت پخت مناسب است (Menssen *et al.*, 2017). به‌نژادگران سعی می‌کنند ژنوتیپ‌هایی را انتخاب کنند که قدرت پایداری و عملکرد بالا در همه سال‌ها و مکان‌ها را داشته باشند. در مجموع، یک ژنوتیپ زمانی پایدار است که عملکرد آن از میانگین عملکرد یک گروه از ژنوتیپ‌های استاندارد در محیط‌های مختلف انحراف نداشته باشد (Gancales *et al.*, 2003).

پایداری به تولید ثابت محصول (ثبات عملکرد) در مکان‌ها و سال‌های مختلف اطلاق می‌شود (Fernandez, 1991). هدف مراکز به‌نژادی به‌دست‌آوردن ارقام با سازگاری وسیع، عملکرد بالا، پایدار و مقاوم به انواع تنش‌های محیطی می‌باشد. ارقام برتر به منظور استفاده در برنامه‌های اصلاحی و توزیع در میان کشاورزان ایجاد می‌شوند (Rajaram, 1983). ژنوتیپ‌هایی که دارای اثر متقابل بالایی در محیط‌های مختلف باشند از ثبات عملکرد دانه کمتر و پایداری پائینی برخوردار هستند (Agaei, 1993). وجود اثر متقابل ژنوتیپ با محیط سبب کاهش پایداری عملکرد ارقام در برخی از محیط‌ها می‌شود (Pham & Kang, 1988). به‌علاوه این اثر سبب بروز تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای بین تظاهر ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌شود که این موضوع باعث کاهش ارتباط بین بروز صفات فنوتیپی و مقادیر ژنوتیپی آن صفات می‌گردد (DeLacy *et al.*, 1990). اگر اثر متقابل ژنوتیپ در محیط باعث تغییر در رتبه ژنوتیپ‌ها نشود قابل چشم‌پوشی است؛ ولی اگر این پدیده به اندازه‌ای باشد که سبب تغییر رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف شود غیر قابل چشم‌پوشی بوده و باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد (Raiger & Prabhakaran, 2001). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به حالتی گفته می‌شود که ژنوتیپ‌ها به تغییرات محیطی واکنش‌های متفاوتی نشان دهند. این پدیده برای پژوهشگران علوم اصلاح نباتات دارای اهمیت ویژه‌ای بوده و یکی از مسائل پیچیده برنامه‌های به‌نژادی برای تهیه ژنوتیپ پرمحصول و پایدار به شمار می‌رود (Cornelius & Crossa, 1999; Yan *et al.*, 2007). وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط باعث کاهش بازده روش‌های اصلاحی شده و سودمندی وسعت کشت ژنوتیپ‌های اصلاح‌شده را کاهش می‌دهد؛ به‌طوری‌که محققان را وادار می‌سازد تا برای مکان‌های مختلف، ژنوتیپ‌های متفاوتی را اصلاح کرده و جهت کشت معرفی نمایند (Becker & Leon, 1988). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط یکی از عوامل کندکننده پیشرفت برنامه‌های اصلاح و آزادسازی ارقام محصولات زراعی در مناطق مختلف است (Kang, 1997). نتیجه‌گیری از آزمایش‌های به‌نژادی و به‌زراعی بدون شناخت و بررسی دقیق اثر متقابل ژنوتیپ در محیط دارای اعتبار چندانی نمی‌باشد. از روش‌های کاهش اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، روش انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار است؛ به‌طوری‌که

ژنوتیپ‌های منتخب حداقل تاثیرپذیری را از محیط داشته باشند (Sadegh Zadeh Ahari *et al.*, 2005). همچنین استفاده از جمعیت‌های بومی در برنامه‌های به‌نژادی به‌دلیل برتری آنها از نظر سازگاری مورد تاکید قرار گرفته است (Franca, 1977).

علی‌رغم حضور لوبیا چشم‌بلبلی در سبد غذایی خانوارهای ایرانی و جایگاه مناسب آن در زراعت، فعالیت‌های تحقیقاتی کمی در رابطه با اصلاح و معرفی ارقام آن انجام شده است و در مناطق مستعد کشت این گیاه، از توده‌های محلی استفاده می‌شود که ضمن غیر یکنواختی در رسیدگی، عملکرد کمی نیز دارند. با توجه به نبود ارقام مناسب لوبیا چشم‌بلبلی در ایران، این پژوهش به منظور ارزیابی سازگاری و پایداری لاین‌های امیدبخش لوبیا چشم‌بلبلی جهت معرفی ارقام برتر برای کشت در مناطق مستعد اجرا شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

به منظور مقایسه عملکرد و بررسی سازگاری لاین‌های لوبیا چشم‌بلبلی، این آزمایش طی سه سال (۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱) در سه منطقه دزفول، جیرفت و اهواز با تعداد ۱۱ لاین به‌همراه رقم مشهد (شاهد) (انتخابی از بین ۱۹۴ ژنوتیپ جمع‌آوری‌شده از ۴۴ شهرستان از ۱۵ استان کشور در آزمایش مقدماتی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

در هر سال، بذور هر لاین در چهار ردیف به طول پنج متر با فاصله بذر روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله بین خطوط ۷۵ سانتی‌متر در تاریخ کاشت مرسوم هر منطقه (جدول ۲) کشت شد. توزیع کود شیمیایی بر اساس توصیه کودی (قبل از کشت به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم، ۷۰ کیلوگرم در هکتار پتاس و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره) و مبارزه با آفات (سم دیازینون دو لیتر در هکتار) و علف‌های هرز (بازاگران دو لیتر در هکتار و گالانت دو لیتر در هکتار) در مواقع مورد نیاز انجام شد. آبیاری به صورت جوی و پشته و براساس میزان تقریبی ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر انجام شد.

صفات مورد نظر در این تحقیق شامل عملکرد، اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه)، ارتفاع بوته و صفات فنولوژی تعداد روز تا آغازگل‌دهی و آغاز رسیدگی (با توجه به رشد نامحدودبودن لوبیا چشم‌بلبلی) بودند. تجزیه واریانس مرکب عملکرد لاین‌ها برای سه منطقه انجام شد. قبل از انجام تجزیه مرکب، آزمون نرمال‌بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت بررسی شد. برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.4 استفاده شد. همچنین برای تعیین پایداری لاین‌ها از روش بای‌پلات حاصل از اثر متقابل ژنوتیپ‌ها و محیط (GGE biplot) و روش رتبه‌ای استفاده شد.

جدول ۱. فهرست لاین‌های مورد بررسی بر اساس نمونه‌های ژنتیکی بانک ژن گیاهی ملی ایران.

Row	Line code	Row	Line code
1	7309	7	7013
2	7095	8	7244
3	7271	9	7255
4	1097	10	7252
5	1057	11	7281
6	Mashhad	12	7259

جدول ۲. تاریخ کاشت ژنوتیپ‌های مورد بررسی در مناطق مختلف.

Year	Region		
	Dezful	Jiroft	Ahwaz
2020	15 July	10 July	22 July
2021	12 July	12 July	17 July
2022	1 August	16 July	22 July

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

در ابتدا جهت انجام تجزیه واریانس مرکب (سال و مکان به عنوان فاکتور تصادفی و تیمار به عنوان فاکتور ثابت در نظر گرفته شد) داده‌های به‌دست‌آمده از انجام آزمایش در سه منطقه و سه سال مختلف، ابتدا آزمون بارتلت جهت بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال، مکان و اثر متقابل سال در مکان برای همه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود که نشان می‌دهد سال‌های مختلف در مکان‌های مختلف اثر متفاوتی داشته‌اند. همچنین بجز اثر ژنوتیپ روی ارتفاع بوته و اثر سال در ژنوتیپ برای صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، اثر سایر منابع تغییر روی صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار بود. ضریب تغییرات صفات مورد بررسی از ۲/۶ برای تعداد روز تا رسیدگی تا ۲۳/۸ برای تعداد غلاف در بوته متغیر بوده است که بیانگر دقت انجام آزمایش در مناطق مختلف طی سه سال اجرای آزمایش می‌باشد (جدول ۳). این نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی، از تنوع خوبی برخوردار بودند و پاسخ ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، به‌طور یکسانی تغییر نمی‌کند. این نتایج در هماهنگی با یافته‌های بخشی و همکاران (Bakhshi *et al.*, 2021) در رابطه با وجود تنوع قابل توجه در ژنوتیپ‌های مختلف لوبیای چشم‌بلبلی در مناطق گرم و خشک کشور بود.

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب صفات مهم مورد ارزیابی در سه مکان (دزفول، اهواز و جیرفت) طی سه سال.

S.O.V	df	Mean Squares						
		Heading (days)	Maturity (days)	Height (cm)	Pod/Plant	Seed/pod	100 Seeds (g)	Yield (Kg)
Year (Y)	2	2831.5**	6305.8**	3401.3**	556.9**	21.1**	160.7**	3914546**
Location (L)	2	56.2**	323.4**	9410.4**	968.4**	295.0**	473.4**	3402759**
Y*L	4	949.5**	555.9**	234.4**	502.2**	62.2**	101.3**	4423000**
Error	18	24.6	17.6	118.67	15.4	0.75	2.9	98579
Genotype (G)	11	132.8**	47.6**	43.4ns	218.6**	2.4**	180.5**	516512**
G*Y	22	12.6*	19.4*	43.0 ns	7.9ns	1.0ns	30.7*	154595*
G*L	22	19.3*	27.5*	124.0*	96.3*	3.4*	25.3*	241772*
G*Y*L	44	10.7**	17.6**	380.3**	13.5*	1.4**	20.9**	165097**
Error	198	5.6	5.1	53.66	9.56	0.78	2.1	38069
CV (%)	-	4.1	2.6	13.5	23.8	9.4	7.8	16.0

^{ns}، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

با توجه به اینکه اثر ژنوتیپ در محیط برای تمامی صفات به‌خصوص عملکرد دانه و وزن صد دانه که به‌عنوان مهم‌ترین صفات جهت شناسایی لاین‌های برتر لوبیا چشم‌بلبلی می‌باشند، معنی‌دار شده است، لذا ضروری است اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از یکدیگر تفکیک شوند. معنی‌دار بودن اثر اصلی مکان و بزرگی واریانس ایجادشده توسط مکان‌های آزمایش نشان‌دهنده تفاوت بین مکان‌ها از لحاظ ویژگی‌های جغرافیایی (مانند ارتفاع از سطح دریا) و شرایط آب و هوایی (مانند درجه حرارت و اختلاف طول شب و روز) است (Bavandpori *et al.*, 2015). بدین‌منظور و جهت شناسایی تغییرات صفات مختلف اندازه‌گیری‌شده طی سه سال زراعی و در مکان‌های مختلف اجرای آزمایش، تجزیه واریانس مناطق مختلف به‌صورت جداگانه از یکدیگر نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در دزفول اثر سال در تمامی صفات بجز تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه معنی‌دار می‌باشد. همچنین اثر ژنوتیپ در تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده طی سه سال زراعی، معنی‌دار بود. ضریب تغییرات صفات اندازه‌گیری‌شده از ۲/۷ برای صفت تعداد روز تا رسیدگی تا ۱۷/۹ برای صفت عملکرد دانه متغیر بود (جدول ۴). نتایج مربوط به تجزیه واریانس مناطق جیرفت و اهواز و تغییرات صفات آنها به‌ترتیب در جداول ۵ و ۶ آمده است. نتایج مطالعات قبلی نشان داد که بخش بزرگی از واریانس ایجادشده، توسط محیط توجیه می‌شود. در مطالعات انجام‌شده روی ژنوتیپ‌های ماش، ارزن معمولی و باقلا گزارش شده است که به‌ترتیب، بیش از ۶۰، ۸۶ و ۸۹ درصد از واریانس کل، توسط محیط ایجاد می‌شود (Temesgen *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2016; Asfaw *et al.*, 2012).

جدول ٤. تجزیه واریانس مرکب صفات مهم مورد ارزیابی در دزفول طی سه سال.

S.O.V	df	Mean Squares						
		Heading (days)	Maturity (days)	Height (cm)	Pod/Plant	Seed/pod	100 Seeds (g)	Yield (Kg)
Year (Y)	2	498.3**	1526.2**	286.8**	2.3 ns	20.6**	1.2 ns	6085920**
Error	6	9.2	1.3	53.4	2.2	0.5	1.1	87218
Genotype (G)	11	31.1**	79.7**	320.1**	356.7**	2.4**	146.6**	527232**
G*Y	22	20.9**	9.1*	18.5 ns	2.1ns	1.0ns	10.4 **	270304**
Error	66	3.0	5.8	31.4	1.5	0.78	0.6	46966
CV (٪)	-	3.0	2.7	12.1	8.1	9.4	3.9	17.9

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ٥. تجزیه واریانس مرکب صفات مهم مورد ارزیابی در جیرفت طی سه سال.

S.O.V	df	Mean Squares						
		Heading (days)	Maturity (days)	Height (cm)	Pod/Plant	Seed/pod	100 Seeds (g)	Yield (Kg)
Year (Y)	2	1912.7**	2042.0**	1465.6**	210.4**	99.1**	173.5**	1641168**
Error	6	37.0	49.2	17.7	37.4	0.7	5.6	139937
Genotype (G)	11	65.0**	19.8 *	53.9**	30.6**	0.5ns	41.4**	325672**
G*Y	22	20.6**	20.6*	3.0 ns	13.6**	1.5**	3.4*	161141**
Error	66	7.5	10.3	22.1	3.8	0.4	1.7	24393
CV (٪)	-	4.7	3.4	9.1	20.5	8.2	7.9	11.4

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

نتایج مربوط به شاخص‌های آماری متمایل به مرکز و پراکندگی صفات اندازه‌گیری‌شده در سه منطقه اجرای آزمایش و طی سه سال زراعی (جدول ۷) نشان داد که تغییرات صفات اندازه‌گیری‌شده در مناطق مختلف زیاد بوده و نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالای لاین‌های مورد بررسی می‌باشد. در این جدول میزان حداکثر و حداقل، میانگین و انحراف معیار صفات مختلف اندازه‌گیری‌شده در مناطق مختلف جغرافیایی اجرای آزمایش آمده است. به‌عنوان مثال، صفت عملکرد دانه از ۲۴۲۳ کیلوگرم در هکتار در دزفول تا ۷۶۱ کیلوگرم در هکتار در اهواز برای لاین‌های مختلف، متغیر بوده است. مطالعات مختلف روی تنوع ژنتیکی توده‌های بومی لوبیا چشم‌بلبلی نشان‌دهنده وجود تنوع بالای صفات مهم زراعی در این گیاه می‌باشد (Lazaridi *et al.*, 2017; Martins *et al.*, 2014; Mafakheri *et al.*, 2015).

جدول ٦. تجزیه واریانس مرکب صفات مهم مورد ارزیابی در اهواز طی سه سال.

S.O.V	df	Mean Squares						
		Heading (days)	Maturity (days)	Height (cm)	Pod/Plant	Seed/pod	100 Seeds (g)	Yield (Kg)
Year (Y)	2	2319.5**	3849.2**	2117.6**	1537.5**	32.9**	188.5**	5033457**
Error	6	27.5	2.3	284.7	6.4	0.9	1.9	68581
Genotype (G)	11	76.4**	4.2**	10.7 ns	23.9 ns	6.5**	43.0**	147152*
G*Y	22	10.3*	2.1*	7.1 ns	19.2 ns	1.3 ns	4.8 ns	53345 ns
Error	66	6.5	1.2	20.5	23.3	1.2	3.9	42847
CV (٪)	-	4.4	1.2	16.1	33.0	9.7	10.9	20.0

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

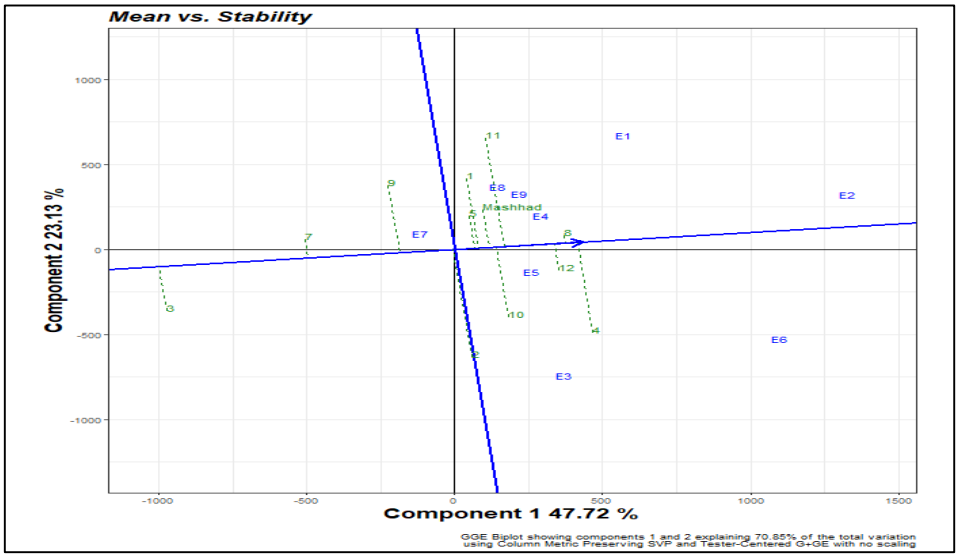
جهت شناسایی لاین‌های برتر و پایدار لوبیا چشم‌بلبلی برای کشت در نواحی گرم و خشک کشور از روش GGE biplot براساس نتایج عملکرد دانه و همچنین وزن صد دانه به عنوان مهم‌ترین صفات جهت انتخاب لاین‌های برتر در لوبیا چشم‌بلبلی استفاده شد. در این روش هرچه یک لاین در قسمت انتهای سمت راست (در جهت فلش) نمودار افقی قرار گیرد دارای عملکرد

بالاتری می‌باشد و هر لاینی که در قسمت انتهای سمت چپ (خلاف جهت فلش) نمودار افقی قرار گیرد دارای کمترین میزان عملکرد می‌باشد (Yan *et al.*, 2007).

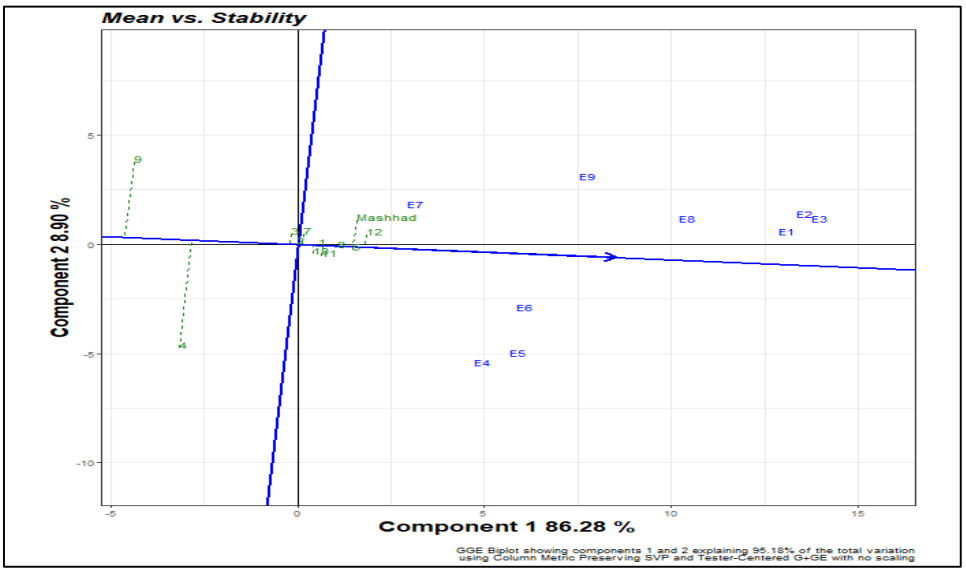
جدول ۷. شاخص‌های آماری صفات اندازه‌گیری‌شده در مناطق مختلف جغرافیایی و سه سال اجرای آزمایش.

Region	Traits	Heading (days)	Maturity (days)	Height (cm)	Pod/Plant	Seed/pod	100 Seeds (g)	Yield (Kg)
Dezful	Max	69	108	60	27	11	25.8	2423
	Min	51	80	30	9	6	10.8	820
	Mean	56.9	89.4	46.1	15.1	8.5	20.5	1208
	Std	3.9	6.4	5.9	6.2	1.1	3.9	404
Jiroft	Max	75	109	65	22	11	22	2008
	Min	46	81	35	6	5	8.4	859
	Mean	58.1	92.1	51.4	12.5	8.4	16.6	1360
	Std	7.3	7.6	7.3	3.3	1.6	3.1	345
Ahwaz	Max	79	106	80	22	15	24.8	2106
	Min	45	80	35	6	8	11.6	761
	Mean	56.9	92.7	64.3	14.3	11.3	17.4	1006
	Std	7.6	8.5	12.5	7	1.5	3.3	386

بر اساس روش GGE biplot برای عملکرد دانه (شکل ۱) دو مؤلفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۴۷/۷۲ و ۲۳/۱۳ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. این بدان معنی است که بای‌پلات حاصل توانسته است ۷۰/۸۵ درصد از تغییرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه نماید که بیانگر اعتبار نسبتاً بالای نمودار بای‌پلات حاصل از این مطالعه در تبیین تغییرات G + GE است. به‌طور کلی، عدم تبیین بالای تغییرات موجود مجموع مؤلفه‌های اصلی اول و دوم نشانگر ماهیّت پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ و محیط خواهد بود (Yan & Tinker, 2005)؛ اما این امر به معنای عدم اعتبار بای‌پلات نمی‌باشد (Yan *et al.*, 2007). اگر نمودار بای‌پلات قادر به توجیه حداقل ۶۰ درصد از واریانس داده‌ها باشد، می‌توان برای تعیین ابر محیط‌ها از آن استفاده نمود (Yang *et al.*, 2009). همچنین رسم نمودار GGE biplot برای وزن صد دانه (شکل ۲) توانست ۹۰/۱۸ درصد تغییرات را توجیه نماید که از این مقدار ۸۶/۲۸ درصد توسط مولفه اول و ۸/۹۰ درصد توسط مولفه دوم کنترل شد. براین اساس و با توجه به شکل ۱، لاین‌های شماره ۴ (۱۰۹۷)، ۸ (۷۲۴۴) و ۱۲ (۷۲۵۹) به لحاظ عملکرد دارای بالاترین میزان بودند. در این نمودارها از شماره هر لاین یک خط منقطع سبز به سمت محور افقی عمود شده است که نشان‌دهنده پایداری لاین‌ها در سه سال اجرای آزمایش می‌باشد، بدین‌ترتیب که هرچه ارتفاع این خط کوتاه‌تر باشد، پایداری آن لاین بالاتر بوده و برعکس هرچه ارتفاع خط بیشتر باشد، آن لاین دارای پایداری کمتری است (Okello-Anyanga *et al.*, 2016). با توجه به اینکه خط عمود شده بر محور افقی برای لاین شماره ۴ (۱۰۹۷) بلندتر از دو لاین ۸ (۷۲۴۴) و ۱۲ (۷۲۵۹) می‌باشد، پایداری این لاین در سه مکان مورد آزمایش و طی سه سال زراعی کمتر است. از طرف دیگر با توجه به بای‌پلات رسم‌شده براساس وزن صد دانه (شکل ۲)، لاین شماره ۱۲ (۷۲۵۹) در انتهای سمت راست نمودار قرار گرفته و دارای بالاترین وزن صد دانه می‌باشد. همچنین خط عمود شده به محور افقی نیز برای این لاین بسیار کوتاه بوده که نشان‌دهنده پایداری بالای وزن صد دانه این لاین در محیط‌های مختلف است. همچنین دو لاین شماره ۹ (۷۲۵۵) و ۴ (۱۰۹۷) در انتهای سمت چپ محور افقی قرار گرفته‌اند و دارای کمترین میزان وزن صد دانه می‌باشند. علاوه براین، خط عمودشده از این لاین‌ها به محور افقی نیز بسیار بلند بوده که نشان‌دهنده پایداری پایین این لاین‌ها در محیط‌های مختلف است.



شکل ۱. بای‌پلات (GGE Biplot) عملکرد دانه و پایداری لاین‌ها در سه سال زراعی.



شکل ۲. بای‌پلات (GGE Biplot) وزن صد دانه و پایداری لاین‌ها در سه سال زراعی.

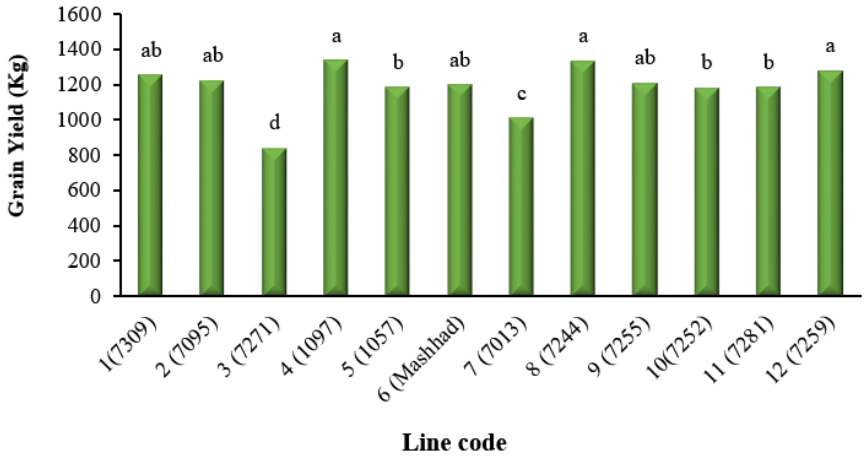
جهت شناسایی دقیق‌تر لاین‌های برتر و پایدار، علاوه بر شناسایی آنها با استفاده از روش گرافیکی GGE biplot، از روش رتبه‌ای با استفاده از عملکرد دانه و وزن صد دانه نیز استفاده شد (جدول ۸). در این روش عملکرد دانه (قسمت بالای جدول ۴) و وزن صد دانه (قسمت پایین جدول ۸) برای تمامی لاین‌های مورد آزمایش در طی سه سال زراعی و در سه مکان مورد آزمایش آورده و برای هر مکان در هر سال زراعی، لاینی که دارای بیشترین میزان آن صفت می‌باشد رتبه ۱ و لاینی که دارای کمترین میزان آن صفت است رتبه ۱۲ را می‌گیرد. در نهایت با توجه به رتبه کسب‌شده برای هر لاین در سه مکان و سه سال اجرای آزمایش، میانگین و انحراف رتبه به‌دست می‌آید. در نهایت لاینی که دارای کمترین میانگین رتبه است، بالاترین عملکرد و وزن صد دانه را دارد. همچنین هرچه میزان انحراف رتبه برای یک لاین کمتر باشد، پایداری آن لاین بیشتر می‌باشد.

جدول ۸. عملکرد دانه (قسمت بالا)، وزن صد دانه (قسمت پایین) و رتبه (عدد داخل پرانتز) ۱۲ لاین لوبیا چشم‌بلبلی مورد آزمایش طی سه سال زراعی.

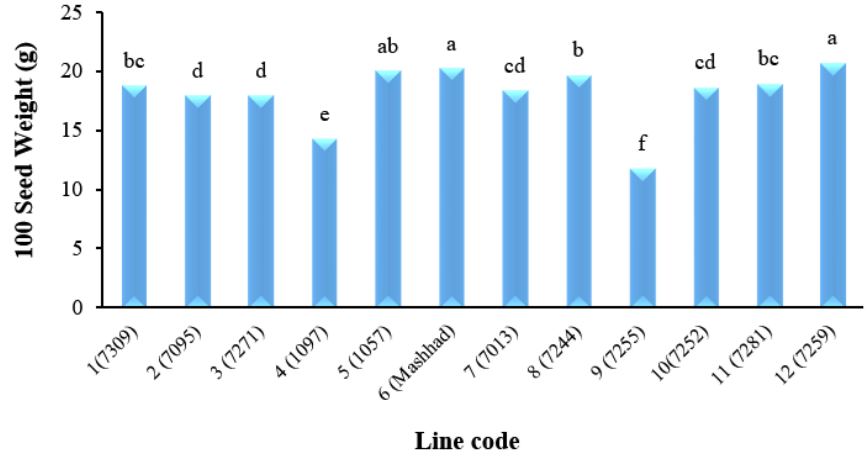
Trait	Region	Year and Rank	Row and Line Code											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			7309	7095	7271	1097	1057	Mashhad	7013	7244	7255	7252	7281	7259
Yield (Kg)	Dezful	First year and rank	1218(3)	708 (11)	333 (12)	738 (10)	1007 (5)	868 (7)	850 (8)	1329 (1)	1006 (6)	747 (9)	1231 (2)	1139 (4)
		Second year and rank	1688(8)	1515 (9)	612 (12)	2158 (1)	1931 (4)	1825 (5)	1357 (11)	2094(2)	1433 (10)	1784 (7)	1981 (3)	1786 (6)
		Third year and rank	811 (10)	1492 (2)	851 (9)	1568 (1)	1052 (5)	659 (11)	983 (6)	1318 (3)	947 (7)	1100 (4)	512 (12)	858 (8)
	Jiroft	First year and rank	1733(2)	1435 (11)	1356 (12)	1621 (6)	1656 (4)	1754 (1)	1555 (9)	1653 (5)	1476 (10)	1605 (8)	1607 (7)	1656 (3)
		Second year and rank	1656(1)	1385 (4)	1235 (9)	1365(5)	896 (12)	1305(7)	1209 (10)	1539 (3)	1272 (8)	1328 (6)	1043 (11)	1577 (2)
		Third year and rank	998 (9)	1501 (4)	623 (11)	1598(2)	1032 (8)	1292(5)	527 (12)	1195 (6)	847 (10)	1576 (3)	1099 (7)	1775 (1)
	Ahwaz	First year and rank	433 (12)	611 (5)	579 (6)	522 (8)	743 (1)	491(10)	735 (2)	513 (9)	676 (3)	436 (11)	628 (4)	536 (7)
		Second year and rank	1427 (2)	1199 (7)	1027 (10)	1262 (5)	1170 (8)	1269(4)	921 (12)	1227 (6)	1687 (1)	1047 (9)	1307 (3)	980 (11)
		Third year and rank	1371 (2)	1210 (8)	997 (12)	1271 (5)	1233 (7)	1366(3)	1004 (11)	1176 (9)	1589 (1)	1046 (10)	1313 (4)	1241 (6)
	Rank	Mean	5.4	6.8	10.3	4.8	6.0	5.9	9.0	4.9	6.2	7.4	5.9	5.3
	Rank	Std	4.2	3.2	2.1	3.1	3.2	3.2	3.3	2.9	3.7	2.7	3.6	3.2
100 Seeds weight	Dezful	First year and rank	21.63 (6)	19.57 (10)	20.90 (9)	13.53 (11)	23.57 (3)	23.58(2)	20.93 (8)	21.67 (5)	11.57 (12)	22.17 (4)	21.20 (7)	24.47 (1)
		Second year and rank	21.87 (6)	20.43 (9)	19.61 (10)	12.60 (11)	23.55 (2)	23.54(3)	21.33 (7)	23.21 (4)	11.95 (12)	20.58 (8)	22.68 (5)	24.05 (1)
		Third year and rank	22.08 (7)	21.91 (8)	19.15 (10)	12.73 (11)	24.09 (2)	23.85(3)	20.37 (9)	23.18 (4)	11.96 (12)	22.64 (5)	22.18 (6)	24.79 (1)
		First year and rank	15.47 (10)	15.59 (9)	14.99 (11)	17.53 (2)	17.54 (1)	15.62(8)	16.38 (6)	16.56 (4)	8.96 (12)	15.77 (7)	16.43 (5)	16.73 (3)

(g)	Jiroft	Second year and rank	20.27 (4)	19.80 (8)	16.80 (11)	20.28 (5)	20.47 (2)	20.20(6)	18.25 (10)	20.40 (3)	12.27 (12)	19.40 (9)	20.00 (7)	20.60 (1)
		Third year and rank	15.14 (8)	13.32 (11)	17.67 (1)	14.25 (10)	15.35 (7)	15.99(5)	14.43 (9)	16.12 (4)	8.68 (12)	16.33 (3)	15.90 (6)	16.47 (2)
	Ahwaz	First year and rank	14.55 (7)	13.31 (11)	14.53 (8)	12.46 (12)	14.73 (6)	16.27(2)	15.00 (5)	16.11 (3)	13.98 (10)	15.08 (4)	14.27 (9)	16.94 (1)
		Second year and rank	19.33 (5)	18.77 (9)	18.97 (7)	12.93 (11)	21.27 (3)	22.00(1)	19.13 (6)	20.57 (4)	11.97 (12)	18.00 (10)	18.93 (8)	21.40 (2)
		Third year and rank	19.33 (6)	19.00 (9)	19.30 (7)	13.00 (12)	20.33 (3)	21.87(1)	19.67 (5)	19.80 (4)	15.20 (11)	18.17 (10)	19.20 (8)	21.33 (2)
	Rank	Mean	6.6	9.3	8.2	9.4	3.2	3.4	7.2	3.9	11.7	6.7	6.8	1.6
	Rank	Std	1.7	1.1	3.1	3.5	2.0	2.4	1.9	0.6	0.7	2.7	1.4	0.7

براساس نتایج حاصل از تجزیه پایداری به روش رتبه‌ای براساس عملکرد دانه (قسمت بالای جدول شماره ۴)، لاین‌های شماره ۴ (۱۰۹۷)، شماره ۸ (۷۲۴۴) و شماره ۱۲ (۵۲۵۹) به‌ترتیب داری میانگین رتبه ۴/۸، ۴/۹ و ۵/۳ می‌باشند که نشان‌دهنده عملکرد بالاتر این لاین‌ها نسبت به سایر لاین‌های مورد آزمون می‌باشد؛ ولی با سایر لاین‌ها اختلاف زیادی ندارد. اما بررسی نتایج حاصل از رتبه‌بندی لاین‌ها براساس وزن صد دانه (قسمت پایین جدول ۸)، مشخص است که لاین شماره ۱۲ (۵۲۵۹) با اختلاف دارای کمترین میانگین رتبه (۱/۶) می‌باشد و در اکثر مناطق و سال‌های اجرای آزمایش، بالاترین وزن صد دانه را به خود اختصاص داده است. نکته مهم دیگری که بسیار حائز اهمیت است، پایین‌بودن انحراف رتبه این لاین (۰/۷) است که نشان‌دهنده پایداری بالای آن در محیط‌های مختلف است. نتایج سایر تحقیقات نیز نشان‌دهنده این بود که ارقامی که دارای کمترین میانگین و انحراف رتبه می‌باشند به عنوان برترین ارقام شناسایی می‌شوند (Kalantar Ahmadi, 2022). نکته حائز اهمیت این است که لاین شماره ۴ (۱۰۹۷) علی‌رغم دارا بودن بیشترین عملکرد دانه، یکی از بدترین لاین‌ها در رتبه کسب‌شده برای وزن صد دانه (میانگین رتبه ۹/۴) می‌باشد. با توجه به‌اینکه، سایز و وزن دانه به عنوان مهمترین صفت در بازارپسندی این گیاه مطرح است، این لاین علی‌رغم عملکرد بالا نمی‌تواند مورد پسند مصرف‌کننده قرار گیرد.



شکل ۳. مقایسه میانگین عملکرد دانه ۱۲ لاین لوبیا چشم‌بلبلی طی سه سال زراعی.



شکل ٤. مقایسه میانگین وزن صد دانه ۱۲ لاین لوبیا چشم‌بلبلی طی سه سال زراعی.

نتایج حاصل از میانگین عملکرد دانه در شکل ۳ به وضوح نشان می‌دهد که لاین‌های شماره ۴ (۱۰۹۷)، شماره ۸ (۷۲۴۴) و شماره ۱۲ (۵۲۵۹) به‌ترتیب با دارا بودن ۱۳۴۴، ۱۳۳۸ و ۱۲۸۳ کیلوگرم در هکتار طی سه سال و در سه مکان اجرای آزمایش دارای

بیشترین میزان عملکرد بوده‌اند. همچنین با توجه به میانگین وزن صد دانه، لاین‌های شماره ۱۲ (۵۲۵۹) و شماره ۶ (مشهد)، شماره ۵ (۱۰۵۷) و شماره ۸ (۷۲۴۴) به‌ترتیب با ۲۰/۷۵، ۲۰/۳۲، ۲۰/۰۹ و ۱۹/۷۳ گرم دارای بیشترین میزان بودند. معمولا در مطالعات انجام‌شده روی توده‌های بومی لوبیا چشم‌بلبلی، تنوع زیاد در اجزای عملکرد وجود داشته و بیشترین ضریب تنوع در توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی متعلق به عملکرد و اجزای آن بوده است (Ajayi *et al.*, 2014; Lazaridi *et al.*, 2017; Manggoel *et al.*, 2012). اگرچه گزارش شده است که لوبیا چشم‌بلبلی پایه ژنتیکی محدودی دارد (Asare *et al.*, 2010)؛ اما به وضوح تنوع ژنتیکی بالا و پاسخ مختلف لاین‌های مورد استفاده در این پژوهش در مناطق جغرافیایی مختلف مناطق گرم و خشک کشور به چشم می‌آید.

۴. نتیجه‌گیری

در مجموع، با توجه به نتایج صفات مورد ارزیابی در مناطق مورد بررسی طی سه سال، تجزیه پایداری عملکرد دانه با استفاده از روش گرافیکی و رتبه‌ای و با درنظرگرفتن صفت مهم بازارپسندی (اندازه دانه که تابعی از وزن ۱۰۰ دانه می‌باشد)، لاین ۷۲۵۹ که به لحاظ عملکرد دانه و وزن صد دانه در صدر بهترین لاین‌های مورد بررسی قرار دارد، برای تمام مناطق مورد آزمایش توصیه می‌شود. لازم است قبل از معرفی این لاین به عنوان یک رقم جدید، در ابتدا آزمایش تحقیقی–ترویجی این لاین در کنار ارقام مورد استفاده توسط کشاورزان و در مزرعه کشاورز اجرا و در صورت برتری قابل توجه نسبت به آنها معرفی گردد.

۵. منابع

Agaei, M. (1993). Study of genotype× environment interaction in barely cultivars on Tabriz. *Journal of Agricultural Science*, *1*(2), 28–40. (In Persian).

Ajayi, A., Adekola, M., Taiwo, B., & Azuh, V. (2014). Character expression and differences in yield potential of ten genotypes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *International Journal of Plant Research*, *4*(3), 63-71.

Asare, A.T., Gowda, B.S., Galyuon, I.K., Aboagye, L.L., Takrama, J.F., & Timko, M.P. (2010). Assessment of the genetic diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) germplasm from Ghana using simple sequence repeat markers. *Plant Genetic Resources*, *8*(2), 142-150.

Asfaw, A., Gurum, F., Alemayehu, F., & Rezene, Y. (2012). Analysis of multienvironment grain yield trials in mung bean *vigna radiata* (L.) Wilczek based on GGE biplot in Southern Ethiopia. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *14*, 389-398.

Bakhshi, B., Pouresmaiel, M., & Keshtgar Khajedad, M. (2021). Assessment of agro-morphological traits diversity in cowpea landraces originated from arid and warm regions of Iran. *Iranian Journal of Pulses Research, 12*(2), 85-103. (In Persian).

Bavandpori, F., Ahmadi, J., & Hossaini, S.M. (2015). Yield stability analysis of bread wheat lines using AMMI model. *Agricultural Communications*, *3*(1), 8-15.

Becker, H.C., & Leon, J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, *101*(1), 1–23.

Cornelius, P.L., & Crossa, J. (1999). Prediction assessment of shrinkage estimators of multiplicative models for multi-environment cultivar trials. *Crop Science*, *39*(4), 998–1009.

DeLacy, I.H., Eisemann, R.L., & Cooper, M. (1990). The importance of genotype-by-environment interaction in regional variety trials. *Genotype-by-Environment Interaction and Plant Breeding. Louisiana State University, Baton Rouge, LA*, 287–301.

FAO. (2021). FAOSTAT. Available on: [http://www.fao.org/faostat].

Fernandez, G.C.J. (1991). Analysis of genotype× environment interaction by stability estimates. *HortScience*, *26*(8), 947–950.

Franca, M.S., & Blumenschein, A. (1977). Value of regional population of beans (*Phaseolus vulgaris*) in breeding programs. *Annual Report of Bean Improvement Cooperation*, *20*, 44-45.

Gancales, P.S., Bortoletto, N.A., Mellomartins, L., Costa, R.B., & Gallo, P.B. (2003). Genotype-environment interaction and phenotypic stability for girth growth and rubber yield of *Hevea* clones in Sao Paulo state, Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, *26*, 441-448.

Ghanbari, A.A., Douri, H., Sheykh, F., Swkhavat, R., & Darvishi, B. (2018). Technical instructions for the production of blue bean seeds (beans, fava beans, mung beans, cowpeas). Karaj: *Seed and Plant Improvement Institute*. (In Persian).

Harper, F. (1983). Principles of arable crop production. *United Kingdom, Granada Publishing*.

Kalantar Ahmadi, S.A. (2020). Effect of sowing date on seed yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in north Khuzestan conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences, 24*(3), 266-

284. (In Persian).
Kang, M.S. (1997). Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Advances in Agronomy*, *62*(2), 199–252.
Khajeh Pour, M.R. (2000). Principles and basics of agriculture. Isfahan: *Jihad University Press, Isfahan Industrial Unit*. (In Persian).
Lazaridi, E., Ntatsi, G., Savvas, D., & Bebeli, P. (2017). Diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) local populations from Greece. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *64*(7), 1529-1551.
Mafakheri, K., Bihamta, M., & Abbasi, A. (2015). Screening for drought stress tolerance in cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* l.). *Iranian Journal of Pulses Research*, *6*(2), 123-138. (In Persian).
Majnoun Hoseini, N. (2008). Cultivation and production of legumes (legumes in Iran). Tehran: *Academic Jihad Publications*. (In Persian).
Manggoel, W., Uguru, M., Ndam, O., & Dasbak, M. (2012). Genetic variability, correlation and path coefficient analysis of some yield components of ten cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] accessions. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, *4*(5), 80-86.
Martins, C.M., Lawlor, D.W., Quilambo, O.A., & Kunert, K.J. (2014). Evaluation of four Mozambican cowpea landraces for drought tolerance. *South African Journal of Plant and Soil*, *31*(2), 87-91.
Menssen, M., Linde, M., Omondi, E.O., Abukutsa-Onyango, M., Dinssa, F.F., & Winkelmann, T. (2017). Genetic and morphological diversity of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) entries from East Africa. *Scientia Horticulturae*, *226*, 268-276.
Okello-Anyanga, W., Rubaihayo, P., Gibson, P., & Okori, P. (2016). Genotype by environment interaction in sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars in Uganda. *African Journal of Plant Science*, *10*(10), 189–202.
Pham, H.N., & Kang, M.S. (1988). Interrelationships among and repeatability of several stability statistics estimated from international maize trials. *Crop Science*, *28*(6), 925–928.
Raiger, H.L., & Prabhakaran, V.T. (2001). A study on the performance of a few non-parametric stability measures using pearl-millet data. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, *61*(1), 7–11.
Rajaram, S. (1983). Adaptation, stability and high yield potential of certain 1B/1R CIMMYT wheats. In *Proc 6th International Wheat Genetic Symposioum.* pp. 613–621.
Sadegh Zadeh Ahari, D., Hosseini, S.K., HosseinPour, T., Jafarbay, J., Khalilzade, G., & Alizade Disaj, K. (2005). Staudy on adaptability and stability of grain yield in durum wheat lines in warm and semi-warm dryland areas. *Seed and Plant*, *21*(4), 561-576. (In Persian).
Sekhavat, R., Ghanbari, D., & Mirzashahi, K. (2018). Instructions for planting, keeping and harvesting cowpea in Khuzestan. Dezful: *Safi Abad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center*. Registration number: 55028. (In Persian).
Temesgen, T., Keneni, G., Sefera, T., & Jarso, M. (2015). Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *The Crop Journal*, *3*(3), 258-268.
Yan, W., & Tinker, N.A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *In Canadian Journal of Plant Science*, *86*(3), 623-645.
Yan, W., Kang, M.S., Ma, B., Woods, S., & Cornelius, P.L. (2007). GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, *47*(2), 643–653.
Yang, R., Crossa, J., Cornelius, P.L., & Burgueño, J. (2009). Biplot analysis of genotype× environment interaction: Proceed with caution. *Crop Science*, *49*(5), 1564–1576.
Zhang, P.P., Hui, S., Ke, X.W., Jin, X.J., Yin, L.H., Yang, L., Yang, Q., Wang, S., Feng, N.J., & Zheng, D.F. (2016). GGE biplot analysis of yield stability and test location representativeness in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes. *Journal of Integrative Agriculture*, *15*(6), 1218-1227.