Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 17, Issue 3, 2025 p: 112-123

OPEN ACCESS

Research Paper

Selection of Promising Pachbaghela lines in Guilan Province using Sustainability Methods

Ali Akbar Ghanbari[1], Mehran Gholami[2], and Mehrzad Ahmadi[3]

1- Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, (Corresponding author: aghanbari2004@yahoo.com)
2- Assistant professor, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
3- Assistant professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: 20 January, 2025 Revised: 17 April, 2025 Accepted: 13 May, 2025

Extended Abstract

Background: The Pachbaghela (*Phaseolus vulgaris*) is one of the popular and the most widely consumed beans in Guilan Province. The growth period of this crop is short, about 60-70 days, and it can be cultivated in spring and summer. The annual cultivation area of Pachbaghela is 10-20,000 hectares, about 40% of which is related to spring cultivation. The time of harvesting and consumption of Pachbaghela is at the stage of maximum growth of immature and discolored pods, which occur before drying pods. This plant resembles pinto beans but is longer. Pachbaghela has long been used in the food culture of northern Iran, including the famous baghali ghatogh stew. Currently, farmers are utilizing the Pachbaghela landrace, which offers limited yield, non-uniform crop production, and has created challenges in cultivating this plant. Three types of these landraces are different from other landraces, which are Black, Red, and Brown striped Beans in order of importance. Therefore, it seems essential to introduce lines with optimal yield and high market appeal. Accordingly, aiming at selecting a promising high-yielding line with appropriate stability, nine selected Patch Bean lines from the preliminary tests of the performance evaluation of the breeding programs of this plant were evaluated along with the local control landrace.

Methods: This experiment was carried out in three regions of Guilan Province (Rasht, Lahijan, and Shanderman) with nine Pachbaghela lines (G1-G9), along with the Kuchsafhan landrace (G10), based on a randomized complete block design with three replications in the spring of 2 years (2016 and 2018). The seeds of the lines were planted in late April. It is worth mentioning that these lines were selected from native populations of various regions in Guilan Province and showed superior yields in preliminary evaluations of Pachbaghela yield. The results related to the fresh weight of pods in each line of the three regions were subjected to the combined analysis of variance. Before the composite analysis, the normality of the data and the homogeneity of the variance of the experimental errors were tested using the Bartlett test by SAS software. The AMMI method was performed by GenStat 12.0 software and PBTools version 2013. Furthermore, 16 stability methods, including S (1-6): Nassar and Hahn stability statistics, NP(1-4): Tanazero stability statistics, W_i^2: Rick's equivalent, σ^2_i: stability variance Shukla, bi: regression coefficient, S^2d_i: deviation from the regression line, CV: coefficient changes, θ(i): interaction variance Genotype and environment, θ_i: average plastid variance, and KR: total Kang rank were calculated with STABILITYSOFT software. The means and standard deviations of the stability statistics rating for each of the lines were obtained using EXCEL software. A three-dimensional graph of the average performance and stability statistical rating, along with their standard deviations, were calculated afterward.

Results: This research revealed significant genetic diversity in fresh pod yield among the investigated lines. The results indicated that the effect of genotype, interactions of year × location, location × genotype, and year × location × genotype were significant on the fresh pod yield, suggesting that yield responses varied across locations and that environments affected the lines differently. The average comparison over 2 years in three regions demonstrated that the G9, G3, and G6 lines gained the highest fresh pod yields. Additionally, the G9 and G7 lines exhibited the highest number of pods per plant and seeds per pod, while the G9 line showed the longest pod length. The results of the AMMI's analysis of variance demonstrated that the effects of genotype, environment, and the interaction between genotype and environment were significant at the 1%

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]

probability level. Notably, the first two components accounted for 81.1% of the variation in the genotype-environment interaction, with the first component explaining 66.2% and the second component contributing an additional 14.9% to the observed changes. According to the AMMI biplot analysis, G4, G7, G6, and G5 were the closest lines to the biplot's center, suggesting that they experienced the least environmental changes and can be considered the most stable lines of Patchbaghela. Additionally, lines G8, G9, and G3, located at the top of the polygon, exhibited good specific adaptability to the Rasht, Lahijan, and Shanderman regions. Consequently, these lines can be identified as the selected genotypes for the studied locations. A study conducted on 16 stability statistics revealed varying results; as a result, the average and standard deviation of the statistics' rank were utilized to select the best lines in terms of overall statistical performance and optimal yield. Lines with the lowest sum of statistics rank (SR) and average statistics rank (AR), along with the highest yield, were chosen as stable lines. Consequently, G6, G7, and G8 were recognized as stable and superior lines based on these criteria.
Conclusion: Considering the agronomic characteristics and the results obtained from statistical methods, G7 and G6 were selected as highly stable Pachbaghela lines.

Keywords: AMMI, Fresh pod yield, Pachbaghela, Stability

How to Cite This Article: Ghanbari, A. A., Gholami, M., & Ahmadi, M. (2025). Selection of Promising Pachbaghela lines in Guilan Province using Sustainability Methods. *J Crop Breed,* 17(3), 112-123. DOI: 10.61882/jcb.2024.1596

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

گزینش لاین‌های امیدبخش پاچ‌باقلا در استان گیلان با استفاده از روش‌های پایداری

علی اکبر قنبری[۱]، مهران غلامی[۲] و مهرزاد احمدی[۳]

۱- استاد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرج، ایران،
(نویسنده مسوول: aghanbari2004@yahoo.com)
۲- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، رشت، ایران
۳- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۳
صفحه: ۱۱۲ تا۱۲۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: پاچ باقلا (*Phaseolus vulgaris*) یکی از انواع لوبیا است و بیشترین مصرف را در استان گیلان دارد. دوره رشد این محصول کوتاه و در حدود ۶۰-۷۰ روز است و قابلیت کشت بهاره و تابستانه را دارد. سطح زیرکشت سالانه این گیاه ۱۰-۲۰ هزار هکتار در استان گیلان به‌صورت بهاره و تابستانه است که از این میزان حدود ۴۰ درصد مربوط به کشت بهاره است. زمان برداشت و مصرف این لوبیا در مرحله رشد حداکثری غلاف‌های نارس و تغییر رنگ داده شده (قبل از خشک شدن غلاف‌ها) است. این گیاه به لوبیا چیتی شباهت دارد ولی کشیده‌تر از آن است. از دیرباز پاچ باقلا در غذاهای شمالی از جمله خورش معروف باقالی‌قاتق استفاده می‌شود. در حال حاضر، کشاورزان از توده‌های محلی پاچ باقلا استفاده می‌کنند که از عملکرد چندانی برخوردار نیست و غیر یکنواختی در تولید محصول، مشکلاتی را در کشت این گیاه ایجاد کرده است. سه نوع از این توده‌ها نسبت به سایر توده‌ها متمایز هستند، که به‌ترتیب اهمیت عبارتند از لوبیا با رگه مشکی، لوبیا رگه قرمز و لوبیا با رگه قهوه‌ای که توده‌های رگه مشکی بیشتر کشت می‌شوند و موردپسند مصرف کننده هستند. بنابراین، لزوم معرفی لاین‌هایی با عملکرد مطلوب و بازارپسندی بالا ضروری به‌نظر می‌رسد. بر این اساس، با هدف معرفی لاین امیدبخش پرمحصول با پایداری مناسب، نه لاین پاچ باقلا منتخب از آزمایش‌های مقدماتی ارزیابی عملکرد حاصل از برنامه‌های به‌نژادی این گیاه در بخش تحقیقات سبزی و صیفی موسسه نهال و بذر به‌همراه توده محلی شاهد، مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها: این آزمایش طی دو سال (۱۳۹۵ و ۱۳۹۷) در فصل بهار در سه منطقه از استان گیلان (رشت، لاهیجان، شاندرمن) با تعداد نه لاین (G1-G9) به‌همراه توده محلی کوچصفهان (G10) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کشت بذور لاین‌ها در اواخر فروردین انجام شد. لازم به ذکر است این لاین‌ها منتخب از توده‌های بومی مناطق مختلف استان گیلان بودند و در آزمایشات مقدماتی ارزیابی عملکرد پاچ‌باقلا، برتری داشتند. نتایج مربوط به عملکرد غلاف تر لاین‌ها پس از برداشت، برای سه منطقه مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفتند. قبل از انجام تجزیه مرکب، آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت با استفاده از نرم افزار SAS بررسی شد. روش AMMI توسط نرم‌افزار GenStat 12.0 و PBTools ورژن ۲۰۱۳ انجام شد. همچنین، ۱۶ روش پایداری از جمله S (1-6): آماره‌های پایداری نصار و هان، NP(1-4): آماره‌های پایداری تنازرو، W_i^2: اکووالانس ریک، σ_i^2: واریانس پایداری شوکلا، bi: ضریب رگرسیون، S^2d_i: انحراف از خط رگرسیون، CV: ضریب تغییرات، $\theta(i)$: واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، θ_i: میانگین واریانس‌ها پلستید، و KR: مجموع رتبه کانگ، توسط نرم‌افزار STABILITYSOFT محاسبه شدند. میانگین و انحراف معیار رتبه آماره‌های پایداری برای هریک از لاین‌ها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام شد و نمودار سه‌بعدی میانگین عملکرد و رتبه آماره‌های پایداری به‌همراه انحراف معیار آن‌ها محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این پژوهش نشان دادند که بین لاین‌های مورد بررسی از نظر عملکرد غلاف تر، تنوع ژنتیکی بالایی وجود داشت. اثرات ژنوتیپ، سال در ژنوتیپ، مکان در ژنوتیپ، و سال در مکان در ژنوتیپ در صفت عملکرد غلاف تر معنی‌دار بودند که حاکی از متفاوت بودن پاسخ عملکرد غلاف تر در مکان‌های مختلف بود و محیط‌ها به‌طور متفاوتی لاین‌ها را تحت تاثیر قرار دادند. نتایج مقایسه میانگین در دو سال و سه منطقه نشان دادند که لاین‌های G9، G3 و G6 بیشترین عملکرد غلاف تر را داشتند. لاین‌های G9 و G7 بیشترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف را داشتند؛ همچنین، لاین G9 بیشترین طول غلاف را داشت. نتایج تجزیه واریانس امی نشان دادند که اثر ژنوتیپ و محیط و ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. دو مؤلفه اول ۸۱/۱ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را تبیین کردند. مؤلفه اول ۶۶/۲ درصد و مؤلفه دوم ۱۴/۹ درصد از تغییرات توجیه نمودند. در روش امی، لاین‌های G4، G7، G6 و G5 نزدیک‌ترین لاین‌ها به مرکز بای پلات AMMI بودند؛ در نتیجه، می‌توان گفت که آن‌ها کمترین تغییرات محیطی را نشان دادند و به‌عنوان لاین‌های پایدار پاچ‌باقلا شناخته شدند. همچنین، لاین‌های G8 ، G9 و G3 که در راس چندضلعی قرار گرفتند دارای سازگاری خصوصی خوبی با مناطق رشت، لاهیجان و شاندرمن بودند؛ بنابراین، آنها می‌توانند به‌عنوان نمونه‌های منتخب برای مکان‌های مورد بررسی تعیین شوند. نتایج بررسی که بر روی ۱۶ آماره پایداری صورت گرفت نشان دادند که هر یک از آماره‌های پایداری نتایج متفاوتی را نشان دادند. از این رو، برای انتخاب لاین‌های برتر از نظر همه آماره‌ها و عملکرد مناسب از میانگین و انحراف معیار رتبه آماره‌ها استفاده شد. هر لاینی که کم‌ترین میزان جمع رتبه آماره‌ها (SR) و میانگین رتبه آماره‌ها (AR) و بالاترین عملکرد را داشت به عنوان لاین پایدار انتخاب گردید. از این‌رو، G6، G7 و G8 به عنوان لاین‌های پایدار و برتر شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری: با توجه به ویژگی‌های زراعی و نتایج به‌دست آمده از روش‌های آماری مورد بررسی، G7 و G6 به‌عنوان لاین‌های پاچ باقلا با پایداری عملکرد بالا انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: پاچ باقلا، امی، پایداری، عملکرد غلاف تر

مقدمه

پاچ باقلا (*Phaseolus vulgaris*) یکی از لوبیاهای محبوب استان گیلان است و بیشترین مصرف را در این استان دارد. زمان برداشت و مصرف این لوبیا در مرحله رشد حداکثری غلاف‌های نارس و تغییر رنگ داده شده (قبل از خشک شدن غلاف‌ها) است. دانه این لوبیا به صورت پوست‌کنده و پخته‌شده در غذای محلی باقلا قاتق استفاده می‌شود. در مناطق مختلف استان گیلان، توده‌های مختلف پاچ باقلا به‌صورت بهاره و تابستانه کشت می‌شوند، که سه نوع از این توده‌ها نسبت به سایر توده‌ها متمایز هستند و به ترتیب اهمیت عبارتند از: الف) لوبیا با رگه مشکی، این توده بیشترین سطح زیر کشت در این استان را دارد و در مناطق اطراف رشت، لاهیجان، بخش‌هایی از آستانه اشرفیه، ماسال و صومعه سرا کشت می‌شود. این محصول دارای رنگ زمینه کرم با رگه‌های مشکی است. ب)

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]

لوبیا رگه قرمز، این توده در سطح کمتری کشت می‌شود و عمدتاً در صومعه سرا، آستانه اشرفیه و ماسال به‌صورت پراکنده مشاهده می‌گردد. این لوبیا به لوبیا رگه مشکی شباهت دارد ولی دارای رگه قرمز است. پ) لوبیا با رگه قهوه‌ای، این لوبیا در سطح بسیار کم و عمدتاً در اطراف آستانه اشرفیه کشت می‌شود. تیپ بوته این توده‌ها ایستاده با رشد محدود است که تیپ‌های رونده نیز به صورت مخلوط در آن مشاهده می‌شوند. سطح کشت این محصول در استان گیلان از ۱۰ تا ۲۰ هزار هکتار در سال نوسان دارد. دوره رشد این محصول کوتاه و در حدود ۷۰-۶۰ روز است. تیپ ایستاده نسبت به طول روز خنثی است ، لذا از این نظر محدودیت خاصی در تاریخ کاشت مشاهده نمی‌شود. کشت این گیاه به صورت کشت دوم بعد از برداشت برنج یا در تناوب با صیفی‌جاتی مانند هندوانه، بادمجان، باقلا، کلزا و شبدر انجام می‌شود (Dori *et al*., 2007).

جستجوی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و دارای پایداری عملکرد، جنبه کلیدی در برنامه‌های به‌نژادی است که هدف آن به دست آوردن ژنوتیپ‌های پر محصول برای مناطق مختلف کشت است. برهمکنش ژنوتیپ × محیط (GE) به‌شدت بر عملکرد ژنوتیپ تأثیر می‌گذارد و انتخاب رقم جدید را دشوار می‌کند. یکی از راه‌های بهره‌گیری از این تعامل، شناسایی ژنوتیپ‌هایی با ظرفیت تولید بالا و پایداری فنوتیپی در محیط‌های مختلف است (Bornhofen *et al*., 2017). روش‌های متعددی برای مطالعه پایداری و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها پیشنهاد شده است. از جمله روش‌های اصلی مورد استفاده برای مطالعه پایداری ژنوتیپ‌ها، مدل‌های پارامتریک تک‌متغیره (Wricke, 1965; Eberhart & Russell, 1966)، مدل‌های پارامتری چندمتغیره (Zobel *et al*., 1988; Yan, 2001)، مدل‌های ناپارامتریک (Lin & Binns, 1988)، و مدل‌های ترکیبی (Resende, 2006) هستند.

پایداری فنوتیپی را می‌توان به دو نوع اصلی، بیولوژیکی و زراعی تقسیم کرد. در مفهوم بیولوژیکی (استاتیک[1])، پایداری توانایی ژنوتیپ‌ها برای حفظ تولید ثابت در محیط‌های مختلف با تنوع کم بین آنها است. پایداری در مفهوم زراعی (دینامیک[2]) نشان می‌دهد که ژنوتیپ به بهبود شرایط محیط و خاک پاسخ مثبت می‌دهد و می‌تواند عملکرد بالاتر از میانگین در مکان‌های مختلف داشته باشد (Sabaghnia *et al*., 2015). این رفتار مورد توجه به‌نژادگران و کشاورزان است. اتخاذ روش‌هایی که در آن پایداری ژنوتیپ با میانگین عملکرد دانه بالا همراه باشد برای به‌نژادی گیاه ضروریست (Yan *et al*., 2007; Yan, 2016).

بسیاری از محققان تاکید کردند که ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه لوبیا اثر قابل توجهی دارند (Barili *et al*., 2016).

بیضائی (۱۳۷۹) در بررسی و مقایسه عملکرد و تعیین سازگاری ده رقم لوبیا سفید، دو رقم به نام‌های G-11867 و Julesرا برای کشت در منطقه استان مرکزی معرفی نمود. مولائی و غفاری خلیق (Mowlaie & Ghafari Khaligh, 2026) تعداد ۱۲ ژنوتیپ لوبیا سفید، شامل ده لاین و دو شاهد (رقم دانشکده و لاین ۱۱۸۰۵) را در منطقه لردگان مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. نتایج نشان دادند که تفاوت بین تیمارها از نظر عملکرد دانه و اجزای آن معنی‌دار بود. دو لاین Karacasehiro و Goynok98 به‌ترتیب با متوسط عملکرد دانه ۴۲۸۲ و ۳۴۳۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهدان برتر و لاین Goynok ۹۸ از بازارپسندی بسیار خوبی برخوردار بودند. طاهری مازندرانی و همکاران (Taheri Mazandarani, 2007) در بررسی سازگاری تعداد ۱۲ لاین امیدبخش لوبیا سفید به‌همراه دو شاهد دانشکده و ۱۱۸۰۵ اظهار نمودند که لاین WA-۱-۸۵۹۲ به‌دلیل دارا بودن تیپ بوته ایستاده و قابل برداشت به‌صورت مکانیزه و بازارپسندی خوب و عملکرد مناسب و لاین WA-۸۵۶۳-۶ به‌دلیل عملکرد بالا، بازارپسندی خوب و تحمل به بیماری‌های ویروسی BCMV و CMV قابل معرفی برای کلیه مناطق کشت لوبیا در کشور بودند.

بیلات دامو و همکاران (Bilate Daem *et al.,* 2024) اهمیت معرفی ژنوتیپ‌های پرمحصول و سازگار لوبیا در یک محیط معین را برای افزایش بهره‌وری کشاورزان خرده‌مالک بسیار مهم بیان کردند. در این تحقیق عملکرد دانه ده ژنوتیپ در دو مکان طی دو سال در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس AMMIنشان دادند که عملکرد دانه به طور معنی‌داری ($p \leq 0.05$) تحت تأثیر برهمکنش‌های ژنوتیپ-محیط قرار گرفت. این نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها از نظر میانگین عملکرد دانه در بین محیط‌ها متفاوت بودند، که نشان‌دهنده امکان انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب با سازگاری بالا است. مجموع میانگین مربعات نشان داد که تغییرات عملکرد دانه توسط ژنوتیپ (۶۱٪)، پس از آن محیط (۲۹/۸۰٪) و اثر متقابل ژنوتیپ-محیط (۹/۲٪) از تغییرات کل نقش داشت. با توجه به نتایج تجزیه بای پلات AMMI و GGE، دو ژنوتیپ SER-119 و SER-125 به عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه شناسایی شدند. علاوه بر این، نتایج تجزیه و تحلیل شاخص انتخاب ژنوتیپ نشان دادند که SER-119 و SER-125 پایدار بودند و میانگین عملکرد بالایی را در دو منطقه طی دو سال نشان دادند. استفاده از ابزارهایی مانند GGE biplots و تجزیه و تحلیل AMMI به تجسم تعاملات ژنوتیپ-محیط و به انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای سازگاری اختصاصی و عمومی کمک کرده است (Bilate Daemo *et al*., 2024).

در این تحقیق، با هدف دستیابی به لاین امیدبخش پرمحصول با پایداری و سازگاری مناسب، نه لاین پاچ‌باقلا به همراه توده محلی شاهد مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور دستیابی به لاین‌های پرمحصول پاچ‌باقلا و سازگار به منطقه گیلان، این آزمایش طی دو سال (۱۳۹۵ و ۱۳۹۷) در فصل بهار در سه منطقه از استان گیلان (رشت، لاهیجان، شاندرمن) با تعداد نه لاین (G1-G9) به‌همراه توده محلی

[1]. Static

[2]. Dynamic

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]

کوچصفهان (G10) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. این لاین‌ها منتخب از توده‌های بومی منطقه بودند و در آزمایشات مقدماتی ارزیابی عملکرد پاچ‌باقلا، برتری داشتند (Ghanbari, 2015).

در اواخر فروردین هر دو سال، بذور هر لاین در چهار ردیف به طول چهار متر با فاصله بذر روی ردیف ۵ سانتی‌متر و فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر کشت شدند. توزیع کود شیمیایی براساس توصیه کودی (کودهای شیمیایی شامل کود نیتروژن از منبع اوره به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار، فسفر به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع فسفات آمونیوم و پتاسیم به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم در زمان آماده‌سازی زمین) و مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در مواقع مورد نیاز انجام شد. صفت وزن غلاف در بوته هر لاین ارزیابی و تعیین گردید. زمان برداشت، مرحله آخر R8 براساس مراحل رشدی لوبیا در نظر گرفته شد (Kandel & Endres, 2019).

نتایج مربوط به عملکرد غلاف تر لاین‌ها پس از برداشت، برای سه منطقه مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفتند. قبل از انجام تجزیه مرکب، آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 بررسی شد. روش AMMI توسط نرم‌افزار GenStat 12.0 و PBTools نسخه ۲۰۱۳ انجام شد. همچنین، روش‌های پایداری از جمله $S^{(1-6)}$: آماره‌های پایداری نصار و هان (Nassar & Huh, 1987; Huhn, 1990)، $NP^{(1-4)}$: آماره‌های پایداری تنازرو (Thennarasu, 1995)، W_i^2: اکووالانس ریک (Wricke, 1962)، σ^2_i: واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972)، bi: ضریب رگرسیون (Francis & Kannenberg, 1978)، S^2d_i: انحراف از خط رگرسیون (Eberhart & Russell, 1966)، CV: ضریب تغییرات (Francis & Kannenberg, 1978)، $\theta_{(i)}$: واریانس اثرمتقابل ژنوتیپ و محیط (Plaisted, 1960)، θ_i: میانگین واریانس‌ها پلستید (Plaisted & Peterson, 1959)، و KR: مجموع رتبه کانگ، توسط نرم‌افزار STABILITYSOFT محاسبه شدند (Pour-Aboughadareh *et al*., 2019). میانگین و انحراف معیار رتبه آماره‌های پایداری برای هر یک از لاین‌ها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL 2016 انجام شد. نمودار سه‌بعدی میانگین عملکرد ترسیم و رتبه آماره‌های پایداری به‌همراه انحراف معیار آنها نیز محاسبه شد.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی و مشخصات جغرافیایی مکان‌های اجرای آزمایش طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷
Table 1. Meteorological and geographical information of experimental locations (2016-2018)

مکان Location	سال Year	کد Code	طول و عرض جغرافیایی Longitude & Latitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)			بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)
					کمینه Min.	بیشینه Max.	میانگین Average	
لاهیجان Lahijan	2016	E1	37º 12′ E	94	7.6	35.7	22.1	111.2
	2018	E2	50º 0′ N		0.9	36.6	22.3	51.7
رشت Rasht	2016	E3	37º 20′ E	50	3.4	37.1	22.8	93.8
	2018	E4	49º 33′ N		2.8	37.2	22.7	36.5
شاندرمن Shanderman	2016	E5	37º 24′ E	36	3	34.9	21.7	83.8
	2018	E6	49º 7′ N		3	35.6	21.8	51.3

نتایج و بحث

در جدول ۲، تجزیه واریانس مرکب عملکرد غلاف تر در دو سال و سه منطقه (لاهیجان، رشت، شاندرمن) آورده شده است. در این بررسی، عامل ژنوتیپ ثابت فرض شده است. نتایج نشان دادند که اثرات ژنوتیپ و برهمکنش سال در ژنوتیپ، مکان در ژنوتیپ و سال در مکان در ژنوتیپ بر صفت عملکرد غلاف تر معنی‌دار بودند که حاکی از متفاوت بودن پاسخ عملکرد غلاف تر در مکان‌های مختلف است و محیط‌ها به‌طور متفاوتی لاین‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. برهمکنش سال در مکان و برهمکنش سال در مکان در ژنوتیپ بر صفات وزن ۱۰۰ دانه، طول غلاف و عملکرد غلاف تر معنی‌دار بودند. برهمکنش سال در مکان بر صفت تعداد بذر در غلاف نیز معنی‌دار بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی در سه مکان (لاهیجان، رشت، و شاندرمن) طی دو سال (۱۳۹۵ و ۱۳۹۷) در کشت بهاره
Table 2. Combined analysis of variance (mean squares) of the evaluated traits in three locations (Lahijan, Rasht, and Shanderman) in spring during 2 years (2016 and 2018)

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	تعداد دانه در غلاف Seeds per pod	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	طول غلاف Pod length	عملکرد غلاف تر fresh pod yield
سال (Year)	1	261.11 ^{ns}	0.19 ^{ns}	189.93 ^{ns}	22.63 ^{ns}	1003031.7 ^{ns}
مکان (Location)	2	158.91 ^{ns}	33.53 ^{ns}	1202.38 ^{ns}	102.93 ^{ns}	2306249.4 ^{ns}
مکان× سال (Y×L)	2	55.51 ^{ns}	0.26 **	1748.37 **	63.99 **	3652324.1 **
خطا (Rep/(Y*L))	12	17.94	0.51	43.99	0.94	152394.9
ژنوتیپ (Genotype)	9	14.43 ^{ns}	0.40 ^{ns}	63.53 ^{ns}	2.44 ^{ns}	229839.2 **
ژنوتیپ× سال Y×G	9	8.91 ^{ns}	0.19 ^{ns}	29.08 ^{ns}	0.38 ^{ns}	43221.2 ^{ns}
ژنوتیپ× مکان L×G	18	10.82 ^{ns}	0.36 ^{ns}	29.73 ^{ns}	1.92 ^{ns}	61602.7 ^{ns}
ژنوتیپ×مکان× سال Y×L×G	18	6.51 ^{ns}	0.33 ^{ns}	33.22 *	1.43 **	49477.9 **
خطا Error	108	4.05	0.21	20.20	0.68	10180.3
ضریب تغییرات (%) CV		26.77	13.19	12.28	7.13	23.24

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیر معنی‌دار.

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively. ns: non-significant.

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که لاین‌های G9، G3 و G4 بالاترین عملکرد غلاف تر را در منطقه لاهیجان طی دو سال داشتند. در منطقه رشت، بیشترین میانگین عملکرد به ترتیب در G9، G3 و G1 و در شاندرمن،

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]

بیشترین مقدار در لاین‌های G9، G8 و G4 مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین در دو سال و سه منطقه نشان دادند که لاین‌های G9، G8 و G4 بیشترین عملکرد غلاف تر را داشتند (جدول۳).

در صفت تعداد غلاف در بوته، در لاهیجان بین لاین‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ولی لاین G7 تعداد غلاف بیشتری نسبت به سایر لاین‌ها داشت. در رشت و شاندرمن، بیشترین مقدار به‌ترتیب در لاین‌های G9 و G7 بود. نتایج مقایسه میانگین در دو سال و سه منطقه نشان دادند که لاین‌های G9 و G7 بیشترین تعداد غلاف در بوته را داشتند (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین صفات غلاف ترلاین‌های پاچ‌باقلا طی دو سال در هر مکان

Table 3. Mean values of fresh pod attributed traits of Pachbaghela during 2 years in each location

تعداد غلاف در بوته Pods per plant				عملکرد غلاف تر(کیلوگرم در هکتار) Fresh pod yield (kg/ha)				ژنوتیپ Genotype
میانگین سه منطقه Average of three regions	شاندرمن Shanderman	رشت Rasht	لاهیجان Lahijan	میانگین سه منطقه Average of three regions	شاندرمن Shanderman	رشت Rasht	لاهیجان Lahijan	
6.93 cde	6.15 cd	9.28 bc	5.36 a	3415 cde	3983 c	3477 ab	2786 bc	G1
7.56 abc	9.12 ab	8.42 bc	5.15 a	3157 de	4474 c	2435 cd	2560 c	G2
6.59 cd	5.10 d	8.66 bc	6.02 a	3822 bc	3953 c	3598 ab	3915 a	G3
6.78 bcd	7.13 bcd	6.78 bc	6.43 a	3945 bc	5256 bc	2901 bcd	3677 ab	G4
7.93 abc	8.04 abc	9.38 bc	6.39 a	3468 cde	4335 c	2685 bcd	3385 abc	G5
8.28 ab	8.43 abc	10.36 ab	6.05 a	3805 bc	4729 bc	3214 bc	3470 abc	G6
8.61 a	9.72 a	9.58 abc	6.54 a	3675 bcd	5056 bc	3096 bc	2871 bc	G7
7.72 abc	8.23 abc	9.63 abc	5.32 a	4158 b	6053 ab	3262 bc	3159 abc	G8
8.64 a	7.50 abc	13.01 a	5.43 a	4909 a	6645 a	4015 a	4069 a	G9
6.03 d	6.37 cd	5.92 c	5.81 a	2952 e	4159 c	2067 d	2630 c	G10
7.51	7.58	2.65	5.85	3730	4864	3075	3252	میانگین mean

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند

In each column, the averages with the same letters are not significantly different from each other at the 5% probability level based on Duncan's test.

ادامه جدول ۳- میانگین صفات غلاف تر لاین‌های پاچ‌باقلا طی دو سال در هر مکان

Table 3. Mean values of fresh pod attributed traits of Pachbaghela during 2 years in each location (continued)

طول غلاف (سانتی‌متر) Pod length (cm)				تعداد دانه در غلاف Seeds per pod				ژنوتیپ Genotype
میانگین سه منطقه Average of three regions	شاندرمن Shanderman	رشت Rasht	لاهیجان Lahijan	میانگین سه منطقه Average of three regions	شاندرمن Shanderman	رشت Rasht	لاهیجان Lahijan	
11.61 abc	12.62 abc	11.04 ab	11.18 ab	3.29 bc	3.98 a	2.55 bcd	3.35 a	G1
11.60 abc	13.42 a	10.23 bcd	11.16 ab	3.44 abc	4.31 a	2.31 cd	3.71 a	G2
11.09 cd	12.10 bc	10.15 bcd	11.02 ab	3.47 abc	3.75 a	3.23 a	3.45 a	G3
11.75 ab	13.05 ab	10.46 bcd	11.74 ab	3.37 bc	4.02 a	2.44 bcd	3.64 a	G4
11.42 bc	12.82 ab	9.96 d	11.74 ab	3.54 abc	4.14 a	2.74 a-d	3.75 a	G5
11.84 ab	13.02 ab	11.63 a	10.89 b	3.62 ab	4.12 a	2.99 ab	3.76 a	G6
11.59 abc	13.55 a	9.80 cd	11.42 ab	3.52 abc	4.25 a	2.36 cd	3.96 a	G7
11.55 abc	13.47 a	9.60 d	11.59 ab	3.73 a	4.25 a	2.97 ab	3.97 a	G8
12.05 a	13.41 a	10.91 abc	11.86 a	3.56 abc	4.21 a	2.77 abc	3.70 a	G9
10.77 d	11.56 c	9.42 d	11.34 ab	3.23 c	4.00 a	2.16 d	3.55 a	G10

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, the averages with the same letters are not significantly different from each other at the 5% probability level based on Duncan's test.

در صفت تعداد دانه در غلاف، در مناطق لاهیجان و شاندرمن بین لاین‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و ترتیب در لاین‌های G8 و G2 و در رشت لاین G2 در مقایسه با سایر لاین‌ها تعداد دانه بیشتری در هر غلاف داشتند. نتایج مقایسه میانگین در دو سال و سه منطقه نشان دادند که لاین‌های G9 و G7 بیشترین تعداد دانه درغلاف را داشتند. در صفت طول غلاف، در منطقه لاهیجان بین لاین‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در رشت و شاندرمن به‌ترتیب بیشترین مقدار در لاین‌های G6 و G7 بود و در مجموع، نتایج مقایسه میانگین سه منطقه طی دو سال نشان دادند که لاین G9 بیشترین طول غلاف را داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین عملکرد غلاف تر به تنهایی نمی‌تواند منجر به انتخاب لاین یا لاین‌های برتر گردد. به همین دلیل، برای شناسایی لاین‌هایی که در کنار پتانسیل عملکرد بالا از پایداری عملکرد بالایی در مناطق مختلف برخوردار باشند، تجزیه پایداری با استفاده از روش‌های پایداری پارامتری و غیرپارامتری و روش چندمتغیره مدل امی انجام گردید. معنی‌دار بودن برهمکنش سه‌گانه نشان می‌دهد که ترتیب لاین‌ها در محیط‌های مختلف متفاوت است. بنا بر این، انتخاب لاین‌های دارای عملکرد بالا و پایدار براساس نتایج تجزیه مرکب و مقایسه میانگین عملکرد غلاف تر کافی نیست و لازم است پایداری عملکرد غلاف تر لاین‌ها نیز بررسی شود. در این پژوهش، اثر محیط بیشترین سهم را در توجیه مجموع مربعات کل به خود اختصاص داد که این موضوع نشان‌دهنده دامنه وسیع‌تر اثرات اصلی محیط نسبت به اصلی ژنوتیپ است. کوشکی و همکاران (Kooshki *et al.,* 2017) با ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط روی ده ژنوتیپ لوبیا قرمز در ده محیط، بخش عمده تنوع کل را به محیط نسبت دادند. نتایج تجزیه واریانس امی نشان دادند که اثر ژنوتیپ، محیط و ژنوتیپ در محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. دو مؤلفه اول ۸۱/۱ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]

تبیین کردند. مؤلفه اول ۶۶/۲ درصد و مؤلفه دوم ۱۴/۹ درصد از تغییرات را توجیه نمودند (جدول ۴). در تحقیقی که بر روی ۱۲ لاین لوبیا در ۱۹ محیط با استفاده از روش امی انجام شد، سه مؤلفه اصلی گزارش شدند که ۶۷ درصد از تنوع داده‌ها را توجیه کردند (Pereira *et al.*, 2014).

جدول ۴- تجزیه واریانس مدل امی برای عملکرد لاین‌های امیدبخش پاچباقلا در سه مکان و دو سال زراعی

Table 4. Analysis of variance of the AMMI model for fresh pod yield of promising Pachbaghela lines in three locations and two crop years

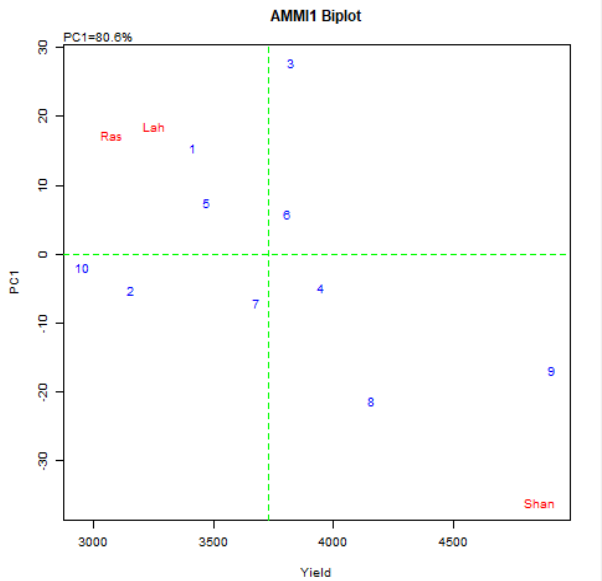
میانگین مربعات Mean squares	مجموع مربعات% Sum of Squares%	مجموع مربعات Sum of Squares	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
7359373		434202990	59	تیمار Treatment
5478798	11.4	49309186**	9	ژنوتیپ Genotype
64966149	74.8	324830746**	5	محیط Environment
1334735	13.8	60063058**	45	ژنوتیپ × محیط Genotype×Environment
3057707	66.2	39750196**	13	IPCA1
811943	14.9	8931376	11	IPCA2
541976	18.9	11381486	21	باقی مانده (نویز) Residual (Noise)
759319		82006462	108	خطای ادغام شده Pooled error
3124046		559204164	179	کل Total

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

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

بر اساس شکل (۲)، بای‌پلات متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در مقابل مقادیر IPC1، لاین‌های G5، G7، G6، G4 دارای مقادیر IPC1 نزدیک به صفر هستند و از پایداری عملکرد و سازگاری عمومی خوبی برخوردارند. در حالی‌که لاین‌های G1، G3، G8 و G9 دارای بیشترین مقدار مثبت و منفی IPC1 هستند و لذا لاین‌های ناپایدار محسوب می‌شوند. خط عمود در میانه بای پلات از میانگین کل عملکرد غلاف تر این تحقیق می‌گذرد. لاین‌ها و مکان‌ها سمت راست این خط دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل هستند. بنابراین، لاین‌های G9، G8 و G4 بیشترین عملکرد بالاتر از متوسط و لاین‌های G10، G2 و G1 کمترین میانگین عملکرد را به خود اختصاص دادند.

بر اساس نتایج بای‌پلات متوسط عملکرد محیط‌ها آزمایشی و IPCA1، محیط رشت و لاهیجان دارای کمترین مقدار IPCA1 بودند و بنابراین پایداری عملکرد بیش‌تری برای لاین‌ها داشتند. درحالی که محیط شاندرمن دارای مقادیر بالای IPCA1 بود و به‌عنوان محیط ناپایدار برای لاین‌ها تلقی شد. پراکندگی محیط‌ها در این نمودار نشان‌دهنده تفاوت از لحاظ ثبات و پایداری عملکرد لاین‌ها است.



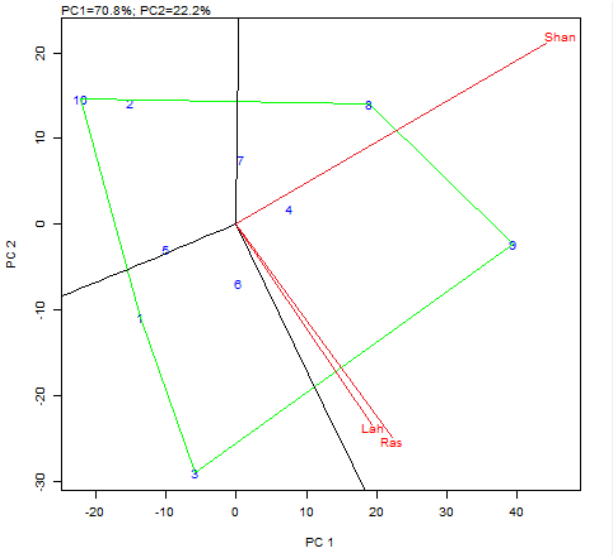
شکل ۱- بای‌پلات میانگین عملکرد غلاف تر لاین‌های پاچباقلا، محیط‌ها و مقادیر اولین مؤلفه اصلی آنها (AMMI1)

Figure 1. The biplot of mean fresh pod yields of Pachbaghela lines, environments, and values of their first main principal component (AMMI1)

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، لاین‌های G4، G7، G6 و G5 نزدیک‌ترین لاین‌ها به مرکز بای پلات AMMI هستند. در نتیجه، می‌توان گفت که کمترین تغییرات محیطی را نشان دادند و به‌عنوان لاین‌های پاچ‌باقلا پایدارتر شناخته شدند. در این بای‌پلات، لاین‌های G8، G9 و G3 که در راس چندضلعی قرار گرفته‌اند، پایداری عملکرد خوبی نداشته‌اند ولی دارای سازگاری خصوصی خوبی با مناطق خاص هستند. به‌عبارتی دیگر، بالاترین عملکرد را در این محیط‌های مورد بررسی داشته‌اند. همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، لاین G9 در هر سه منطقه لاهیجان (۴۰۶۹)، رشت (۴۰۱۵) و شاندرمن (۶۶۴۵) بالاترین عملکرد غلاف تر (کیلوگرم در هکتار) را دارد که در شکل ۳ نیز در راس چندضلعی قرار گرفته است که در بین سه بردار مکانی لاهیجان و رشت و شاندرمن قرار دارد. لاین G8 در شکل ۲ در راس نمودار چندضلعی نزدیک به بردار منطقه شاندرمن قرار گرفته است که بر اساس جدول ۳ بالاترین عملکرد غلاف تر (۶۰۵۸ کیلوگرم در هکتار) را در این مکان داشته است. لاین G3 در منطقه لاهیجان (۳۹۱۵ کیلوگرم در هکتار) و رشت (۳۵۹۸ کیلوگرم در هکتار) بالاترین عملکرد را داشته است در این نمودار نیز در راس چندضلعی و نزدیک به بردار مکانی لاهیجان و رشت قرار گرفته است. بنابراین، می‌توان آنها را به‌عنوان نمونه‌های منتخب برای مکان‌های مورد بررسی تعیین کرد.

در شکل ۲، محیطها به‌صورت بردار و پراکندگی لاین‌ها نشان داده شده‌اند. زاویه بین دو بردار، همبستگی دو محیط را نشان می‌دهد. هرچه زاویه بین دو محیط کمتر باشد، دو محیط همبستگی بالاتری دارند و نقش مشابهی در گزینش لاین‌ها خواهد داشت. محیطهای لاهیجان و رشت دارای زاویه کمتر هستند که نشان دهنده همبستگی بالاتر است و با بردار شاندرمن زاویه‌های بیشتری دارند که نشان‌دهنده متفاوت بودن این محیط و همبستگی کم بین محیطها است. طول بردار محیط نشان دهنده قابلیت تمایز و انحراف معیار بیش‌تر است. در این بررسی، هر دو محیط لاهیجان و رشت، برداری طول تقریباً یکسان دارند که نشان دهنده قابلیت تمایز یکسان این دو محیط است و شاندرمن طول بردار بیشتری دارد.

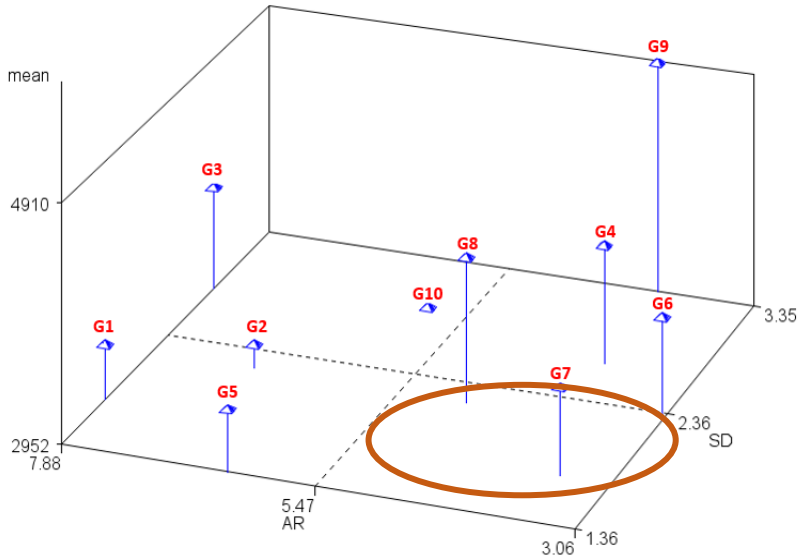


شکل ۲- بای‌پلات بر اساس مدل امی ۲. در داخل شکل Lah، Ras و Shan به‌ترتیب نشانگر لاهیجان، رشت و شاندرمن هستند.
Figure 2. The biplot based on the AMMI2 model. Inside the figure, Lah, Ras, and Shan indicate Lahijan, Rasht, and Shanderman, respectively.

میانگین عملکرد غلاف تر (کیلوگرم در هکتار) و ۱۶ آماره پارامتری و ناپارامتری پایداری ۱۰ لاین پاچ‌باقلا در جدول ۵ آورده شده است. از نظر عملکرد غلاف تر، لاین‌های G9، G8، G4 و G6 با میانگین‌های عملکرد ۴۹۰۹، ۴۱۵۸، ۳۹۴۵ و ۳۸۰۴ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر لاین‌ها برتر بودند. براساس آماره $S^{(1)}$ و $S^{(2)}$، G9، G10 و G7 به‌عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شدند. در آماره $S^{(3)}$، لاین‌های G9 و G8، و در آماره $S^{(6)}$، لاین‌های G1، G2 و G6از پایداری بالایی برخوردار بودند. در آماره $NP^{(1)}$ و $NP^{(2)}$ لاین‌های G7 و G6 به عنوان لاین‌های پایدار معرفی شدند و لاین‌های G4 و G9 در آماره $NP^{(3)}$ و لاین‌های G9 و G8 در آماره $NP^{(4)}$ شناسایی شدند. در پایداری شوکلا (σ^2_i) و اکووالانس ریک (W_i^2) لاین‌های G6 و G4 به‌عنوان لاین‌های برتر شناسایی شدند. در آماره شیب خط رگرسیون (b_i)، لاین G6 با توجه به این‌که با عدد یک اختلاف معنی‌دار نداشت و کم‌ترین میزان انحراف (s^2d_i) را داشت به‌عنوان لاین پایدار شناخته شد. لاین‌های G9 و G7 کم‌ترین میزان ضریب تغییرات (CVi) را داشتند و در آماره کانگ (KR) لاین‌های G4و G6 به عنوان لاین‌های پایدار معرفی شدند. در آماره $\theta_{(i)}$، لاین‌های G4 و G6 و در آماره پلستید و پترسون (θ_i)، لاین‌های G3 و G9 به عنوان لاین‌های پایدار معرفی شدند. در جدول ۶ رتبه‌بندی نه لاین پاچ‌باقلا بر اساس میانگین عملکرد غلاف تر و آماره‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری آورده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند، هر یک از آماره‌های پایداری نتایج متفاوتی را نشان داده‌اند. از این رو، برای انتخاب لاین‌های برتر از نظر همه آماره‌ها و عملکرد مناسب، از میانگین و انحراف معیار رتبه

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]

آماره‌ها استفاده شد. کم‌ترین میزان جمع رتبه آماره‌ها (SR) و میانگین رتبه آماره‌ها (AR) در لاین‌های G6، G4 و G9 مشاهده شد. کم‌ترین میزان واریانس رتبه (SD) در لاین‌های G5، G1 و G7 بدست آمد. طبق شکل ۴، لاین‌هایی که کم‌ترین مقدار میانگین و انحراف معیار رتبه آماره‌های پایداری و بالاترین میزان میانگین عملکرد غلاف تر را در طی دو سال و در مکان‌های مختلف داشتند، به عنوان پایدارترین لاین‌ها در نظر گرفته شدند. در این بررسی، G6، G7 و G8 به عنوان لاین‌های برتر شناسایی شدند. ربیعی و همکاران (Rabiei & Khodambashi, 2020) و قنبری و همکاران (Ghanbari *et al.*, 2022) نیز با استفاده از آماره‌های غیر پارامتری رتبه و انحراف معیار رتبه در کنار برخی از روش‌های پارامتری، ارقام لوبیای دارای پایداری عملکرد را شناسایی و معرفی کردند. حاجی محمدعلی جهرمی و همکاران (Haji Mohammad Ali Jahromi, 2011)، ۲۰ ژنوتیپ گندم دوروم را در پنج منطقه طی دو سال زراعی با استفاده از هشت آماره پایداری (σ^2_i، Wi2، CVi، Si2، MSy/l، CVy/l، YSi، ASV) ارزیابی کردند و دو ژنوتیپ گندم دوروم را شناسایی کردند.



شکل ۳- نمودار سه بعدی عملکرد، میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه آماره‌های پایداری لاین‌های پاچ‌باقلا: yield: عملکرد لاین‌های پیشرفته پاچ‌باقلا (کیلوگرم در هکتار). AR : میانگین رتبه‌ها و SD: واریانس رتبه‌ها

Figure 3. The three-dimensional graph of yield, average rank, and standard deviation of ranks of stability statistics of Pachbaghela lines: yield: advanced Pachbaghela lines yield (kg/ha). AR: ranks average and SD: ranks variance

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]

جدول ۵- میانگین عملکرد غلاف تر (کیلوگرم در هکتار) و آماره‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری ۱۰ لاین پاچ‌باقلا

Table 5. Mean fresh pod yields and parametric and non-parametric stability statistics of the 10 Pachbaghela lines

KR	θ_i	$\theta_{(i)}$	CVi	b_i	s^2d_i	σ^2_i	W_i^2	NP (4)	NP (3)	NP (2)	NP (1)	$S^{(6)}$	$S^{(3)}$	$S^{(2)}$	$S^{(1)}$	Mean	ژنوتیپ Genotype
16	537940.1	428606.1	40.98	0.83	326624.4	591660.2	2589096.5	0.87	0.73	0.89	2.33	3.27	11.27	8.27	3.20	3415.4	G1
14	387795.2	466142.3	39.41	0.80	115041.5	253834.2	1237792.6	0.80	1.06	1.67	2.33	3.50	6.50	3.47	2.13	3156.8	G2
14	888019.6	341086.2	46.20	0.96	816851.1	1379338.9	5739811.4	0.81	0.64	0.70	3.00	3.27	12.64	13.90	4.47	3822.3	G3
5	328461.5	480975.7	43.73	1.15	63491.0	120333.4	703789.4	0.30	0.31	0.27	1.83	1.37	3.05	4.17	2.07	3945.0	G4
13	395803.2	464140.3	47.22	1.06	181780.8	271852.1	1309864.2	0.61	0.63	0.50	2.17	2.44	5.67	5.10	2.73	3468.3	G5
6	321363.2	482750.3	40.27	1.01	91178.3	104362.1	639904.1	0.31	0.38	0.19	1.83	1.00	2.33	2.80	1.87	3804.7	G6
9	343214.7	477287.4	38.99	0.94	113025.1	153528.1	836568.1	0.29	0.38	0.14	1.83	1.33	2.33	2.80	1.73	3674.7	G7
9	498405.6	438489.7	43.17	1.14	288416.9	502707.6	2233286.1	0.27	0.36	0.41	2.67	1.00	2.00	3.20	2.13	4158.2	G8
10	662379.7	397496.2	37.90	1.13	504421.8	871649.3	3709053.1	0.10	0.32	0.56	2.17	0.43	0.36	0.67	0.93	4909.7	G9
14	363801.9	472140.7	51.28	0.98	145471.0	199849.2	1021852.6	0.51	1.25	1.60	2.83	2.00	2.20	1.10	1.27	2952.1	G10

Y: عملکرد غلاف تر، $S^{(1-6)}$: آماره‌های پایداری نصار و هان، $NP^{(1-4)}$ آماره‌های پایداری تنازرو، W_i^2: اکووالانس ریک، σ^2_i: واریانس پایداری شوکلا، bi: ضریب رگرسیون، S^2d_i: انحراف از خط رگرسیون، CVi: ضریب تغییرات، $\theta(i)$ واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، θ:میانگین واریانس‌هاپلستید،KR : مجموع رتبه کانگ

Y, fresh pod yield; S (1– 6), Nassar and Huehn's and Huehn's stability statistics; $NP^{(1-4)}$, Thennarasu's stability statistics; W_i^2, Wricke's ecovalence; σ^2_i, Shukla's stability variance; bi, regression coefficient; S^2d_i, deviation from regression; CVi, coefficient of variance; $\theta_{(i)}$, GE variance component; θ_i, mean variance component; KR Kang's sum of ranks.

جدول ۶- رتبه ۱۰ لاین پاچ‌باقلا براساس میانگین عملکرد دانه و آماره‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری

Table 6. The ranks of the 10 Pachbaghela lines based on the fresh pod yield and parametric and nonparametric stability statistics

SD	ASR	SR	θ_i	$\theta_{(i)}$	KR	CVi	b_i	s^2d_i	σ^2_i	W_i^2	$NP^{(4)}$	NP (3)	$NP^{(2)}$	$NP^{(1)}$	$S^{(6)}$	$S^{(3)}$	$S^{(2)}$	$S^{(1)}$	Y	شماره ژنوتیپ
1.76	7.88	134	3	8	10	5	9	8	8	8	10	8	8	6	8	9	9	9	8	G1
2.20	6.88	117	6	5	7	3	10	4	5	5	8	9	10	6	10	8	6	6	9	G2
2.80	7.88	134	1	10	7	8	3	10	10	10	9	7	7	10	8	10	10	10	4	G3
2.68	3.94	67	9	2	1	7	8	1	2	2	4	1	3	1	5	6	7	5	3	G4
1.36	6.29	107	5	6	6	9	4	6	6	6	7	6	5	4	7	7	8	8	7	G5
2.30	3.06	52	10	1	2	4	1	2	1	1	5	4	2	1	2	4	3	4	5	G6
1.74	3.53	60	8	3	3	2	5	3	3	3	3	5	1	1	4	4	3	3	6	G7
2.19	4.82	82	4	7	3	6	7	7	7	7	2	3	4	8	2	2	5	6	2	G8
3.35	4.00	68	2	9	5	1	6	9	9	9	1	2	6	4	1	1	1	1	1	G9
2.93	5.88	100	7	4	7	10	2	5	4	4	6	10	9	9	6	3	2	2	10	G10 Y

: عملکرد غلاف تر، $S^{(1-6)}$: آماره‌های پایداری نصار و هان، $NP^{(1-4)}$ آماره‌های پایداری تنازرو، W_i^2: اکووالانس ریک، σ^2_i: واریانس پایداری شوکلا، bi: ضریب رگرسیون، :S^2d_i انحراف از خط رگرسیون، CVi: ضریب تغییرات، $\theta(i)$ واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، θ_i: میانگین واریانس‌هاپلستید، KR :مجموع رتبه کانگ، SR: جمع رتبه‌ها، ASR : میانگین رتبه‌ها و SD: واریانس رتبه‌ها

Y, fresh pod yield; S (1– 6), Nassar and Huehn's and Huehn's stability statistics; $NP^{(1-4)}$, Thennarasu's stability statistics; W_i^2, Wricke's ecovalence; σ^2_i, Shukla's stability variance; bi, regression coefficient; S^2d_i, deviation from regression; CVi, coefficient of variance; $\theta_{(i)}$, GE variance component; θ_i, mean variance component; KR Kang's sum of ranks; SR, sum of ranks ASR, average of sum of ranks; SD, standard deviation.

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهند که بین لاین‌های مورد بررسی از نظر عملکرد غلاف تر، تنوع ژنتیکی بالایی وجود دارد. اثرات ژنوتیپ، سال در ژنوتیپ، مکان در ژنوتیپ، و سال در مکان در ژنوتیپ بر صفت عملکرد غلاف تر معنی‌دار بودند که حاکی از متفاوت بودن پاسخ عملکرد غلاف تر در مکان‌های مختلف است و محیط‌ها به‌طور متفاوتی لاین‌ها را تحت‌تأثیر قرار داده‌اند. نتایج مقایسه میانگین در دو سال و سه منطقه نشان دادند که لاین‌های G9، G3 و G6 بیشترین عملکرد غلاف تر را داشتند.

طبق نتایج روش امی، لاین‌های G4، G7، G6 و G5 کمترین تغییرات محیطی را نشان دادند و به‌عنوان لاین‌های پایدار پاچ‌باقلا شناخته شدند. همچنین لاین‌های G8، G9 و G3 دارای سازگاری خصوصی خوبی با مناطق رشت، لاهیجان و شاندرمن بودند و به‌عبارت دیگر، بالاترین عملکرد را در این محیط‌ها داشتند؛ بنابراین، می‌توان آنها را به‌عنوان نمونه‌های منتخب برای مکان‌های مورد بررسی تعیین کرد. طبق ۱۶ آماره پایداری، G6، G7، و G8 به‌عنوان لاین‌های پایدار و برتر شناسایی شدند. در مجموع، G7 و G6 به‌عنوان لاین‌های پاچ باقلا با پایداری عملکرد بالا معرفی شدند.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پـروژه شـماره ۹۵۱۱۰-۰۳-۰۳-۰۰ است و نویسندگان وظیفه خود می‌دانند مراتـب سپاس‌گزاری را از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بابت حمایت‌هـای به عمـل آمده اعـلام دارند.

References

Barili, L.D., Vale, N.M., Moura, L.M., Paula, R.G., Silva, F.F., & Carneiro, J.E.S. (2016). Genetic progress resulting from forty-three years of breeding of the carioca common bean in Brazil. *Genetics and Molecular Research,* 15 (3), 1-11.

Bayzaei, I. (1990). Study and evaluation of yield and determination of adaptability of white bean cultivars. Final report. Markazi Province Agricultural Research Center. Iran. 45 pp.

Bilate Daemo, B., Bore Wolancho, G., Ashango Arke, Z., Dalga Wakalto, D., & Haile Onu, M. (2024). Performance evaluation and stability of maize (*Zea mays* L.) genotypes for grain yield using AMMI and GGE Biplot. *International Journal of Agronomy,* 801999, 15 pp. doi:10.1155/2024/8801999

Bornhofen, E., Benin, G., Storck, L., Woyann, L.G., Duarte, T., Stoco, M.G., et al. (2017). Statistical methods to study adaptability and stability of wheat genotypes. *Bragantia,* 76 (1), 1-10. doi:10.1590/1678-4499.557

Dorri, H.R., Shahbazi, W., Saidi, A., & Rahimian, M.R. (2007). Study report of Pachbaghela in Guilan province. Final report. Published in AREEO, Ministry of Agriculture, Iran. Document number: 30374.

Eberhart, S.A., & Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science,* 6, 36-40. doi:10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x

Francis, T.R., & Kannenberg, L.W. (1978). Yield stability studies in short-season maize: I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science,* 58, 1029-1034. doi:10.4141/cjps78-157

Ghanbari, A.A. (2015). Purification and evaluation of Pach Baghala (*Phaseolus vulgaris)* populations for cultivar(s) release. Report of Project No. 04-03-03-91203. *SPII*, Iran. [In Persian]

Ghanbari, A.A., Sarparast, R., Tavassoli, A., & Ahmadvand, R. (2022). Evaluation of compatibility and yield stability of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines. *Journal of Vegetables Sciences,* 6 (11), 58-69. doi:10.22034/IUVS.2022.546608.1190

Haji Mohammad Ali Jahromi, M., Khodarahmi, M., Mohammadi, A.R., & Mohammadi, A. (2011). Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in southern warm and dry agro-climatic zone of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences,* 13(9), 565-579. [In Persian]

Huhn, M. (1990). Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica,* 47, 189-199.

Kandel, H., & Endres, G. (2019). Dry Bean Production Guide, *Northarvest Bean Growers Association. NDSU Distribution Center*. 128 pp.

Kooshki, M.H., Ghaedrahmati, M., Salehi, F., Dorri, H.R., Shobeiri, S.S., & Khorshidi Benam, M.B. (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.

Lin, C.S., & Binns, M.R. (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Canadian Journal of Plant Science,* 68, 193-198. doi:10.4141/cjps88-018

Mowlaie, A., & Ghafari Khaligh, H. (2006). Investigation of the characteristics of white bean lines Karakasehiro and Goynok 98 in Lordegan region. 9th Congress of Crop Science and Plant Breeding of Iran. Abu Reyhan Campus, University of Tehran, Iran.

Nassar, R., & Huhn, M. (1987). Studies on estimation of phenotypic stability: tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. *Biometrics,* 43, 45-53. doi:10.2307/2531947

Pereira, H.S., Bueno, L.G., Peloso, M.J.D., Abreu, A.F.B., Moreiva, J.A.A., Martins, M., Wendland, A., Faria, L.C., de Souza, T.L.P.O., & Melo, L.C. (2014). Agronomic performance and stability of Andean common bean lines with white grains in Brazil . *Crop Breeding,* 73, 130-137. doi:10.1590/brag.2014.020

Plaisted, R.I., & Peterson, L.C. (1959). A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. *Potato Journal,* 36, 381-385.

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]

Pour-Aboughadareh, A., Yousefian, M., Moradkhani, H., Poczai, P., & Siddique, K.H.M. (2019). STABILITYSOFT: a new online program to calculate parametric and non- parametric stability statistics for crop traits. *Applications in Plant Sciences,* 7, e1211. doi:10.1002/aps3.1211

Rabiei, M., & Khodambashi, M. (2020). Assessment of yield stability in common bean cultivars based on univariate and multivariate methods. *Journal of Crop Production and Processing,* 9 (4), 33-45.

Resende, M.D.V. (2006). O software SELEGEN REML/BLUP. Embrapa Gado de Corte (Embrapa Gado de Corte Documentos), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Sabaghnia, N., Karimizadeh, R., & Mohammadi, M. (2015). Graphic analysis of yield stability in new improved lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes using nonparametric statistics. *Acta Agriculturae Slovenica,* 103(1), 113-127. doi:10.14720/ aas.2014.103.1.12

Shukla, G.K. (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity,* 29, 237-245. Doi:10.1038/hdy.1972.87

Taheri Mazandarani, M., Taheriyoun, G., Salehi, P., & Mohammadkhani, R. (2007). Study and evaluation of yield and determination of adaptability of white bean cultivars. final report. Markazi Province Agricultural and Natural Resources Research Center, Iran. 52 pp.

Thennarasu, K. (1995). On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. PhD thesis, PJ School, IARI, New Delhi, India.

Wricke, G. (1962). Übereine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung,* 47, 92-96.

Wricke, G. (1965). Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung,* 52, 127-138.

Yan, W. (2001). GGE biplot - a windows application for graphical analysis of multienvironmental trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal 93:1111-1118. doi:10.2134/agronj2001.9351111x

Yan, W. (2016). Analysis and handling of G × E in a practical breeding program. *Crop Science,* 56, 2106-2118. doi:10.2135/cropsci2015.06.0336

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. doi:10.2135/cropsci2006.06.0374

Zobel, R.W., Wright, M.J., & Gauch, H.G. (1988). Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal,* 80, 388-393. doi:10.2134/ agronj1988.00021962008000030002x

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1596]