Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 18, Issue 3, 2026 p: 43-53

OPEN ACCESS

Research Paper

Estimation of Genetic Diversity, Variance Components, and Heritability of Promising Lines of Grass Pea (*Lathyrus sativus*) Based on Yield and Agronomic Traits

Alireza Pourmohammad[1], Behrouz Vaezi[2], Askar Jozeyan[3] and Reza Pirooz[4]

1- Associate Professor., Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran, (Corresponding author: pourmohammad@ymail.com)
2- Instructor, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yasuj, Iran
3- Assistant Professor., Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension, Ilam, Iran
4- Instructor, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension, Khorramabad, Iran

Received: 15 December, 2025 Revised: 30 April, 2026 Accepted: 16 May, 2026

Extended Abstract

Background: Providing fodder for livestock is one of the most important limiting factors for livestock breeding and production in Iran. The diversity of forage plants in Iran is remarkable, and proper use of this diversity requires careful planning to produce desirable varieties that are adapted to different environmental conditions while using this unique diversity. *Lathyrus sativus* is a seed legume that grows in semi-arid and arid regions. *Lathyrus* is an annual leguminous crop that is cultivated for animal or human consumption. This genus has several beneficial agronomic characteristics, such as high grain production capacity and high protein content of its seeds. Grass pea is highly tolerant to drought stress and moderately tolerant to salinity. Grass pea grows rapidly in spring and does not require much irrigation and, therefore, can play an important role in providing part of the required fodder without the need for abundant irrigation. The most important characteristics that distinguish this plant from other legumes include its high yield potential, protein content, nitrogen fixation, and tolerance to salinity, drought, and flooding, which have made it play an important role in crop rotation, soil structure improvement, and weed and disease reduction. The main basis of any successful crop breeding program is the existence of a rich and diverse germplasm collection. Knowledge about the amount, type, and size of diversity in germplasm, and the genetic relationships of breeding materials can be a valuable tool in crop breeding strategies. Evaluation of genetic diversity is one of the most important steps in introducing new varieties. Basically, the prerequisite for responding to desirable selection in any breeding program is the existence of three important factors: sufficient genetic diversity, high selection intensity, and high heritability for the desired trait. The efficiency of selection for a trait depends on the relative contribution of genetic and non-genetic factors to the occurrence of phenotypic differences, which is expressed by heritability. Heritability is an important factor in determining the appropriate method for improving a trait in breeding programs and also indicates how effectively selection methods improve the trait. It is difficult to improve populations for traits with low heritability through direct selection, and conversely, selection for traits with high heritability is useful. For this reason, the amount of heritability can provide a context for the expected results of selection. Since high heritability only indicates the effectiveness of selection based on phenotypic efficiency and does not indicate any indicator of the amount of genetic progress of individuals, the index of genetic gain can be more effective in selecting genotypes.

Methods: The genetic diversity, variance components, and heritability of 16 promising lines of grass pea, along with the Naqadeh control cultivar was investigated at four research stations (Gachsaran, Kohdasht, Mehran, and Shirvan) in a completely randomized block design with three replications in three consecutive years from 2017 to 2019. The evaluated traits were 100-grain weight, grain yield, forage dry weight, forage fresh weight, the number of grains per pod, the number of pods per plant, plant height, the number of days to grain maturity, and the number of days to flowering.

Results: The combined analysis of variance showed that the effect of year, location, and the interaction effect of year × location were significant for all measured traits. The studied genotypes showed significant differences for the traits the number of days to flowering, the number of days

Copyright ©2026. Pourmohammad et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1637]

to grain maturity, forage fresh yield, forage dry yield, and grain yield, which indicates genetic differences between the genotypes in terms of yield traits. The interaction effect of year × genotype was also statistically significant for the above traits, meaning that the genotypes yielded differently from year to year and did not have yield stability. The interaction effect of genotype × location was significant for the traits days to flowering, days to grain maturity, forage dry yield, and grain yield, which indicates that the responses of the genotypes were not the same in different locations. In other words, the genotypes had specific adaptations and, in each location, a specific genotype showed higher yield potential. The three-way interaction effect of year × location × genotype was significant for the above traits, meaning that genotypes showed different yields in different combinations of year and location, as well as fluctuations in the order of genotypes, and had different status. Plant height had the highest coefficient of phenotypic variation, and days to flowering and days to grain ripening had the lowest coefficient of phenotypic variation. The highest coefficient of genetic variation belonged to grain yield, and the highest broad-sense heritability was recorded for forage yield and grain yield.
Conclusion: In general, it can be concluded that there was variation among the grass pea genotypes, which can be used in breeding programs, considering the genetic and environmental components of the variance.

Keywords: Combined analysis, Grass pea grain yield, Grass pea forage yield, Variance components

How to Cite This Article: Pourmohammad, A., Vaezi, B., Jozeyan, A., & Pirooz, R. (2026). Estimation of Genetic Diversity, Variance Components, and Heritability of Promising Lines of Grass Pea (*Lathyrus sativus*) Based on Yield and Agronomic Traits. *J Crop Breed*, 18(3), 43-53. DOI: 10.66224/jcb.2026.1637

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1637]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

OPEN ACCESS

مقاله پژوهشی

برآورد تنوع ژنتیکی، اجزای واریانس و وراثت‌پذیری لاین‌های امیدبخش خلر (*Lathyrus sativus*) بر اساس عملکرد و صفات زراعی

علیرضا پورمحمد[۱]، بهروز واعظی[۲]، عسگر جوزیان[۳] و رضا پیروز[۴]

۱- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران، (نویسنده مسوول: pourmohammad@ymail.com)
۲- مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران
۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران
۴- مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۴ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶
صفحه ۴۳ تا ۵۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تأمین علوفه دام از مهم‌ترین عوامل محدودکننده پرورش و تولیدات دامی در ایران محسوب می‌شود. تنوع گیاهان علوفه‌ای ایران قابل توجه است و استفاده مناسب از این تنوع، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق است تا ضمن استفاده از این تنوع کم‌نظیر، ارقام مطلوب و سازگار به شرایط محیطی مختلف تولید شوند. خلر (*Lathyrus sativus*) یک گیاه زراعی لگومینوز یک‌ساله است که در مناطق نیمه‌خشک و خشک رشد می‌کند و برای مصرف حیوان یا انسان کشت می‌شود. این جنس دارای ویژگی‌های زراعی سودمند متعددی مانند ظرفیت بالای تولید دانه و محتوای پروتئین بالای دانه‌های آن است. خلر تحمل بالایی به تنش خشکی و تحمل متوسط به شوری دارد، از رشد سریع در بهار برخوردار است و نیاز چندانی به آبیاری ندارد. از مهم‌ترین ویژگی‌هایی که سبب تمایز این گیاه نسبت به سایر بقولات شده‌اند می‌توان به پتانسیل بالای عملکرد، مقدار پروتئین، تثبیت نیتروژن، تحمل به شوری، خشکی و غرقابی بودن اشاره کرد. اطلاع و دانش در مورد میزان، نوع و اندازه تنوع موجود در ژرم‌پلاسم و روابط ژنتیکی مواد اصلاحی می‌تواند ابزار ارزشمندی در راهبرد به‌نژادی گیاهان زراعی باشد و ارزیابی تنوع ژنتیکی یکی از مهم‌ترین مراحل در معرفی ارقام جدید است. اصولاً لازمه پاسخ به گزینش مطلوب در هر برنامه به‌نژادی، وجود سه عامل مهم تنوع ژنتیکی کافی، شدت گزینش زیاد و قابلیت توارث‌پذیری بالا برای صفت مورد نظر است. میزان وراثت‌پذیری عامل مهمی در تعیین روش مناسب جهت بهبود یک صفت در برنامه‌های به‌نژادی و همچنین شاخصی از نحوه تأثیر روش‌های انتخاب برای بهبود صفت است. اصلاح جوامع برای صفات با وراثت‌پذیری پایین از طریق گزینش مستقیم دشوار است و برعکس، گزینش برای صفاتی که دارای وراثت‌پذیری بالایی هستند مفید است. از آنجایی‌که وراثت‌پذیری بالا فقط نشان‌دهنده مؤثر بودن گزینش بر اساس کارایی فنوتیپی است و هیچ‌گونه شاخصی از مقدار پیشرفت ژنتیکی افراد را نشان نمی‌دهد، لذا شاخص پیشرفت ژنتیکی می‌تواند در گزینش ژنوتیپ‌ها مؤثرتر باشد. با ارزیابی و بررسی صفات مختلف زراعی و تعیین صفات مهمی که در عملکرد مؤثر هستند می‌توان برنامه‌ریزی دقیق‌تری را برای به‌نژادی گیاه اتخاذ نمود. از این‌رو، این پژوهش با هدف ارزیابی تنوع صفات مورفولوژیکی و زراعی و نقش صفات مختلف در ایجاد تنوع بر اساس این صفات به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی، اجزای واریانس و وراثت‌پذیری شانزده لاین امیدبخش خلر به‌همراه رقم شاهد نقده، در چهار ایستگاه تحقیقاتی گچساران، کوه دشت، مهران و شیروان چرداول در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار و در سه سال متوالی ۱۳۹۸-۱۳۹۶ مورد مطالعه قرار گرفتند. صفات مورد ارزیابی عبارت بودند از وزن صد دانه، عملکرد دانه، وزن خشک علوفه، وزن تر علوفه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی دانه و تعداد روز تا گلدهی. اجزای واریانس، ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی برای عملکرد دانه و برخی صفات زراعی در شانزده ژنوتیپ خلر تعیین شدند.

یافته‌ها: تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی نشان داد که اثرات سال، مکان و سال × مکان برای تمام صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی دانه، عملکرد تر علوفه، عملکرد خشک علوفه و عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری نشان دادند که نمایانگر اختلاف ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد است. اثر متقابل سال × ژنوتیپ هم برای صفات فوق معنی‌دار بود، یعنی ژنوتیپ‌ها از سالی به سال دیگر، عملکرد متفاوتی داشتند و از پایداری عملکرد برخوردار نبودند. همچنین، اثر متقابل ژنوتیپ × مکان برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی دانه، عملکرد خشک علوفه و عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌دار بود که نشان می‌دهد واکنش ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مختلف یکسان نبود. به عبارت دیگر، ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری خصوصی بودند و در هر مکان، ژنوتیپ خاصی پتانسیل عملکرد بیشتری داشت. اثر متقابل سه‌جانبه سال × مکان × ژنوتیپ برای صفات فوق، معنی‌دار بود، به این مفهوم که ژنوتیپ‌ها، عملکرد متفاوتی در ترکیبات گوناگون سال و مکان و نیز نوساناتی در ترتیب ژنوتیپ‌ها از خود نشان دادند و وضعیت متفاوتی داشتند. ارتفاع بوته، بالاترین ضریب تغییرات فنوتیپی و تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی دانه کمترین ضریب تغییرات فنوتیپی را به‌خود اختصاص دادند. بیشترین ضریب تغییرات ژنتیکی مربوط به صفت عملکرد دانه و بیشترین وراثت‌پذیری عمومی متعلق به عملکرد تر علوفه و عملکرد دانه بود.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که بین ژنوتیپ‌های خلر، تنوع وجود داشت که با توجه به اجزای ژنتیکی و محیطی واریانس، می‌توان از آن در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اجزای واریانس، تجزیه مرکب، عملکرد دانه خلر، عملکرد علوفه خلر

مقدمه

تأمین علوفه دام از مهم‌ترین عوامل محدودکننده پرورش و تولیدات دامی در ایران محسوب می‌شود. غلات و بقولات، گیاهان اصلی علوفه‌ای و دانه‌ای در کشور محسوب می‌شوند و علوفه حاصل از این گیاهان، علاوه بر مصرف کود سبز، به‌صورت گوناگون نظیر چرای مستقیم، علوفه و بذر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. قدرت بالای گیاهان علوفه‌ای در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن از مهم‌ترین ویژگی‌هایی است که با به‌کارگیری آن‌ها در تناوب زراعی، نیاز به مصرف کودهای ازته کاهش می‌یابد. تنوع گیاهان علوفه‌ای ایران قابل توجه است و استفاده مناسب از این تنوع، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق است تا ضمن استفاده از این تنوع کم‌نظیر، ارقام مطلوب و سازگار به

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1637]

شرایط محیطی مختلف تولید شوند (Rezaei Sokht Abandani *et al*., 2017).

خلر (*Lathyrus sativus*) یک گیاه زراعی لگومینوز یک‌ساله است که در مناطق نیمه‌خشک و خشک رشد می‌کند و برای مصرف حیوان یا انسان کشت می‌شود (Yadav & Mehta, 1995). این جنس دارای ویژگی‌های زراعی سودمند متعددی مانند ظرفیت بالای تولید دانه و محتوای پروتئین بالای دانه‌های آن است (Croft *et al*., 1999). این گیاه تحمل بالایی به تنش خشکی و تحمل متوسطی به شوری می‌دارد (Tokarz *et al*., 2020)، از رشد سریع در بهار برخوردار است و نیاز چندانی به آبیاری ندارد؛ بنابر این، در تأمین بخشی از علوفه مورد نیاز بدون این که نیاز به آبیاری فراوانی داشته باشد، می‌تواند نقش مهمی ایفا کند (Rezaei Sokht Abandani *et al*., 2017). لگوم‌ها در شرایط محیطی مختلف عملکرد اقتصادی تولید می‌کنند و پتانسیل بالایی برای استفاده در مناطق حاشیه‌ای کم بارش دارند. در واقع، این مطلب، گیاه خلر را به یک محصول محبوب در کشاورزی معیشتی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه تبدیل کرده است (Praveen *et al*., 1994). خلر پتانسیل کشت در بسیاری از محیط‌های متنوع را دارد (Rao & Northup, 2011). این محصول، غنی از مواد مغذی و مقاوم در برابر اقلیم است که در اکوسیستم‌های کشاورزی مختلفی رشد می‌کند (Kumar *et al*., 2013). از مهم‌ترین ویژگی‌هایی که سبب تمایز این گیاه نسبت به سایر بقولات شده است می‌توان به پتانسیل بالای عملکرد، مقدار پروتئین، تثبیت نیتروژن، تحمل به شوری، خشکی و غرقابی اشاره کرد که این ویژگی‌ها سبب شده‌اند تا خلر نقش مهمی در تناوب زراعی محصولات، اصلاح ساختمان خاک، کاهش جمعیت علف‌های هرز و بیماری‌ها داشته باشد (Vaz Patto *et al*., 2006).

رکن اصلی هر برنامه اصلاحی موفقیت‌آمیز در گیاهان زراعی، وجود یک مجموعه غنی و متنوع ژرم‌پلاسم است (Saramirad *et al*., 2016). اطلاع و دانش در مورد میزان، نوع و اندازه تنوع موجود در ژرم‌پلاسم و روابط ژنتیکی مواد اصلاحی می‌تواند ابزار ارزشمندی در راهبرد به‌نژادی گیاه زراعی باشد. به عبارت دیگر، تنوع ژنتیکی به‌عنوان مواد خام در اصلاح گیاهان زراعی محسوب می‌شود که در آن انتخاب جهت تکامل ژنوتیپ‌های برتر مدنظر است. پایه پژوهش‌های به‌نژادی گیاهان بر اساس تنوع ژنتیکی استوار است و ارزیابی تنوع ژنتیکی یکی از مهم‌ترین مراحل در معرفی ارقام جدید است. به‌عبارت بهتر، انجام گزینش منوط به وجود تنوع ژنتیکی مطلوب در صفات مورد بررسی است (Saeed *et al*., 2011). فقدان تنوع ژنتیکی، آسیب‌پذیری ژنتیکی ارقام و گونه‌های گیاهی را در مقابل عوامل نامساعد محیطی افزایش می‌دهد (Ramanappa *et al*., 2013).

اصولاً لازمه پاسخ به گزینش مطلوب در هر برنامه به‌نژادی، وجود سه عامل مهم تنوع ژنتیکی کافی، شدت گزینش زیاد و قابلیت توارث‌پذیری بالا برای صفت مورد نظر است (Farshadfar, 1997). میزان بازدهی انتخاب برای یک صفت به تأثیر نسبی عوامل ژنتیکی و غیر ژنتیکی در بروز تفاوت‌های فنوتیپی بستگی دارد که به‌وسیله وراثت‌پذیری بیان می‌شود. میزان وراثت‌پذیری عامل مهمی در تعیین روش مناسب جهت بهبود یک صفت در برنامه‌های به‌نژادی و همچنین شاخصی از نحوه تأثیر روش‌های انتخاب برای بهبود صفت است. اصلاح جوامع برای صفات با وراثت‌پذیری پایین از طریق گزینش مستقیم دشوار است و برعکس گزینش برای صفاتی که دارای وراثت‌پذیری بالایی هستند مفید است. به‌همین دلیل است که مقدار وراثت‌پذیری می‌تواند زمینه‌ای از نتایج مورد انتظار از گزینش را ارائه دهد. از آن‌جایی‌که وراثت‌پذیری بالا فقط نشان‌دهنده مؤثر بودن گزینش بر اساس کارایی فنوتیپی است و هیچ گونه شاخصی از مقدار پیشرفت ژنتیکی افراد را نشان نمی‌دهد، لذا شاخص پیشرفت ژنتیکی می‌تواند در گزینش ژنوتیپ‌ها مؤثرتر باشد (Falconer, 1989).

با توجه به اهمیت تنوع ژنتیکی در به‌نژادی گیاهان، شناخت توان ژنتیکی ژرم‌پلاسم دارای اهمیت زیادی است. در واقع، با ارزیابی و بررسی صفات مختلف زراعی و تعیین صفات مهمی که در عملکرد مؤثر هستند می‌توان برنامه‌ریزی دقیق‌تری را برای به‌نژادی گیاه اتخاذ نمود. از این‌رو، این پژوهش با هدف ارزیابی تنوع صفات مورفولوژیکی و زراعی و نقش صفات مختلف در ایجاد تنوع بر اساس این صفات به اجرا درآمد و اجزای واریانس، ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی برای عملکرد دانه و برخی صفات زراعی در شانزده ژنوتیپ خلر تعیین شدند.

مواد و روش‌ها

در این بررسی، تعداد ۱۶ لاین امید بخش خلر (جدول ۱) تهیه شده از مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در نواحی خشک (ICARDA) به‌همراه رقم شاهد نقده در سه سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸، در چهار ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم واقع در گچساران، کوه‌دشت، مهران و شیروان چرداول مورد مطالعه قرار گرفتند. جدول ۲ مشخصات جغرافیایی و اقلیمی این مکان‌ها را نشان می‌دهد. آزمایش در هر محیط در قالب طرح RCB با سه تکرار انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول ۴/۵ متر با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و تراکم بذر ۱۵۰ بذر در متر مربع بود. عملیات کاشت با استفاده از دستگاه بذرکار صورت گرفت. صفات مورد ارزیابی شامل وزن صد دانه، عملکرد دانه، وزن خشک علوفه، وزن تر علوفه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی دانه و تعداد روز تا گلدهی بودند. پیش از تجزیه و تحلیل داده‌ها، مفروضات تجزیه واریانس مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از آزمون کلموگروف اسمیرنوف برای نرمال بودن داده‌ها نشان دادند که کلیه صفات از نظر شاخص مذکور دارای اختلاف معنی‌دار نبودند و توزیع نرمال داشتند. با توجه به معنی‌دار نبودن تفاوت واریانس‌های اشتباه آزمایشی در آزمایش‌های مختلف بر اساس آزمون بارتلت، اشتباهات آزمایشی ادغام و تجزیه مرکب با فرض تصادفی بودن سال‌ها و مکان‌ها و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها برای صفات مورد اندازه‌گیری به‌منظور محاسبه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط انجام شد. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها با استفاده از آزمون

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1637]

LSD انجام گرفت. تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC انجام شد.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های امیدبخش خلر مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Promising grass pea genotypes used in the experiment

شماره ژنوتیپ (Genotype number)	منشاء (Origin)
1	Greece (Greece-I)
2	Greece (Greece-II)
3	---
4	Morocco
5	Ethiopia
6	Hungary
7	India
8	Bangladesh (Bangladesh-I)
9	Bangladesh (Bangladesh-II)
10	Greece (Greece-III)
11	Russia
12	Bangladesh (Bangladesh-III)
13	Bangladesh (Bangladesh-IV)
14	Greece (Greece-IV)
15	Bangladesh (Bangladesh-V)
16	Naghadeh (Local Check)

جدول ۲- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی مکان‌های مورد آزمایش

Table 2. Geographical and climatic characteristics of the tested locations

مکان Site	عرض جغرافیایی Longitude	طول جغرافیایی Latitude	متوسط بارش Average Rainfall (mm)	ارتفاع از سطح دریا Elevation AMSL (m)
مهران (ایلام) Mehran (Ilam)	E'46º36	33º47'N	350.0	975
شیروان چرداول (ایلام) Shirvanchardavol (Ilam)	E'47º31	33°05'N	345.0	1100
کوهدشت (لرستان) Kohdasht (Lorestan)	E'48º28	34º08'N	373.8	1125
گچساران (کهگیلویه و بویراحمد) Gachsaran (Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad)	E'50º50	30º17'N	302.3	710

وجود تنوع ژنتیکی کافی لازمه انتخاب برای هر هدف اصلاحی است که جهت ارزیابی این تنوع ژنتیکی از تجزیه و تحلیل‌های ژنتیکی استفاده می‌شود و معمولاً در این بررسی‌ها، واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی، ضریب تنوع ژنتیکی، ضریب تنوع فنوتیپی و وراثت‌پذیری برآورد می‌شوند. اجزای واریانس فنوتیپی توسط امید ریاضی میانگین مربعات برآورد و وراثت‌پذیری عمومی (h_b^2) صفات محاسبه گردید:

$$h_b^2 = \sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_{gy}^2/y + \sigma_{gl}^2/l + \sigma_e^2 + \sigma_{gly}^2/ly)$$

در این رابطه، y تعداد سال، l تعداد مکان، σ_g^2 واریانس ژنتیکی، σ_e^2 واریانس محیطی و σ_{gy}^2 واریانس اثر متقابل ژنتیکی در محیطی هستند.

پیشرفت ژنتیکی (GA)[1] با استفاده از رابطه زیر برآورد شد:

$$GA\ (\%) = k.\, h_b^2.\, \sigma_p$$

در این رابطه، h_b^2 وراثت‌پذیری عمومی، σ_p انحراف معیار فنوتیپی و k ضریب گزینش (برای شدت گزینش پنج درصد برابر ۲/۰۶) هستند (Falconer, 1989).

جهت تعیین میزان تنوع موجود در صفات مختلف، ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی محاسبه گردید. همبستگی صفات مورد مطالعه با ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. تجزیه‌های آماری با نرم‌افزارهای SPSS و MSTATC انجام گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب

جدول ۳ تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های خلر را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه مرکب نشان دادند که اثر سال، اثر مکان و اثر متقابل سال × مکان برای تمام صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بودند. به این معنی که اثر سال روی مکان‌ها از سالی به سال دیگر متفاوت بود و عوامل محیطی مانند نزولات آسمانی، دمای هوا، خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و سایر عوامل در سال‌ها و مکان‌های مختلف، یکسان نبودند (جدول ۲) و به تبع آن اختلافاتی در صفات مذکور ایجاد نمودند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی دانه، عملکرد تر علوفه، عملکرد خشک علوفه و عملکرد دانه تفاوت‌های معنی‌داری نشان دادند که نمایانگر اختلاف ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد است. اثر متقابل سال × ژنوتیپ هم برای صفات فوق از نظر آماری معنی‌دار بود. به‌عبارت دیگر، ژنوتیپ‌های مختلف از سالی به سال دیگر عملکرد متفاوتی داشتند و از پایداری عملکرد برخوردار نبودند. همچنین، اثر متقابل ژنوتیپ × مکان بر صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدن دانه، عملکرد خشک علوفه و عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌دار بودند که نشان می‌دهد واکنش ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مختلف یکسان نبود. به‌عبارت دیگر، ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری خصوصی بودند و در هر مکان، ژنوتیپ خاصی پتانسیل عملکرد بیشتری داشت. اثر متقابل سه‌جانبه سال × مکان × ژنوتیپ برای صفات فوق

[1] Genetic advance

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1637]

معنی‌دار بود، به این مفهوم که ژنوتیپ‌های مختلف، عملکرد متفاوتی در ترکیبات مختلف سال و مکان و نوساناتی در ترتیب ژنوتیپ‌ها از خود نشان دادند و وضعیت متفاوتی داشتند.

عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که به‌صورت کمی با وراثت‌پذیری پایین به ارث می‌رسد (Farshadfar, 1997). صوفی نیا و همکاران (Soofinia *et al*., 2024) اختلافات آماری معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌های خلر از لحاظ صفات زراعی مورد ارزیابی گزارش کردند. در مطالعه شاهوردی و همکاران (Shahverdi *et al*., 2003)، تأثیر سال و ژنوتیپ برای کلیه صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های خلر معنی‌دار بود. در مطالعه دولت‌شاه و همکاران (Dowlatshah *et al*., 2021)، نتایج تجزیه واریانس ۲۵ ژنوتیپ خلر نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ اغلب صفات مورد مطالعه زراعی و عملکرد علوفه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در بررسی انجام یافته توسط واعظی و همکاران (Vaezi *et al*., 2009)، نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان دادند که اثر ژنوتیپ، سال و اثر متقابل ژنوتیپ در سال برای اکثر صفات مورد بررسی ارزیابی پتانسیل زراعی خلر معنی‌دار بودند. در پژوهش دیگر روی ژنوتیپ‌های باقلا توسط شیخ و همکاران (Sheikh *et al*., 2021)، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ژنوتیپ، محیط و برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند. سرپرست و همکاران (Sarparast *et al*., 2011) اثر متقابل ژنوتیپ و سال عملکرد دانه را در برخی لاین‌های باقلا ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات مورد بررسی اختلاف داشتند و اثرات متقابل بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ و محیط وجود داشت.

جدول ۴ مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های خلر را برای صفات مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ژنوتیپ‌های دارای بیشترین عملکرد خشک علوفه، یعنی ژنوتیپ‌های ۱۱ و ۸، با رقم شاهد نقده، یعنی ژنوتیپ ۱۶، اختلاف آماری معنی‌داری با روش LSD داشتند.

برآورد اجزای واریانس فنوتیپی

جدول ۵ پارامترهای ژنتیکی شامل اجزای واریانس، وراثت‌پذیری، پیشرفت ژنتیکی، ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های خلر را نشان می‌دهد. صفت ارتفاع بوته بالاترین ضریب تغییرات فنوتیپی و صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدن دانه کمترین ضریب تغییرات فنوتیپی را به خود اختصاص دادند. بیشترین ضریب تغیرات ژنوتیپی مربوط به صفت عملکرد دانه بود. در کلیه صفات، ضریب تغییرات فنوتیپی بزرگ‌تر از ضریب تغییرات ژنوتیپی بود. ضریب تغییرات ژنوتیپی صفات نشان می‌دهد که تنوع موجود در صفات مختلف متفاوت است. در برخی از صفات تنوع زیاد و در بعضی صفات تنوع کمی وجود دارند. مسلماً هر چه تنوع موجود در صفات بیشتر باشد انتخاب در آن‌ها منجر به پاسخ به گزینش بهتری خواهد شد. یکی از مهم‌ترین عوامل دخیل در پیشرفت ژنتیکی، انحراف معیار فنوتیپی صفت مورد نظر است که هر اندازه مقدار تنوع فنوتیپی بیشتر باشد میزان پاسخ به گزینش آن بیشتر خواهد بود. از طرف دیگر، با توجه به پیچیدگی توارث‌پذیری صفت عملکرد، شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آن لازم و ضروری است و این امر کمک قابل توجهی به برنامه‌های اصلاحی می‌نماید..

در بین صفات مورد ارزیابی، بیشترین وراثت‌پذیری عمومی متعلق به عملکرد تر علوفه و عملکرد دانه بود. در کل، وراثت‌پذیری عمومی کلیه صفات پایین بود (جدول ۵). در مطالعه باقری و همکاران (Bagheri *et al.,* 2024) روی ژنوتیپ‌های نخود، صفات ارتفاع بوته و وزن صد دانه مقادیر وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی داشتند. القمدی (Alghamdi, 2007) الگوی توارثی شش ژنوتیپ باقلا را مورد بررسی قرار دادند و بیشترین میزان وراثت‌پذیری عمومی را برای صفات تعداد روز تا گلدهی (۹۹ درصد)، تعداد غلاف در بوته (۹۶ درصد)، تعداد دانه بر بوته (۹۶ درصد) و تعداد روز تا رسیدگی (۹۱ درصد) مشاهده کردند. کالیا و سود (Kalia & Sood, 2004) وراثت‌پذیری عمومی (۹۷ درصد) و بازده ژنتیکی (۱۲۶ درصد) را برای عملکرد غلاف لوبیا گزارش نمودند که نشان دهنده‌ی نقش عمل افزایشی ژن‌های کنترل کننده این صفت است. همچنین، آنها نشان دادند که صفات کیفی با استفاده از عمل غیرافزایشی ژن‌ها کنترل می‌شوند. در تحقیقی دیگر، ابراهیم (Ibrahim, 2010) وراثت‌پذیری خصوصی را برای وزن صد دانه و عملکرد دانه باقلا در بوته به‌ترتیب بالا و پایین گزارش نمود. در بررسی ژنوتیپ‌های مختلف نخود توسط پزشکپور و افکار (Pezeshkpour & Afkar, 2018)، بالاترین وراثت‌پذیری برای تعداد غلاف بارور (۰/۸۶)، عملکرد بذر (۰/۸۴) و وزن صد دانه (۰/۸۴) ثبت شد در حالی‌که بالاترین مقدار وراثت‌پذیری به‌همراه بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی برای صفت عملکرد بیولوژیکی مشاهده شد. لذا، عملکرد بیولوژیکی می‌تواند مهم‌ترین معیار برای انتخاب لاین‌های والدینی در برنامه‌های اصلاحی محسوب گردد. در مطالعه دولت‌شاه و همکاران (Dowlatshah *et al.,* 2021)، بیشترین وراثت‌پذیری (۰/۸۷) برای صفت تعداد دانه نارس و کم‌ترین وراثت‌پذیری (۰/۱۰) برای صفت وزن خشک کل در ژنوتیپ‌های خلر برآورد گردیدند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1637]

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های خلر

Table 3. Combined analysis of variance for the studied traits in grass pea genotypes

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)								
		تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد روز تا رسیدگی دانه Days to grain maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	تعداد دانه در غلاف Grains per pod	عملکرد تر علوفه Forage fresh yield	عملکرد خشک علوفه Forage dry yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن صد دانه 100-grain weight
سال Year (Y)	2	156162.61**	159191.97**	35034.90**	33692.61**	21.71**	8421.86**	375.43**	19.42**	125.62**
مکان Location (L)	3	20026.55**	17517.42**	16423.74**	6581.60 **	6.11**	1930.16**	60.15**	8.82**	22.36**
Y×L	6	5032.38**	11881.04**	11716.60**	15652.70**	65.02**	7154.18**	367.04**	26.49**	301.81**
تکرار/(سال×مکان) Block/(Y×L)	24	12.56	20.09	496.10	50.59	1.44	30.27	6.11	1.08	1.86
ژنوتیپ Genotype (G)	15	11.37**	13.55**	495.97 ns	63.69 ns	0.62ns	43.51**	4.16**	0.62**	2.70ns
سال×ژنوتیپ Y×G	30	12.41**	8.94*	410.13 ns	65.72 ns	0.98ns	35.10**	4.05**	0.49**	2.30ns
مکان×ژنوتیپ L×G	45	14.65**	11.56**	462.70 ns	42.27 ns	1.42ns	17.40ns	3.28**	0.33**	3.62*
سال×مکان×ژنوتیپ Y×L×G	90	10.36**	7.44*	376.66 ns	51.73 ns	1.27ns	17.25ns	3.65**	0.32**	2.76ns
خطا Error	360	4.98	5.26	350.68	43.21	1.087	13.60	1.32	0.20	2.27

**، * و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری.

**,* and ns: respectively, significant differences at the probability levels of 0.01 and 0.05 and non-significance.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1637]

جدول ۴- مقایسه میانگین کل ژنوتیپ‌های خلر مورد مطالعه در محیط‌های مورد آزمایش
Table 4. Total mean comparisons of for the studied grass pea genotypes in the tested environments

وزن صد دانه (g) 100-grain weight	عملکرد دانه (t/ha) Grain yield	عملکرد خشک علوفه (t/ha) Forage dry yield	عملکرد تر علوفه (t/ha) Forage fresh yield	تعداد دانه در غلاف Grains per pod	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	ارتفاع بوته (cm) Plant height	تعداد روز تا رسیدگی دانه Days to grain maturity	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	ژنوتیپ Genotype
10.10	1.51	5.14	16.57	3.38	26.20	64.26	164.25	121.86	1
10.11	1.25	4.16	15.85	3.50	25.10	62.34	164.39	122.14	2
9.76	1.52	4.96	13.79	3.26	26.85	63.39	165.53	121.83	3
9.51	1.48	4.37	13.74	3.12	25.88	60.15	165.39	121.94	4
9.97	1.36	4.99	12.84	3.24	24.20	64.48	166.44	122.53	5
9.76	1.47	4.97	14.67	3.49	25.68	64.85	165.94	122.42	6
9.95	1.24	4.88	13.89	3.06	27.87	76.80	165.17	122.33	7
10.33	1.41	5.28	14.55	3.17	26.54	61.57	164.78	122.03	8
9.87	1.25	5.10	15.36	3.17	27.87	62.30	164.89	121.56	9
10.60	1.72	4.71	16.68	3.05	25.03	65.77	165.69	121.92	10
10.10	1.44	5.36	14.63	3.18	26.11	64.91	165.53	122.17	11
9.74	1.52	4.70	13.96	3.28	28.32	63.75	166.06	121.56	12
10.23	1.38	4.67	15.14	3.19	23.47	63.55	165.97	122.69	13
10.26	1.31	4.40	14.97	3.27	25.07	66.90	165.83	123.58	14
9.85	1.40	5.15	16.29	3.19	26.71	66.58	165.69	122.44	15
9.79	1.26	4.74	14.50	3.30	25.44	67.05	165.14	123.28	16 (control)
0.698	0.210	0.533	1.710	0.483	3.047	8.680	1.063	1.035	LSD

بنا به باور سینگ و همکاران (Singh *et al*., 1990)، اگر وراثت‌پذیری یک صفت خیلی بالا باشد (بیش از ۸۰ درصد) گزینش برای آن به نسبت آسان خواهد بود و دلیل آن رابطهٔ نزدیک ژنوتیپ و فنوتیپ و سهم به نسبت کوچک محیط در شکل دادن فنوتیپ است. از سوی دیگر، پیرسون و همکاران (Pearson *et al*., 2007) وراثت‌پذیری بیش از ۶۰ درصد و پیشرفت ژنتیکی بالای ۱۰ را به‌عنوان معیار سنجش صفات عنوان کردند. در واقع، انتخاب کارآمد برای یک صفت زمانی امکان‌پذیر است که اثرات ژنتیکی افزایشی و وراثت‌پذیری صفت بالا باشند. قبل از انتخاب هر روش به‌نژادی، به‌ویژه در گیاهان خودگشن، تعیین درجه انتقال صفت از نسلی به نسل دیگر، یعنی تعیین وراثت‌پذیری صفت لازم است زیرا علاوه بر این که وراثت‌پذیری عمومی برآورد بیشتری را از واریانس ژنتیکی ارائه می‌دهد، اطلاعات مهمی را جهت برنامه‌ریزی برای استراتژی‌های اصلاحی نیز در اختیار به‌نژادگر قرار می‌دهد (Adeniji, 2007). در ارزیابی تنوع ژنتیکی صفات مؤثر بر عملکرد در لوبیا، بالاترین میزان وراثت‌پذیری متعلق به صفات روز از کاشت تا ۵۰ درصد غلاف دهی و کمترین میزان وراثت‌پذیری متعلق به صفت تعداد دانه در بوته بود. در ارتباط با این صفت، اثرات محیطی قسمت اعظم تغییرات فنوتیپی این صفت را به‌وجود آورده‌اند و در نتیجه انتخاب ژنوتیپ بر اساس این صفت چندان میسر نیست (Jafari *et al*., 2015). در ارزیابی وراثت‌پذیری صفات کمی در ژنوتیپ‌های نخود (Hassani *et al*., 2016)، اکثر صفات مورد مورد ارزیابی از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بودند و اختلاف پایینی بین ضریب تغییرات فنوتیپی و ضریب تغییرات ژنوتیپی وجود داشت. این نتیجه حاکی از آن است که تغییرات بیشتر تحت تأثیر ساختار ژنتیکی هستند تا محیط. وراثت‌پذیری کم برای عملکرد دانه، بسیاری از محققین را بر آن داشته است که صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه را که وراثت‌پذیری آن‌ها نیز بالا باشد، به‌عنوان شاخص‌هایی برای گزینش غیر مستقیم به‌کار ببرند. در این راستا، توکر (Toker, 2004) وراثت‌پذیری عملکرد دانه را ۰/۶۲ برآورد کرد. همچنین ابراهیم (Ibrahim, 2010) وراثت‌پذیری بالا برای وزن صد دانه و پایین را برای عملکرد دانه گزارش کرد، در حالی‌که کالیا و سود (Kalia & Sood, 2004) وراثت‌پذیری بالایی را برای عملکرد غلاف گزارش نمودند. در مطالعه لاین‌های امیدبخش نخود توسط موسوی و همکاران (Moosavi *et al*., 2019)، بالاترین وراثت‌پذیری مربوط به صفات وزن صد دانه، عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته و زیست‌توده و کمترین وراثت‌پذیری مربوط به صفات ارتفاع بوته و شاخص برداشت بودند. طبق این نتایج، چنین استنباط می‌شود که صفاتی که دارای وراثت‌پذیری بالایی بودند، دارای تنوع ژنتیکی بالایی بودند، چرا که واریانس ژنتیکی بر مبنای امید ریاضی برآورد شد. مسلماً هرچه تنوع موجود در صفات بیشتر باشد انتخاب در آنها منجر به پاسخ به گزینش بهتری خواهد شد (Falconer, 1989).

ضرایب همبستگی

ضرایب همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های خلر در جدول ۶ آورده شده‌اند. تعداد غلاف در بوته با تعداد روز تا گلدهی همبستگی معنی‌دار منفی (۰/۵۴۴-) و عملکرد تر علوفه با وزن صد دانه همبستگی معنی‌دار مثبت (۰/۵۱۲) داشتند. نتایج مطالعه دولت‌شاه و همکاران (Dowlatshah *et al*., 2021) روی ژنوتیپ‌های خلر نشان دادند که عملکرد دانه با عملکرد علوفه تر همبستگی مثبت و بالایی داشت و عملکرد علوفه خشک نیز همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد علوفه تر نشان داد (Dowlatshah *at al*., 2021). در مطالعات دیگر روی باقلا (Sharifi *et al*., 2014) و آفتابگردان (Pourmohammad *et al.,* 2016)، همبستگی عملکرد دانه با وزن صد دانه به‌صورت مثبت معنی‌دار بود. همچنین همبستگی‌های مثبت معنی‌داری بین تعداد دانه در بوته با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه در بوته، طول غلاف و وزن صد دانه وجود داشتند. در مطالعه پیرزاده و همکاران (Pirzadeh Moghaddam *et al*., 2014)، عملکرد دانه نخود بیشترین همبستگی را با عملکرد بیولوژیک داشت.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1637]

جدول ۵- پارامترهای ژنتیکی صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های خلر

Table 5. Genetic parameters of the traits evaluated in the grass pea genotypes

صفات	واریانس ژنتیکی Genetic Variance (Vg)	واریانس ژنوتیپ در سال V(g×y)	واریانس ژنوتیپ در مکان V(g×l)	واریانس ژنوتیپ در سال در مکان V(g×y×l)	واریانس محیطی Ve	وراثت پذیری Heritability	پیشرفت ژنتیکی Genetic advance	ضریب تغییرات فنوتیپی CVp	ضریب تغییرات ژنتیکی CVg
روز تا گلدهی Days to flowering	0.000	0.170	0.476	1.793	4.98	0.000	0.000	0.299	0.000
روز تا رسیدگی دانه Days to grain maturity	0.014	0.125	0.458	0.727	5.26	3.43	4.459	0.240	0.070
ارتفاع بوته Plant height	0.000	2.789	9.560	8.660	350.68	0.000	0.000	21.593	0.000
تعداد غلاف در بوته Pods per plant	0.206	1.166	-1.051	2.840	43.21	11.1	31.320	7.102	1.745
تعداد دانه در غلاف Grains per pod	0.000	-0.024	0.017	0.061	1.087	0.000	0.000	0.584	0.000
عملکرد تر علوفه Forage fresh yield	0.229	1.488	0.017	1.217	13.60	18.4	42.466	8.372	3.227
عملکرد خشک علوفه Forage dry yield	0.013	0.033	-0.041	0.777	1.320	9.7	7.428	2.828	2.381
عملکرد دانه Grain yield	0.003	0.014	0.001	0.040	0.200	18.1	5.079	1.301	4.096
وزن صد دانه 100-grain weight	0.000	-0.038	0.096	0.163	2.270	0.000	0.000	0.796	0.000

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های خلر

Table 6. Correlation coefficients between evaluated traits in grass pea genotypes

	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد روز تا رسیدگی دانه Days to grain maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	تعداد دانه در غلاف Grains per pod	عملکرد تر علوفه Forage fresh yield	عملکرد خشک علوفه Forage dry yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن صد دانه 100-grain weight
روز تا گلدهی Days to flowering	1	0.274	0.355	-.554*	0.141	-0.078	-0.268	-0.433	0.150
روز تا رسیدگی دانه Days to grain maturity		1	0.084	-0.265	-0.202	-0.444	-0.018	0.260	-0.103
ارتفاع بوته Plant height			1	0.213	-0.266	-0.057	0.083	-0.285	0.085
تعداد غلاف در بوته Pods per plant				1	-0.179	-0.097	0.335	-0.029	-0.410
تعداد دانه در غلاف Grains per pod					1	0.121	-0.207	-0.173	-0.201
عملکرد تر علوفه Forage fresh yield						1	0.004	0.217	.512*
عملکرد خشک علوفه Forage dry yield							1	0.150	0.048
عملکرد دانه Grain yield								1	0.199
وزن صد دانه 100-grain weight									1

**،* و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری.

**,* and ns: respectively, significant differences at the probability levels of 0.01 and 0.05 and non-significance.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1637]

نتیجه‌گیری کلی

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی دانه، عملکرد تر علوفه، عملکرد خشک علوفه و عملکرد دانه تفاوت‌های معنی‌داری نشان دادند که نمایانگر اختلاف ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های از نظر صفت عملکرد می‌است. اثر متقابل سه‌جانبه سال × مکان × ژنوتیپ برای صفات فوق معنی‌دار بود، به این مفهوم که ژنوتیپ‌های مختلف، عملکرد متفاوتی در ترکیبات گوناگون سال و مکان و نیز نوساناتی در ترتیب ژنوتیپ‌ها از خود نشان دادند و وضعیت متفاوتی داشتند. بیشترین ضریب تغیرات ژنتیکی مربوط به صفت عملکرد دانه و بیشترین وراثت‌پذیری عمومی متعلق به عملکرد دانه و عملکرد تر علوفه بودند. در بین صفات مورد نظر، عملکرد دانه دارای بیشترین تنوع ژنتیکی با بالاترین وراثت‌پذیری بود که براساس این دو ویژگی، یعنی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری بالا، می‌توان از آن در انتخاب غیر مستقیم جهت افزایش عملکرد استفاده کرد. به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که بین ژنوتیپ‌های خلر، تنوع وجود داشت که با توجه به اجزای ژنتیکی و محیطی واریانس، می‌توان از آن در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد.

References

Adeniji, O. (2007). Heritability and number of genes governing pod yield in West African okra (*Abelmoschus caillei* (A.chev) stevels. *Agricultural Journal,* 2(4), 483-486.

Alghamdi, S. S. (2007). Genetic behavior of some selected faba bean genotypes. *African Crop Science Conference Proceedings*, 8, 709-714.

Bagheri, M., Tahmasebi, Z., & Geravandi, M. (2024). Genetic diversity and relationships between some agronomic traits of desi chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under autumn sowing conditions *Journal of Crop Breeding,* 16(3), 114-124. Doi: 10.61186/jcb.16.3.114 [In Persian]

Croft, A. M., Pang, E. C. K., Taylor, & P. W. J. (1999). Molecular analysis of *Lathyrus sativus* L. (*grass pea*) and related *Lathyrus* species. *Euphytica*, 107, 167–176. Doi: 10.1023/A:1003520721375

Dowlatshah, A., Ismaili. A., Ahmadi, H., Khademi, K., & Goudarzi, D. (2021). Evaluation of genetic diversity and estimation of heritability and genetic correlation using REML for different traits in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes. *Plant Genetic Reperches*, 7(2), 145-162. [In Persian]

Falconer, D.S. (1989). *Introduction to Quantitative Genetics.* Third Edition. Longman Scientific and Technical, New York.

Farshadfar, E. (1997). Breeding methodology. University of Kermanshah, 616 p. [In Persian]

Hassani, H., Nabati Ahmadi, D., Pezeshkpour, P., & Sorkheh, K. (2016). Assessment of genetic diversity and heritability of quantitative characters in Kabuli type chickpea germplasms under dryland conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, 7(1), 121-134. Doi: 10.22067/ijpr.v7i1.42090 [In Persian]

Ibrahim, H. M. (2010). Heterosis, combining ability and components of genetic variance in faba bean (*Vicia faba* L.). *Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Sciences,* 21(1), 35-50.

Jafari, M., Moosavi, S. S., Chaichi, M., Ahmadvand, Q., & Abdollahi, M. (2015). Evaluation of variability and heritability of effective traits on yield in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under non-stress and moisture stress conditions before pod formation. *Applied Crop Filed Research*, 28(4), 59-66. Doi: 10.22092/aj.2016.106742 [In Persian]

Kalia, P., & Sood, S.H. (2004). Genetic variation and association analysis for pod yield and other agronomic and quality characters in an Indian Himalayan collection of broad bean (*Vicia faba* L.). *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 36(2), 55-61. Doi: 10.14720/aas.2015.105.1.08

Kumar, S., Gupta, P., Barpete, S., Sarker, A., & Amri, A. (2013). Grass pea. In Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement; Singh M, Upadhyaya HD, Bisht IS (editors). Elsevier Science: Oxford, UK, pp. 269–292.

Moosavi, S. S., Abdolahi, M. R., Ghanbari, F., & Kanouni, H. (2019). Assessment of genetic diversity and heritability of agro-morphological traits in chickpea promising lines under normal moisture conditions. *Plant Production Technology,* 10(12), 31-44. Doi:10.52547/jcb.14.44.90 [In Persian]

Pearson, D. C., Rosielle, A. A. & Boyd, W. J. R. (2007). Heritabilities of five wheat quality traits for early generation selection. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 21(3), 512-515.

Pezeshkpour, P., & Afkar, S. (2018). The study of genetic diversity, heritability and genetic advance of morphological traits, yield and yield components in different chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes. *Journal of Crop Breeding,* 9(24), 61-68. Doi:10.29252/jcb.11.31.144 [In Persian]

Pirzadeh Moghaddam, M., Bagheri, A., Malekzadeh-Shafaroudi, S., & Ganjeali, A., (2014). Multivariate statistical analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under limited irrigation. *Iranian Journal of Pulses Research,* 5(2), 99-110. Doi: 10.22067/ijpr.v1393i2.47041

Praveen, S., Joharl, R. P., & Mehta, S. L. (1994). Cloning and expression of OX-DAPRO degrading genes from soil microbe. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 3, 25–29. Doi: 10.1007/BF03321944

Pourmohammad, A., Toorchi, M., Alavikia, S.S., & Shakiba, M.R. (2016). Estimation of genetic parameters for yield and yield components in sunflower under normal and stress water deficit. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22, 426–430.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1637]

Ramanappa, T. M., Chandrashekara, K. & Nuthan, D. (2013). Analysis of variability for economically important traits in Chickpea (*Cicer arietinum* L). *International Journal of Research in Applied Natural and Social Sciences,* 1, 133-140.

Rao, S. C., Northup, B. K. (2011). Growth and nutritive value of grass pea in Oklahoma. *Agronomy Journal,* 103, 1692-1696. Doi: 10.2134/agronj2011.0178

Rezaei Sokht Abandani, R., Alipour, A., Ebrahimi, M., & Mohammad Khani, V. (2018). *Planting, Growing and Harvesting Forage Plants.* Agricultural Education Research Publication.

Saeed, A., Hovsepyan, H., Darvishzadeh, R., Imtiaz, M., Panguluri, S. K., & Nazaryan, R. (2011). Genetic diversity of Iranian accessions, improved lines of Chickpea (*Cicer arietinum* L) and their wild relatives by using simple sequence repeats. *Plant Molecular Biology Reporter,* 29, 848-858. Doi: 10.1007/s11105-011-0294-5

Saramirad, B., Shokrpour, M., Sofalian, O., Pourmohammad, A., & Esfandiari, E., (2016). Evaluation of Genetic Diversity of Wheat Genotypes by AFLP Markers. *Journal of Crop Breeding*, 7(16), 89-96. [In Persian]

Sarparast, R., Sheikh, F., & Sowghi, H. A. (2011). Investigation of genotype and environment interaction and cluster analysis for seed yield in different lines of faba bean (*Vicia faba* L.). *Iranian Journal of Pulses Research,* 2(1), 99-106. Doi: 10.22067/ijpr.v2i1.12023 [In Persian]

Shahverdi, M., Nasrolahi, M., Chegeni, A.Cheshmehnoor, M., & Astaraki, H., (2003). Effect of irrigation regimes and planting dates on forage yield of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes. *Iranian Journal Field Crop Research,* 54(3), 109-117. Doi: 10.22059/ijfcs.2023.352981.654973 [In Persian]

Sharifi, P., Astereki, H., & Safari Motlagh, M. R., (2014). Evaluation of genotype, environment and genotype × environment interaction effects on some of important quantitative traits of faba bean (*Vicia* faba L.). *Journal of Crop Breeding,* 6(13), 73-88. Doi: 10.22059/ijfcs.2021.320715.654814 [In Persian]

Sheikh, F., Sharifi, P., Asteraki, H., Miri, Kh., & Sekhavat, R. (2021). Evaluation stability of seed yield of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes by parametric and non-parametric methods. *The Journal of Crop Production,* 14(13), 125-144. Doi: 10.22069/ejcp.2022.18908.2411 [In Persian]

Singh, K. B., Geletu, B., & Malhotra, R. S. (1990). Association of some characters with seed yield in chickpea collections. *Euphytica*, 49, 83- 88. Doi: 10.1007/BF00024133

Soofinia, S., Pourmohammad, A., Aliloo, A., & Alizadeh, K. (2024). The Response of early-maturing grass pea (*Lathyrus sativus*) genotypes to different levels of salinity stress. *Journal of Crop Breeding,* 16(1), 61-73. Doi:10.61186/jcb.16.49.61 [In Persian]

Tokarz, B., Makowski, W., Jędrzejczyk, R., & Tokarz, K. M. (2020). What is the difference between the response of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) to salinity and drought stress? Physiological study. *Agronomy*, 10(6), 833. Doi: 10.3390/agronomy10060833

Toker, C. (2004). Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield criteria in faba bean (*Vicia faba* L.). *Hereditas*, 140, 222-225. Doi: 10.1111/j.1601-5223.2004.01780.x

Vaezi, B., Abdipour, M., Bavi, V., & Mohammadi, S. A. M. (2009). Evaluation of agronomic potential of grass pea vine (*Lathyrus sativus* L.) under tropical rain fed conditions in Gachsaran region. *Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science)*, 3(9), 15-25. [In Persian]

Vaz Patto, M. C., Skiba, B., Pang, E. C. K., Ochatt, S. J., Lambein, F., & Rubiales, D. (2006). Lathyrus improvement for resistance against biotic and abiotic stresses: from classical breeding to marker assisted selection. *Euphytica*, 147, 133-147.

Yadav, V. K., & Mehta, S. L. (1995). *Lathyrus sativus*: a future pulse crop free of neurotoxin. *Current Science,* 68, 288-292.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1637]