

Evaluation of Yield Response and Yield Components of Promising Red Bean Genotypes

Behrouz Asadi¹, Seyedeh Soudabeh Shobeiri², Ali Akbar Asadi^{3*}, Hossein Astaraki⁴, Foroud Salehi⁵

Received: 09-12-2023
Revised: 01-02-2024
Accepted: 08-04-2024
Available Online: 00-00-2024

Cite this article:

Asadi, B., Shobeiri, S.S., Asadi, A.A., Astaraki, H., & Salehi, F. (2024). Evaluation of yield response and yield components of promising red bean genotypes. *Iranian Journal of Pulses Research*, 15(2), (In Persian with English Abstract).
<https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.85603.1075.....>

Introduction

Considering the limitation of arable land, the most effective factor in increasing the production of beans is to conduct research in the field of agronomic and breeding in order to increase the yield per unit area. In order to determine the effect of genetic or environmental factors on a trait, different genotypes should be studied in multiple environments. The mutual effects of genotype in the environment, which show different responses of genotypes in different environments, make the selection of genotypes from one environment to another difficult; therefore, the study of genotypes in different environments is important in terms of determining the appropriate breeding strategy for the release of adapted cultivars to the target environments. Considering the role of genetic diversity in the advancement of breeding programs, the study of morphological and phenological characteristics that determine yield is a suitable method to achieve selection criteria for improving yield and improving and introducing compatible and high-yielding cultivars. Seed yield is a complex trait that is controlled by a large number of genes, and selection based on yield alone is often not successful. For this reason, one of the ways to identify high-yielding genotypes is to study traits that have a significant relationship with seed yield, so that by selecting or removing them,

- 1- Researcher of Seed and Plant Improvement Institute, Arak Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran.
- 2- Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Zanzan Agricultural and Natural Recourses Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanzan, Iran.
- 3- Assistant Professor, Seed and Plant improvement Institute, Zanzan Agricultural and Natural Recourses Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanzan, Iran.
- 4- Researcher of Seed and Plant improvement Institute, Lorestan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Lorestan, Iran.
- 5- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Recourses Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Chaharmahal and Bakhtiari, Iran.

* Corresponding Author: asadipm@gmail.com



©2024 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

the accumulation of desirable genes in improved cultivars can be done. Considering the climatic conditions of different regions of Iran, this research was conducted in order to investigate the yield and yield components of red beans in 4 major bean growing regions in the country.

Materials and Methods

14 red bean genotypes along with Yaghout, Ofogh and Dadfar varieties (Check) were studied in randomized complete block design with three replications in four research stations of Khomein, Broujerd, Shahrekord and Zanzan for 2 crop years (2018-2019). At the time of harvest, each plot was harvested separately and the yield of each plot was weighed after threshing. After collecting data related to yield and its components, combined variance analysis, simple variance analysis related to each location and mean comparisons were performed. Also, correlation analysis and step-by-step regression were used to investigate the relationship between yield and its components.

Results and Discussion

The results showed that there is a significant statistical difference between the studied locations, years and genotypes in terms of all traits at the probability level of 1%. The significance of genotype \times location interaction for all traits made it necessary to analyze the variance separately in each investigated location. The significance of double interactions indicates the relative instability of the traits of different genotypes in different times and places. The highest seed yield was observed at Khomein station in G12, Yaghot and G4 genotypes, Borujerd in G14 and G13 genotypes, Zanzan in Yaghot and G12 genotypes and Shahrekord in G12 and G16 genotypes. Based on the days to maturity the Ofogh variety, G9, G16 and to some extent G4 genotypes, and based on its yield and yield components, the G12 genotype and Yaghuot and Dadfar varieties were introduced as desirable genotypes. Correlation analysis showed that there is a positive but non-significant correlation between seed yield and number of pods per plant, number of seeds per pod and number of seeds per plant. Regression analysis showed that the traits of number of seeds per pod, days to maturity, number of pods per plant and 100 grain weight are included in the regression model as effective traits and among these traits, days to maturity with a negative coefficient and the number of pods per plant with a positive coefficient were more effective in seed yield.

Conclusion

This study showed that according to the yield and its components in red beans, it is better to introduce a specific variety for each region. Based on the number of days to maturity, Ofogh (check) and G9, G16, and to some extent G4 genotypes, and based on its yield and components, genotypes G12 and G5 can be reported as favorable genotypes. Besides the seed yield, the yield components including the number of

Pods per plant, the number of seeds per plant, and the 100 grain weight also played a role in selecting better lines; therefore, indirect selection through the selection of these traits can be effective in increasing seed yield. Finally, it can be concluded that apart from seed yield, yield components including the number of pods per plant, the number of seeds per plant, and the weight of 100 seeds can also be effective in selecting superior genotypes; therefore, indirect selection through these traits can be effective in increasing grain yield

Keywords: Cluster analysis, Indirect selection, Legumes, Regression analysis



ارزیابی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش لوبیا قرمز

بهروز اسدی^۱، سیده سودابه شبیری^۲، علی‌اکبر اسدی^۳، حسین آسترکی^۴، فرود صالحی^۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

چکیده

جهت تشخیص میزان تأثیر عوامل ژنتیکی و یا محیطی بر روی یک صفت، ژنوتیپ‌های مختلف بایستی در محیط‌های متعدد مطالعه شوند. این عمل از لحاظ تعیین استراتژی اصلاحی مناسب برای آزادسازی ارقام سازگار به محیط‌های هدف با شرایط محیطی خاص دارای اهمیت می‌باشد. با توجه به شرایط اقلیمی مناطق مختلف، این تحقیق در چهار منطقه عمده کشت لوبیا در کشور به‌منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکردی لوبیا قرمز با استفاده از ۱۴ ژنوتیپ لوبیا به همراه ارقام شاهد یاقوت، افق و دادفر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در چهار ایستگاه تحقیقاتی خمین، بروجرد، شهرکرد و زنجان به‌مدت دو سال زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹۹) انجام گرفت. نتایج نشان داد که بین مکان‌ها، سال‌ها و ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تمامی صفات، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × مکان برای تمامی صفات، نیاز به تجزیه واریانس جداگانه در هر مکان مورد بررسی را ضروری ساخت. براساس تعداد روز تا رسیدن رقم افق و ژنوتیپ‌های G9، G16 و تا حدودی G4 و براساس عملکرد و اجزای آن ژنوتیپ G12 و ارقام یاقوت و دادفر (به‌ترتیب با میانگین عملکردهای ۳۲۸۸، ۳۱۳۵/۹۵ و ۳۱۱۰/۵۸ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب برای تمامی مناطق معرفی شدند. تجزیه همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت ولی غیرمعنی‌دار وجود دارد. تجزیه رگرسیون نشان داد که صفات تعداد دانه در غلاف، روز تا رسیدگی، تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه به‌عنوان صفات مؤثر وارد مدل رگرسیونی می‌شوند و از بین این صفات نیز روز تا رسیدگی با ضریب منفی و تعداد غلاف در بوته با ضریب مثبت در عملکرد دانه مؤثرتر بودند. در نهایت، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که غیر از عملکرد دانه، اجزاء عملکرد شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، و وزن ۱۰۰ دانه نیز در گزینش ژنوتیپ‌های برتر می‌توانند مؤثر باشند، لذا انتخاب غیرمستقیم از طریق این صفات می‌تواند در جهت افزایش عملکرد دانه مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه رگرسیون، تجزیه کلاستر، حبوبات، گزینش غیرمستقیم

مقدمه^۱

۱- پژوهشگر، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.

۲- استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران.

۳- استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران.

حبوبات پس از غلات، دومین منبع غذایی بشر بوده است و در بین حبوبات نیز، لوبیا یکی از مهم‌ترین گیاهان این گروه محسوب می‌شود (Broughton et al., 2003). بی‌شک حبوبات و به‌ویژه لوبیا از منابع مهم تأمین‌کننده پروتئین در اکثر کشورها به‌خصوص کشورهای درحال توسعه بوده و به‌عنوان یک منبع غذایی برای بیش از ۳۰۰ میلیون نفر از جمعیت جهان شناخته شده است، چرا که از نظر اقتصادی از پروتئین حیوانی ارزان‌تر بوده (Beebe & Mc Clafferty, 2006) و با داشتن کربوهیدرات، برخی ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری، جایگاه مهمی در جیره غذایی انسان دارند (Singh et al., 1999). حبوبات در تناوب‌های زراعی می‌توانند به‌عنوان کود سبز و حاصلخیزکننده زمین مورد استفاده قرار گیرند (Khaghani et al., 2009) و در صورت تناوب با غلات و یا به‌عنوان محصولات پوششی، تأثیرات مثبتی بر عملکرد دیگر محصولات زراعی داشته باشند؛ همچنین می‌توانند میزان کربن و نیتروژن خاک را بهبود بخشند (Sainju et al., 2005).

با توجه به محدودیت اراضی زراعی، مؤثرترین عامل در افزایش تولید لوبیا، انجام تحقیقات در زمینه به‌زراعی و به‌نژادی در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد. با توجه به نقش تنوع ژنتیکی در پیشبرد برنامه‌های به‌نژادی، بدون شک بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فنولوژیکی تعیین‌کننده عملکرد از جمله روش‌های مناسب برای دستیابی به معیارهای انتخاب در جهت بهبود عملکرد و اصلاح و معرفی ارقام است (Asadi et al., 2015). عملکرد بذر، صفت پیچیده‌ای است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و گزینش تنها براساس عملکرد اغلب همراه با موفقیت نمی‌باشد. به همین دلیل، یکی از راه‌های شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول، بررسی صفاتی است که رابطه معنی‌داری با عملکرد بذر دارند تا با گزینش یا حذف آن‌ها نسبت به تجمع ژن‌های مطلوب در ارقام اصلاح شده اقدام گردد (Salehi & Saeidi, 2011). بررسی و تحلیل تنوع ژنتیکی در ذخایر توارثی موجود از مهم‌ترین مراحل پروژه‌های به‌نژادی است که امکان گروه‌بندی و توصیف دقیق نمونه‌ها را فراهم آورده و به‌نژادگر را در تشخیص زیرمجموعه‌ها و نمونه‌هایی که امکان استفاده مؤثر از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی وجود دارد را پاری می‌کند (Asadi et al., 2015). در همین راستا، رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2023) در لوبیا چیتی و بخشی و همکاران (Bakhsi et al., 2021) در لوبیا چشم بلبلی تنوع قابل توجهی را گزارش کردند که می‌توان از این تنوع جهت برنامه‌های اصلاحی و گزینشی جهت مقابله با تنش خشکی استفاده کرد.

۴- پژوهشگر، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لرستان، ایران.

۵- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چهارمحال و بختیاری، ایران.

(asadipm@gmail.com)

*- نویسنده مسئول:

جهت تشخیص میزان تأثیر عوامل ژنتیکی و یا محیطی بر روی یک صفت، ژنوتیپ‌های مختلف بایستی در محیط‌های متعدد مطالعه شوند. اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط که پاسخ‌های متفاوت ژنوتیپ‌ها را در محیط‌های مختلف نشان می‌دهد، انتخاب ژنوتیپ‌ها را از یک محیط به محیط دیگر با مشکل مواجه می‌سازند، بنابراین بررسی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف از لحاظ تعیین استراتژی اصلاحی مناسب برای آزادسازی ارقام سازگار به محیط‌های هدف دارای اهمیت می‌باشد (Sharifi et al., 2014). معمولاً ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط محیطی مختلف، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند و یک ژنوتیپ ممکن است در یک منطقه بهترین ژنوتیپ محسوب شود، درحالی‌که در مناطق دیگر چنین مزیتی نداشته باشد (Farshadfar, 2000). لوبیا را به‌عنوان گونه‌ای چند شکل می‌شناسند که در رویشگاه‌های مختلف، تعداد و اندازه اندام‌های رویشی و زایشی متفاوتی خواهد داشت (Laing et al., 1983). به همین دلیل، لوبیا از جمله گیاهانی است که تنوع ژنتیکی وسیعی دارد و به‌ویژه اکثر توده‌های آن تفاوت چشمگیری در مورد عملکرد دانه دارند (Gomez et al., 2004).

عملکرد، درصد کاهش عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا از جمله صفاتی هستند که در گزینش ژنوتیپ‌های برتر در محیط‌های مختلف مورد توجه پژوهشگران قرار می‌گیرند (Abebe et al., 1998). تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه، سه جزء مهم تشکیل‌دهنده اجزای عملکرد در لوبیا محسوب می‌شوند (Liebman et al., 1995). تعداد غلاف در لوبیا، بیشترین همبستگی را با عملکرد بوته دارد (Bennt et al., 1977) و ممکن است در شرایط مختلف محیطی تا چهار برابر تغییر کند، بنابراین مهم‌ترین جزء عملکرد محسوب می‌شود (Salehi et al., 2008). کوشکی و مرزوقیان (Kooshki & Marzoghian, 2020) در افزایش عملکرد دانه، افزایش تعداد دانه در بوته را نسبت به دیگر صفات عملکردی مؤثرتر دانستند. فنبری و همکاران (Ghanbary et al., 2017) با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام، به‌ترتیب صفات تعداد دانه در غلاف، دوره پرشدن دانه، تعداد روز تا ظهور سه برگچه اول و بازارپسندی دانه را جهت برنامه‌های اصلاحی لوبیا چیتی پیشنهاد دادند. در برخی از پژوهش‌ها، تعداد غلاف تا ۶۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کند (Fageria & Santos, 2008). در مطالعه ۳۰ رقم لوبیا در شرایط آب‌وهوایی تهران، از میان صفات تعداد دانه در بوته، وزن دانه‌ها، تعداد غلاف و طول غلاف، و صفت تعداد دانه در بوته بیشترین همبستگی مثبت و مستقیم را با عملکرد دانه داشت (Sabokdast & Khyalparast, 2008). در مقایسه بین ۱۰ رقم لوبیا سفید، ارقام دانشکده، امرسون ۷۴، گریت نورد، و جی ۵۷۱۰ نسبت به سایر ارقام عملکرد بیشتری داشتند و ارقام برتر، تعداد دانه بیشتر با وزن دانه زیاده‌تر تولید کردند (Hashemi Jezi, 2014). با توجه به لزوم بررسی صفات مهم عملکردی و سازگاری ارقام امیدبخش لوبیا در مناطق مختلف کشت دارای شرایط آب‌وهوایی متفاوت در کشور، هدف از اجرای این پژوهش، مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش لوبیا قرمز حاصل از برنامه‌های اصلاحی در چهار منطقه عمده کشت لوبیا در کشور بود.

مواد و روش‌ها

به منظور مقایسه عملکرد و اجزاء عملکرد و بررسی سازگاری ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز، تعداد ۱۴ ژنوتیپ به همراه ارقام شاهد یاقوت، افق و دادفر جمعاً ۱۷ ژنوتیپ (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در چهار منطقه کشور در ایستگاه‌های تحقیقاتی خمین، بروجرد، شهرکرد و زنجان به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹۹) مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز مورد مطالعه در مناطق مختلف مورد بررسی

Table 1- Red bean genotypes studied in different areas

کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype
G1	KS31361	G10	Ofogh
G2	KS31360	G11	KS31148
G3	KS31362	G12	KS31253
G4	KS31359	G13	KS31264
G5	Yaghot	G14	KS31340
G6	KS31358	G15	KS31363
G7	KS31336	G16	KS31339
G8	KS31338	G17	Dadfar
G9	KS31353		

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق پاییزه، شخم سطحی بهاره، دیسک و لولر در هر چهار ایستگاه به‌طور یکسان انجام شد. با توجه به وجود مناطق مختلف در این بررسی، تاریخ کاشت و برداشت در مناطق مختلف یکسان نبود، ولی به‌طور عمومی نیمه دوم خرداد و اواخر شهریور را می‌توان به‌عنوان زمان کشت و برداشت لوبیا در این مناطق در نظر گرفت. عناصر غذایی ماکرو و میکرو براساس آزمون خاک هر ایستگاه به زمین داده شد. از علف‌کش پیش‌کاشت تریفلورالین (TREFLAN 48% EC) به‌میزان ۱/۵ لیتر در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز استفاده گردید. کشت به‌صورت ردیفی (جوی و پشته) با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر براساس نقشه آزمایشی انجام شد. فواصل بوته‌ها در روی ردیف، پنج تا هفت سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذور هر یک از ژنوتیپ‌ها بر روی چهار خط به‌طول پنج متر کشت شد. عملیات داشت در تمامی ایستگاه‌ها بنابر شرایط منطقه و تقریباً به‌صورت یکسان انجام شد.

در طول دوران رشدونمو، یادداشت‌برداری صفات روز تا رسیدگی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه و وزن ۱۰۰ دانه انجام شد. در زمان برداشت، تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی از دو خط میانی انتخاب و اجزاء عملکرد این بوته‌ها تعیین شدند. در زمان برداشت تمامی بوته‌های هر پلات به‌صورت جداگانه برداشت و عملکرد هر پلات پس از خرم‌ن کوبی توزین شدند.

پس از جمع‌آوری داده‌های مربوطه، تجزیه واریانس ساده، مرکب و مقایسه‌های میانگین انجام شد. همچنین جهت بررسی ارتباط بین عملکرد و اجزای آن از تجزیه همبستگی و رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. در نهایت، جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه کلاستر با استفاده از روش مربع فاصله اقلیدسی جهت تعیین فاصله و روش UPGMA جهت گروه‌بندی استفاده شد. جهت انجام محاسبات آماری و رسم نمودارها نیز از نرم افزارهای SAS و SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

ابتدا با استفاده از آزمون‌های بارتلت و F ماکس هارتلی^۱، یکنواختی واریانس خطای آزمایشی ارزیابی گردید. این آماره‌ها با استفاده از واریانس خطاهای آزمایشی محاسبه شده برای صفات مختلف در نقاط مختلف و در دو سال انجام تحقیق (محیط‌ها) محاسبه شد. برای صفت عملکرد، تست بارتلت و باقی صفات، F ماکس هارتلی غیر معنی‌دار شدند. بنابراین، می‌توان داده‌های مربوط به نقاط مختلف در دو سال مورد بررسی را برای صفات یکنواخت ارزیابی کرد (جدول ۲). همان‌طور که مشاهده می‌شود، بهتر است از چند آزمون برای تست غیریکنواختی واریانس‌ها استفاده کرد و در صورت معنی‌دار نبودن حتی یکی از روش‌ها نتیجه‌گیری شود که واریانس‌های اشتباه‌های درون تیماری یکنواخت می‌باشند (Valizadeh & Moghadam, 2010); بنابراین می‌توان یکنواختی واریانس‌های درون تیماری را برای صفات مورد مطالعه در نظر گرفت.

جدول ۲- واریانس خطاهای آزمایشی در مکان‌های مورد بررسی در دو سال زراعی و آزمون‌های F max هارتلی و بارتلت برای ارزیابی یکنواختی واریانس‌ها

Table 2- Variance of experimental errors in investigated locations and two crop years and F_{max} Hartley and Bartlett's tests to evaluate the uniformity of variances

سال Years	مکان Locations	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد بذر در غلاف Seed per pod	عملکرد Yield	وزن ۱۰۰ دانه 100-grain weight
2020	Khomein	2.17	6.74	123.69	0.124	344880	1.38
2020	Broujerd	1.37	6.42	96.07	0.206	217348	1.43
2020	Zanjan	1.38	5.22	198.43	0.164	174007.5	2.65
2020	Shahre kord	2.57	4.31	139.16	0.143	191245.2	1.437
2021	Khomein	2.07	4.78	97.86	0.127	368087.1	1.51
2021	Broujerd	2.61	5.15	162.26	0.213	177651	1.67
2021	Zanjan	1.95	4.74	124.72	0.211	2083.61	1.28
2021	Shahre kord	1.67	3.77	141.84	0.239	6979.8	1.74
F _{max} Hartley		1.87	1.79	2.03	1.88	186.3	2.07
Bartlett's test		34.69**	58.42**	50.23**	27.82**	11.98	19.48**

5-DIC: 5-day Irrigation Cycle, 9-DIC: 9-day Irrigation Cycle

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

** and * : significant at the level of 1 and 5 percent, respectively

آزمون تجزیه واریانس بر مبنای امید ریاضی با فرض متغیر بودن فاکتور زمان و مکان و ثابت بودن ژنوتیپ انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل سال \times مکان در سطح یک درصد برای تمامی صفات معنی‌دار است (جدول ۳). بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از نظر تمامی صفات مورد مطالعه (به جز تعداد دانه در غلاف) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. معنی‌دار شدن اختلاف بین ژنوتیپ‌ها بیانگر تنوع ژنتیکی بالا (که لازمه هر برنامه اصلاحی است) در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد نظر می‌باشد. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2017) پس از انجام تجزیه واریانس مرکب در ژنوتیپ‌های لوبیا، تفاوت معنی‌دار و قابل توجهی را در بین ژنوتیپ‌ها و ارقام برای بیشتر صفات گزارش کردند. بیکر و لئون (Becker & Leon, 1988) تنوع بالایی برای کلیه صفات مورد مطالعه در بین ژنوتیپ‌ها گزارش کردند و اظهار داشتند که مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط، اطلاعات ارزشمندی درباره اثرات مختلف محیط بر عملکرد و ارزیابی پایداری عملکرد ارقام فراهم می‌کند. از طرف دیگر، اثر متقابل دوگانه ژنوتیپ \times مکان و سه‌گانه ژنوتیپ \times سال \times مکان برای بیشتر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مورد بررسی در محیط‌ها و سال‌های آزمایش بود. معنی‌دار بودن اثرات متقابل دوگانه نشان‌دهنده ناپایداری نسبی صفات ژنوتیپ‌های مختلف در مکان‌های مختلف است، به طوری که معنی‌دار بودن ژنوتیپ در مکان برای صفت تعداد روز تا رسیدگی نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مختلف در مکان‌های مختلف طول دوره رشد یکسانی را ندارند. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ \times مکان، برای تمامی صفات در هر مکان مورد بررسی، تجزیه واریانس جداگانه برای تمامی ژنوتیپ‌ها در هر مکان انجام گرفت (تجزیه شکست اثرات متقابل) (جداول ساده واریانس نشان داده نشده است) و بر مبنای آن، مقایسه‌های میانگین برای هر صفت در هر مکان نیز انجام شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز طی دو سال زراعی در محیط‌های مورد بررسی

Table 3- Combined variance analysis of investigated traits in red bean genotypes during two cropping years in the investigated environments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square					وزن ۱۰۰ دانه 100-grain weight
		تعداد روز تا رسیدن Days to maturity	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pods	عملکرد در هکتار Grain yield	
سال Year	1	88.48	588.79	26298	1.414	10413572.2	1243.03
مکان Location	3	6701.99*	1789.7*	24303.6	64.31**	19581820.5	1359.5*
مکان×سال Year × location	3	884.87**	384.77**	11559.9**	2.076**	13432928.5**	151.41**
خطا Error1	16	6.9	13.32	206.6	0.167	175740.3	3.82
ژنوتیپ Genotype	16	887.09**	290.37**	7826.6**	2.309	6010926.6**	1254.14**
سال × ژنوتیپ Genotype × year	16	63.72	16.33	442.7*	0.463*	1344081.1	26.23
مکان × ژنوتیپ Genotype × location	48	185.66**	88**	2458.2**	1.08**	2332715.6	32.95
مکان × سال × ژنوتیپ Genotype × year × location	48	46.47**	24.63**	677.6	0.242	960888.8**	33.45**
خطا Error2	256	10.16	10.34	263.1	0.283	313380	7.452
ضریب تغییرات (%) CV%		3.14	20.33	29.4	14.95	23.57	7.87

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

**and *: significant at the probability level of 1 and 5%, respectively

تعداد روز تا رسیدن

با توجه به مدت زمان رسیدگی در ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود که میانگین طول فصل رشد برای لوبیا در ایستگاه خمین از تمامی ایستگاه‌ها کمتر و در ایستگاه بروجرد از همه بیشتر بود. نتایج مقایسه‌های میانگین برای صفت تعداد روز تا رسیدن نشان می‌دهد که نتایج در سه ایستگاه خمین، بروجرد و زنجان تا حدودی یکسان هستند و ژنوتیپ‌های G10 (رقم افق)، G9، G16 و تا حدودی G4 (به جز ایستگاه بروجرد) نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها زودرس‌تر هستند (جدول ۴). رقم افق (ژنوتیپ G10) در زمره ارقام زودرس می‌باشد و ژنوتیپ‌های G9 و G16 با اختلاف پنج تا شش روز نسبت به رقم افق دیررس‌تر هستند. بنابراین در دو ایستگاه زنجان و بروجرد هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌های امیدبخش مورد بررسی از ارقام شاهد زودرس‌تر نبودند. در ایستگاه خمین، ژنوتیپ G4 از نظر زودرسی با رقم افق در یک رده قرار داشتند. در ایستگاه شهرکرد ژنوتیپ‌های G7، G8، G13 و G4 نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها و رقم افق زودرس‌تر بودند و به نظر می‌رسد که تفاوت مشاهده شده در این ایستگاه باعث معنی‌دار شدن اثر متقابل شده باشد. در

نهایت، در ایستگاه خمین ژنوتیپ G3، در ایستگاه بروجرد رقم دادفر (ژنوتیپ G17) و ژنوتیپ G6، در ایستگاه زنجان ژنوتیپ‌های G6 و G8 و در ایستگاه شهرکرد رقم دادفر (ژنوتیپ G17) و ژنوتیپ G9 به‌عنوان دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند.

جدول ۴- مقایسه‌های میانگین بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت تعداد روز تا رسیدن در ایستگاه‌های مورد بررسی

Table 5- Average comparisons between genotypes in number of days to maturity at the investigated stations

ژنوتیپ	خمین	بروجرد	زنجان	شهرکرد
Genotype	Khomein	Broujerd	Zanjan	Shahre kord
G1	98.17b*	116.17cd	102.67de	100.2bcd
G2	93.17bc	107f	95.5ijk	99.33cd
G3	106.33a	113.5de	111.5c	110.83a
G4	77.67f	118bc	93.8k	97ef
Yaghot	82.33ef	111.5e	100.17efg	100.33bcd
G6	99b	120.5b	116.67b	109.83a
G7	98.5b	111.17e	104.3d	96.33f
G8	98.3b	111.5e	122a	96.33f
G9	84.6de	100.67g	95.5ijk	111.17a
Ofogh	78.67ef	93.67h	90.8l	99.33cd
G11	89cd	104f	97hij	101.33bc
G12	84.6de	121b	99.5fgh	99de
G13	90cd	105f	96.8hijk	96.67f
G14	99.17b	112.17e	101.17ef	100.2bcd
G15	98.5b	112.5e	108.8c	101.67b
G16	84.1de	100.8g	94.8jk	99de
Dadfar	85.17de	124.5a	98ghi	111.33a

* میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار دارند

* Means with different letters are significantly different at the 5% level

تعداد غلاف در بوته

در ایستگاه خمین، ژنوتیپ G4 با میانگین ۲۰/۰۳ دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته بود و پس از آن، ژنوتیپ‌های G17 (رقم دادفر) و G12 با تعداد غلاف ۱۶/۹۵ و ۱۶/۷ قرار داشتند (جدول ۵). در ایستگاه بروجرد، ژنوتیپ‌های G13، G6، G17 (رقم دادفر)، G5 (رقم یاقوت) و G3 با میانگین ۳۱/۶۷، ۲۹، ۲۶، ۲۵/۶۷ و ۲۵/۶۷ دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته بودند. در ایستگاه زنجان، ژنوتیپ G6 با میانگین ۳۵/۸ دارای بیشترین تعداد غلاف بود و این ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر تعداد غلاف دو برابر بیشتر را نشان داد. در ایستگاه شهرکرد نیز ژنوتیپ‌های G17 (رقم دادفر)، G4 و G13 با میانگین ۱۸/۹۸، ۱۸/۱۸ و ۱۸/۰۵ دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته بودند. در ایستگاه خمین ژنوتیپ‌های G16، G10 (رقم یاقوت) و G8، در ایستگاه بروجرد ژنوتیپ G1، در ایستگاه زنجان ژنوتیپ G8 و در ایستگاه شهرکرد نیز ژنوتیپ G9 دارای کمترین تعداد غلاف در بوته بودند. مشاهده می‌شود که تنوع در تعداد غلاف‌ها در ایستگاه‌های مختلف وجود دارد و ژنوتیپ‌های مختلف در ایستگاه‌های متفاوت تعداد غلاف متفاوتی را نشان می‌دهند. رقم دادفر (ژنوتیپ G17) در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه جزء ژنوتیپ‌های دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته بود که می‌تواند به‌عنوان یک رقم با پتانسیل عملکرد بالا برای مناطق کشت لوبیا مد نظر باشد. تعداد غلاف در بوته، جزء اصلی و مؤثر افزایش عملکرد در لوبیا می‌باشد، زیرا همبستگی بیشتری با عملکرد نشان داده است (Bennt et al., 1977).

دورات و آدامز (Duarte & Adams, 1972) و وسترن و کرودر (Westermann & Crother, 1977) در مطالعه رابطه علیت بین عملکرد و اجزاء عملکرد در لوبیا مشاهده کردند که در بین اجزاء عملکرد، بیشترین اثر مستقیم و مثبت را تعداد غلاف در بوته دارا بود. دیمووا و اسوتلوا (Dimova & Svetleva, 1992) نیز اعلام نمودند که تعداد غلاف در بوته روی وزن دانه به طور مستقیم و غیرمستقیم اثر زیادی دارد. دو جزء دیگر عملکرد، یعنی وزن دانه و تعداد دانه در غلاف نیز تأثیر مستقیم و مثبت روی عملکرد دارند (Zimmermann & waines, 1984).

جدول ۵- مقایسه‌های میانگین بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت تعداد غلاف در بوته در ایستگاه‌های مورد بررسی

Table 4- Average comparisons between genotypes in number of pods per plant at the investigated stations

ژنوتیپ	خمین	بروجرد	زنجان	شهرکرد
Genotype	Khomein	Broujerd	Zanjan	Shahre kord
G1	9.85cd*	10h	19.77b	13.87de
G2	10cd	20.67ef	14.53bcde	13.68de
G3	10.7cd	25.67bcd	15.92bcd	16.95abc
G4	20.03a	20ef	16.37bcd	18.18a
Yaghot	15.8b	25.67bcd	17.53bc	13.68de
G6	11.08cd	29ab	35.8a	16.98abc
G7	10.93cd	21.3def	9.7ef	11.05fg
G8	8d	14g	8.97f	16.52abc
G9	8.52d	18fg	10.4ef	9.28g
Ofogh	7.8d	17.33fg	9.3ef	15.5bcd
G11	9.93cd	24cde	14.03cdef	14.6cde
G12	16.7ab	24cde	18.83bc	15.3cd
G13	13.1bc	31.67a	18.07bc	18.05ab
G14	9.6cd	21ef	9.9ef	16.92abc
G15	9.55cd	21.3def	11.27def	15.35cd
G16	7.17d	17fg	9.37ef	12.52ef
Dadfar	16.95ab	26bc	16.23bcd	18.98a

* میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار دارند

* Means with different letters are significantly different at the 5% level

تعداد دانه در بوته

بیشترین تعداد دانه در بوته در ایستگاه خمین در ژنوتیپ‌های G12، G3 و G4، در ایستگاه بروجرد در ژنوتیپ‌های G6، G13 و G17، در ایستگاه زنجان در ژنوتیپ‌های G6، G12، G1 و G5 و در ایستگاه شهرکرد در ژنوتیپ‌های G17، G13 و G6 مشاهده شد (جدول ۶). رقم یاقوت (ژنوتیپ G5) در دو ایستگاه خمین و زنجان و رقم دادفر (ژنوتیپ G17) در سه ایستگاه خمین، بروجرد و شهرکرد جزء ژنوتیپ‌های دارای بیشترین تعداد دانه در بوته بودند؛ در مقابل رقم افق (ژنوتیپ G10) در هر چهار ایستگاه تعداد دانه در بوته کمتری را نشان داد.

جدول ۶- مقایسه‌های میانگین بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت تعداد دانه در بوته در ایستگاه‌های مورد بررسی

Table 6- Average comparisons between genotypes in number of seeds per plant at the investigated stations

ژنوتیپ Genotype	خمین Khomein	بروجرد Broujerd	زنجان Zanjan	شهرکرد Shahre kord
G1	22.03f*	37.23fgh	96.99b	45.01fgh
G2	26.03ef	46defgh	60.42cdef	49.73cdfg
G3	30.61def	43.83defgh	81.64bcd	55.37cdfg
G4	52.9b	34.3fgh	82.93bcd	61.07bcdf
Yaghot	52.37b	60.1cd	91.15bc	52.68cdfg
G6	36.33cde	108.6a	112.9a	65.77abc
G7	41.65bcd	51.33def	48.01ef	39.87gh
G8	28.28ef	31.27gh	36.38f	60.99bcdf
G9	26.33ef	28.37h	43.93f	33.57h
Ofogh	25.73ef	45.27defgh	40.41f	55.56cdfg
G11	30.6def	71.53bc	54.67def	47.56dfgh
G12	65.57a	72.27bc	97.11b	63.48abcd
G13	37.53cde	85.13b	90.91bc	75.57ab
G14	29.1def	47.8defg	43.25f	52.45cdfg
G15	32.13def	57.5cde	50.38def	51.75cdfg
G16	24.45ef	41.5efgh	41.75f	51.46cdfg
Dadfar	48.25bc	81.43b	79.6bcde	77.44a

* میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار دارند

* Means with different letters are significantly different at the 5% level

تعداد دانه در غلاف

بیشترین تعداد دانه در غلاف در ایستگاه خمین در ژنوتیپ‌های G12 و G7، در ایستگاه بروجرد در ژنوتیپ‌های G6، G11، G13 و G15، در ایستگاه زنجان در ژنوتیپ‌های G6، G5، G13 و G4 و در ایستگاه شهرکرد در ژنوتیپ‌های G13، G16، G17 و G12 مشاهده شد (جدول ۷). در مقابل، در ایستگاه خمین ژنوتیپ G1، در ایستگاه بروجرد ژنوتیپ G4، در ایستگاه زنجان ژنوتیپ G11 و در ایستگاه شهرکرد ژنوتیپ G14 دارای کمترین تعداد دانه در غلاف بودند.

جدول ۷- مقایسه‌های میانگین بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت تعداد دانه در غلاف در ایستگاه‌های مورد بررسی

Table 7- Average comparisons between genotypes in number of pods per pods at the investigated stations

ژنوتیپ Genotype	خمین Khomein	بروجرد Broujerd	زنجان Zanjan	شهرکرد Shahre kord
G1	2.327h*	2.94abcd	4.53bcde	3.25ef
G2	2.6gh	2.58bcd	4.13de	3.63abcdef
G3	2.827efg	2.24cde	4.83bcd	3.27def
G4	2.665fgh	1.57e	5bc	3.37cdef
Yaghot	3.345cd	2.47bcde	5.17b	3.85abcd
G6	3.24cde	3.76a	6.1a	3.87abc
G7	3.797ab	3.01abc	4.8bcd	3.62abcdef
G8	3.49bc	2.46bcde	4.07e	3.72abcde
G9	3.078cdef	1.95de	4.17de	3.62abcdef
Ofogh	3.39cd	2.9abcd	4.3cde	3.58bcdef
G11	3.09cde	3.76a	3.87e	3.2ef
G12	3.905a	3.05abc	4.97bc	4.02ab
G13	2.858efg	3.43ab	5bc	4.18a
G14	3.041def	2.66bcd	4.3cde	3.1f
G15	3.38cd	3.31ab	4.5bcde	3.35cdef
G16	3.37cd	2.96abcd	4.47bcde	4.08ab
Dadfar	2.848efg	3.17abc	4.8bcd	4.05ab

* میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح پنج درصد تفاوت معنی دار دارند

*Means with different letters are significantly different at the 5% level

عملکرد دانه

بیشترین عملکرد دانه در ایستگاه خمین در ژنوتیپ‌های G12 و G5 و G4، در ایستگاه بروجرد در ژنوتیپ‌های G14 و G13، در ایستگاه زنجان در ژنوتیپ‌های G5 و G12 و در ایستگاه شهرکرد در ژنوتیپ‌های G12 و G16 مشاهده شد. در مقابل، در ایستگاه خمین ژنوتیپ G8، در ایستگاه بروجرد ژنوتیپ G1، در ایستگاه زنجان ژنوتیپ G10 و در ایستگاه شهرکرد ژنوتیپ G2 دارای کمترین عملکرد دانه در هکتار بودند (جدول ۸). همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، واکنش ژنوتیپ‌های امیدبخش جدید در هر منطقه متفاوت بود و در هر منطقه، رقم خاصی برتری داشت. در بین ارقام شاهد نیز رقم باقوت در ایستگاه‌های زنجان و تا حدودی شهرکرد و رقم دادفر در ایستگاه‌های شهرکرد و تا حدودی بروجرد می‌توانند به‌عنوان ارقام برتر با عملکرد بالا انتخاب شوند. معمولاً ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه در شرایط محیطی مختلف، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند (Farshadfar, 2000) و در رویشگاه‌های مختلف، تعداد و اندازه اندام‌های رویشی و زایشی متفاوتی خواهند داشت (Laing et al., 1983). عملکرد لوبیا صفتی کمی و پیچیده است که اجزای آن تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه می‌باشد (Bennett et al., 1997; Adams, 1982). تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت اثر مستقیم مثبت بالایی روی عملکرد دانه در لوبیا دارند (Sadeghi et al., 2011).

در تحقیقی دیگر، اوندر و همکاران (Onder et al., 2013) عملکرد دانه را به‌میزان زیادی تحت تأثیر اثرات مستقیم مثبت عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت دانستند. در تحقیق دیگری با استفاده از تجزیه علیت مشاهده شد که صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد

گل‌دهی، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف و وزن ۱۰۰ دانه بیشترین تأثیر مشتقیم مثبت را بر روی عملکرد دانه لوبیا دارند (Ahmed, 2013).

جدول ۸- مقایسه‌های میانگین بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد دانه در هکتار در ایستگاه‌های مورد بررسی

Table 8- Average comparisons between genotypes in grain yield at the investigated stations

ژنوتیپ Genotype	خمین Khomein	بروجرد Broujerd	زنجان Zanjan	شهرکرد Shahre kord
G1	1641.7efg*	1366.67f	2275def	1968.8g
G2	1378.3g	2316.67cde	2845bcdef	1173.5j
G3	1293.3g	2208.33de	2902.8bcde	812.17k
G4	3190.8ab	1583.33ef	3540abc	1395.5i
Yaghot	3882.5a	2308.33cde	4290a	2063f
G6	2232.5cdef	2866.67abcd	2133.3def	637.17l
G7	2535bcd	2333.3cde	2940bcd	1558.3
G8	1329.2g	1861.67ef	1981.7ef	1624h
G9	1435.8fg	2783.33bcd	2269.5def	1422.1i
Ofogh	1713.3efg	2821.67bcd	1911.7f	2502.7d
G11	2294.2cdef	2956.33abcd	3008.3bcd	2615.5c
G12	3925a	2810bcd	4156.67a	2964.3a
G13	1797.5defg	3108.33abc	2841.7bcdef	2286.8e
G14	2805.8bc	3200ab	2751.7cdef	1608.3h
G15	2320.8cde	3666.67a	2610cdef	864.67k
G16	1619.2efg	2958.33abcd	2078.3def	2848.5b
Dadfar	2921.7bc	2716.67bcd	3755ab	2682.7c

* میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار دارند

* Means with different letters are significantly different at the 5% level

وزن ۱۰۰ دانه

بیشترین وزن ۱۰۰ دانه در ایستگاه خمین در ژنوتیپ‌های G13 و G10 در ایستگاه بروجرد در ژنوتیپ‌های G10، G13 و G14، در ایستگاه زنجان در ژنوتیپ‌های G11 و G14 و در ایستگاه شهرکرد در ژنوتیپ‌های G12 و G4 مشاهده شد (جدول ۹). رقم افق در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی به‌عنوان رقمی با وزن ۱۰۰ دانه بالا شناخته شد. در مقابل، رقم یاقوت جزء ارقام با کمترین وزن ۱۰۰ دانه بود.

جدول ۹- مقایسه‌های میانگین بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت وزن ۱۰۰ دانه در ایستگاه‌های مورد بررسی

Table 9- Average comparisons between genotypes in 100 grain weight at the investigated stations

ژنوتیپ Genotype	خمین Khomein	بروجرد Broujerd	زنجان Zanjan	شهرکرد Shahre kord
G1	26.03f*	32.07g	29.53f	25.53g
G2	28.1ef	38.47ef	36.06d	28.17f
G3	29e	38.41ef	40.61c	35.53e
G4	28.93e	27.5gh	31.93e	43.05b
Yaghot	26.28f	28.85gh	31.2f	27.72f
G6	36.67bc	23.8h	24.03h	24.78g
G7	38.3b	44.78bc	43.87b	19.95h
G8	37.22bc	41.75ce	43.72b	38.7c
G9	36.23bc	43.25ce	44.21b	36.25d
Ofogh	41.85a	50.9a	40.44b	39.15c
G11	27.87ef	32.98fg	49.79a	36.03d
G12	23.58g	31.57g	31.75e	45.02a
G13	41.8a	49.57ab	26.39g	24.7g
G14	35.08c	49.85ab	50.37a	20.93h
G15	31.88d	40.82ce	44.91b	29.92e
G16	21.58g	30.75g	39.18c	36.03d
Dadfar	29.65de	40.58ce	33.07e	27.03f

* میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار دارند

* Means with different letters are significantly different at the 5% level

تجزیه همبستگی و رگرسیون گام‌به‌گام

نتایج این بررسی نشان داد که بین عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت ولی غیرمعنی‌دار وجود داشت (جدول ۱۰). بیشترین ضریب همبستگی عملکرد دانه با تعداد دانه در غلاف بود. بین وزن ۱۰۰ دانه با تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در گیاه همبستگی منفی معنی‌دار و با تعداد دانه در غلاف همبستگی منفی مشاهده شد. بین تعداد دانه در غلاف با تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته نیز همبستگی مثبت معنی‌دار وجود داشت. تنوع و ارتباط بین صفات عملکرد و اجزای آن در لوبیا توسط محققین مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است (Sadeghi et al., 2011; Cokkizgin et al., 2013; Onder et al., 2013; Akhshi et al., 2015; Rai et al., 2011; Sofi et al., 2011) و همکاران (Salehi et al., 2008) ارتباط مثبت و غیرمعنی‌داری بین تعداد دانه در بوته با تعداد غلاف در بوته، طول غلاف و شاخص برداشت در لوبیای معمولی گزارش کردند. احمد (Ahmed, 2013) بین عملکرد دانه با تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، ارتفاع گیاه، طول غلاف، تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبتی را گزارش کرد. رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2023) همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته را در لوبیا چیتی مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. امینی (Amini, 2002) بیشترین همبستگی عملکرد دانه را با وزن غلاف در بوته، تعداد غلاف، تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک گزارش کرد. در بررسی‌های اوندرت و همکاران (Onder et al., 2013) بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک و شاخص

برداشت همبستگی مثبت مشاهده شد، درحالی که بین صفات روز تا گل‌دهی، ارتفاع اولین غلاف و ارتفاع گیاه و تعداد غلاف در بوته همبستگی منفی وجود داشت.

برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد دانه، باید وضعیت اجزای آن در حد مطلوب باشد، به همین دلیل لازم است که در تجزیه و تحلیل میزان عملکرد، اجزای آن نیز به‌دقت مورد بررسی قرار گیرند (Hosseinpour et al., 2014). هرچند که میان عملکرد و برخی از اجزای آن رابطه مثبتی وجود دارد، ولی وجود همبستگی‌های منفی میان برخی از این اجزاء باعث شده است که انتخاب همه آن‌ها نتواند در افزایش عملکرد مفید واقع شود (Rharrabti et al., 1998). در حقیقت، تجزیه همبستگی ساده به‌تنهایی نمی‌تواند در توجیه روابط صفات با عملکرد دانه کارایی لازم را داشته باشد، لذا از رگرسیون گام‌به‌گام به‌منظور تعیین بهترین مدل برای توجیه تغییرات عملکرد دانه استفاده شد (جدول ۱۱). در این روش، متغیرهایی که دارای همبستگی بالاتری با متغیر تابع هستند و دارای سهم بیشتری در توجیه تغییرات آن می‌باشند، زودتر وارد مدل می‌شوند (Mohammadi et al., 2000). نتایج نشان داد که صفات تعداد دانه در غلاف، روز تا رسیدگی، تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه به‌عنوان صفت مؤثر وارد مدل رگرسیونی گردیدند و از بین این صفات نیز تنها صفات روز تا رسیدگی با ضریب منفی و تعداد غلاف در بوته با ضریب مثبت در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند. البته باید اذعان داشت که میزان ضریب تبیین تعدیل شده در این بررسی پایین بود و در مجموع، این چهار صفت، ۳۲/۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. همان‌طور که واضح است صفت تعداد دانه در غلاف در مقایسه با صفت تعداد غلاف در بوته تأثیر کمتری بر عملکرد دانه داشته است. نتایج همبستگی صفات مختلف با عملکرد دانه و تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام به‌ترتیب نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه صفات تعداد غلاف در بوته، روز تا رسیدگی، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد دانه بودند؛ بنابراین با توجه به صفات مهم اشاره شده در بالا، می‌توان با آگاهی از کنترل ژنتیکی این صفات، از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی بهره برد.

جدول ۱۰- نتایج تجزیه همبستگی بین صفات مورد مطالعه در لوبیا

Table 10- Results of correlation analysis for different traits

	تعداد روز تا رسیدن Days to maturity	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pods	وزن ۱۰۰ دانه 100-grain weight
تعداد روز تا رسیدن	1				
تعداد غلاف در بوته	0.31	1			
تعداد دانه در بوته	0.371	0.935**	1		
تعداد دانه در غلاف	0.197	0.532*	0.722**	1	
وزن ۱۰۰ دانه	-0.162	-0.72**	-0.755**	-0.418	1
عملکرد دانه	-0.285	0.381	0.325	0.409	-0.104

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

** and *: Significant at the probability level of 1 and 5%, respectively

جدول ۱۱- نتایج رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه، به عنوان متغیر وابسته، و دیگر صفات به عنوان متغیر مستقل

Table 11- Results of stepwise regression for grain yield, as dependent variable, and other traits as independent variable

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of square	ضریب تبیین تعدیل شده R ² Adjust
Regression	4	48591.07*	0.327
Residual	13	158740.6	

صفات وارد شده به مدل Attributes entered into the model	ضریب رگرسیون Regression coefficient	ضریب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficient	عامل تورم واریانس Variance inflation factor
Constant	1957.38±2223.97	-	-
Number of seeds per pods	532.73±380.18	0.33	1.4
Days to maturity	-40.16*±17.32	-0.49	1.12
Number of pods per plant	96.87*±45.77	0.67	2.56
100-grain weight	30.45±19.97	0.44	2.1

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

** and *: Significant at the probability level of 1 and 5%, respectively

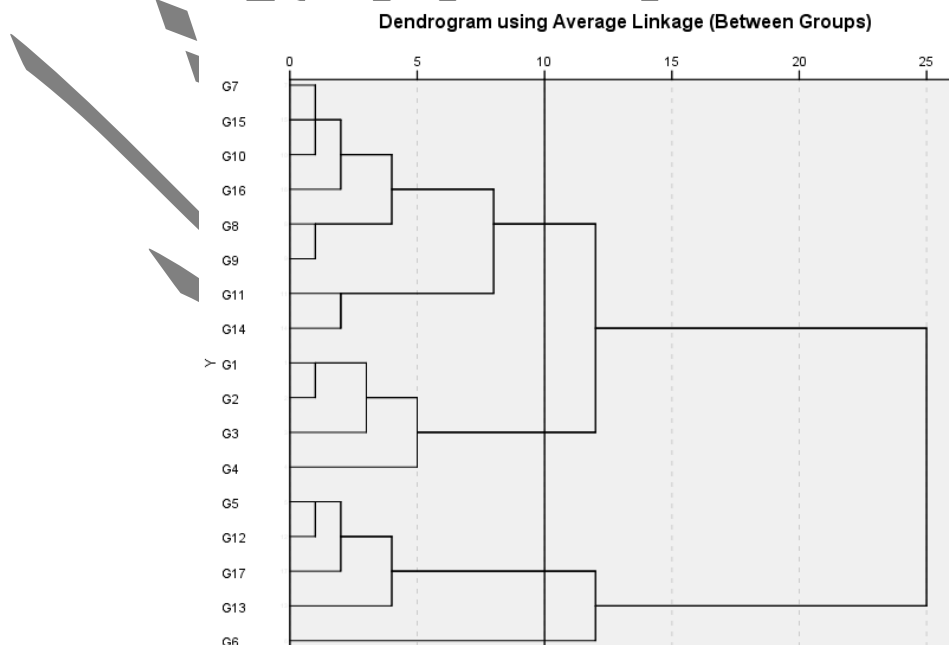
تجزیه کلاستر

تجزیه کلاستر برحسب میانگین داده با استفاده از روش Between group linkage انجام گرفت. جهت تعیین فاصله بین ژنوتیپ‌ها از مربع فاصله اقلیدسی براساس صفات اندازه‌گیری شده استفاده شد. جهت انتخاب بهترین گروه‌بندی از تجزیه واریانس چند متغیره برمبنای طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. در این تجزیه، گروه‌ها به‌عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل گروه‌ها به‌عنوان تکرار در نظر گرفته شدند. در حالت‌های مختلف برش دندروگرام، گروه‌بندی انجام شد که مقادیر آماره و پلکس لامبدا و F حالت‌های مختلف برش در جدول ۱۲ نشان داده شده است. در هر حالت برشی که در آن بیشترین مقدار F به‌دست آمد، بهترین نوع

گروه‌بندی بود. در این حالت، اختلافات بین گروه‌ها خیلی بیشتر از اختلاف درون گروه‌ها بوده و گروه‌بندی صحیح‌تری انجام می‌شود. در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از این روش، ژنوتیپ‌ها در سه گروه مجزا قرار گرفتند، به طوری که ارقام یاقوت و دادفر به همراه ژنوتیپ‌های G12، G13 و G6 در گروه اول، ژنوتیپ‌های G1، G2، G3 و G4 در گروه دوم و بقیه ژنوتیپ‌ها به همراه رقم افق در گروه سوم قرار گرفتند (شکل ۱). با توجه به قرارگیری ژنوتیپ‌ها در کنار دو رقم معرفی شده خوب با پتانسیل عملکرد بالا (یاقوت و دادفر) می‌توان این ژنوتیپ‌ها را به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب برای تمامی مناطق پیشنهاد کرد. با این حال با معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × مکان در اکثر صفات بهتر است که برای هر منطقه ژنوتیپ مطلوب معرفی گردد.

جدول ۱۲- مقادیر F و آماره‌های ویلکس لامبدا برای حالت‌های مختلف گروه‌بندی بر مبنای صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌ها
Table 12- F values and Wilks Lambda statistics for different grouping modes based on traits measured in genotypes

تعداد گروه‌ها Number of Groups	آماره لامبدا Wilks Lambda	مقدار F F Value
2	0.109	17.897
3	0.010	18.163
4	0.003	12.304



شکل ۱- تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز بر اساس صفات عملکرد و اجزاء آن

Fig. 1- Cluster analysis of red bean genotypes based on yield traits and its components

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت کشت گیاه لوبیا در نظام‌های زراعی و کشاورزی پایدار و سهم آن در تأمین بخشی از پروتئین مورد نیاز جوامع انسانی، دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد مطلوب و دارای صفاتی مانند زودرسی، تیپ بوته مناسب و بازارپسند و دارای تحمل به تنش خشکی حائز اهمیت است. براساس صفت تعداد روز تا رسیدن، رقم افق به همراه ژنوتیپ‌های G9، G16 و تا حدودی G4 و براساس عملکرد و اجزای آن، ژنوتیپ G12 و ارقام یاقوت و دادفر را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب گزارش کرد، ولی بهتر است که با توجه به نتایج این تحقیق برای هر منطقه، رقم خاصی را معرفی کرد. در برنامه‌های اصلاحی، بررسی لاین‌های امیدبخش، انتخاب ژنوتیپ برتر و معرفی رقم به‌منظور افزایش تولید در واحد سطح صورت می‌گیرد. مفهوم افزایش عملکرد در واقع افزایش کارایی فیزیولوژیک گیاه می‌باشد که با وجود شرایط محدود بیشترین عملکرد را تولید می‌کند. براساس نتایج این بررسی غیر از عملکرد دانه، اجزاء عملکرد شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، و وزن ۱۰۰ دانه نیز در گزینش ژنوتیپ‌های بهتر نقش داشتند؛ لذا انتخاب غیرمستقیم از طریق انتخاب این صفات می‌تواند در جهت افزایش عملکرد دانه مؤثر باشد. نتایج حاصل از این تحقیق و نیز بررسی‌های محققین مختلف نشان می‌دهد که مؤثرترین اجزاء عملکرد لوبیا جهت دستیابی به عملکرد بالا در شرایط آزمایشی متفاوت (مکان‌ها و سال‌های مختلف)، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف است. رابطه بین وزن ۱۰۰ دانه با عملکرد نیز بسته به نوع ژنوتیپ‌ها و مکان‌های مورد بررسی مثبت و یا منفی گزارش شده است. با توجه به اینکه هدف از این گونه بررسی‌ها، شناسایی مهم‌ترین اجزاء عملکرد جهت استفاده در مسیر اصلاح عملکرد دانه و افزایش میزان آن می‌باشد، بنابراین توصیه می‌شود که محققین از طریق سه صفت تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه جهت افزایش میزان عملکرد دانه اقدام نمایند.

سپاسگزاری

این مقاله، حاصل پروژه پژوهشی انجام یافته در سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی با شماره مصوب ۹۸۰۱۷۳-۰۲۰-۰۳-۶۱-۰۰ می‌باشد.

References

Abebe, A., Brick, M. A. & Kirkby, R. A. (1998). Comparison of selection indices to identify productive dry bean lines under diverse environmental conditions. *Field Crop Research*, 58, 15-23. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00082-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00082-3)

- Adams, M. W. (1982). Plant architecture and yield breeding. *Iowa State Journal of Research*, 56(3), 225-254.
- Ahmed, S. (2013). Correlation and path analysis for agro-morphological traits in Rajmash beans under Baramulla-Kashmir region. *African Journal of Agricultural Research*, 8, 2027-2032. <https://doi.org/10.5897/AJAR2012.0014>
- Akhshi, N., Firouzabadi, F. N., Cheghamirza, K., & Dorri, H. (2015). Coefficient analysis and association between morpho-agronomical characters in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cercetari Agronomice in Moldova*, 48, 29-37. <https://doi.org/10.1515/cerce-2015-0050>
- Amini, A., Ghanadha, M.R. & Abd-mishani, C. 2002. Genetic diversity and correlation between different traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 33: 605-615. <https://doi.org/10.22092/SPIJ.2017.111161>
- Asadi, B., Vaeazi S.H. & Fathi Haftshjani, A. 2015. Genetic diversity and classification of chitti bean genotypes using multivariate analysis methods. *Seed and Plant Improvement Journal*, 4(1): 641- 652 (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22092/SPIJ.2017.111281>
- Bakhshi, B., Poursmaeil, M., & Keshtgar Khajedad, M. 2021. Assessment of agromorphological traits diversity in cowpea landraces originated from arid and warm regions of Iran. *Iranian Journal of Pulses Research* 12(2): 85-103. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v12i2.87704>
- Becker, H.C. & Leon, J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101: 1-25. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1988.tb00261.x>
- Beebe, S. & Mc Clafferty, B. 2006. Biofortified Bean. Centro Agronomico Tropical (CIAT)-Cali, Colombia. 2 p. In: www.harvestplus.org/pdfs/bean.pdf.
- Bennett, J.P., Adams, M.W. & Burga, C. 1997. Pod yield component variation and inter correlation in (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by planting density. *Crop Science*, 17: 73-75. <https://doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700010021x>
- Broughton, W.J., Hernandez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. 2003. Beans (*Phaseolus* spp.): Model food legumes. *Plant Soil*, 252: 55-128. <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>
- Cokkizgin, A., Colkesen, M., Idikut, L., Ozsisli, B., & Girgel, U. 2013. Determination of relationships between yield components in bean by using path coefficient analysis. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3: 085-089. <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>
- Dimova, D. & Svetleva, D. 1992. Inheritance and correlation of some quantitative characters in 348rench bean in relation to increasing the effectiveness of selection. *Abs. Plant Breed.* 63(3): 344. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040682>

- Duarte, R.A. & Adams, M.W. 1972. A Path coefficient analysis of some yield component Interrelations in field bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Science, 12: 579-582. <https://doi.org/10.2135/cropsci1972.0011183X001200050009x>
- Fageria, N.K. & Santos, A.B. 2008. Yield physiology of dry bean. Journal of Plant Nutrition, 31: 983-1004. <https://doi.org/10.1080/01904160802096815>
- Farshadfar, E. 2000. Application of Biometrical Genetics in Plant Breeding. Razi University Press, Kermanshah, Iran. 396 pp. (In Persian). (In Persian with English Summary)
- Ghanbari, A.A., Mozafari, H. & Hassanpour Darvishi, H. 2017. Identification of effective traits on the yield in bean genotypes using multivariate statistical methods, Journal of Crop Breeding, 9(22): 53-62.
- Gomez, O.J., Blair, M.W., Frankow-lindberg, B.E. & Gullberg, U. 2004. Molecular and phenotypic diversity of common bean landraces from Nicaragua. Crop Science, 44: 1412-1418. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1412>
- Hashemi Jezi, S.M. 2014, Investigation and Comparison of Performance and Determination of Compatibility of White Bean Cultivars in Chaharmahal and Bakhtiari Province. the First National Legume Conference, Mashhad, Iran. (In Persian). <http://dx.doi.org/10.1080/03235408.2013.772351>.
- Hosseinpour, T., Ahmadi, A., Mohammadi, F. & Drikvand, R. 2012. The effect of seed rate on grain yield and its components of wheat cultivars in rain fed conditions. Agronomy Journal, 104: 101-110. <http://dx.doi.org/10.22092/AJ.2014.103236>
- Khaghani, S., Bihamta, M.R., & Changizi, M. 2009. Quantitative and qualitative comparison of white and red beans under normal irrigation and drought stress. Environmental Stress Plant Science, 1(2):169-182. <https://doi.org/10.3923/ajps.2008.563.568>
- Kooshki, M. H. & Marzooghian, A. 2020. The evaluation of elite lines obtained from red common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) local populations. Iranian Journal of Pulses Research, 10(2): 77-89. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v10i2.66654>
- Laing, D.R., Kretschmer, P.J., Zuluaga, S. & Jones, P.G. 1983. Field bean. In: Potential productivity of field crops under different environments, Ed. International Rice Research Institute, 227-248. Los Banos, Philippines: International Rice Research Institute.
- Liebman, M., Corson, S., Rowe, R.J. & Halteman, W.A. 1995. Dry bean response to nitrogen fertilizer in two tillage and residue management systems. Agronomy Journal, 87: 538-546. <https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700030024x>
- Mohammadi, A., Bihamta, M.R. & Dorri, H., 2017. Determination of phenotypic correlation coefficients and causality analysis of some traits of broad bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under non-stress and drought stress conditions. Journal of Agriculture, Water, Soil and Plant Research, 8(2): 135-144.(In Persian with English Summary).

- Mohammadi, H., Ahmadi, A., Moradi, F., Abbasi, A., Poustini, K., Joudi, M., & Fatehi, F. 2011. Evaluation of critical traits for improving wheat yield under drought stress, *Iranian Journal of Field Crop Science*, 42(2): 373-385. (In Persian).
- Önder, M., Kahraman, A., & Ceyhan, E. 2013. Correlation and path analysis for yield and yield components in common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 50: 14-19. <http://dx.doi.org/10.5937/ratpov50-3958>
- Rahimi, H., Eshghizadeh, H.R., Razmjoo, J., Zahedi, M., Ghadiri, A., & Asadi, M. 2023. Evaluation of yield and some morpho-physiological characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under different irrigation regimes *Iranian Journal of Pulses Research* 14(1): 19-33. (In Persian with English abstract). <http://dx.doi.org/10.22067/ijpr.v14i1.2206-1026>
- Rai, N., Singh, P., Verma, A., Yadav, P., & Choubey, T. 2010. Hierarchical analysis for genetic variability in pole type French bean. *Indian Journal of Horticulture*, 67: 150-153.
- Rharrabti, S., Elhani, V., Martos, N. & Garcia L.F. Del Moral. 1998. Relationship between some quality traits and yield of durum wheat under southern Spain conditions. *CIHEAM-Option Mediterraneans*, 40:529- 531.
- Sabokdast, M., & Khyalparast, F.A. 2008. Study of relationship between grain yield and yield component in common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, 11(42): 123-133.
- Sadeghi, A., Cheghamirza, K. & Dorri, H.R. 2011. The study of morphoagronomic traits relationship in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biharean Biologist*, 5: 102-108.
- Sainju, U.M., Whitehead, W.F. & Singh, B.P. 2005. Biculture legume–cereal cover crops for enhanced biomass yield, carbon, and nitrogen. *Agronomy Journal*, 97(5): 1403-1412. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0274>
- Salehi, M. & Saeidi, G.H. 2011. Genetic variation of some agronomic traits and yield component in breeding lines of sesame. *Journal of Crop Breeding*, 4(9): 77-92 (In Persian with English Summary).
- Salehi, M., Akbari, R. & KHorshidi Benam, M.A. 2008. Study on response of yield and seed yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to delay in planting in Miyaneh region. *Journal of Crop Production and Processing*, 12(43): 105-115.
- 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. (In Persian with English Summary).
- Singh, S.P., Teran, H., Munoz, C.G. & Takegami, J.C. 1999. Two cycles of recurrent selection for seed yield in common bean. *Crop Science*, 39: 391-397. <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.0011183X0039000200015x>.

- Sofi, P., Zargar, M., Debouck, D., & Graner, A. 2011. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm under temperate conditions of Kashmir valley. *Journal of Phytology*, 3: 47-52.
- Westermann, D.T. & Crother, S.S.E. 1977. Plant population effects on the seed yield components of beans. *Crop Science*, 17: 493-496. <https://doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700040002x>
- Zimmermann, M.J.O. & Waines, J.G. 1984. Heritability of gain yield of common bean on sloe crop and intercrop with maize. *Crop Science*, 25(4): 641-644. <https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400040004x>

