

## Evaluation of Compatibility and Yield Stability of Green Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Lines

Ali Akbar Ghanbari<sup>1\*</sup>, Ramazan Sarparast<sup>2</sup>, Amir Tavassoli<sup>3</sup> and Rahim Ahmadvand<sup>4</sup>

1- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

2- Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Mazandaran Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

3- Researcher, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Fars Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

4- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

\*Corresponding author: aghanbari2004@yahoo.com

(Received: 18 January 2022

Revise: 06 February 2022

Accepted: 15 March 2022)

### Extended Abstract

**1. Introduction:** Green beans are one of the vegetables with high nutritional value in the food basket of Iranian households. However, the domestic variety of green beans has not been improved and released so far. Therefore, in order to obtain high-yielding cultivars of high quality green beans, this experiment was performed.

**2. Materials and Methods:** Eight lines (KS10008, KS10069, KS10071, KS10072, KS10073, KS940102, KS94014 and KS940144) were compared with the commercial cultivars Sunray and Valentino in a randomized complete block design with three replications in three regions: Karaj, Sari and Zarghan over two years (2017-2018). In both years, at the end of April and the beginning of May, the seeds of each line were planted in six rows of five meters long with a seed spacing of 10 cm and a distance between lines of 60 cm. Morphological traits such as the number of pods per plant, length of pods, weight of pods per plant, as well as phenology traits (such as days after planting to emergence of the third trifoliolate leaf, flowering and maturity) and finally green pod yield of each genotype were recorded. The marketability of pods (size, shape, color, crispness and taste) was also checked in each genotype. The results related to the yield of the green pods of the lines were analyzed. Non-parametric rank method was used to determine the degree of compatibility and grouping of genotypes.

**3. Results and Discussion:** The results of combined analysis of variance of green pod yield in three regions during two years showed that the effect of year and location was not significant, but the interaction of year×location, genotype× year, genotype× location and genotype×year× location were significant. Also, the results showed that the genotypes were significantly different in the green pod yield. The comparison of average yield of green pods showed that KS940144 line had the highest pod weight per unit area. Lines KS10071 and KS940102 ranked second and third in terms of green pod yield. The lowest green pod weight was related to KS10072 line. The KS940144 line also showed the highest number of pods per plant. The highest and lowest weight of green pods belonged to KS940144 and KS10072 lines in Karaj, respectively. In Sari, the highest and lowest green pod weight belonged to KS940144 and Valentino and in Zarghan, the highest and lowest green pod weight belonged to KS940144 and KS10072 lines, respectively. One of the factors affecting the production of crops is the interaction between genotype and environment. The less this interaction is, the more stable the production will be. Yield stability analysis by non-parametric ranking method showed that KS940144 and KS10071 lines were the most stable lines. One of the important characteristics of green beans, apart from stringless of pod, is the length of the pod or its elongation. The crispness of the pod and its color are also prominent features in the marketability of green beans. KS10073 line, although it was identified as a stringless line in the previous steps, but in this experiment, it was observed that for this trait, it is variable with the change of environmental conditions and its crispness is also different. KS10008 line is one of the early mature lines and can be suggested for areas with a shorter growing season. Of course, the greater thickness of its pod compared to other lines and commercial cultivars reduces its marketability. Lines KS940143 and KS940144 are similar in pod and have good pod elongation. These two lines are similar in appearance to Sunray variety and even better than it. Their difference is the lighter color of the KS940143 line compared to the KS940144 line and the Sunray variety. Also, the KS940144 line has an elongated and slender pod, while the pods of Sunray variety and KS940143 line are sword-shaped. Lines KS10071 and KS940102 are similar to each other in terms of pod shape and also similar to Valentino variety. These three genotypes have elongated pods. Their difference is the lighter color of the KS940102 line compared to the KS10071 line and the Valentino variety.

**4. Conclusions:** In general, according to the results obtained in the regions, the stability analysis of green pod yield and also considering the important trait of marketing, KS940144, KS10071, KS10008 and KS940102 were selected as the superior lines.

**Keywords:** Beans, Green pods, Line, Yield.

**Citation:** Ghanbari, A. A., Sarparast, R., Tavassoli, A. & Ahmadvand, R. (2022). Evaluation of compatibility and yield stability of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines. *Journal of Vegetables Sciences*, 11(1), 58-69. doi: 10.22034/IUVS.2022.546608.1190

### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



بررسی سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.)علی‌اکبر قنبری<sup>۱\*</sup>، رمضان سرپرست<sup>۲</sup>، امیر توسلی<sup>۳</sup> و رحیم احمدوند<sup>۴</sup>

- ۱- دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران  
 ۲- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران  
 ۳- محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران  
 ۴- استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

\*نویسنده مسئول: aghanbari2004@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۸

## چکیده

لوبیا سبز یکی از سبزیجات با ارزش غذایی بالا در سبد غذایی خانوارهای ایرانی است. با این وجود، تاکنون رقم داخلی برای آن معرفی نشده است. بنابراین، به منظور دست‌یابی به ارقام پرمحصول لوبیا سبز واجد کیفیت بالا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سه منطقه کرج، ساری و زرگان طی دو سال (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) انجام شد. تعداد هشت لاین (KS10071, KS10069, KS10008, KS10072, KS10073, KS940102, KS940143 و KS940144) به همراه ارقام تجاری سانری و والتینو از نظر صفات زراعی و عملکرد مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفت عملکرد غلاف سبز نشان داد که اثر سال و مکان معنی‌دار نبود اما برهمکنش سال × مکان، ژنوتیپ × سال، ژنوتیپ × مکان و ژنوتیپ × سال × مکان معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌ها نیز از نظر عملکرد غلاف سبز اختلاف آماری معنی‌دار داشتند. مقایسه میانگین عملکرد غلاف سبز در مناطق طی دو سال نشان داد که لاین KS940144 بیشترین وزن غلاف در واحد سطح و تعداد غلاف در بوته را داشت. در هر سه منطقه کرج، ساری و زرگان، بیشترین وزن غلاف سبز مربوط به لاین KS940144 بود. کمترین وزن غلاف سبز مربوط به لاین KS10072 بود. تجزیه پایداری عملکرد به روش ناپارامتری رتبه نشان داد که لاین‌های KS940144 و KS10071 پایدارترین لاین‌ها بودند. در مجموع با توجه به نتایج به‌دست آمده در مناطق مورد بررسی طی دو سال، تجزیه پایداری عملکرد غلاف سبز و نیز با در نظر گرفتن صفت مهم بازارپسندی، لاین‌های KS10008, KS10071, KS940102 و KS940144 به‌عنوان لاین‌های برتر انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، غلاف سبز، لاین، لوبیا.

استناد: قنبری، ع. ع.، سرپرست، ر.، توسلی، ا. و احمدوند، ر. (۱۴۰۱). بررسی سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.). علوم سبزی‌ها، ۱۱(۱)، ۶۹-۵۸.

## حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

لوبیاهای مهم‌ترین حبوبات جهان هستند که حدود ۲۵-۲۰ درصد پروتئین دارند. لوبیا از جنس *Phaseolus* بوده و دارای ۲۲=۲n کروموزوم می‌باشد و بیش از ۵۰ گونه دارد. اکثر ارقام مورد کشت لوبیا در ایران و جهان از گونه *P. vulgaris* می‌باشند (Majnoon, Hosseini, 2008).

لوبیا سبز همان لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) است که به صورت تازه خوری، کنسرو شده یا منجمد مصرف می‌شود. از نظر نوع مصرف، تفاوت ارقام لوبیا سبز و لوبیا خشک در غلاف آن‌ها است. در ارقامی که به عنوان لوبیا سبز مصرف می‌شوند، غلاف‌ها ترد، فاقد نخ، کشیده و در مواردی گرد است. لوبیا سبز یکی از سبزیجات با ارزش غذایی بالا است که در سبد غذایی خانوارهای ایرانی جایگاه مناسبی دارد. با این وجود، تاکنون رقم داخلی برای آن معرفی نشده و تنها ارقام سانری و کانتاندر از سال‌های گذشته که به صورت "معرفی ارقام وارداتی" معرفی شده‌اند کشت شده و در بازار استفاده می‌شوند (Ghanbari, 2016).

سطح زیر کشت لوبیا سبز در جهان ۱/۵۸ میلیون هکتار با تولید ۲۳/۲ میلیون تن و میانگین عملکرد ۱۴/۷ تن در هکتار می‌باشد. بیشترین سطح زیر کشت (۱/۳ میلیون هکتار) و میانگین عملکرد (۱۶/۱ تن در هکتار) مربوط به آسیا است. در همین سال، سطح زیر کشت لوبیا سبز در ایران ۸۲۶۵ هکتار با میانگین عملکرد ۸۶۸۳ کیلوگرم در هکتار بوده است (FAO, 2020). مطابق این آمار ایران از نظر میزان تولید در واحد سطح از میانگین جهانی فاصله زیادی دارد و رسیدن به میانگین جهانی نیازمند سرعت بخشیدن به برنامه‌های تحقیقاتی اصلاحی و مدیریت بهینه مزرعه می‌باشد.

مطالعه و سنجش میزان سازگاری و پایداری عملکرد ارقام در شرایط مختلف محیطی در برنامه‌های اصلاح نباتات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هر محصولی حداکثر رشد و عملکرد خود را در مجموعه خاصی از شرایط محیطی دارد. در این میان نه تنها محصولات، بلکه ارقام مختلف یک محصول نیز تفاوت‌های زیادی را

در سازگاری با محیط‌های مختلف نشان می‌دهند (Khajehpour, 2001). بنابراین انتخاب صحیح رقم برای یک مکان خاص اثر زیادی بر نتایج پروژه‌های تولید کشاورزی دارد ( Yazdi Samadi & Poustini, 1995). صفاتی که در مورد رقم از نظر به‌نژادی اهمیت دارند شامل زمان رسیدگی، عادت رویشی گیاه، وضعیت غلاف، رنگ غلاف لوبیا سبز، شکل، نرمی، عمر انباری، مقاومت در برابر بیماری‌ها، زودرسی، توان رویشی گیاه، طول غلاف (بین ۱۲-۱۶ سانتی‌متر)، مزه خوب و دلچسب و بازارپسندی می‌باشند (Peyvast, 2006). علاوه بر موارد مذکور، عوامل دیگری مانند جمعیت و تقاضا، امکانات حمل و نقل، وجود کارگر و رقابت سایر محصولات نیز تعیین‌کننده مرکز تولید محصولی خاص می‌باشند (Ghanbari & Beyzaei, 2004). معمولاً اصلاح‌گران سعی می‌کنند ژنوتیپ‌هایی را انتخاب کنند که پایداری و عملکرد بالا در همه سال‌ها و مکان‌ها را داشته باشند. در مجموع یک ژنوتیپ زمانی پایدار است که عملکرد آن از میانگین عملکرد یک گروه از ژنوتیپ‌های استاندارد در محیط‌های مختلف انحراف نداشته باشد (Gancales et al., 2003).

از عوامل مؤثر بر میزان تولید گیاهان زراعی، برهمکنش ژنوتیپ×محیط می‌باشد. هر چه این برهمکنش کمتر باشد، پایداری تولید بیشتر خواهد بود. وقتی وارسته‌ها در محیط‌های گوناگون با یکدیگر مقایسه می‌شوند، وضعیت آن‌ها در این محیط متفاوت بوده و این امر سبب می‌شود که نتوان برتری یکی را بر دیگری مشخص کرد. زمانی که ارقام در شرایط محیطی مختلف مورد مقایسه قرار می‌گیرند، عملکردشان نسبت به یکدیگر ممکن است یکسان نباشد. یک رقم ممکن است در یک محیط حداکثر عملکرد و در محیط‌های دیگر عملکرد ناچیزی داشته باشد. تغییرات در عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف به برهمکنش ژنوتیپ×محیط نسبت داده می‌شود (Farshadfar, 1998).

در لوبیا افزایش عملکرد از طریق برنامه‌های هیبریداسیون ساده به‌ندرت با موفقیت همراه بوده است

مرکب عملکرد نشان داد ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند و اثرات سال و مکان نیز معنی‌دار بود. براساس آن نتایج، ژنوتیپ‌های دانشکده و ناز بیشترین پایداری دینامیکی (دارای سازگاری عمومی) و ژنوتیپ‌های تلاش و محلی خمین بیشترین پایداری استاتیکی را داشتند. رقم گلی بیشترین میانگین عملکرد اما کمترین پایداری را نشان داد. Sabbaghpour و همکاران (۲۰۰۵) سازگاری ۱۸ لاین و رقم نخود سفید را بررسی کردند. نتایج تجزیه مرکب در شش منطقه طی سه سال نشان داد که برهمکنش سال×مکان و رقم×مکان و برهمکنش رقم×سال×مکان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ارقام از نظر عملکرد اختلاف معنی‌دار آماری داشتند. نتایج تجزیه پایداری به روش گزینش هم‌زمان برای عملکرد و پایداری نشان داد که پایدارترین ژنوتیپ، لاین FLIP 93-93 بود.

Escribano و همکاران (۱۹۹۴) برای مطالعه تنوع ژنتیکی ۵۶ نژاد بومی لوبیا (*P. vulgaris*) را در چهار محیط از شمال غربی اسپانیا کشت کردند. همه صفات مورد بررسی در جمعیت‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار نشان دادند و اغلب اثرات متقابل ژنوتیب و محیط معنی‌دار بودند. دامنه وراثت‌پذیری عمومی برای صفات مورد ارزیابی از ۱۲ درصد برای عملکرد تا ۸۷ درصد برای طول بذر نوسان داشت. Krause و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که تعیین تفاوت‌های ژنتیکی میان ژنوتیپ‌ها امکان انتخاب والدین مناسب برای به‌دست آوردن اثر هتروزیستی و افزایش احتمال شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در نسل‌های در حال تفکیک را میسر می‌سازد. این محققین هفت صفت زراعی را در ۱۵ ژنوتیپ لوبیا سبز بررسی کردند تا اهمیت نسبی هر یک از صفات موجود در ژنوتیپ‌ها را در برنامه‌های اصلاحی مشخص کنند. صفات تعداد روز تا گلدهی، روز تا برداشت، میانگین طول غلاف، تعداد غلاف در بوته و واحد سطح، قطر غلاف و وزن کل غلاف بررسی شد. صفاتی که بیشترین تأثیر را در تنوع ژنوتیپی داشتند شامل تعداد روز تا برداشت، طول غلاف و قطر غلاف بودند.

که دلیل واقعی آن هنوز مشخص نشده است. راهبردهایی که برای افزایش عملکرد در نظر گرفته شده شامل افزایش زمینه ژنتیکی، اصلاح براساس تیپ ایده‌آل، انتخاب برای افزایش راندمان فیزیولوژیکی، انتخاب بر اساس عملکرد ژنوتیپی و قابلیت ترکیب‌پذیری بوده است (Wallace et al., 1993). استفاده از جمعیت‌های بومی در برنامه‌های به‌نژادی لوبیا به دلیل برتری آن‌ها از نظر سازگاری مورد تأکید می‌باشد (Franca Dantas & Blumenschein, 1977). Salehi (۲۰۰۵) با بررسی لاین‌های انتخابی از ۵۰ توده بومی لوبیا چیتی در استان فارس، تعداد سه لاین برتر از نظر عملکرد و سایر صفات زراعی را انتخاب کرد.

Beyzaei و Lak (۲۰۰۰) در بررسی و مقایسه عملکرد و تعیین سازگاری ۱۰ لاین لوبیا سفید، دو لاین به نام‌های Jules و G-11867 را برای کشت در منطقه استان مرکزی معرفی نمودند. Molaei و Ghaffari (۲۰۰۶) تعداد ۱۲ ژنوتیپ لوبیا سفید شامل ۱۱ لاین و رقم شاهد را در منطقه لردگان مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد که تفاوت بین تیمارها از نظر عملکرد دانه و اجزای آن معنی‌دار بود. در آن مطالعه دو لاین Karacasehiro و Goynok 98 به ترتیب با متوسط عملکرد دانه ۴۲۸۲ و ۳۴۳۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد برتر و لاین Goynok 98 از بازاریسندی بسیار خوبی برخوردار بود. Mundel و همکاران (۲۰۰۱) لوبیا سفید رقم AcArgonaut که مناسب کشت در غرب کانادا می‌باشد را معرفی نمودند که این رقم با عملکرد دانه ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد Envoy با عملکرد ۲۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از افزایش عملکرد چشمگیری برخوردار بود. همچنین AcArgonaut دارای تیپ رشد نیمه‌رونده، دارای ساقه و شاخه نیمه‌افراشته با پیچک‌های طویل می‌باشد. تعداد روز تا گلدهی ۵۱ روز و طول دوره رشد از کاشت تا رسیدگی در این رقم ۱۰۱ روز و وزن صد دانه آن ۱۲ گرم بود (Mundel et al., 2001).

Dorri و همکاران (۲۰۰۵) به منظور بررسی و تعیین پایداری هشت ژنوتیپ لوبیا در محیط‌های تنش و بدون تنش، آزمایشی سه ساله انجام دادند. تجزیه وایانس

انتخابی از برنامه‌های اصلاحی لوبیا متعلق به ژرم‌پلاسما لوبیا سبز مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به همراه ارقام تجاری سانری و والنیتینو در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

در هر دو سال، در اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت، بذور هر لاین در شش ردیف به طول پنج متر با فاصله بذر روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله بین خطوط ۶۰ سانتی‌متر کشت شد. توزیع کود شیمیایی بر اساس توصیه کودی و مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در مواقع مورد نیاز انجام شد. صفات مورفولوژیک مانند تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، وزن غلاف در بوته و همچنین صفات فنولوژی (روز از کاشت تا ظهور سه برگچه سوم، گلدهی و رسیدگی) و در نهایت عملکرد غلاف سبز هر تیمار یادداشت شد. بازارپسندی غلاف (اندازه، شکل، رنگ، تردی و طعم) نیز در هر تیمار بررسی شد.

نتایج مربوط به عملکرد غلاف سبز لاین‌ها پس از برداشت برای هر منطقه به‌طور جداگانه مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ساده قرار گرفت؛ همچنین عملکرد لاین‌ها برای سه منطقه مورد تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین مرکب قرار گرفت. قبل از انجام تجزیه مرکب، آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت بررسی شد. از روش میانگین رتبه (Rank) برای تعیین لاین‌های پایدار آزمایش استفاده شد. از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و Excel برای تجزیه آماری داده‌ها و تعیین رتبه ژنوتیپ‌ها استفاده شد.

Awan و همکاران (۲۰۱۴) تعداد ۳۰ ژنوتیپ لوبیا را از نظر صفات مورفولوژیکی و زراعی بررسی کرده و نتیجه گرفتند که تنوع بسیار بالایی از نظر عملکرد، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و تعداد دانه در غلاف در بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. این محققین اظهار داشتند که از این تنوع می‌توان در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد و یا به‌طور مستقیم و پس از ارزیابی در مکان‌های آزمایشی مختلف می‌توان رقم مناسب برای هر منطقه معرفی کرد. در مطالعه پایداری ژنوتیپ‌های بزرگ در ۱۸ محیط در اتیوپی از سه کمیت پارامتری و دو کمیت ناپارامتری استفاده و یک ژنوتیپ به‌عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی شد. مقایسه بین نتایج این روش‌ها نشان داد که ضریب تغییرات، واریانس پایداری و واریانس رتبه با نتایج مشابهی در مورد پایداری ژنوتیپ‌ها همراه بودند (Adugna & Labuschagne, 2003).

دوره رشد لوبیا سبز کوتاه و در حدود ۸۰-۷۰ روز با قابلیت برداشت غلاف بیش از سه بار در فصل رشد می‌باشد. همچنین امکان کشت بهاره و تابستانه آن وجود دارد (Ghanbari, 2016). با وجود جایگاه مناسب این محصول در سبد غذایی، فعالیت تحقیقاتی چندانی در رابطه با اصلاح و معرفی ارقام لوبیا سبز انجام نشده است. بنابراین با توجه به عدم تعدد ارقام لوبیا سبز در ایران، شناسایی و انتخاب ارقام مناسب و پرمحصول یکی از اهداف اصلی این پژوهش بود.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های لوبیا سبز، این آزمایش طی دو سال (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) در کرج، ساری و زرقان فارس با تعداد هشت لاین

جدول ۱- مشخصات هواشناسی مزارع تحقیقاتی کرج، ساری و زرقان

Table 1- Meteorological characteristics of Karaj, Sari and Zarghan research farms

مکان Location	ارتفاع از سطح دریا Elevation (m)	میانگین بارش سالانه Precipitation (mm)	میانگین دمای کمینه Min. temp. (°C)	میانگین دمای بیشینه Max. temp. (°C)	میانگین دمای سالانه Annual temp. (°C)	میانگین رطوبت نسبی Relative humidity (%)
کرج (Karaj)	1312	247	8.0	20.8	14.4	53
ساری (Sari)	51	756	7.2	25.7	16.5	78
زرقان (Zarghan)	1600	292	8.1	25.2	16.6	44

## نتایج و بحث

عملکرد غلاف سبز در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند (جدول ۲). مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در مناطق مختلف در جداول ۳ تا ۵ ارائه شده است. بر اساس نتایج، در کرج بیشترین و کمترین وزن غلاف سبز مربوط به لاین‌های KS940144 و KS10072 بود (جدول ۳). در ساری بیشترین و کمترین وزن غلاف سبز مربوط به لاین KS940144 و والننتینو (جدول ۴) و در زرقان، بیشترین و کمترین وزن غلاف سبز مربوط به لاین‌های KS940144 و KS10072 بود (جدول ۵).

مطابق نتایج مقایسه میانگین لاین KS10072 دیررس‌ترین ژنوتیپ بود؛ هرچند از نظر آماری تفاوت معنی‌دار با سایر لاین‌ها، به جزء لاین KS940143 نداشت. رقم والننتینو زودرس‌ترین ژنوتیپ بود هر چند تفاوت آن با رقم سانری و سایر لاین‌ها به جزء KS10072 و KS940102 معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین عملکرد غلاف سبز در واحد سطح به ترتیب مربوط به لاین‌های KS940144 و KS10072 بود. لاین KS940144 بیشترین تعداد غلاف در بوته را نیز دارا بود. لاین‌های KS10071 و KS940102 نیز از نظر

## جدول ۲- میانگین صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های لوبیا سبز در سه مکان (کرج، ساری و زرقان) طی دو

سال (۹۷-۱۳۹۶)

Table 2- Mean of evaluated characters in green bean genotypes in three regions (Karaj, Sari and Zarghan) during two years (2017-18)

ژنوتیپ	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا اولین برداشت	تعداد غلاف در بوته	عملکرد غلاف سبز
Genotype	Days to flowering	Days to the first harvest	Pods per plant	Pod yield (g.m <sup>-2</sup> )
KS10008	51.17 <sup>a</sup>	74.06 <sup>abc</sup>	196 <sup>de</sup>	1094 <sup>d</sup>
KS10069	48.89 <sup>cd</sup>	74.56 <sup>abc</sup>	164 <sup>ef</sup>	839 <sup>e</sup>
KS10071	51.94 <sup>a</sup>	74.39 <sup>abc</sup>	317 <sup>b</sup>	1485 <sup>b</sup>
KS10072	50.78 <sup>ab</sup>	77.72 <sup>a</sup>	129 <sup>f</sup>	675 <sup>f</sup>
KS10073	50.44 <sup>abc</sup>	75.89 <sup>abc</sup>	251 <sup>c</sup>	1126 <sup>d</sup>
KS940102	51.50 <sup>a</sup>	77.39 <sup>ab</sup>	333 <sup>b</sup>	1392 <sup>bc</sup>
KS940143	48.00 <sup>d</sup>	72.72 <sup>c</sup>	223 <sup>cd</sup>	1030 <sup>d</sup>
KS940144	51.28 <sup>a</sup>	73.78 <sup>abc</sup>	399 <sup>a</sup>	1772 <sup>a</sup>
Sunray	49.33 <sup>bcd</sup>	73.06 <sup>bc</sup>	299 <sup>b</sup>	1301 <sup>c</sup>
Valentino	50.89 <sup>ab</sup>	71.94 <sup>c</sup>	326 <sup>b</sup>	1346 <sup>bc</sup>
Mean	50.12	74.55	263.7	1206

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.  
In each column, means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test (P<0.05).

## جدول ۳- میانگین صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های لوبیا سبز در کرج (۹۷-۱۳۹۶)

Table 3- Mean of evaluated traits in green bean genotypes in Karaj (2017-18)

ژنوتیپ	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا اولین برداشت	تعداد غلاف در بوته	عملکرد غلاف سبز
Genotype	Days to flowering	Days to the first harvest	Pods per plant	Pod yield (g.m <sup>-2</sup> )
KS10008	40.50 <sup>e</sup>	53.67 <sup>d</sup>	303 <sup>bc</sup>	1581 <sup>abc</sup>
KS10069	40.83 <sup>de</sup>	63.17 <sup>bc</sup>	273 <sup>c</sup>	1200 <sup>c</sup>
KS10071	44.50 <sup>a</sup>	62.00 <sup>b</sup>	395 <sup>ab</sup>	1764 <sup>ab</sup>
KS10072	42.00 <sup>bcd</sup>	66.00 <sup>a</sup>	243 <sup>c</sup>	1140 <sup>c</sup>
KS10073	42.67 <sup>b</sup>	61.50 <sup>b</sup>	416 <sup>a</sup>	1696 <sup>ab</sup>
KS940102	45.50 <sup>a</sup>	61.50 <sup>b</sup>	348 <sup>abc</sup>	1581 <sup>abc</sup>
KS940143	45.50 <sup>a</sup>	61.50 <sup>b</sup>	420 <sup>a</sup>	1603 <sup>abc</sup>
KS940144	43.17 <sup>b</sup>	61.50 <sup>b</sup>	411 <sup>ab</sup>	1833 <sup>a</sup>
Sunray	41.00 <sup>de</sup>	61.50 <sup>b</sup>	273 <sup>c</sup>	1331 <sup>bc</sup>
Valentino	42.33 <sup>bc</sup>	56.67 <sup>c</sup>	341 <sup>abc</sup>	1469 <sup>abc</sup>
Mean	42.8	60.9	342	1518

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.  
In each column, means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test (P<0.05).

جدول ۴- میانگین صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های لوبیا سبز در ساری (۱۳۹۶-۹۷)

Table 4- Mean of evaluated traits in green bean genotypes in Sari (2017-18)

ژنوتیپ Genotype	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد روز تا اولین برداشت Days to the first harvest	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	عملکرد غلاف سبز Pod yield (g.m <sup>-2</sup> )
KS10008	62.17 <sup>a</sup>	75.00 <sup>b</sup>	102 <sup>cd</sup>	730 <sup>d</sup>
KS10069	61.33 <sup>cd</sup>	74.16 <sup>b</sup>	114 <sup>bc</sup>	832 <sup>bcd</sup>
KS10071	61.50 <sup>a</sup>	75.50 <sup>ab</sup>	97 <sup>d</sup>	763 <sup>bcd</sup>
KS10072	57.17 <sup>ab</sup>	75.00 <sup>b</sup>	97 <sup>d</sup>	743 <sup>cd</sup>
KS10073	63.83 <sup>a</sup>	77.83 <sup>a</sup>	121 <sup>ab</sup>	873 <sup>bc</sup>
KS940102	59.33 <sup>a</sup>	76.00 <sup>ab</sup>	107 <sup>bcd</sup>	775 <sup>bcd</sup>
KS940143	55.67 <sup>d</sup>	75.33 <sup>ab</sup>	118 <sup>abc</sup>	880 <sup>b</sup>
KS940144	59.33 <sup>a</sup>	75.33 <sup>ab</sup>	132 <sup>a</sup>	1003 <sup>a</sup>
Sunray	57.33 <sup>bcd</sup>	73.67 <sup>bc</sup>	103 <sup>cd</sup>	772 <sup>bcd</sup>
Valentino	61.33 <sup>ab</sup>	74.50 <sup>b</sup>	103 <sup>cd</sup>	720 <sup>d</sup>
Mean	59.90	75.23	109.4	809

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.  
In each column, means followed by the same letters are not significantly different according Duncan's multiple range test (P<0.05).

جدول ۵- میانگین صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های لوبیا سبز در زرقان (۱۳۹۶-۹۷)

Table 5- Mean of evaluated traits in green bean genotypes in Zarghan (2017-18)

ژنوتیپ Genotype	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد روز تا اولین برداشت Days to the first harvest	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	عملکرد غلاف سبز Pod yield (g.m <sup>-2</sup> )
KS10008	50.83 <sup>a</sup>	93.50 <sup>a</sup>	183 <sup>de</sup>	971 <sup>c</sup>
KS10069	44.50 <sup>bc</sup>	86.33 <sup>a</sup>	104 <sup>fg</sup>	487 <sup>e</sup>
KS10071	49.83 <sup>a</sup>	85.67 <sup>a</sup>	458 <sup>c</sup>	1927 <sup>b</sup>
KS10072	53.17 <sup>a</sup>	92.17 <sup>a</sup>	48 <sup>g</sup>	140 <sup>f</sup>
KS10073	44.83 <sup>bc</sup>	88.33 <sup>a</sup>	217 <sup>d</sup>	809 <sup>cd</sup>
KS940102	49.67 <sup>a</sup>	94.67 <sup>a</sup>	541 <sup>b</sup>	1822 <sup>b</sup>
KS940143	42.83 <sup>c</sup>	81.33 <sup>a</sup>	132 <sup>ef</sup>	607 <sup>d</sup>
KS940144	51.33 <sup>a</sup>	84.50 <sup>a</sup>	655 <sup>a</sup>	2478 <sup>a</sup>
Sunray	49.67 <sup>a</sup>	84.00 <sup>a</sup>	521 <sup>bc</sup>	1800 <sup>b</sup>
Valentino	49.00 <sup>ab</sup>	84.67 <sup>a</sup>	534 <sup>b</sup>	1848 <sup>b</sup>
Mean	48.56	87.52	339	1289

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.  
In each column, means followed by the same letters are not significantly different according Duncan's multiple range test (P<0.05).

عملکرد، بر مبنای نسبت میانگین هر ژنوتیپ به میانگین تمام ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مورد بررسی و بر حسب درصد است. بر پایه این روش غیرپارامتری، ژنوتیپی پایدار است که شاخص نسبت عملکرد بیشتری داشته باشد.

معنی‌دار شدن بر همکنش ژنوتیپ×سال×مکان حاکی از تفاوت لاین‌های مورد ارزیابی از لحاظ عملکرد و پاسخ به شرایط متفاوت محیطی در سه منطقه است. بنابراین با معنی‌دار شدن این اثر می‌توان تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها را انجام داد. نتایج تجزیه پایداری عملکرد غلاف سبز در جدول ۶ آمده است. روش شاخص نسبت

جدول ۶- تجزیه پایداری عملکرد غلاف سبز ژنوتیپ‌های لوبیا بر اساس روش ناپارامتری رتبه

Table 6- Analysis of pod yield stability in green bean genotypes based on non-parametric ranking method

ژنوتیپ Genotype	کرج Karaj		ساری Sari		زرقان Zarghan		میانگین عملکرد Mean yield	میانگین رتبه Mean rating (R <sub>i</sub> )	انحراف معیار رتبه Standard deviation of rank	شاخص نسبت عملکرد Yield ratio index
	2017	2018	2017	2018	2017	2018				
KS10008	6	4	6	9	6	6	1094	6.16	1.60	90.71
KS10069	4	10	4	2	9	8	839	6.16	3.25	69.57
KS10071	5	1	8	7	4	1	1485	4.33	2.94	123.13
KS10072	10	9	10	3	10	10	675	8.66	2.80	55.97
KS10073	3	6	3	8	7	7	1126	5.66	2.16	93.37
KS940102	7	3	5	5	2	5	1392	4.50	1.76	115.42
KS940143	1	8	2	6	8	9	1030	5.66	3.39	85.40
KS940144	2	2	1	1	1	4	1772	1.83	1.17	146.90
Sunray	8	7	7	4	3	3	1301	5.33	2.25	107.88
Valentino	9	5	9	10	5	2	1346	6.66	3.14	111.61

میانگین عملکرد غلاف سبز در کل مناطق طی دو سال: ۱۲۰۶ گرم در متر مربع.  
Mean yield of green pods in all regions during two years: 1206 g.m<sup>-2</sup>.

غلاف مشخص شده بود، اما در این آزمایش مشاهده شد که برای این صفت با تغییر شرایط محیطی متغیر بوده و تردی آن نیز متفاوت می‌باشد. لاین‌های KS10069 و KS10072 از نظر شکل و طول غلاف متفاوت با سایر لاین‌ها بودند. غلاف آن‌ها بدون نخ است و امکان استفاده آنها به‌عنوان لوبیا سبز می‌باشد اما به‌دلیل کوتاه بودن غلاف و یا پیچش انتهایی غلاف بازاری پسندی خوبی نخواهند داشت. لاین KS10008 از لاین‌های زودرس بوده و می‌توان برای مناطقی که فصل رشد کوتاه‌تری دارند پیشنهاد داد. ضمن اینکه به‌دلیل هم‌زمانی رسیدگی غلاف‌ها، تعداد چین (برداشت غلاف سبز) در آن کمتر بوده و این ویژگی برای کاهش تعداد نیروی کارگری مزیت محسوب می‌شود. البته، ضخامت بیشتر غلاف آن نسبت به سایر لاین‌ها و ارقام تجاری، از بازاری پسندی آن می‌کاهد. لاین‌های KS940143 و KS940144 از نظر غلاف شبیه هستند و از کشیدگی غلاف خوبی برخوردارند. این دو لاین از نظر شکل ظاهری مشابه رقم سانری و حتی بهتر از آن می‌باشند. تفاوت آن‌ها رنگ روشن‌تر لاین KS940143 نسبت به لاین KS940144 و رقم سانری است. همچنین لاین KS940144 دارای غلاف کشیده و قلمی است در حالی که غلاف‌های رقم سانری و لاین KS940143

در بررسی و تعیین سازگاری تعداد ۱۳ لاین لوبیا به همراه رقم دانشکده، لاین WA-8592-1 به‌دلیل دارا بودن تیپ بوته ایستاده و قابل برداشت به‌صورت مکانیزه و بازاری پسندی خوب و عملکرد مناسب و لاین WA-8563-6 به‌دلیل عملکرد بالا، بازاری پسندی خوب و تحمل به بیماری‌های ویروسی BCMV و CMV قابل معرفی برای همه مناطق کشت لوبیا در کشور تشخیص داده شدند (Taheri Mazandarani *et al.*, 2007).

Beyzaei و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی سازگاری لاین‌های لوبیا در سه منطقه (خمین، بروجرد و زنجان) با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب دو ساله و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی هر یک از مناطق و همچنین تجزیه واریانس مرکب دو ساله و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در مناطق مورد اجرا و بازاری پسندی و درصد پروتئین به‌دست آمده از ژنوتیپ‌های مورد بررسی، دو ژنوتیپ را برای کشت در مناطق معتدل سرد کشور انتخاب کردند.

از صفات مهم لوبیا سبز، طول غلاف یا کشیدگی آن است؛ تردی غلاف و رنگ آن نیز از صفات بارز در بازاری پسندی لوبیا سبز است. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر این صفات تنوع خوبی داشتند. لاین KS10073 با وجود اینکه در مراحل قبل به‌عنوان لاین فاقد نخ در

غلاف‌های کشیده و قلمی هستند. تفاوت آن‌ها رنگ روشن‌تر لاین KS940102 نسبت به لاین KS10071 و رقم والنیتینو است (شکل ۱).

شمشیری است. لاین‌های KS10071 و KS940102 از نظر شکل ظاهری غلاف مشابه یکدیگر و همچنین مشابه رقم والنیتینو هستند. این سه ژنوتیپ دارای



شکل ۱- تصویر لاین‌های برگزیده و ارقام تجاری سانری و والنیتینو

Figure 1- Selected lines and commercial cultivars of Sunray and Valentino

برهمکنش ژنوتیپ در محیط تجزیه شود تا بتوان ژنوتیپ‌های خاص را به محیط‌های ویژه نسبت داد. بنابراین برای تعیین درجه سازگاری و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از روش ناپارامتری رتبه استفاده شد. بر این اساس لاین‌های KS940144، KS10071 و KS940102 بیشترین پایداری را در مکان‌های آزمایش نشان دادند

وجود برهمکنش معنی‌دار ژنوتیپ و محیط نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف عملکرد متفاوتی دارند و بیانگر این است که ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها (مناطق مورد مطالعه) دارای سازگاری خصوصی هستند و گزینش ژنوتیپ‌ها تنها بر اساس عملکرد، مناسب نبوده و علاوه بر عملکرد آن بررسی پایداری برای ارزیابی پتانسیل ژنوتیپ‌ها لازم است؛ بنابراین لازم است با استفاده از روش‌های آماری

جدول ۷- مقایسه صفات مورد ارزیابی لاین‌های منتخب با ارقام تجاری

Table 7- Comparison of evaluated traits of selected lines with commercial cultivars

ژنوتیپ Genotype	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد روز تا اولین برداشت Days to the first harvest	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	عملکرد غلاف سبز (گرم در متر مربع) Pod yield (g m <sup>-2</sup> )	تغییر عملکرد نسبت به سانری (درصد) Yield change compared to Sunray (%)	تغییر عملکرد نسبت به والنیتینو (درصد) Yield change compared to Valentino (%)
KS10008	51.17	74.06	196	1094	-15.9	-18.7
KS10071	51.94	74.39	317	1485	14.0	10.3
KS940102	51.50	77.39	333	1392	7.0	3.4
KS940144	51.28	73.78	399	1772	36.2	31.6
Sunray	49.33	73.06	299	1301	-	-
Valentino	50.89	71.94	326	1346	-	-

## نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج صفات مورد ارزیابی در مناطق مورد بررسی طی دو سال، تجزیه پایداری عملکرد غلاف سبز و نیز با در نظر گرفتن صفت مهم بازارپسندی (شامل نداشتن نخ در غلاف، کشیدگی، تردی و رنگ غلاف)، چهار لاین KS10008، KS10071، KS940102 و KS940144 انتخاب شدند که مناسب کشت در مناطق معتدل و معتدل سرد هستند.

## سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پروژه پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به شماره ۹۶۰۲۰۹-۱۷-۰۳-۰۳ می‌باشد. از تمامی کسانی که در تصویب و اجرای پروژه تحقیقاتی همکاری داشته‌اند، سپاسگزاری می‌نماییم.

## References

- Adugna, W. & Labuschagne, M. T. (2003). Parametric and nonparametric measures of phenotypic stability in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Euphytica*, 129(2), 211-218.
- Awan, F. K., Khurshid, M. Y., Afzal, O., Ahmed, M. & Chaudhry, A. N. (2014). Agro-morphological evaluation of some exotic common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under rainfed conditions of Islamabad, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 46(1), 259-264.
- Beyzaei, I. & Lak, M. R. (2000). Evaluation and comparing yield and determining compatibility of white bean cultivars. Report of Project No. 100-12-77236. SPII, Iran.
- Beyzaei, I., Ghanbari, A. A., Kooshki, M. H. & Kamel, M. (2011). Evaluation and comparing yield and determining the compatibility of white bean cultivars and lines. Report of Project No. 0-100-12-21-84164. SPII, Iran. (In Persian)
- Dorri, H. R., Lak, M. R. & Ghanbari, A. A. (2005). Stability study of bean cultivars in stress and non-stress weed environments. The first Iranian pulse crops symposium. 20-21 November. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Escribano, M. R., De Ron, A. M. & Amurrio, J. M. (1994). Diversity in agronomical traits in common bean populations from Northwestern Spain. *Euphytica*, 76(1), 1-6.
- FAOSTAT-Crops, F. A. O. (2020). Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data.QC> (accessed on 20 March 2020).
- Farshadfar, E. (1998). Application of quantitative genetics in plant breeding. Tagh Bostan Publications, Kermanshah, Iran. (In Persian)
- Franca-Dantas, M. S. & Blumenschein, A. (1977). Value of regional populations of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in breeding programs. USDA publications, Reports of Bean Improvement Cooperative and National Dry Bean Council Research Conference. 44-45.
- Gonçalves, P. D. S., Bortoletto, N., Martins, A. L. M., Costa, R. B. D. & Gallo, P. B. (2003). Genotype-environment interaction and phenotypic stability for girth growth and rubber yield of Hevea clones in São Paulo State, Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 26, 441-448.
- Ghanbari, A. A. (2016). Study and preliminary yield comparison of green bean (*Phaseolus vulgaris*) lines. Report of Project No. 2-03-03-94141. SPII, Iran. (In Persian)
- Ghanbari, A. A. & Beyzaei, E. (2004). Study and comparing yield of white, red and Chitti beans. Report of Project No. 121-12-80321. SPII, Iran. (In Persian)
- Khajepour, M. R. (2001). Principles of agronomy. Jihad Daneshgahi Publications, Isfahan Industrial Branch, Isfahan, Iran. (In Persian)
- Krause, W., Rodrigues, R., Goncalves, L. S. A., Neto, F. V. B., & Leal, N. R.

- (2009). Genetic divergence in snap bean based on agronomic traits and resistance to bacterial wilt. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 9(3), 246-252.
- Majnoon Hosseini, N. (2008). Pulse production (Pulses in Iran). Jihad Daneshgahi Publications, University of Tehran, Iran.
  - Molaei, A. & Ghaffari Khaliq, H. (2006). Characterization of Karakasehiro and Goynok 98 white bean lines in Lordegan region. 9th Iranian Congress of Crop Science and Plant Breeding. Abu Reihan Campus, University of Tehran, Iran.
  - Mundel, H. H., Kiehn, F. A., Saindon, G., & Huang, H. C. (2001). Registration of AC Argonaut'navy dry bean. (Registrations of Cultivars). *Crop Science*, 41(6).
  - Peyvast, G. A. (2006). Vegetables. Daneshpazir Publications, Rasht, Iran. (In Persian)
  - Sabbaghpour, S. H., Pezeshkpour, P., Safikhani, M., Sarparast, R., Saeed, A., Beygi, A., Mahmoudi, F. & Zali, H. (2005). Study and comparison of yield and determination of compatibility of white chickpea cultivars in autumn cultivation in rainfed conditions. The first Iranian pulse crops symposium. 20-21 November. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)
  - Salehi, P. (2005). Selection of pure and superior lines among the native populations of Chitti beans in Fars province. The first Iranian pulse crops symposium. 20-21 November. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)
  - Taheri Mazandarani, M., Taheriun, G., Salehi, P. & Mohammadkhani, R. (2007). Study and comparing yield and determining compatibility of white bean cultivars. Report of Project No. 0-100-120000-00-0000-78221. SPII, Iran. (In Persian)
  - Wallace, D. H., Baudoin, J. P., Beaver, J., Coyne, D. P., Halseth, D. E., Masaya, P. N. & Zobel, R. W. (1993). Improving efficiency of breeding for higher crop yield. *Theoretical and Applied Genetics*, 86(1), 27-40.
  - Yazdi Samadi, B. & Poustini, K. (1995). Principles of crop production. Jihad Daneshgahi Publications, University of Tehran, Iran. (In Persian).