Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 16, Issue 3, 2024 p: 79-90

OPEN ACCESS

Research Paper

Evaluation of the Traits Impact Model on the Lentil Seed Yield to Determine Selection Methods

Gader Ghaffari Neamat Abad[1], Jalal Saba[2], Ehsan Mohseni fard[3] and Afshin Tavakoli Zaniani[4]

1- Ph.D. Student, Department of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Znjan, Iran, (Corresponding author: ghaffari314@yahoo.com)

2- Professor, Department of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

3- Assistant Professor, Department of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

4- Associate Professor, Department of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 12 December, 2023 Accepted: 3 March, 2024

Extended Abstract

Background: Lentil (*Lens culinaris* Medik) is a cool season seed legume and a good source of nutrients needed by humans, including protein, carbohydrates, vitamins, and minerals. The production of high-yielding and high-plant-height varieties is one of the lentil improvement goals. For this purpose, it is necessary to collect and evaluate germplasm as a base population, along with identifying and utilizing lines with high potential and other desirable traits. The environment has a significant effect on the crop production of this plant. Therefore, direct selection is important for seed yield. Since seed yield depends on the yield components, the yield and its components must be regarded as a group at the selection time to improve the yield. To properly increase yield and economic efficiency, we need to collect desirable lines with desirable genes and transfer these genes to cultivated lines to produce desirable cultivars. Consequently, sufficient information is necessary on accessible genetic materials, which is possible by evaluating different traits.

Methods: To assess the model of the simultaneous effect of traits on the lentil seed yield for determining the selection procedure in native lentil lines of Zanjan province, an experiment was conducted in the research farm of the Faculty of Agriculture, Zanjan University, during two cropping years 2017-2018 and 2018-2019. In both years of the experiment, improved cultivars, such as Kimia, Sabz Kohin, Gachsaran, Maragheh, and Bilehsavar, were used as control cultivars. The first-year experiment was conducted in an augmented design based on a randomized complete block design with 200 lines. Each experimental unit included a 1-m row. The distance between the rows was 25 cm, the distance between plants in a row was 5 cm, and the planting depth was 5 cm. Two rows of Kohin-Sabz lentils were planted as margins at the beginning and end of each block. Due to obtaining a sufficient amount of seeds from the first year, the second-year experiment was carried out as a simple lattice design with two replications and larger experimental units for the lines selected from the first year. Each experimental unit included two 1-m lines. The distance between the rows, the distance between plants in a row, and the planting depth were similar to the first-year experiment. Two rows of Kuhin green lentils were planted as margins at the beginning and end of each incomplete block. The measured traits included phenological and morphological traits, yield, and yield components per plant and unit area.

Results: Among the studied traits, the highest coefficient of variation was obtained for the number of seeds, biomass, straw yield, and seed yield. The coefficient of correlation showed that the number of seeds and seed yield were positively and significantly correlated with phenological traits, such as the podding period, physiological maturity, and seed-filing period, as well as morphological traits such as plant height and first branching height, respectively. A positive and significant correlation was observed between the number of seeds and seed yield with the number of pods per plant and biomass per plant. In regression analysis by the stepwise method, plant height was the first trait entered into the model, which could explain 46.8% of the variation related to seed yield per plant. Then, the number of seeds per plant, 1000-seed weight (TSW), straw yield per plant, and the seed-filling period were entered into the model, respectively, which could totally explain 67.5% of the variation related to seed yield per plant. The results of the path analysis showed that the number of seeds per plant had the most considerable direct and positive effect on seed

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.79]

yield, followed by the direct effect of the TSW, plant height, and seed-filling period, respectively. Therefore, these traits would be recommended as the most important and significant traits in the indirect selection of seed yield in lentils. Most of the indirect effects of the traits on seed yield were positive, and the most indirect effects were related to seed-filling period, plant height, and straw yield through the number of seeds per plant. Besides, the seed-filling period through plant height and the plant height through the number of seeds had an indirect effect on seed yield. In factor analysis based on principal component analysis and varimax rotation, six factors explained about 76% of the data variation. The first three factors included the most considerable volume of data variation. The first factor was identified as phenology and height, and the second and third factors were identified as yield and yield components. Results showed that the selection based on these factors would lead to the genesis of the high-yield lines.

Conclusion: The highest coefficient of variation belonged to these traits: the number of seeds, biomass, straw yield, and seed yield. Seed yield per plant had a positive and significant correlation with the phenological traits of the podding period, seed-filling period, and physiological maturity, as well as morphological traits, namely plant height and the height of the first branch. The number of seeds per plant had the most direct effect on seed yield, followed by TSW, plant height, and seed-filling period. Therefore, these traits can be considered the criteria for selecting superior lines. According to the factor analysis results, six factors could justify 77.306% of the data variations.

Keywords: Correlation Coefficient, Factor Analysis, Indirect filling, Path Analysis, Stepwise Regression

How to Cite This Article: Ghaffari Neamat Abad, Gh., Saba, J., Mohseni fard, E., & Tavakoli Zaniani, A. (2024). Evaluation of the Traits Impact Model on the Lentil Seed Yield to Determine Selection Methods. *J Crop Breed,* 16(3), 79-90. DOI: 10.61186/jcb.16.3.79

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

OPEN ACCESS

مقاله پژوهشی

بررسی مدل تأثیرگذاری صفات بر عملکرد دانه عدس به‌منظور تعیین رهیافت گزینش

قادر غفاری نعمت آباد[۱]، جلال صبا[۲]، احسان محسنی‌فرد[۳] و افشین توکلی زانیانی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، (نویسنده مسوول: ghaffari314@yahoo.com)
۲- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۳- استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۴- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۳
صفحه: ۷۹ تا ۹۰

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: عدس با نام علمی (*Lens culinaris* Medik.) یک لگوم دانه‌ای سرمادوست است که منبع خوبی از مواد مغذی مورد نیاز انسان شامل پروتئین، کربوهیدرات، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد. یکی از اهداف اصلاحی عدس تولید ارقام پا بلند و پرمحصول می‌باشد. بدین‌منظور باید ژرم‌پلاسم گیاهی جمع‌آوری شود تا به‌عنوان جامعه پایه، ارزیابی شود و نمونه‌های دارای پتانسیل تولید بالا و دیگر صفات مطلوب شناسایی شده و مورد بهره‌برداری قرار گیرند. محیط تأثیر بسیار زیادی روی تولید محصول در این گیاه دارد. بنابراین، گزینش مستقیم برای عملکرد دانه بی‌نتیجه است. از آنجا که عملکرد دانه به اجزای عملکرد وابسته است به‌هنگام گزینش برای بهبود عملکرد باید عملکرد و اجزای آن‌را همراه با هم در نظر گرفت. برای افزایش عملکرد و بازده اقتصادی مناسب، نیاز به جمع‌آوری لاین‌های مطلوب یا ژن‌های مطلوب و انتقال ژن‌های مطلوب به لاین‌های زیر کشت برای تولید رقم مطلوب می‌باشد، لذا بایستی اطلاعات کافی از مواد ژنتیکی قابل دسترس وجود داشته باشد که این اطلاعات با ارزیابی صفات مختلف امکان‌پذیر است.

مواد و روش‌ها: به‌منظور تشخیص نحوه تأثیرگذاری همزمان صفات بر عملکرد دانه عدس در راستای تعیین چگونگی انجام گزینش در لاین‌های عدس بومی استان زنجان، آزمایشی طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. در هر دو سال آزمایش، ارقام اصلاح شده کیمیا، سبز کوهین، گچساران، مراغه و بیله‌سوار به‌عنوان ارقام شاهد استفاده شدند. سال اول آزمایش با ۲۰۰ لاین در قالب طرح آگمنتد اجرا گردید. هر واحد آزمایشی شامل یک ردیف یک متری بود. فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۵ سانتی‌متر و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در ابتدا و انتهای هر بلوک دو ردیف عدس سبز کوهین به‌عنوان حاشیه کشت شد. در سال دوم آزمایش، با توجه به حصول مقدار بذر کافی از سال اول، آزمایش در قالب طرح لاتیس ساده با دو تکرار و واحدهای آزمایشی بزرگتر برای لاین‌های گزینش شده از سال اول انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل دو خط یک متری بود. فاصله بین ردیف‌ها، فاصله روی ردیف‌ها و عمق کاشت مشابه آزمایش سال اول انجام شد. در ابتدا و انتهای هر بلوک ناقص دو ردیف عدس سبز کوهین به‌عنوان حاشیه کشت شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل صفات فنولوژیکی، صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزاء عملکرد در واحد بوته و در واحد سطح بودند.

یافته‌ها: در بین صفات مورد مطالعه بیشترین ضریب تغییرات مربوط به صفات تعداد دانه، زیست‌توده، عملکرد کاه و عملکرد دانه بود. ضرایب همبستگی ساده نشان داد تعداد دانه و عملکرد دانه در بوته با صفات فنولوژیکی طول دوره غلاف‌دهی، رسیدگی فیزیولوژیکی و طول دوره پرشدن دانه و با صفات مورفولوژیکی ارتفاع بوته و ارتفاع اولین انشعاب شاخه و همچنین با صفات تعداد غلاف پر در بوته و زیست‌توده در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در تجزیه رگرسیون به‌روش گام‌به‌گام، ارتفاع بوته اولین صفتی بود که وارد مدل شد و توانست ۴۶/۸ درصد تغییرات مربوط به عملکرد دانه در بوته را تبیین کند. پس از آن به‌ترتیب صفات تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد کاه در بوته و طول دوره پرشدن دانه وارد مدل شدند و توانستند در مجموع ۶۷/۵ درصد تغییرات مربوط به عملکرد دانه در بوته را تبیین کنند. نتایج تجزیه علیت نشان داد، صفت تعداد دانه در بوته دارای بزرگترین اثر مستقیم و مثبت روی عملکرد دانه است و بعد از آن بیشترین اثر مستقیم به‌ترتیب مربوط به وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و طول دوره پر شدن دانه بود. ازاین‌رو، می‌توان این صفات را به‌عنوان مهمترین و مؤثرترین صفات در گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه در عدس توصیه نمود. اغلب اثرات غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه مثبت بودند و بیشترین اثرات غیرمستقیم مربوط به اثرات غیرمستقیم طول دوره پرشدن دانه، ارتفاع و عملکرد کاه از طریق تعداد دانه در بوته بود. همچنین طول دوره پرشدن دانه از طریق ارتفاع و ارتفاع از طریق وزن هزاردانه بر روی عملکرد دانه تأثیرگذار بود. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر انتقال مجدد مواد در پرشدن دانه و عملکرد دانه باشد. در تجزیه به عامل‌ها براساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریمکس شش عامل حدود ۷۶ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. سه عامل اول بیشترین حجم از تغییرات داده‌ها را در برگرفتند که عامل اول، فنولوژی و ارتفاع و عوامل دوم و سوم، اجزای عملکرد و عملکرد نام‌گذاری شدند. این نتایج نشان داد که انجام گزینش براساس این عوامل می‌تواند منجر به ایجاد لاین‌هایی با عملکرد بالا شود.

نتیجه‌گیری: بیشترین ضریب تغییرات مربوط به صفات تعداد دانه، زیست توده، عملکرد کاه و عملکرد دانه بود. عملکرد دانه در بوته با صفات فنولوژیکی طول دوره غلاف‌دهی، رسیدگی فیزیولوژیکی و طول دوره پر شدن دانه و با صفات مورفولوژیکی ارتفاع بوته و ارتفاع اولین انشعاب شاخه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. تعداد دانه در بوته بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه داشت و بعد از آن بیشترین اثر مستقیم به‌ترتیب مربوط به وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و طول دوره پر شدن دانه بود، بنابراین می‌توانند به‌عنوان معیاری برای انتخاب لاین‌های برتر در نظر گرفته شوند. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها، شش عامل توانستند ۷۷/۳۰۶ در صد از تغییرات داده‌ها را توجیه کنند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیه علیت، رگرسیون گام‌به‌گام، ضریب همبستگی، گزینش غیرمستقیم

مقدمه

حبوبات جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم فقیر جهان می‌باشند و پروتئین مرغوب در دانه این محصولات در ترکیب با غلات می‌تواند یک ترکیب زیستی ارزشمند غذایی فراهم نماید (Parsa & Bagheri, 2013). در بین حبوبات، عدس (*Lens culinaris* Medik.) نیز علاوه بر دارا بودن مقادیر زیاد پروتئین (حدود ۲۸ درصد) با کیفیت مناسب و مکمل برای پروتئین غلات، به‌دلیل همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هوا و توانایی حاصل‌خیز کردن خاک‌ها، در تناوب با غلات، عامل مهمی در ثبات تولید محصول در مناطق خشک و دیم‌زارهای کشورهای در حال توسعه است (Chen *et al*., 2012). متوسط عملکرد جهانی عدس در سال ۲۰۲۱ برابر با ۱۰۰۴/۳ کیلوگرم در هکتار بوده است. در حالی‌که، عملکرد این گیاه در ایران با ۶۰۰/۸ کیلوگرم در هکتار، از متوسط جهانی

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.79]

فاصله زیادی دارد (FAOSTAT, 2021). طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی (Agricultural Statistics Booklet, 2020)، سطح زیر کشت عدس در کشور ۶۴۶۳۹ هکتار بوده که ۶۰۳۹۵ هکتار آن به‌صورت دیم می‌باشد. متوسط عملکرد عدس دیم در کشور ۴۸۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. تأملی گذرا بر این آمار، ضرورت بسیار بالای توجه به کشت این محصول ارزشمند را در کشور نمایان و اهمیت انجام پژوهش‌های لازم و اعمال فناوری‌های حاصل در این خصوص را آشکار می‌کند. عدس میلیون‌ها سال مورد کشت‌وکار قرار گرفته و بشر انواع آن‌را انتخاب و در نواحی مختلف دنیا گسترش داده است. بسیاری از آنچه ما امروزه آن‌ها را به‌عنوان رقم می‌شناسیم در واقع توده‌های بومی هستند که به‌علت عملکرد بیشتر آن‌ها به‌نام همان محلی که گزینش شده‌اند، نامگذاری گردیده‌اند (Erskine *et al.*, 2016). مهم‌ترین هدف در تمام برنامه‌های اصلاحی محصولات زراعی، افزایش عملکرد است. بسیاری از کارهای اصلاحی دیگر مانند اصلاح برای مقاومت به بیماری‌ها، سازگاری به طیف وسیع آب و هوایی، مقاومت به آفات، مقاومت یا تحمل تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی، شوری، سرما و غیره، همگی در جهت حفظ یا افزایش عملکرد گیاهان می‌باشد (De Ron, 2015). صفایی (Safaei, 2001) اظهار داشت که برای افزایش عملکرد و بازده اقتصادی مناسب، نیاز به جمع‌آوری ژن‌های مطلوب و انتقال ژن‌های مفید به لاین‌های زیر کشت برای تولید یک رقم مطلوب می‌باشد. ازاین‌رو، بایستی اطلاعات کافی از مواد ژنتیکی قابل دسترس وجود داشته باشد که این اطلاعات با ارزیابی صفات مختلف امکان‌پذیر است. تنوع وسیع‌تر، احتمال یافتن ژن‌ها یا ترکیبات ژنتیکی موردنظر اصلاح‌گر را بیشتر می‌کند و با افزایش تنوع ژنتیکی در جامعه، دامنه انتخاب چه در گزینش طبیعی و چه در گزینش مصنوعی، وسیع‌تر می‌شود. از این‌رو ارزیابی تنوع ژنتیکی در گیاهان زراعی برای برنامه‌های اصلاح نباتات و حفاظت از ذخایر توارثی امری حیاتی است. بدین‌منظور لازم است ژرم‌پلاسم گیاهی جمع‌آوری شود تا به‌عنوان جامعه پایه، ارزیابی شود و نمونه‌های دارای پتانسیل تولید زیاد و دیگر صفات مطلوب شناسایی شده و مورد بهره‌برداری قرار گیرند (Nouri Goghari *et al.*, 2014). پژوهش‌های بسیاری در زمینه شناسایی ارقام متحمل به خشکی و همچنین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط تنش و معمول زراعی صورت گرفته است. با شناخت ویژگی‌های ژنتیکی صفات مهم زراعی و درک روابط بین آن‌ها و نحوه اثرگذاری صفات بر یکدیگر می‌توان در مورد طراحی و اجرای روش‌های مختلف اصلاح عدس تصمیم‌گیری کرد (Perez *et al.*, 2011). از این‌نظر، انتخاب بر اساس صفات اگرومورفولوژیک که دارای وراثت‌پذیری نسبتاً بالایی بوده و با دقت زیاد اندازه‌گیری می‌شوند، ممکن است راه‌حلی سریع و در عین‌حال ساده جهت غربال‌گری جوامع گیاهی و بهبود عملکرد دانه باشد (Lafitte *et al.*, 2004). در این خصوص گزارش‌های متعددی در زمینه شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه در ژنوتیپ‌ها و توده‌های عدس ارائه شده است که در اغلب آن‌ها از روش‌هایی مانند تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون و تجزیه علیت استفاده شده است. ناروئی‌راد و همکاران (Narouie Rad *et al.*, 2008) با بررسی ۱۵۳ توده عدس مناطق گرم و خشک از لحاظ برخی صفات مورفولوژیک و فنولوژیک نشان دادند که افزایش تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی عامل منفی و افزایش ارتفاع بوته عامل مثبت در بهبود عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب بودند). در تحقیقی که بر روی ۹۳۵ ژنوتیپ عدس انجام گرفت، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد زیستی و شاخص برداشت مشاهده شد. نتایج بررسی ۲۵ ژنوتیپ عدس طی سال زراعی ۲۰۰۸–۲۰۰۷ نشان داد که شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در گیاه بیشترین اثرات مستقیم مثبت را روی عملکرد دانه داشتند. اثرات غیرمستقیم تعداد غلاف روی عملکرد دانه، از طریق درصد جوانه‌زنی، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد شاخه در گیاه، تعداد دانه در غلاف و شاخص برداشت مثبت بود. با توجه به نتایج، صفات شاخص برداشت و تعداد غلاف به‌عنوان صفات اصلی در گزینش ژنوتیپ‌های عدس معرفی شدند (Tyagi & Khan, 2010). آلام و همکاران (Alam *et al.*, 2011) با بررسی ۲۴ ژنوتیپ عدس بیان کردند که صفات وزن صددانه، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته دارای همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی معنی‌داری با عملکرد دانه هستند. مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2020) با ارزیابی لاین‌های عدس بومی زنجان نشان دادند همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه، زیست‌توده، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت وجود دارد. دیکزیت و همکاران (Dixit *et al.*, 2005) نیز با تجزیه علیت داده‌ها در ۳۰ ژنوتیپ عدس نشان دادند که تعداد غلاف در بوته، وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف، بیشترین اثرات مثبت و مستقیم را روی عملکرد دانه در بوته دارند. تجزیه به عامل‌ها یک ابزار قدرتمند برای خلاصه کردن داده‌ها از طریق مجموعه‌ای از بردارهای متعامد می‌باشد که بر روی داده‌ها پیش‌بینی می‌شوند. هدف از تجزیه به عامل‌ها کاهش تعداد متغیرها از مجموعه داده‌ها با حفظ حداکثر تغییرات داده‌های اصلی می‌باشد (Xanthopoulos *et al.*, 2013). با توجه به پایین بودن عملکرد دانه و ارتفاع بوته در ارقام عدس کشت شده در اراضی دیم کشور، تحقیق حاضر به‌منظور بررسی مدل تأثیر صفات مختلف بر عملکرد دانه عدس انجام گرفت تا نتایج حاصل بتواند در طراحی روش‌های گزینش غیرمستقیم لاین‌های عدس مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌عنوان بخشی از پروژه گزینش لاین‌های اینبرد از جمعیت‌های بومی عدس استان زنجان انجام گرفت. در اوایل تابستان ۱۳۹۴، از مزارع دیم عدس روستاهای مختلف شهرستان‌های این استان (شامل ارمغانخانه، ایجرود، خدابنده، خرمدره و ماه‌نشان) به‌عنوان محیط هدف، بیش از ۱۰۰۰ تک‌بوته عدس از لحاظ فنوتیپ صفات مختلف، گزینش شده و به‌طور جداگانه برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند و در هریک از آنها صفات مورفولوژیک و اجزاء عملکرد دانه مورد اندازه‌گیری قرارگرفت. با توجه به نتایج این ارزیابی‌ها، ۶۰۰ بوته برتر انتخاب شدند. سپس طی سه سال آزمایش مزرعه‌ای

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.79]

و ارزیابی صفات مختلف در شرایط دیم، از میان این تعداد، ۲۰۰ لاین برتر گزینش شدند.

این ۲۰۰ لاین به‌همراه ۵ رقم اصلاح شده شاهد کیمیا، سبز کوهین، گچساران، مراغه و بیله‌سوار، در سال اول آزمایش حاضر در سال زراعی ۹۷ -۱۳۹۶ در قالب طرح آزمایشی حجیم‌شده [1](Augmented) در ۴ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان کشت شده و تحت شرایط معمول آبیاری از لحاظ پتانسیل عملکرد و صفات اگرومورفولوژیک مورد ارزیابی و گزینش قرار گرفتند. این مزرعه تحقیقاتی در ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد. پارامترهای هواشناسی مستخرج از ایستگاه هواشناسی کشاورزی بین‌المللی مستقر در دانشگاه زنجان از اول اسفندماه تا آخر تیرماه این سال در جدول ۱ آورده شده است. عملیات خاک‌ورزی و کوددهی به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل در پاییز و کاشت دستی بذور در ۱۶ اسفندماه ۱۳۹۶ انجام گرفت. همزمان با کاشت ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌عنوان کود آغازین جهت تأمین نیتروژن موردنیاز استفاده شد. قبل از کاشت، بذرهای عدس با قارچ‌کش بنومیل ضدعفونی شدند. هر واحد آزمایشی شامل یک ردیف یک متری بود. فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در ابتدا و انتهای هر بلوک دو ردیف عدس به‌عنوان حاشیه کشت شد. آبیاری واحدهای آزمایشی با استفاده از سیستم آبیاری نواری به‌طور یکنواخت انجام می‌گرفت. کنترل علف‌های هرز نیز به‌صورت دستی انجام می‌شد. در طول دوره رشد و نمو گیاهان صفات فنولوژیک شامل روز تا ۵۰٪ گل‌دهی، روز تا ۵۰٪ غلاف‌دهی، روز تا ۵۰٪ رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره پرشدن دانه، صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، ارتفاع اولین انشعاب بوته و ارتفاع اولین غلاف، درصد سبزشدن، اختلاف دمای کانوپی، عملکرد و اجزاء عملکرد شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف پر در بوته، تعداد غلاف خالی در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته، زیست‌توده در بوته، شاخص برداشت در بوته، وزن کاه در بوته، تعداد دانه در مترمربع، عملکرد دانه در مترمربع، زیست‌توده در مترمربع، شاخص برداشت در مترمربع، وزن کاه در مترمربع و وزن هزاردانه مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری صفات مربوط به تک‌بوته‌های عدس، از هر واحد آزمایشی ۳ بوته رقابت‌کننده به‌تصادف انتخاب گردید. در نهایت بر اساس تجزیه‌های آماری لازم ۹۵ لاین برتر انتخاب شدند.

در سال دوم آزمایش (سال زراعی ۹۸ – ۱۳۹۷)، با توجه به حصول مقدار بذر کافی از سال اول، آزمایش در قالب طرح لاتیس ساده با دو تکرار برای لاین‌های گزینش شده از سال اول به‌همراه ۵ رقم شاهد قبلی انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل دو ردیف یک متری بود. عملیات خاک‌ورزی، کاشت و داشت و آبیاری مشابه آزمایش سال اول انجام شد. در نهایت براساس تجزیه‌های آماری لازم، ۴۴ لاین برتر انتخاب گردید. پارامترهای هواشناسی دانشگاه زنجان از اول اسفند ماه تا آخر تیر ماه این سال نیز در جدول ۱ آورده شده است.

در این دو سال لازم بود که علاوه بر گزینش مستقیم برای عملکرد، صفات مؤثر بر عملکرد نیز جهت گزینش غیرمستقیم آن مورد استفاده قرار گیرند. از این‌رو، بررسی مدل تأثیر این صفات بر عملکرد دانه ضروری بود. در این راستا، برای محاسبه ضرایب همبستگی ساده، تجزیه رگرسیون و تجزیه به عامل‌ها (به‌روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با چرخش وریمکس) از نرم‌افزار SPSS و برای انجام تجزیه علیت از نرم‌افزار Path استفاده شد.

جدول ۱- پارامترهای هواشناسی در دانشگاه زنجان از اول اسفند ماه تا آخر تیر ماه سال ۹۷-۱۳۹۶ (اعداد بالایی) و سال ۹۸-۱۳۹۷ (اعداد پایینی)

Table 1. Climatical parameters in Zanjan University from the first of March to the end of the July during 2017-2018 and 2018-2019 cropping years

میزان بارش (mm) Amo. Rain (mm)	رطوبت نسبی (%) Rel. Humidity (%)	میانگین دما (C) Ave. Temperature (C)	حداکثردما (C) Max. Temperature (C)	حداقل دما (C) Min. Temperature (C)	ماه Mounth
26.8 13.8	61 56	7.5 4.3	13.3 10.4	1.7 -1.8	اسفند March
14.5 70	46 62	11.8 8.7	19 13.8	4.5 3.6	فروردین April
61.1 48.7	61 52	13.3 13.3	19.7 20.6	6.8 5.9	اردیبهشت May
25.8 6.2	55 38	19.3 20.7	29.7 28	10.6 11.8	خرداد June
0.4 0	35 34	25.9 25.1	35.2 35	16.6 15.3	تیر July

نتایج و بحث

سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶

میانگین ارقام شاهد، میانگین لاین‌ها، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات صفات مورد مطالعه در ارقام شاهد و لاین‌های عدس در جدول ۲ آورده شده است. در بین صفات مورد مطالعه بیشترین ضریب تغییرات مربوط به صفات تعداد دانه (۱۵۲۷/۶۷)، زیست توده (۱۵۳/۶۶)، عملکرد کاه (۱۲۲/۶۰) و عملکرد دانه (۵۰/۹۱) بود. نتایج این پارامترها نشان دهنده وجود تنوع قابل ملاحظه در میان لاین‌های مورد ارزیابی است که می‌تواند برای گزینش در جهت بهبود خصوصیات کمی و کیفی عدس مورد استفاده واقع شود. غلامی رضوانی و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی ۲۵۳ ژنوتیپ عدس، تنوع بالایی از لحاظ صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف پر و پوک، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن صد دانه مشاهده کردند. پوراسماعیل و همکاران (Poursmaiel *et al*., 2019) با بررسی ۱۳۸ ژنوتیپ منتخب ارسالی از ایکاردا بیشترین ضریب تغییرات را برای صفات وزن دانه در بوته، عملکرد دانه و وزن غلاف در بوته گزارش کردند. لاین‌های مورد ارزیابی از لحاظ

۱- آگمنتد

تمامی صفات به‌غیر از اختلاف دمای کانوپی، طول دوره گلدهی، روز تا ۵۰٪ رسیدگی فیزیولوژیکی، طول دوره پرشدن دانه، تعداد غلاف پر و خالی، عملکرد کاه‌وکلش، شاخص برداشت و وزن هزار دانه از میانگین بالاتری نسبت به ارقام شاهد برخوردار بودند. این نتایج نشان می‌دهد لاین‌های مورد ارزیابی در اکثر صفات به‌ویژه صفات اگرومورفولوژیکی، از پتانسیل ژنتیکی بالایی برخوردار هستند. لاین‌هایی که دارای ارتفاع بالاتر هستند، به‌سهولت می‌توان کار برداشت مکانیزه را انجام داد. همچنین این لاین‌ها با تولید زیست‌توده بیشتر منجر به تولید مواد فتوسنتزی بیشتری شده در نتیجه باعث افزایش وزن دانه‌ها و نهایتاً عملکرد دانه خواهد شد. شبیری و همکاران (Shobeyri *et al.*, 2017) با بررسی خصوصیات زراعی و مقایسه عملکرد دانه ژنوتیپ‌های عدس در مناطق سردسیر دیم، ۴۳ لاین برتر یا هم‌سطح با شاهدهای آزمایش (رقم بیله سوار و لاین در دست معرفی FLIP 96 – 59L) در آزمایش مقدماتی عملکرد و ۲۹ لاین برتر یا هم‌سطح با شاهدها در آزمایش‌های پیشرفته مقایسه عملکرد گزینش کردند.

سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷

در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷، ۹۵ لاین عدس گزینش شده از سال قبل به‌همراه همان ۵ رقم اصلاح شده شاهد در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های ناقص (لاتیس مربع) مورد ارزیابی و گزینش قرار گرفتند. میانگین ارقام شاهد، میانگین لاین‌ها، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات صفات مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. در بین صفات مورد مطالعه بیشترین ضریب تغییرات مربوط به صفات تعداد دانه، زیست توده، عملکرد کاه و عملکرد دانه بود که نشان دهنده تنوع بالا بین لاین‌های مورد بررسی از لحاظ این صفات می‌باشد. کومار و همکاران (Kumar *et al.*, 2012). با مطالعه بر روی ۴۳ ژنوتیپ عدس نشان دادند تنوع بالایی از لحاظ صفات عملکرد دانه، زیست‌توده و شاخص برداشت بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود دارد. رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2018) با بررسی ۱۰۰ لاین خالص عدس بیشترین ضریب تغییرات را در صفات زیست‌توده و روز تا گلدهی مشاهده کردند. بابایوا و همکاران (Babayeva *et al.*, 2018) با مطالعه ۴۷ ژنوتیپ عدس از لحاظ صفات اگرونومیک تنوع قابل‌ملاحظه‌ای بین ژنوتیپ‌های عدس مشاهده کردند. همچنین گزارش دادند میانگین بالایی برای عملکرد دانه در واحد سطح در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود دارد.

لاین‌های مورد ارزیابی از لحاظ تمامی صفات مورد مطالعه به‌غیر از ارتفاع بوته، ارتفاع اولین انشعاب شاخه، ارتفاع اولین غلاف و تعداد غلاف میانگین بالاتری در مقایسه با ارقام شاهد به‌خود اختصاص دادند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد لاین‌های مورد ارزیابی دارای پتانسیل ژنتیکی بالایی از لحاظ صفات مختلف از جمله صفات فنولوژیکی و عملکردی هستند که می‌توان با گزینش آن‌ها از این پتانسیل استفاده کرد.

جدول ۲- ضریب تغییرات، دامنه تغییرات و میانگین صفات مورد مطالعه در ارقام شاهد و لاین‌های عدس در سال زراعی ۹۷–۱۳۹۶و ۹۸–۱۳۹۷

Table 2. Variation coefficient, variation range and means of studied traits in controls and lentil lines in 2017-2018 and 2018-2019 cropping year

صفات Traits	سال اول First year: میانگین ارقام شاهد Controls Means	میانگین لاین‌ها Lines Means	دامنه تغییرات Variation Range	ضریب تغییرات Coefficient Variation	سال دوم Second year: میانگین ارقام شاهد Controls Means	میانگین لاین‌ها Lines Means	دامنه تغییرات Variation Range	ضریب تغییرات Coefficient Variation
اختلاف دمای کانوپی Canopy temperature difference	4.49	4.02	(-5.50)– 8.60	2.38	-0.13	0.14	(-6.80)– 5.8	2.76
روز تا ۵۰٪ گلدهی Day to 50% flowering	80.2	81.45	77-90	2.42	80.3	81.21	77-85	1.44
طول دوره گلدهی Flowering period	8.95	8.57	4-22	2.10	8.1	8.88	5-14	1.42
روز تا ۵۰٪ غلاف‌دهی Days to 50% podding	88.05	89.37	86-96	1.93	86.9	87.36	85.92	1.41
طول دوره غلاف‌دهی Podding period	7.15	8.89	5-19	2.60	10.9	11.44	9-14	1.17
روز تا ۵۰٪ رسیدگی فیزیولوژیکی Days to 50% physiological maturity	113.65	113.08	105-119	3.35	119.1	121.38	116-131	3.48
طول دوره پرشدن دانه Seed filling period	26.6	24.69	16-31	3.32	32.2	34.01	28-44	3.11
ارتفاع بوته(cm) Plant height	26.38	26.53	17-35.23	3.75	35.78	34.43	27.50-44.65	3.04
ارتفاع اولین انشعاب شاخه(cm) First branching height	1.17	1.19	0.5-3.13	0.46	2.37	2.06	1.05-3.45	0.44
ارتفاع اولین غلاف(cm) First podding height	10.77	10.93	5.56-20.60	2.12	10.68	10.36	6.90-16.80	1.68
تعداد غلاف پر در بوته Number of filled pod per Plant	37.62	17.65	4.67-43.67	19.95	80.5	81.23	28.50-161	24.10
تعداد غلاف خالی در بوته Number of empty pod per plant	19.76	40.43	1.103-67.67	8.02	30.45	25.79	10-74.50	11.44
تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	36.82	46.62	1.33-104	24.17	94.8	104.88	10-243.50	34.51
عملکرد دانه (gr) در بوته Seed yield per plant	1.39	1.067	0.2-4.74	0.94	4.88	5.48	1.34-10.36	1.65
زیست‌توده (gr) در بوته Biomass per plant	6.18	6.58	1.04-12.47	2.35	11.81	12.95	3.64-24.54	3.70
عملکرد کاه (gr) در بوته Straw yield per plant	5.01	4.91	0.95-49.58	1.80	6.91	7.46	1.84-15.44	2.75
شاخص برداشت در بوته Harvest index per plant	23.09	24.86	0.95-10.50	10.10	41.11	43.98	20.14-147.79	4.73
تعداد دانه در متر مربع Number of seed per area	2466.54	2836.21	552-10403.60	1527.67	3345.05	4808.3	1691.56-8907.92	1330.66
عملکرد دانه (gr/m^2) Seed yield per area	94.05	99.23	11.88-244.44	50.91	222.73	250.50	80.35-401.98	57.76
زیست‌توده (gr/m^2) Biomass per area	399.16	459.22	104.92-879.44	153.66	620.79	668.09	321.22-885.53	95.01

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.79]

ادامه جدول ۲-
Continued table 2.

صفات Traits	سال اول First year میانگین ارقام شاهد Controls Means	میانگین لاین‌ها Lines Means	دامنه تغییرات Variation Range	ضریب تغییرات Coefficient Variation	سال دوم Second year میانگین ارقام شاهد Controls Means	میانگین لاین‌ها Lines Means	دامنه تغییرات Variation Range	ضریب تغییرات Coefficient Variation
عملکرد کاه(gr/m^2) Straw yield per area	305.11	358.64	76.56-652.64	122.60	398.05	417.59	240.87-606.76	60.02
شاخص برداشت Harvest index per area	24.58	21.38	3.07-39.41	7.82	35.47	37.21	20.07-54.27	5.65
وزن هزاردانه(gr) 1000-seed weight	38.33	35.79	12.50-94.17	9.79	52.43	53.45	32.71-107.95	10.02

ضرایب همبستگی ساده

ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف در مجموعه ارقام شاهد و لاین‌های عدس در جدول ۳ ارائه شده است. در بین صفات فنولوژیک، روز تا ۵۰٪ گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌داری با طول دوره گلدهی (۰/۲۱۸)روز تا ۵۰ ٪ غلاف‌دهی (۰/۵۳۳)، طول دوره غلاف‌دهی (۰/۱۲۳) و روز تا ۵۰٪ رسیدگی فیزیولوژیک (۰/۲۳۰) داشت. همبستگی منفی و معنی‌دار بین روز تا ۵۰٪ غلاف‌دهی با طول دوره غلاف‌دهی (۰/۱۸۳-) و طول دوره پرشدن دانه (۰/۳۵۰-) دیده شد. به‌نظر می‌رسد در صورتی‌که غلاف‌دهی دیرتر انجام شود گیاهان با کاهش طول دوره غلاف‌دهی و طول دوره پرشدن دانه سعی در جبران موضوع داشته‌اند. روز تا ۵۰٪ رسیدگی فیزیولوژیک همبستگی مثبت و بسیار بالایی با طول دوره پرشدن دانه (۰/۹۵۱) داشت. در واقع افزایش طول دوره پرشدن دانه منجر به رسیدگی فیزیولوژیک دیرتر شده است. از سوی دیگر این امر موجب شد فرصت بیشتری برای تجمع مواد فتوسنتزی بیشتر در دانه‌ها ایجاد شود و وزن هزاردانه افزایش یابد. در تحقیقات پیشین همبستگی مثبت بین تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزاردانه مشاهده شده است (Toklu *et al.*, 2017).

در بین صفات اگرومورفولوژیک، ارتفاع بوته با صفات ارتفاع اولین انشعاب شاخه (۰/۶۲۹) و ارتفاع اولین غلاف (۰/۲۱۲) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. همچنین همبستگی ارتفاع بوته با روز تا ۵۰٪ رسیدگی فیزیولوژیک و کلیه صفات عملکردی چه در واحد بوته و چه در واحد سطح مثبت و معنی‌دار گردید. این امر نشان می‌دهد با افزایش طول دوره رشد رویشی، ارتفاع بوته افزایش یافته و گیاه زیست‌توده بیشتری تولید کرده و عملکرد دانه و کاه افزایش می‌یابد. تحقیق کایان و اولگان (Kayan & Olgun, 2012) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد غلاف و دانه در بوته، شاخص برداشت و وزن صددانه گزارش داده‌اند

از بین اجزاء عملکرد، تعداد غلاف پر در بوته همبستگی مثبت و بالایی با صفات فنولوژیکی طول دوره گلدهی و غلاف‌دهی داشت که نشان می‌دهد هرچه دوره گلدهی و غلاف‌دهی افزایش یابد در بیشتر غلاف‌های موجود در بوته عمل لقاح به‌خوبی صورت گرفته که منجر به تشکیل دانه گردیده و تعداد غلاف خالی کمتری وجود دارد، در نتیجه تعداد دانه و عملکرد دانه در بوته افزایش یافته است. تعداد دانه در بوته یکی دیگر از اجزاء عملکرد می‌باشد که همبستگی آن با صفات تعداد غلاف پر در بوته، عملکرد دانه در بوته، و زیست‌توده در بوته بسیار بالا و معنی‌دار بود. عملکرد دانه در بوته با صفات فنولوژیکی طول دوره غلاف‌دهی، رسیدگی فیزیولوژیکی و طول دوره پرشدن دانه و با صفات مورفولوژیکی ارتفاع بوته و ارتفاع اولین انشعاب شاخه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. همچنین همبستگی عملکرد دانه با کلیه صفات زراعی چه در واحد بوته و چه در واحد سطح مثبت و معنی‌دار گردید. با ارزیابی ۸۴ ژنوتیپ عدس تحت شرایط دیم، همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیکی و وزن صددانه مشاهده کردند (Kishor & Sharma, 2020). زاهدی و همکاران (Zahedi *et al.*, 2016) با ارزیابی ۱۴ ژنوتیپ عدس تحت شرایط دیم، همبستگی مثبت معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد غلاف پر در بوته و وزن صددانه گزارش کردند. اشرفی و همکاران (Ashrafi *et al.*, 2019) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه در بوته با تعداد غلاف پر در بوته و وزن هزاردانه گزارش داده‌اند. در شرایط نرمال با افزایش دوره گلدهی، غلاف‌های بیشتری تولید خواهد شد و هرچه تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی افزایش یابد طول دوره پرشدن دانه نیز افزایش یافته و مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها انتقال خواهد یافت.

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.79]

جدول ۳- ضرایب همبستگی صفات مورد ارزیابی در عدس

Table 3. Correlation coefficient of studied traits in lentil lines

صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
۱- اختلاف دمای کانوپی Canopy temperature difference	1											
۲-روز تا ۵۰٪ گلدهی Day to 50% flowering	0.014	1										
۳-طول دوره گلدهی Flowering period	-0.087	0.218**	1									
۴-روز تا ۵۰٪ غلاف‌دهی Days to 50% Podding	0.256**	0.533**	0.049	1								
۵-طول دوره غلاف‌دهی Podding period	0.255**	0.123*	0.237**	-0.183**	1							
۶-روز تا ۵۰٪ رسیدگی فیزیولوژیکی Days to 50% Physiological maturity	-0.370**	0.230**	0.102	-0.048	0.475**	1						
۷-طول دوره پرشدن دانه Seed filling period	-0.406**	0.042	0.075	-0.350**	0.478**	0.951**	1					
۸-ارتفاع بوته (cm) Plant height	-0.307**	0.062	0.099	0.250**	0.454**	0.647**	0.668**	1				
۹-ارتفاع اولین انشعاب شاخه (cm) First branching height	-0.394**	-0.025	0.100	-0.347**	0.382**	0.508**	0.567**	0.629**	1			
۱۰-ارتفاع اولین غلاف (cm) First podding height	0.237**	0.136*	-0.099	0.307**	-0.056	0.034	-0.056	0.212**	0.053	1		
۱۱- تعداد غلاف پر در بوته Number of filled pod per plant	-0.370**	0.048	0.121*	-0.283*	0.373*	0.396**	0.438**	0.591**	0.433**	-0.070	1	
۱۲- تعداد غلاف خالی در بوته Number of empty pod per plant	-0.161**	0.007	0.122*	-0.099	0.256**	0.317**	0.320**	0.440**	0.266**	-0.044	0.401**	1
۱۳-تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	-0.409**	0.080	0.126*	0.267**	0.374**	0.393**	0.428**	0.566**	0.435**	0.102	0.938**	0.938**

* و **: به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and **: respectively, significant difference at the probability level of 0.05 and 0.01

ادامه جدول ۳- ضرایب همبستگی صفات مورد ارزیابی در عدس

Table 3. Correlation coefficient of studied traits in lentil lines

صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
۱۴-عملکرد دانه (gr) در بوته Seed yield per plant	-0.476**	0.012	0.087	-0.360**	0.460**	0.545**	0.600**	0.623**	0.508**	-0.083	0.829**	0.889**
۱۵-زیست توده (gr) در بوته Biomass per plant	-0.443**	0.033	0.103	-0.286**	0.413**	0.516**	0.555**	0.612**	0.463**	0.002	0.806**	0.794**
۱۶-عملکرد کاه (gr) در بوته Straw yield per plant	-0.319**	0.043	0.093	-0.162**	0.284**	0.379**	0.397**	0.469**	0.326**	0.071	0.611**	0.542**
۱۷- شاخص برداشت در بوته Harvest index per plant	-0.241**	-0.058	0.012	-0.268**	0.282**	0.288**	0.337**	0.333**	0.284**	-0.129*	0.372**	0.467**
۱۸- تعداد دانه در واحد سطح Number of seed per area	-0.198**	0.173**	0.079	-0.160**	0.253**	0.340**	0.352**	0.529**	0.352**	-0.047	0.536**	0.570**
۱۹-عملکرد دانه (gr/m^2) Seed yield per area	-0.377**	0.055	0.066	-0.348**	0.434**	0.587**	0.637**	0.685**	0.525**	-0.044	0.600**	0.642**
۲۰-زیست توده (gr/m^2) Biomass per area	-0.198**	0.082	0.056	-0.189**	0.373**	0.482**	0.495**	0.662**	0.429**	0.124*	0.521**	0.519**
۲۱-عملکرد کاه (gr/m^2) Straw yield per area	0.038	0.080	0.027	0.025	0.189**	0.220**	0.193**	0.415**	0.193**	0.240*	0.269**	0.226**
۲۲- شاخص برداشت Harvest index per area	-0.425**	0.010	0.030	-0.382**	0.357**	0.513**	0.580**	0.514**	0.475**	-0.184**	0.507**	0.579**
۲۳-وزن هزار دانه (gr) 1000-seed weight	-0.360**	-0.120*	-0.007	-0.359**	0.369**	0.530**	0.596**	0.429**	0.423**	-0.030	0.294**	0.325**

* و **: به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and **: respectively, significant difference at the probability level of 0.05 and 0.01

ادامه جدول ۳- ضرایب همبستگی صفات مورد ارزیابی در عدس

Table 3. Correlation coefficient of studied traits in lentil lines

صفات Traits	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
۱۳-تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	1										
۱۴-عملکرد دانه (gr) در بوته Seed yield per plant	0.894**	1									
۱۵-زیست توده (gr) در بوته Biomass Per Plant	0.764**	0.851**	1								
۱۶-عملکرد کاه (gr) در بوته Straw yield per plant	0.491**	0.543**	0.903**	1							
۱۷-شاخص برداشت در بوته Harvest index per plant	0.501**	0.557**	0.114*	-0.273**	1						
۱۸-تعداد دانه در واحد سطح Number of seed per area	0.644**	0.505**	0.393**	0.215**	0.348**	1					
۱۹-عملکرد دانه (gr/m^2) Seed yield per area	0.646**	0.763**	0.607**	0.347**	0.512**	0.804**	1				
۲۰-زیست توده (gr/m^2) Biomass per area	0.504**	0.573**	0.572**	0.446**	0.275**	0.709**	0.812**	1			
۲۱-عملکرد کاه (gr/m^2) Straw yield per area	0.200**	0.200*	0.345**	0.387**	-0.041	0.379**	0.359**	0.839**	1		
۲۲-شاخص برداشت Harvest index per area	0.600**	0.721**	0.477**	0.172**	0.599**	0.654**	0.872**	0.445**	-0.107	1	
۲۳-وزن هزار دانه (gr) 1000-seed weight	0.214**	0.586**	0.499**	0.319**	0.377**	-0.006	0.553**	0402**	0.124*	0.551**	1

* و **: به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and **: respectively, significant difference at the probability level of 0.05 and 0.01

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.79]

تجزیه رگرسیون و علیت

به‌منظور تعیین اهمیت صفات موردمطالعه در تغییرات عملکرد دانه، تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام انجام گردید. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه در واحد سطح به‌عنوان متغیر وابسته و صفات فنولوژیک و اگرومورفولوژیک به‌عنوان متغیرهای مستقل در جدول ۴ نشان داده شده است. براساس این نتایج ارتفاع بوته اولین صفتی بود که وارد مدل شد و به‌تنهایی ۴۶/۸ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در نتیجه، می‌توان این صفت را به‌عنوان مهم‌ترین عامل تبیین‌کننده تغییرات عملکرد دانه برای لاین‌های عدس معرفی نمود. تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد کاه در بوته و طول دوره پرشدن دانه صفات بعدی بودند که به‌ترتیب وارد مدل شدند و به‌همراه صفت ارتفاع بوته در مجموع توانستند ۶۷/۵ درصد تغییرات مربوط به عملکرد دانه را توجیه کنند. معادله خط رگرسیون بر اساس صفات فوق که به‌ترتیب وارد مدل شدند، در ذیل آورده شده است (رابطه ۱).

در عدس صفات بسیاری به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در عملکرد دانه سهیم هستند. شناسایی این صفات و تعیین رابطه آنها با عملکرد دانه به‌منظور شناخت معیارهای گزینش ضروری است و می‌تواند در گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول مؤثر واقع شود. به‌منظور بررسی نحوه تأثیر این صفات بر عملکرد لاین‌های موردمطالعه، تجزیه علیت عملکرد دانه براساس نتایج رگرسیون گام‌به‌گام انجام شد (جدول ۵). تعداد دانه در بوته بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه را داشت و بعد از آن بیشترین اثر مستقیم به‌ترتیب مربوط به وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و طول دوره پرشدن دانه بود. اثر مستقیم عملکرد کاه در بوته بر عملکرد دانه منفی بود. ازاین‌رو، می‌توان این صفات را به‌عنوان مهمترین و مؤثرترین صفات در گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه در عدس توصیه نمود. اغلب اثرات غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه مثبت بودند و بیشترین اثرات غیرمستقیم بر عملکرد دانه مربوط به اثرات غیرمستقیم طول دوره پرشدن دانه، ارتفاع و عملکرد کاه از طریق تعداد دانه در بوته بود. همچنین طول دوره پرشدن دانه از طریق ارتفاع و ارتفاع از طریق وزن هزاردانه بر روی عملکرد دانه تأثیرگذار بود. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر انتقال مجدد مواد در پرشدن دانه و عملکرد دانه باشد. نیستانی و محمودی (Neyestani & Mahmoodi, 2004) با انجام تجزیه علیت برای اجزاء عملکرد دانه عدس در شرایط دیم گزارش کردند ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته و وزن صددانه وارد مدل رگرسیونی شدند. در بین این صفات، تعداد دانه در بوته با بیشترین اثر مستقیم مهمترین مؤلفه مؤثر بر عملکرد دانه تشخیص داده شد. گوپتا و همکاران (Gupta *et al*., 2012) ۲۲ واریته عدس را مورد ارزیابی قرار داده و صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه را از جمله صفات مهم مؤثر بر عملکرد دانه معرفی کردند.

(رابطه ۱)

$$Y= -166.336 + 4.978X_1 + 0.885X_2 + 1.995X_3 - 4.584X_4 + 2.255X_5$$

X_1: ارتفاع بوته
X_2: تعداد دانه در بوته
X_3: وزن هزاردانه
X_4: عملکرد کاه در بوته
X_5: طول دوره پرشدن دانه

جدول ۴- تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفات مورد ارزیابی بر عملکرد دانه در عدس
Table 4. Regression analysis (stepwise method) of studied traits on seed yield in lentil lines

صفت Traits	ضریب رگرسیون Regression Coefficient	ضریب رگرسیون استاندارد شده Standardized Regression Coefficient	ضریب تبین مرحله‌ای R-adjusted	ضریب تبیین تجمعی Cumulative R-adjusted
ارتفاع بوته (cm) Plant height	4.978	0.289**	0.468	0.468
تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	0.885	0.432**	0.564	1.032
وزن هزاردانه (gr) 1000-seed weight	1.995	0.301**	0.653	1.685
عملکرد کاه (gr) در بوته Straw yield per plant	-4.584	-0.153**	0.667	2.352
طول دوره پرشدن دانه Seed filling period	2.255	0.140**	0.675	3.027
عرض از مبدأ Constant	-166.336	-	-	-

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱
**: significant difference at the probability level of 0.01

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.79]

جدول ۵- تجزیه علیت عملکرد دانه عدس با صفات مؤثر، براساس رگرسیون گام‌به‌گام
Table 5. Path analysis of lentil seed yield by effective traits based on stepwise regression

صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect via ارتفاع بوته(cm) Plant height	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن هزاردانه (gr) 1000-seed weight	عملکرد کاه (gr) در بوته Straw yield per plant	طول دوره پرشدن دانه Seed filling period	ضریب همبستگی با عملکرد دانه Correlation with seed yield
ارتفاع بوته (cm) Plant height	0.289	-	0.244	0.129	-0.071	0.093	0.685
تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	0.432	0.163	-	0.064	-0.075	0.059	0.646
وزن هزاردانه (gr) 1000-seed weight	0.301	0.124	0.092	-	-0.048	0.083	0.553
عملکرد کاه (gr) در بوته Straw yield per plant	0.153	0.135	0.212	0.096	-	0.055	0.347
طول دوره پرشدن دانه Seed filling period	0.140	0.193	0.184	0.179	0.061	-	0.637

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱
**: significant difference at the probability level of 0.01

تجزیه به عامل‌ها

جدول ۶ نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس ماتریس ضرایب همبستگی را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود، بر مبنای مقادیر ویژه بزرگتر از یک، ۶ عامل مشخص شد. این ۶ عامل استخراجی حدود ۷۷/۳۰۶ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند سه عامل اول بیشترین حجم از تغییرات داده‌ها را در برگرفتند. عامل اول دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای تعداد غلاف پر در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته، شاخص برداشت در بوته، تعداد دانه در واحد سطح، عملکرد دانه در واحد سطح و شاخص برداشت در واحد سطح بود. این عامل را می‌توان عامل اجزاء عملکرد نام‌گذاری کرد. این ضرایب نشان می‌دهد که انجام گزینش براساس این عامل می‌تواند منجر به ایجاد لاین‌هایی با عملکرد بالا شود. عامل دوم طول دوره غلاف‌دهی، روز تا ۵۰٪ رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پرشدن دانه، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین انشعاب شاخه و وزن هزاردانه را شامل شد که دارای ضرایب بزرگ و مثبت بودند. بنابراین این عامل را می‌توان عامل فنولوژی نام‌گذاری کرد. از آنجاکه ارقام کشت شده در کشور از ارتفاع بوته پایینی برخوردار هستند، امکان برداشت ماشینی در این ارقام میسر نبوده و کار برداشت را با مشکل مواجه می‌کنند، در نتیجه گزینش لاین‌های عدس از لحاظ این عامل می‌تواند در شرایط پرباران یا آبیاری با افزایش طول دوره رشد ارقام پابلندی را حاصل آورد و گام بزرگی در جهت برداشت ماشینی فراهم سازد. عامل سوم دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای تعداد غلاف خالی در بوته، زیست‌توده در بوته و عملکرد کاه در بوته بود. از این‌رو، می‌توان آن را عامل عملکرد نامید. عامل چهارم صفات اختلاف دمای کانوپی، زیست‌توده در واحد سطح و عملکرد کاه در واحد سطح را شامل شد که دارای ضرایب بزرگ و مثبت بودند. در عامل پنجم، صفات روز تا ۵۰٪ گلدهی، روز تا ۵۰٪ غلاف‌دهی و ارتفاع اولین غلاف ضرایب بزرگ و مثبت داشتند. در عامل ششم تنها یک صفت آن‌هم طول دوره گلدهی ضریب بزرگ و مثبت به‌خود اختصاص داد. در این عامل ارتفاع اولین غلاف ضریب بزرگ و منفی داشت. رحیمی و همکاران (Rahimi *et al*., 2018) با انجام تجزیه به عامل‌ها در بررسی ۱۰۰ لاین عدس چهار عامل را شناسایی کردند که در مجموع ۷۷/۹۷ در صد تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. این محققان بیان کردند صفات مربوط به عامل اول تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته و عملکرد دانه بوده و به‌عنوان صفات تاثیرگذار در عملکرد دانه در عدس معرفی شدند. حق‌نظری و همکاران (Hagh-Nazari *et al*., 2004) در مطالعه‌ای بر روی ۷۰ ژنوتیپ مختلف از عدس‌های بومی و اصلاح شده براساس نتایج تجزیه به عامل‌ها مؤثرترین صفات دخیل در عملکرد عدس را تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته گزارش نمودند.

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.79]

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.79]

جدول ۶- تجزیه به عامل‌های صفات مورد ارزیابی (پس از چرخش وریمکس) در عدس

Table 6. Factor analysis of studied traits (varimax rotation) in lentil lines

عامل ۶ Factor 6	عامل ۵ Factor 5	عامل ۴ Factor 4	عامل ۳ Factor 3	عامل ۲ Factor 2	عامل ۱ Factor 1	صفات Traits
-0.159	0.133	0.255	-0.312	-0.410	-0.302	اختلاف دمای کانوپی Canopy temperature difference
0.192	0.853	0.019	0.006	0.062	0.096	روز تا ۵۰٪ گلدهی Days to 50% flowering
0.756	0.204	0.040	0.090	0.080	-0.013	طول دوره گلدهی Flowering period
-0.079	0.823	-0.023	-0.094	-0.233	-0.223	روز تا ۵۰٪ غلاف‌دهی Days to 50% podding
0.358	0.043	0.149	0.162	0.537	0.176	طول دوره غلاف‌دهی Podding period
0.069	0.223	0.134	0.180	0.844	0.182	روز تا ۵۰٪ رسیدگی فیزیولوژیکی Days to 50% physiological maturity
0.079	-0.047	0.132	0.189	0.858	0.217	طول دوره پرشدن دانه Seed filling period
-0.022	0.031	0.431	0.319	0.577	0.343	ارتفاع بوته(cm) Plant height
0.054	-0.135	0.188	0.201	0.597	0.250	ارتفاع اولین انشعاب شاخه(cm) First branching height
-0.580	0.427	0.298	0.029	-0.069	-0.179	ارتفاع اولین غلاف(cm) First podding height
0.037	-0.019	0.096	0.570	0.170	0.732	تعداد غلاف پر در بوته Number of filled pod per plant
0.262	-0.040	0.229	0.604	0.157	-0.029	تعداد غلاف خالی در بوته Number of empty pod per plant
0.079	0.015	0.085	0.512	0.130	0.800	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant
-0.035	-0.081	0.037	0.480	0.427	0.715	عملکرد دانه (gr) در بوته Seed yield per plant
-0.038	-0.045	0.135	0.813	0.364	0.378	زیست‌توده (gr) در بوته Biomass per plant
-0.032	-0.007	0.187	0.908	0.233	0.020	عملکرد کاه(gr) در بوته Straw yield per plant
0.003	-0.115	-0.051	-0.310	0.308	0.725	شاخص برداشت در بوته Harvest index per plant
0.167	0.069	0.537	0.057	0.056	0.725	تعداد دانه در متر مربع Number of seed
0.031	-0.088	0.409	0.104	0.497	0.690	عملکرد دانه (gr/m^2) Seed yield
-0.014	-0.027	0.795	0.211	0.337	0.387	زیست‌توده (gr/m^2) Biomass
-0.051	0.040	0.887	0.239	0.073	-0.029	عملکرد کاه (gr/m^2) Straw yield
0.036	-0.126	-0.022	-0.014	0.497	0.765	شاخص برداشت Harvest index
-0.188	-0.238	-0.041	0.119	0.770	0.158	وزن هزاردانه(gr) 1000-seed weight
1.266	1.830	2.436	3.245	4.408	4.594	مقادیر ویژه Eigen Value
5.506	7.956	10.592	14.110	19.166	19.975	درصد واریانس Variance Percentage
77.306	71.800	63.844	53.251	39.141	19.975	درصد واریانس تجمعی Cumulative Variance Percentage

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج، بیشترین ضریب تغییرات مربوط به صفات تعداد دانه (۱۵۲۷/۶۷)، زیست توده (۱۵۳/۶۶)، عملکرد کاه (۱۲۲/۶۰) و عملکرد دانه (۵۰/۹۱) بود. عملکرد دانه در بوته با صفات فنولوژیکی طول دوره غلاف‌دهی، رسیدگی فیزیولوژیکی و طول دوره پرشدن دانه و با صفات مورفولوژیکی ارتفاع بوته و ارتفاع اولین انشعاب شاخه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. تعداد دانه در بوته بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه داشت و بعد از آن بیشترین اثر مستقیم به‌ترتیب مربوط به وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و طول دوره پرشدن دانه بود، بنابراین می‌توانند به‌عنوان معیاری برای انتخاب لاین‌های برتر در نظر گرفته شوند. براساس نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها، شش عامل توانستند ۷۷/۳۰۶ در صد از تغییرات داده‌ها را توجیه کنند.

References

Agricultural Statistics Booklet. (2020). Volume I: Crop production. Ministry of Jihad-e-Keshavarzi. Office of Statistics and Information Technology. Available at: http:// amar.maj.ir/ Portal/Home/Default.aspx? Category ID =117564e0-507c-4565-9659-fbabfb4acb9b [In Persian]

Alam, A., Podder, R., & Sarker, A. (2011). Estimation of genetic diversity in lentil germplasm. *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*, *33(2)*, 103-110.

Ashrafi, N., Shahbazi, H., Mostafaee, H., & Zaeeifizadeh, M. (2019). Impact of drought stress on lentil genotypes through investigation of morpho-physiological traits. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, *8(1)*, 43-58.

Babayeva, S., Akparov, Z., Amirov, L., Shikhaliyeva, K., Hasanova, S., Rustamov, K., Mirzayev, R., Izzatullayeva, V., Mirzaliyeva, I., & Mammadov, A. (2018). Genetic relationship among introduced lentil germplasm using agronomic traits and ISSR markers. *Genetika*, *50(2)*, 575-590.

De Ron, A. (2015). Grain Legumes. Series: Handbook on Plant Breeding. NewYork, NY. In: Dordrecht.

Dixit, R., Singh, H., & Singh, S. (2005). Selection criterion in lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Fourth International Food Legumes Research Conference*. New Delhi-India.
Erskine, W., Sarker, A., & Kumar, S. (2016). Lentil: breeding. *Encyclopedia of food grains*. In: Elsevier Amsterdam.
Gholami Rezvani, N., Nezami, A., & Kafi, M. (2019). Evaluation of lentil (Lens culinaris) genotypes for autumn sowing in cold temperate regions under field conditions. *Journal of Crop Breeding*, *11*(4), 142-147. doi: 10.22069/ejcp.2019.14098.2071 [In Persian]
Gupta, R., Begum, S., & Alam, M. (2012). Characterization of lentil (*Lens culinaris* M.) germplasm through phenotypic marker. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, *10*(452-2016-35676), 197-204.
Hagh-Nazari, A., Shahmoradi, M., & Nazari, K. (2004). Improvement and production of lentil cultivars for Zanjan. Phase 1: Collecting of lentil germplasm and study of genetic relations. *Research Project, Faculty of Agriculture, Zanjan University*. [In Persian]
Kayan, N., & Olgun, M. (2012). Evaluation of yield and some yield components in lentil (*Lens culinaris* Medik.). *International Journal of Agriculture: Research and Review*, *2(6)*, 834-843.
Kishor, R., & Sharma, V. (2020). Correlation and Path analysis for yield and its component traits in Lentil (*Lens culinaris* Medik.) in Bundelkhand. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *9(6)*, 2175-2178.
Kumar, J., Basu, P., Srivastava, E., Chaturvedi, S., Nadarajan, N., & Kumar, S. (2012). Phenotyping of traits imparting drought tolerance in lentil. *Crop and Pasture Science*, *63(6)*, 547-554.
Lafitte, H., Price, A. H., & Courtois, B. (2004). Yield response to water deficit in an upland rice mapping population: associations among traits and genetic markers. *Theoretical and Applied Genetics*, *109*, 1237-1246.
Moradi, S., Saba, J., Tavakoli, A., & Afsahi, K. (2020). Evaluation of variations of agro-morphological traits in landrace lentil populations of Zanjan province and selection of superior genotypes in rainfed conditions. *Journal of Crop Production*, *12(4)*, 171-186. [In Persian]
Narouie Rad, M., Aghaie, M., Fanaie, H., & Ghasemie, M. (2008). Genetic variation in some phenological and morphological traits masses of hot and dry lentils. *Journal of Agriculture Research and Development*, *74(4)*, 40-48. [In Persian]
Neyestani, A., & Mahmoodi, A. A. (2004). Path analysis of seed yield component in lentil under rainfed condition. *Journal of Agriculture*, *6(2)*, 61-65. [In Persian]
Nouri Goghari, M., Dashti, H., Madah Hosseini, S., & Dehghan, E. (2014). Evaluation of genetic diversity of lentil germplasm using morphological traits in Bardsir. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *45(4)*, 541-551. [In Persian]
Parsa, M., & Bagheri, A. (2013). Pulses. Jahad-e-Daneshgahi Mashhad Press, 523 pp.
Perez, M., Fratini, R.M., Muehlbauer, F.J., Torres, M., Cubero, A.M., & Kole, C. (2011). Lentil," in Genetics, Genomic and Breeding of Cool Season Grain Legumes (Genetics, Genomics and Breeding in Crop Plants), eds M. Perez de la Vega, A. M. Torres, J. I. Cubero, & C. Kole (Boca Raton, FL: Science Pubs), 98–150.
Pouresmael, M., Zahravi, M., & Ghanbari, A.A. (2019). Evaluation and characterization of ICARDA elite germplasm of lentil. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 7(1), 9-23. [In Persian]
Rahimi, M. H., Houshmand, S., Khodambashi, M., & Gasemi Siani, N. (2018). Assesment of genetic diversity and relationship of agronomic traits in lentil lines. *Iranian Journal of Pulses Research*, *9(2)*, 100-113. [In Persian]
Safaei, H. (2001). Evaluation of qualitative and quantitative traits in lentil (*Lens Culinaris* Medik.) landraces of Fars province. *Journal of Seed and Plant*, *17(3)*, 349-357. [In Persian]
Shobeyri, S. D., Sadeghzadeh-Ahari, D., H. Mostafaei-Bonjani, H., M. Mahdiyeh, M., A. Asyabizadeh, A., & Mohammadzadeh, R. (2017). Assesment of agronomic characters and comparing seed yield of lentil genotypes in pro and advance testing under rainfed and cold season condition. *Research Project report, Dryland Agricultural research institution*, 47.
Toklu, F., Özkan, H., Karaköy, T., & Coyne, C. J. (2017). Evaluation of advanced lentil lines for diversity in seed mineral concentration, grain yield and yield components. *Journal of Agricultural Sciences*, *23(2)*, 213-222.
Tyagi, S., & Khan, M. (2010). Studies on genetic variability and interrelationship among the different traits in Microsperma lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, *2(1)*, 15-20.
Xanthopoulos, P., Pardalos, P. M., Trafalis, T. B., Xanthopoulos, P., Pardalos, P. M., & Trafalis, T. B. (2013). Principal component analysis. *Robust Data Mining*, 21-26.
Zahedi, F., Mohammadi, M., & Karimizadeh, R. A. (2016). Path analysis to study morph-physiological traits, yield and traits related to yield of lentil genotypes under rain fed condition. *Plant Productions*, *39(2)*, 71-80. [In Persian]

[DOI: 10.61186/jcb.16.3.79]