University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 1, pp. 1-18 (Spring 2023)

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4307.2005

Original article

Study of agronomic traits and their relationship in promising lentil lines under rain-fed conditions

P. Pezeshkpour[1*], R. Amiri[1], A. Namdari[2]

1. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran

2. Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Gachsaran, Iran

Received 13 May 2021; Accepted 13 July 2021

Extended abstract

Introduction

Lentil is grown for its biological nitrogen fixation ability and high proteins as well as human and animal nutrition capacity. Terminal drought, lack of suitable varieties and quality seeds have challenged the efforts of breeders to increase its productivity. Assessment of genetic diversity for desired traits in germplasm collections plays a critical role in formulating crop enhancement strategies. The aim of this study was to investigate the agronomic, phenological and morphological traits of advanced lentil lines received from the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) and to identify the relationships between important and effective traits using different statistical methods.

Materials and methods

This experiment was conducted on 15 promising lentil lines received from ICARDA along with two check cultivars (Gachsaran and Sepehr) in a randomized complete block design with three replicates under rain-fed conditions at Sarab-Changai Research Station, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, Khorramabad during 2019-2020 cropping year. Sowing was done by hand at four row plots, 4 m length, and 0.25 m row spacing as 200 seeds per square meter density. Fertilization with chemical fertilizers was performed based on soil test. The weeds control was manually performed twice. The total rainfall received was 542 millimeters in the cropping year. Different traits were measured according to standard guidelines for lentil during each stage.

Results and discussion

According to the results, the "number of two-seeded pods per plant" followed by number of empty pods per plant, number of one-seeded pods per plant, seed yield per plant, weight of pods per plant and number of fertile pods per plant had the highest coefficient of variation (78.78%) and phenological traits had the least variability. The results of analysis of variance showed a significant genetic diversity between the studied genotypes in terms of most traits. The mean of seed yield per plant was 2.66 g plant^{-1}. Genotypes 6, 14 and 17 (Sepehr) by 6.02, 5.06 and 4.15 g plant^{-1}, respectively had the highest amount. The correlation between grain yield per plant and most of the traits, especially yield components, was positive and significant. The genotypes were classified in three clusters. According to cluster analysis using Ward method, the genotypes of third cluster had high yield and yield components in compare with

*Corresponding author: Payam Pezeshkpour; E-Mail: papezeshkpour@yahoo.com

© 2023, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

other clusters. Based on the SIIG index, the genotypes 6, 11, 14 and 17 with the highest SIIG values (0.727, 0.584, 0.569 and 0.537, respectively) were known as the best genotypes. On the other hand, genotypes 15, 2, 9, 10 and 5 with the least amount of SIIG value (0.185, 0.284, 0.323, 0.324, 0.357 and 0.362 respectively) were known as the weakest genotypes under rain-fed conditions. The highest direct positive effect on “seed yield per plant” belonged to the “number of fertile pods per plant” and therefore this trait can be applied as selection criteria. Fifteen agronomic traits have been classified into five groups which expressed 90.82% diversity of the total variation according to the factor analysis.

Conclusions

In this study, the studied genotypes were significantly different for most of the studied traits. Genotypes 6, 14 and 17 (Sepehr) were known as the best genotypes based on the results of various statistical methods including mean comparisons, cluster analysis and SIIG index. Therefore, they have the potential to be used in the future breeding and subsequent agronomic research programs. The number of fertile pods per plant had the most direct positive effect on seed yield. Therefore, it can be considered as a criterion for selecting superior genotypes.

***Keywords*:** Factor analysis, Path analysis, Regression, SIIG index

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4307.2005

مقاله پژوهشی

مطالعه صفات زراعی و ارتباط بین آن‌ها در لاین‌های امیدبخش عدس تحت شرایط دیم

پیام پزشکپور[1*]، رضا امیری[1]، امین نامداری[2]

۱. استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد

۲. استادیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تجزیه به عامل‌ها
تجزیه علیت
رگرسیون
شاخص SIIG

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۲/۱۳

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۴/۲۲

چکیده

به‌منظور مطالعه برخی خصوصیات زراعی، فنولوژیک و مورفولوژیک لاین‌های پیشرفته دریافتی از مرکز تحقیقات بین‌المللی در مناطق خشک (ایکاردا) و شناسایی روابط بین صفات مهم و مؤثر با استفاده از روش‌های مختلف آماری، تحقیقی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات سراب چنگایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ تحت شرایط دیم اجرا گردید. بر اساس نتایج، صفت تعداد غلاف دو بذری در بوته دارای بیشترین ضریب تغییرات (۷۸/۷۸ درصد) و صفات فنولوژیک دارای کمترین تنوع بودند. نتایج تجزیه واریانس حاکی از وجود تنوع ژنتیکی معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه ازنظر اغلب صفات بود. همبستگی عملکرد دانه در بوته با اغلب صفات به‌ویژه اجزای عملکرد مثبت و معنی‌دار بود. بیشترین تأثیر مستقیم مثبت روی عملکرد دانه در بوته، متعلق به صفت تعداد غلاف‌های بارور در بوته بود و بنابراین این صفت می‌تواند معیار گزینش قرار گیرد. تجزیه به عامل‌ها با استفاده از ۱۵ صفت زراعی، منجر به شناسایی پنج عامل شد که درمجموع ۹۰/۸۲ درصد از تنوع کل را توجیه کردند. بر اساس نتایج روش‌های آماری مختلف شامل مقایسه میانگین، تجزیه خوشه‌ای و شاخص SIIG، ژنوتیپ‌های ۶، ۱۴ و ۱۷ (سپهر) به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها ازنظر صفات موردمطالعه شناخته شدند و ظرفیت کاربرد در تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی بعدی را دارند.

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik) یک لگوم دانه‌ای سرمادوست است که عموماً در مناطق معتدل نیمه‌خشک کشت می‌گردد (Sánchez-Gómez et al., 2019). ورود لگوم‌های دانه‌ای مانند عدس در سیستم‌های زراعی و تناوب با سایر محصولات، می‌تواند از طریق تثبیت نیتروژن اتمسفر به خاک، به پایداری چرخه نیتروژن و افزایش حاصلخیزی خاک کمک کند، چرخه‌های بیماری را مختل کرده و به‌طورکلی به ایجاد محیط تولید بهتر برای سایر محصولات، کمک کند (Voisin et al., 2014; Yantai et al., 2017).

عدس منبع خوبی از مواد مغذی موردنیاز انسان شامل پروتئین، کربوهیدرات، کارتنوئیدها، ویتامین‌ها، فیبر، مواد معدنی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند که غالباً به‌عنوان جایگزین گوشت استفاده می‌شوند و می‌تواند به‌واسطه دارا بودن چندین آمینواسید ضروری، مکمل پروتئین غلات باشد (Migliozzi et al., 2015; Jallinoja et al., 2016)؛ بنابراین مصرف آن برای کاهش گرسنگی پنهان و برای افرادی که از بیماری‌های مزمن رنج می‌برند، بسیار توصیه شده است (Srivastava and Vasishtha, 2012)؛ چراکه مصرف منظم عدس می‌تواند تغذیه انسان را غنی کرده و خطر بروز

* نگارنده پاسخگو: هادی پیام پزشکپور. پست الکترونیک: papezeshkpour@yahoo.com

بیماری‌هایی مانند بیماری‌های قلبی عروقی، سرطان‌ها، اضافه‌وزن و چاقی، سندرم متابولیک و دیابت را کاهش دهد (Bouchenak and Lamri-Senhadji, 2013).

علیرغم اینکه عدس به‌طور عمده در شرایط دیم کشت می‌شود، کمبود آب یکی از محدودیت‌های اصلی برای حصول عملکرد مطلوب از آن برشمرده می‌شود (Kumar et al., 2012)، زیرا همانند بسیاری از محصولات زراعی که در اقلیم مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک رشد می‌کنند، اغلب در مرحله رشد زایشی و به دلیل کاهش بارندگی یا آب موجود در گیاه و افزایش دما، با تنش خشکی انتهای فصل مواجه می‌شود. تحت چنین شرایطی، ضروری است که برای مقابله با اوضاع تهدیدکننده امنیت غذایی، پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی به طرق مختلف ازجمله شناسایی و معرفی لاین‌ها و ارقام پر عملکرد و پایدار، به میزان قابل قبولی افزایش یابد. علاوه بر وقوع تنش‌های مختلف محیطی، عملکرد پایین ارقام محلی، عدم تنوع در ارقام اصلاح‌شده، در دسترس نبودن بذر باکیفیت، به‌کارگیری محدود نهاده‌ها، مدیریت ضعیف علف‌های هرز و عدم برداشت مکانیزه از دیگر عوامل مهم نوسان عملکرد عدس محسوب می‌شوند (Pouresmael et al., 2018; Jawad et al., 2019). این عوامل باعث عدم سوددهی محصول شده و نمی‌تواند با سایر محصولات رقابت کند. ازاین‌رو با گذشت زمان، گرایش کشاورزان به سمت سایر محصولات سودآور بوده است (Jawad et al., 2019).

در ایران، عدس اساساً در مزارع حاشیه‌ای ضعیف و با استفاده از توده‌های محلی و یا ارقام قدیمی که اغلب حساس به تنش‌های مختلف محیطی هستند، تولید می‌شود. اگرچه توده‌های محلی و ارقام بومی دارای سازگاری خاص و تکاملی و همچنین کیفیت غذایی خوبی هستند اما عملکرد کم آن‌ها، ضرورت توسعه ارقام جدید با پتانسیل عملکرد بالا و مقاومت در برابر تنش‌های محیطی را بیش‌ازپیش آشکار می‌کند (Mbasani-Mansi et al., 2019). لازمه این مهم، بهره‌گیری از تنوع موجود و یا ایجاد تنوع جدید و استفاده از این تنوع در برنامه‌های مختلف اصلاحی برای دستیابی به چنین ارقامی است. گزارش مطالعات مختلف حاکی از وجود تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی بین ژنوتیپ‌های مختلف عدس ازنظر صفات مختلف است (Gautam et al., 2014; Pandey and Bhatore, 2018). نتایج بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات زراعی در لاین‌های خالص عدس نشان داد تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی برای صفات زراعی مختلف ازجمله عملکرد و اجزای آن در لاین‌های موردبررسی وجود دارد که با توجه به این تنوع ژنتیکی و همچنین میزان وراثت‌پذیری عمومی بالا برای اغلب صفات، امکان بهبود آن‌ها از طریق برنامه‌های اصلاحی گزینش ممکن است (Rahimi et al., 2018). نتایج بررسی تنوع ژنتیکی ۳۰۲ نمونه از ژرم‌پلاسم بومی عدس موجود در بانک ژن گیاهان ملی ایران نشان داد که تنوع بالایی برای صفات تعداد نیام در بوته و شدت چسبندگی دانه به نیام وجود دارد (Saman et al., 2012)؛ بنابراین، می‌بایست حداکثر بهره را از این ژرم‌پلاسم‌ها به عمل آورد و نسبت به احیا و بهره‌برداری از ژن‌های مفید آن‌ها و گسترش پایه ژنتیکی ارقام جدید اقدام نمود.

از طرفی دیگر، استفاده از منابع ژنتیکی دریافتی از مؤسسات بین‌المللی و به‌کارگیری از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی نیز ازجمله اقدامات مفید و راهگشا خواهد بود؛ چراکه در صورت بررسی و شناسایی صفات مشخص ژرم‌پلاسم، استفاده هدفمند و کارآمدتر از آن‌ها توسط محققان اصلاح نباتات امکان‌پذیر خواهد بود (Roy et al., 2013). در یک مطالعه، ۱۱۰ ژنوتیپ عدس (شامل ارقام رایج، لاین‌های پیشرفته و ارقام محلی و بومی) با منشأ متفاوت، ازنظر صفات زراعی و مورفولوژی موردبررسی قرار گرفت و تنوع ژنتیکی معنی‌داری در بین آن‌ها گزارش گردید که نشان‌دهنده ظرفیت بالای این مواد ژنتیکی جهت کاربرد در برنامه‌های اصلاحی از طریق گزینش است (Roy et al., 2013). در بررسی ۱۳۸ ژنوتیپ عدس دریافت شده از ایکاردا، تنوع ژنتیکی بالایی ازلحاظ برخی صفات ازجمله صفات وزن دانه‌ها در بوته، عملکرد دانه و وزن غلاف‌ها در بوته مشاهده شد (Pouresmael et al., 2018). در ارزیابی تنوع ژنتیکی نه ژنوتیپ عدس با استفاده از خصوصیات زراعی، مورفولوژیک و مولکولی، تنوع قابل‌توجهی (۴۰٪) بین جمعیت محلی عدس و جمعیت با منشأ ایکاردا گزارش شد (Tahir and Omer, 2017).

این تحقیق به‌منظور بررسی تنوع و مطالعه خصوصیات زراعی، فنولوژیک و مورفولوژیک لاین‌های پیشرفته عدس، دریافتی از مرکز تحقیقات بین‌المللی در مناطق خشک (ایکاردا) و شناسایی روابط بین صفات مهم و مؤثر با استفاده از روش‌های مختلف آماری، جهت استفاده از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی استفاده‌شده در این آزمایش شامل ۱۵ ژنوتیپ پیشرفته عدس (با منشأ ایکاردا) انتخابی از آزمایش‌های پیشرفته مقایسه عملکرد، به همراه دو رقم شاهد (گچساران و سپهر) بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات سراب چنگایی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ تحت شرایط دیم مورد کشت و ارزیابی قرار گرفتند. کاشت در اواخر آذر ۱۳۹۸ به‌صورت دستی در واحدهای آزمایشی با ۴ خط کاشت ۴ متری و فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر، فاصله بذر روی ردیف ۲ سانتی‌متر و تراکم ۲۰۰ دانه در مترمربع صورت گرفت. مقدار کود موردنیاز بر اساس آزمون خاک و به میزان ۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت مصرف گردید. عملیات وجین در دو مرحله به‌صورت دستی انجام گرفت. مجموع بارندگی در سال زراعی اجرای آزمایش حدود ۵۲۴ میلی‌متر بود.

برای اندازه‌گیری صفات، از هر واحد آزمایشی تعداد ده بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات مختلف آن‌ها ازجمله عملکرد و اجزای عملکرد و صفات مورفولوژی بر اساس دستورالعمل‌های استاندارد برای حبوبات موردبررسی قرار گرفت. فاصله زمانی بین ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدن فیزیولوژیک به‌عنوان طول دوره پر شدن دانه در نظر گرفته شد. از حاصل تقسیم وزن تک دانه بر طول دوره پر شدن دانه نیز، میانگین سرعت پر شدن دانه به میلی‌گرم در دانه در روز به دست آمد (Amiri et al., 2012). شاخص زادآوری یا تلاش بازآوری از تقسیم وزن خشک کل اندام‌زایشی (غلاف) بر وزن خشک کل بوته به دست آمد (Jabbari et al., 2011).

از نرم‌افزار آماری SAS ver.9.1 برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده و از نرم‌افزار SPSS ver.16 برای محاسبه آمار توصیفی، تجزیه خوشه‌ای، تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام و تحلیل عاملی صفات موردمطالعه استفاده شد. برای انجام تجزیه مسیر از نرم‌افزار Path2 و محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) (Zali et al., 2015) از محیط Excel 2016 بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

آمار توصیفی

بر اساس نتایج آماره‌های توصیفی (جدول ۱)، صفت تعداد غلاف دو بذری در بوته دارای بیشترین ضریب تغییرات (۷۸/۷۸ درصد) بود. پس‌ازآن، صفات تعداد غلاف‌های نابارور در بوته، تعداد غلاف تک بذری در بوته، عملکرد دانه در بوته، وزن غلاف‌ها در بوته و تعداد غلاف‌های بارور در بوته از تنوع بیشتری برخوردار بودند. ازاین‌رو، گزینش برای این صفات ممکن است مؤثر باشد. در مطالعه کاکایی و موسوی (Kakaei and Moosavi, 2017) در نخود، بیشترین تنوع بر اساس آماره ضریب تغییرات، مربوط به صفات شاخص برداشت (۴۲/۱۷ درصد) و تعداد غلاف در بوته (۳۷/۰۵ درصد) و کمترین آن مربوط به صفت وزن صد دانه (۱۰/۶۹ درصد) بود و از تنوع موجود در صفات ارزشمند به‌خصوص تعداد غلاف در بوته به‌عنوان ابزاری جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی نخود یادکردند. در مطالعه تعیین تنوع ژنتیکی در ۷۶۰ توده داخلی و خارجی عدس، صفات وزن کل بوته و سپس شاخص برداشت و وزن هزار دانه، بالاترین دامنه تغییرات را از خود نشان دادند (Majnoun Hosseini and Naghavi, 2017). در این مطالعه، کمترین تنوع بر اساس آماره ضریب تغییرات نیز مربوط به صفات فنولوژیک بود (جدول ۱). گزارش مطالعات مختلف حاکی از پایین بودن ضریب تغییرات برای صفات فنولوژی است (Mardi et al., 2003; Nouri Goghari et al., 2015).

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

نتایج مربوط به تجزیه واریانس صفات مختلف موردمطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، مشاهده شد که اختلاف اغلب بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مختلف عدس بر اساس تمامی صفات موردمطالعه به‌جز صفات ارتفاع بوته، وزن صد دانه و سرعت پر شدن دانه وجود دارد. در مطالعات مختلف، تنوع ژنتیکی و تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های عدس نشان داده شده است (Kumar et al., 2012; Zahedi et al., 2016; Kumari et al., 2018). نتایج تجزیه واریانس صفات در مطالعه ۱۰۴۰ تک بوته مربوط به پنج جمعیت عدس حاکی از وجود اختلاف بسیار معنی‌دار بین جمعیت‌های مورد ارزیابی ازلحاظ تمام صفات موردمطالعه بود (Moradi et al., 2020). نتایج مقایسه میانگین صفات موردمطالعه با آزمون LSD در جدول ۲ نشان

داده است. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها برابر ۲/۶۶ گرم در بوته بود. ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۴ و ۱۷ (سپهر) به ترتیب با ۶/۰۲، ۵/۰۶ و ۴/۱۵ گرم در بوته، دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های شماره ۵ و ۱۰ به ترتیب با ۱/۱۷ و ۱/۱۸ گرم در بوته، دارای کمترین مقدار بودند.

جدول ۱. آمار توصیفی مربوط به صفات مختلف موردمطالعه در ۱۷ ژنوتیپ عدس

Table 1. Descriptive statistics parameters for different studied traits in 17 lentil genotypes.

Trait	صفت	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	دامنه Range	انحراف معیار Standard deviation	ضریب تغییرات CV (%)	چولگی Skewness	کشیدگی Kurtosis
PDW	**وزن خشک بوته (گرم)**	6.27	2.66	12.35	9.68	2.64	42.03	1.12	0.82
NB	**تعداد شاخه اصلی**	2.51	2.00	4.00	2.00	0.68	27.02	1.24	0.27
PLH	**ارتفاع بوته (سانتی‌متر)**	32.47	26.00	38.00	12.00	3.08	9.48	-0.50	0.03
WPP	**وزن غلاف‌ها در بوته (گرم)**	3.69	1.55	8.18	6.63	1.86	50.32	1.26	1.03
NFPP	**تعداد غلاف‌های بارور در بوته**	59.55	20.33	126.00	105.67	29.82	50.08	0.75	0.14
NEPP	**تعداد غلاف‌های نابارور در بوته**	5.02	1.00	17.00	16.00	3.86	76.89	1.95	5.21
NOPP	**تعداد غلاف تک بذری در بوته**	49.43	13.33	106.67	90.34	26.69	53.99	0.45	-0.70
NTPP	**تعداد غلاف دو بذری در بوته**	10.12	3.00	36.33	33.33	7.97	78.78	2.54	7.36
NSPo	**تعداد دانه در غلاف**	1.19	1.06	1.40	0.34	0.11	9.54	0.53	-1.17
NSP	**تعداد دانه در بوته**	69.86	28.00	162.33	134.33	34.30	49.10	1.25	2.07
SY	**عملکرد دانه در بوته (گرم)**	2.66	1.17	6.02	4.85	1.35	50.91	1.28	1.26
HSW	**وزن صد دانه (گرم)**	3.84	2.67	4.78	2.10	0.60	15.49	-0.13	-0.46
SYPP	**عملکرد کاه در بوته (گرم)**	3.61	1.48	6.33	4.84	1.43	39.69	0.60	-0.57
HI	**شاخص برداشت (٪)**	41.98	28.92	56.89	27.97	7.46	17.77	-0.02	-0.33
RI	**شاخص زادآوری (٪)**	58.90	39.19	93.14	53.95	11.53	19.58	1.43	4.45
DF	**روز تا گلدهی**	130.53	129.00	133.00	4.00	1.18	0.90	0.31	-0.40
DM	**روز تا رسیدن**	163.24	161.00	164.33	3.33	1.01	0.62	-0.84	-0.21
SFP	**دوره پر شدن دانه (روز)**	32.71	31.00	34.00	3.00	1.04	3.18	-0.28	-1.29
SFR	**سرعت پر شدن دانه (میلی‌گرم/دانه/روز)**	1.18	0.81	1.50	0.69	0.20	16.63	-0.02	-0.60

PDW= Plant dry weight; NB= Number of main branches; PLH= Plant height; WPP= Weight of pods per plant; NFPP= Number of fertile pods per plant; NEPP= Number of empty pods per plant; NOPP = Number of one-seeded pods per plant; NTPP = Number of two-seeded pods per plant; NSPo= Number of seeds per pods; NSP= Number of seeds per plant; SY= Seed yield per plant; HSW= Hundred seed weight; SYPP = Straw yield per plant; HSW= Hundred seed weight; HI= Harvest index; RI= Reproductive index; DF= Days to flowering; DM= Days to maturity; SFP= Seed filling period; SFR= Seed filling ratio

ژنوتیپ شماره ۶ ازنظر اغلب صفات مهم زراعی ژنوتیپ برتر و یا از برترین‌ها بود. ژنوتیپ شماره ۱۴ نیز ازنظر صفات وزن خشک بوته، وزن غلاف‌ها در بوته، تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد غلاف تک بذری در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد کاه در بوته ازجمله برترین‌ها ژنوتیپ‌ها بود؛ بنابراین ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱۴ برتر از ارقام شاهد (گچساران و سپهر) بودند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۱ و ۴ بالاترین درصد شاخص برداشت و شاخص زادآوری را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های شماره ۵ و ۱۰ نیز علاوه بر عملکرد دانه در بوته، پایین‌ترین مقدار صفات وزن خشک بوته، تعداد شاخه اصلی، ارتفاع بوته، وزن غلاف‌ها در بوته، تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد کاه در بوته را دارا بودند. البته ژنوتیپ شماره ۱۰، ازنظر صفات تعداد غلاف تک بذری در بوته و وزن صد دانه نیز جزو ژنوتیپ‌های ضعیف بود. ژنوتیپ‌های ۳، ۵، ۷ و ۹ همگی با ۱۲۹ روز، کمترین و ژنوتیپ‌های ۱۴ و ۶ به ترتیب با ۱۳۲ و ۱۳۳ روز، بیشترین تعداد روز تا گلدهی را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های شماره ۵ (۱۶۱ روز) و ۱۰ (۱۶۱/۷ روز) به‌عنوان زودرس‌ترین

و ژنوتیپ‌های ۸ و ۱۲ با ۱۶۴/۳ روز به‌عنوان دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. سایر اطلاعات مربوط به صفات در جدول ۲ ارائه شده است.

ضرایب همبستگی صفات

همبستگی عملکرد دانه در بوته با صفات وزن خشک بوته، وزن غلاف‌ها در بوته، تعداد غلاف‌های بارور در بوته، تعداد غلاف تک بذری در بوته، تعداد غلاف دو بذری در بوته، تعداد دانه در بوته و روز تا گلدهی مثبت و بسیار معنی‌دار و با صفات ارتفاع بوته و شاخص برداشت مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۳). تنها همبستگی منفی معنی‌داری بین عملکرد و سایر صفات، مربوط به صفت دوره پر شدن دانه بود. در مطالعه ۲۴ ژنوتیپ عدس نشان داده شد که عملکرد دانه دارای همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی مثبت و معنی‌داری با صفات وزن صد دانه، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته است (Alam et al., 2011). همان‌طور که در جدول ۳ مشخص است، همبستگی وزن صد دانه با تمامی صفات مرتبط با تعداد غلاف منفی است. ضرایب همبستگی بین سرعت، طول دوره پر شدن دانه و وزن صد دانه (به‌نوعی بیانگر وزن تک دانه) که سه فاکتور اصلی از فرایند پر شدن دانه می‌باشند، نشان داد که همبستگی بین سرعت پر شدن دانه با طول دوره پر شدن منفی و غیر معنی‌دار، اما با وزن صد دانه مثبت، شدید و بسیار معنی‌دار بود، درصورتی‌که همبستگی بین طول دوره پر شدن دانه با وزن صد دانه معنی‌دار نبود. با توجه به وجود روابط مستقیم بین طول دوره و سرعت پر شدن دانه با عملکرد و اجزای عملکرد دانه، گزینش بر اساس این صفات می‌تواند به‌عنوان یک روش ارزیابی فیزیولوژیک مناسب، یاری‌گر محققان در گزینش غیرمستقیم باشد (Brdar et al., 2008).

جدول ۲. خلاصه تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات موردمطالعه در ۱۷ ژنوتیپ عدس.

Table 2. Summary of simple ANOVA and mean traits in the 17 lentil genotypes.

ژنوتیپ Genotype	وزن خشک بوته PDW	تعداد شاخه اصلی NB	ارتفاع بوته PLH	وزن غلاف‌ها در بوته WPP	تعداد غلاف بارور در بوته NFPP	تعداد غلاف نابارور در بوته NEPP	تعداد غلاف تک بذری در بوته NOPP	تعداد غلاف دو بذری در بوته NTPP	تعداد دانه در غلاف NSPo
	g		cm	g					
1	4.42	2.00	26.0	2.25	36.0	1.0	26.0	10.0	1.29
2	5.48	2.67	35.0	2.92	20.3	6.0	13.3	7.0	1.34
3	5.36	2.33	33.0	3.40	54.3	2.0	48.0	6.3	1.12
4	4.20	2.00	29.7	2.85	37.3	3.3	31.0	6.3	1.18
5	3.31	2.33	29.0	1.55	24.3	2.0	20.7	3.7	1.15
6	12.35	2.00	38.0	8.19	126.0	7.0	89.7	36.3	1.29
7	5.51	2.00	34.7	2.97	44.3	4.3	27.0	17.3	1.40
8	6.79	4.00	35.7	4.15	53.3	6.0	46.7	6.7	1.13
9	6.71	3.00	34.3	2.37	61.7	8.3	57.0	4.7	1.07
10	2.66	2.00	27.7	1.59	27.0	4.3	17.0	10.0	1.37
11	5.71	3.67	30.7	5.29	68.3	1.3	49.0	19.3	1.29
12	7.62	2.00	33.3	3.64	79.7	8.3	70.7	9.0	1.11
13	4.95	3.67	32.0	2.91	37.3	2.0	29.7	7.7	1.21
14	11.17	2.00	33.0	7.04	111.0	5.3	103.7	7.3	1.06
15	4.71	2.33	31.7	2.61	73.0	17.0	70.0	3.0	1.06
16 (Gachsaran)	5.93	2.67	34.3	3.24	74.0	4.3	66.0	8.0	1.11
17 (Sepehr)	9.70	2.00	34.0	5.74	84.3	2.7	75.0	9.3	1.11
میانگین Average	6.27	2.51	32.47	3.69	59.55	5.02	49.43	10.12	1.19
LSD 5%	2.31	1.09	7.84	1.48	24.32	2.04	23.55	4.82	0.11
LSD 1%	3.11	1.46	10.54	1.99	32.70	2.74	31.66	6.48	0.15
***F* test**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**
CV%	*22.17*	*26.06*	*14.52*	*24.15*	*24.56*	*24.45*	*28.65*	*28.62*	*5.52*

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

PDW= Plant Dry Weight; NB= Number of main branches; PLH= Plant Height; WPP= Weight of Pods per Plant; NFPP= Number of Fertile Pods per Plant; NEPP= Number of Empty Pods per Plant; NOPP = Number of One-seeded Pods per Plant; NTPP = Number of Two-seeded Pods per Plant; NSPo= Number of Seed per Pods.

جدول ۲. ادامه **Table 2. Continued.**

ژنوتیپ Genotype	تعداد دانه در بوته NSP	عملکرد دانه در بوته SY	وزن صد دانه HSW	عملکرد کاه در بوته SYPP	شاخص برداشت HI	شاخص زادآوری RI	روز تا گلدهی DF	روز تا رسیدن DM	دوره پر شدن دانه SFP	سرعت پر شدن دانه SFR
		---------- g ----------			---------- % ----------				day	mg seed^{-1} day^{-1}
1	46.00	1.47	3.49	2.95	33.55	50.97	130	164.0	34.0	1.03
2	30.67	1.44	4.78	4.04	28.92	53.77	131	163.7	32.7	1.47
3	60.67	2.48	3.94	2.88	44.50	63.56	129	162.7	33.7	1.17
4	43.67	2.09	4.77	2.11	50.87	69.45	132	164.0	32.0	1.50
5	28.00	1.17	4.18	2.14	35.42	47.25	129	161.0	32.0	1.31
6	162.33	6.02	3.72	6.33	48.85	66.37	133	164.0	31.0	1.20
7	61.67	2.20	3.61	3.31	40.12	54.04	129	163.0	34.0	1.06
8	60.00	2.35	3.92	4.44	34.61	61.07	131	164.3	33.3	1.18
9	66.33	2.05	3.00	4.66	31.08	39.19	129	162.7	33.7	0.89
10	37.00	1.18	3.19	1.49	44.17	59.50	130	161.7	31.7	1.01
11	87.67	3.28	3.74	2.44	56.89	93.14	131	162.7	31.7	1.18
12	88.67	3.31	3.59	4.32	41.80	49.07	131	164.3	33.3	1.08
13	45.00	2.02	4.44	2.93	40.72	58.26	130	164.0	34.0	1.31
14	118.3	5.06	4.31	6.11	45.46	63.07	132	164.0	32.0	1.35
15	76.00	2.05	2.67	2.66	45.64	57.17	131	164.0	33.0	0.81
16 (Gachsaran)	82.00	2.88	3.52	3.05	48.42	56.21	130	163.0	33.0	1.07
17 (Sepehr)	93.67	4.15	4.44	5.54	42.68	59.13	131	162.0	31.0	1.42
میانگین Average	69.86	2.66	3.84	3.61	41.98	58.90	130	163	32.71	1.18
LSD 5%	25.66	1.30	1.34	1.72	15.17	19.28	1.50	1.94	1.87	0.41
LSD 1%	34.50	1.75	1.80	2.31	20.39	25.92	2.02	2.61	2.51	0.55
***F* test**	**	**	ns	**	*	**	**	*	*	ns
CV%	*22.08*	*29.51*	*20.93*	*28.58*	*21.72*	*19.69*	*0.69*	*0.72*	*3.43*	*20.91*

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

NSP= Number of Seed per Plant; SY= Seed Yield per Plant; HSW= Hundred Seed Weight; SYPP = Straw Yield per Plant; HSW= Hundred Seed Weight; HI= Harvest Index; RI= Reproductive index; DF= Days to Flowering; DM= Days to Maturity; SFP= Seed Filling Period; SFR= Seed Filling Ratio

تجزیه خوشه‌ای

این تجزیه به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای صفات معنی‌دار در تجزیه واریانس، بر اساس روش وارد[1] و با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی انجام شد (شکل ۱). علاوه‌براین، با هدف بررسی بهتر گروه‌ها، برای صفات موردبررسی به‌صورت جداگانه تجزیه واریانس صورت گرفت و نتایج آن نشان داد که بین گروه‌ها در تمامی صفات موردبررسی به‌جز تعداد غلاف نابارور در بوته، تعداد غلاف دو بذری در بوته و روز تا رسیدن اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها در سه گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۱). در گروه اول ژنوتیپ‌های ۳، ۱۶ (گچساران)، ۹، ۱۲، ۱۵، ۸، ۱۳ و ۱۱ قرار گرفتند که میانگین صفات وزن خشک بوته، تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد غلاف تک بذری در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه در بوته در آن‌ها به‌طور معنی‌داری کمتر از دو گروه دیگر بود. ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۴، ۷، ۱۰ و ۵ در گروه دوم جای گرفتند که میانگین آن‌ها ازنظر صفت تعداد شاخه اصلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو گروه دیگر بودند؛ اما ازنظر سایر صفات مابین دو گروه قرار گرفتند. گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۷ (سپهر) و ۶ بود که به‌طور معنی‌داری، بیشترین مقدار صفات وزن خشک بوته، وزن غلاف‌ها در بوته، تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد غلاف تک بذری در بوته، تعداد دانه در بوته عملکرد دانه در بوته و روز تا گلدهی را به خود اختصاص دادند. این سه ژنوتیپ، بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) نیز جزو برترین ژنوتیپ‌ها بودند و بنابراین در اینجا نیز تجزیه خوشه‌ای حاکی از قرابت ژنتیکی این سه ژنوتیپ و ظرفیت استفاده از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی است.

[1] Ward

روش تجزیه خوشه‌ای در مطالعات مختلفی برای گروه‌بندی و بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های عدس بکار گرفته شده است (Kumar et al., 2012; Nouri Goghari et al., 2015; Jawad et al., 2019). در ارزیابی تنوع ژنتیکی نه ژنوتیپ عدس با استفاده از خصوصیات زراعی، مورفولوژیک و مولکولی، با توجه به تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان دادند که نه ژنوتیپ در سه خوشه اصلی قابل‌تفکیک هستند (Tahir and Omer, 2017). همچنین، در مطالعه تعیین تنوع ژنتیکی در ۷۶۰ توده داخلی و خارجی عدس، از تجزیه خوشه‌ای برای اندازه‌گیری و تعیین فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها استفاده و چهار خوشه مختلف تشخیص داده شد (Majnoun Hosseini and Naghavi, 2017).

جدول ۳. ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف ژنوتیپ‌های عدس.

Table 3. Simple correlation coefficients between different traits in lentil genotypes.

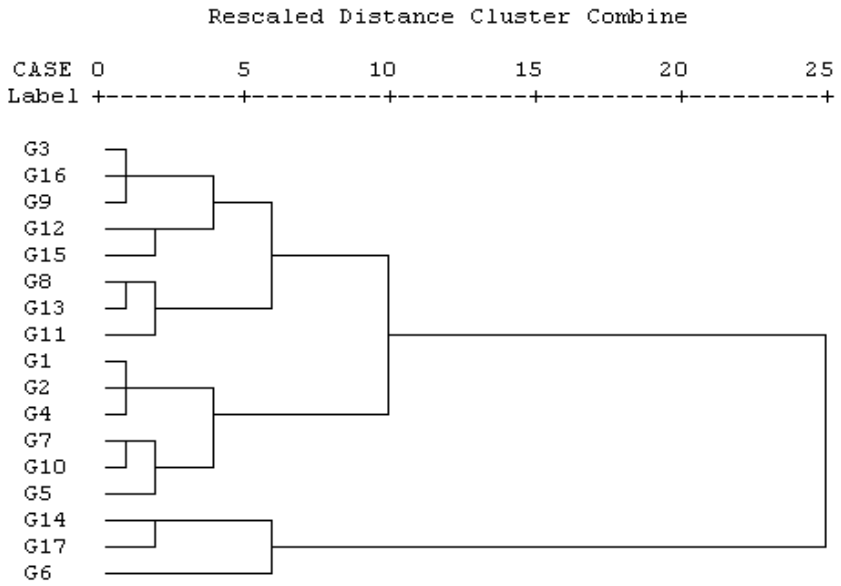
	Trait	صفت	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(1)	PDW	وزن خشک بوته	1								
(2)	NB	تعداد شاخه اصلی	-0.147	1							
(3)	PLH	ارتفاع بوته	0.682**	0.185	1						
(4)	WPP	وزن غلاف‌ها در بوته	0.921**	-0.049	0.567*	1					
(5)	NFPP	تعداد غلاف‌های بارور در بوته	0.893**	-0.180	0.545*	0.863**	1				
(6)	NEPP	تعداد غلاف‌های نابارور در بوته	0.151	-0.090	0.321	0.006	0.322	1			
(7)	NOPP	تعداد غلاف تک بذری در بوته	0.842**	-0.165	0.497*	0.771**	0.966**	0.391	1		
(8)	NTPP	تعداد غلاف دو بذری در بوته	0.521*	-0.117	0.376	0.648**	0.506*	-0.107	0.266	1	
(9)	NSPo	تعداد دانه در غلاف	-0.262	-0.083	-0.157	-0.109	-0.392	-0.354	-0.594*	0.520*	1
(10)	NSP	تعداد دانه در بوته	0.896**	-0.182	0.567*	0.899**	0.979**	0.256	0.894**	0.670**	-0.212
(11)	SY	عملکرد دانه در بوته	0.942**	-0.182	0.571*	0.964**	0.944**	0.082	0.867**	0.627**	-0.216
(12)	HSW	وزن صد دانه	0.142	0.049	0.094	0.225	-0.169	-0.549*	-0.171	-0.057	0.079
(13)	SYPP	عملکرد کاه در بوته	0.949**	-0.098	0.714**	0.784**	0.751**	0.200	0.730**	0.367	-0.278
(14)	HI	شاخص برداشت	0.178	-0.092	-0.037	0.441	0.467	-0.055	0.401	0.401	-0.028
(15)	RI	شاخص زادآوری	0.123	0.261	-0.033	0.485*	0.238	-0.268	0.138	0.427	0.220
(16)	DF	روز تا گلدهی	0.613**	-0.123	0.285	0.720**	0.592*	0.245	0.527*	0.449	-0.043
(17)	DM	روز تا رسیدن	0.293	0.146	0.273	0.281	0.265	0.350	0.255	0.137	-0.046
(18)	SFP	دوره پر شدن دانه	-0.439	0.271	-0.083	-0.571*	-0.440	0.032	-0.375	-0.391	0.008
(19)	SFR	سرعت پر شدن دانه	0.202	-0.012	0.091	0.305	-0.088	-0.521*	-0.102	0.013	0.079

Table 3. Continued. **جدول ۳. ادامه**

	صفت Trait	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
(10)	تعداد دانه در بوته NSP	1									
(11)	عملکرد دانه در بوته SY	0.961**	1								
(12)	وزن صد دانه HSW	-0.150	0.110	1							
(13)	عملکرد کاه در بوته SYPP	0.740**	0.789**	0.156	1						
(14)	شاخص برداشت HI	0.489*	0.486*	-0.039	-0.130	1					
(15)	شاخص زادآوری RI	0.304	0.361	0.222	-0.114	0.785**	1				
(16)	روز تا گلدهی DF	0.622**	0.671**	0.281	0.495*	0.432	0.475	1			
(17)	روز تا رسیدن DM	0.267	0.244	0.056	0.309	0.026	0.127	0.539*	1		
(18)	دوره پر شدن دانه SFP	-0.472	-0.549*	-0.270	-0.289	-0.470	-0.429	-0.661**	0.275	1	
(19)	سرعت پر شدن دانه SFR	-0.064	0.193	0.983**	0.188	0.049	0.289	0.378	-0.005	-0.436	1

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

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



شکل ۱. نمودار خوشه‌ای ژنوتیپ‌های عدس بر اساس صفات موردمطالعه

Fig. 1. Dendrogram of the lentil genotypes based on studied traits

شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)

این شاخص با ادغام نمودن صفات مختلف و تبدیل آن‌ها به یک معیار واحد، سبب تسهیل و افزایش کارایی گزینش بهترین ژنوتیپ‌ها ازنظر تمام صفات موردمطالعه می‌گردد (Zali et al., 2015) (جدول ۵). بر اساس نتایج، ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۱، ۱۴ و ۱۷ (سپهر) با کمترین فاصله از ژنوتیپ

ایده‌آل، بیشترین فاصله از ژنوتیپ غیرایده‌آل و بیشترین مقدار شاخص SIIG (به ترتیب ۰/۷۲۷، ۰/۵۸۴، ۰/۵۶۹ و ۰/۵۳۷) برترین ژنوتیپ‌ها در این مطالعه بودند (جدول ۵). ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۴ و ۱۷ (سپهر)، بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) و تجزیه خوشه‌ای (جدول ۴) نیز در یک گروه قرارگرفته و برتر شناخته شدند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۲، ۹، ۱۰ و ۵ با کمترین مقدار شاخص SIIG، به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها ازنظر صفات موردمطالعه شناخته شدند (جدول ۵). از این شاخص در مطالعات مختلف برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر ازنظر همه صفات موردمطالعه استفاده شده است (Zali et al., 2016; Ramzi et al., 2018). از این شاخص برای ادغام شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان نیز استفاده گردید و ابراز شد که با استفاده از این روش می‌توان شاخص‌های تحمل خشکی، پارامترهای مختلف تجزیه پایداری یا صفات مختلف را به‌صورت یک شاخص واحد درآورد و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را مطمئن‌تر و دقیق‌تر انجام داد (Yaghotipoor et al., 2017). زالی و همکاران (Zali et al., 2019) به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های کلزا متحمل به خشکی، از شاخص SIIG بهره گرفتند و بیان داشتند که این شاخص، یک روش مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با استفاده از سایر شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی و صفات مورفولوژیک است.

جدول ۴. مقایسه میانگین خوشه‌ها برای هر یک از صفات موردمطالعه در ۱۷ ژنوتیپ عدس.

Table 4. Mean comparison of clusters for each studied traits in 17 lentil genotypes.

خوشه Cluster	وزن خشک بوته PDW	تعداد شاخه اصلی NB	وزن غلاف‌ها در بوته WPP	تعداد غلاف بارور در بوته NFPP	تعداد غلاف نابارور در بوته NEPP	تعداد غلاف تک بذری در بوته NOPP	تعداد غلاف دو بذری در بوته NTPP	تعداد دانه در غلاف NSPo	تعداد دانه در بوته NSP	عملکرد دانه در بوته SY	روز تا گلدهی DF	روز تا رسیدن DM
	g		g							g		
I	4.26^{c}	2.17^{b}	2.36^{b}	31.53^{c}	3.48^{a}	22.50^{c}	9.05^{a}	1.29^{a}	41.17^{c}	1.59^{c}	130.2^{b}	163.0^{a}
II	5.97^{b}	2.96^{a}	3.45^{b}	62.70^{b}	6.15^{a}	54.64^{b}	8.09^{a}	1.14^{b}	70.79^{b}	2.55^{b}	130.3^{b}	163.5^{a}
III	11.07^{a}	2.00^{b}	7.00^{a}	107.1^{a}	5.00^{a}	89.47^{a}	17.63^{a}	1.15^{b}	124.8^{a}	5.08^{a}	132.0^{a}	163.3^{a}
***F* test**	**	*	**	**	ns	**	ns	*	**	**	*	ns
CV%	17.62	22.03	24.37	23.18	78.07	24.32	74.95	7.85	26.59	22.02	0.76	0.58

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد. در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively. In each column, means with common letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

جدول ۵. مقادیر شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) و فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل (d^{+}) و غیرایده‌آل (d^{-}).

Table 5. Selection index of ideal genotype (SIIG) and distance of ideal (d^{+}) and non-ideal (d^{-}) genotypes.

ژنوتیپ Genotype	فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل Distance from ideal genotype	فاصله از ژنوتیپ غیرایده‌آل Distance from non-ideal genotype	SIIG	رتبه Rank
1	1.031	0.687	0.400	10
2	1.102	0.525	0.323	16
3	0.920	0.709	0.435	6
4	1.009	0.671	0.399	11
5	1.156	0.657	0.362	13
6	0.456	1.211	0.727	1
7	0.893	0.649	0.421	7
8	0.925	0.602	0.394	12
9	1.023	0.490	0.324	15
10	1.100	0.611	0.357	14
11	0.643	0.903	0.584	2
12	0.853	0.617	0.420	8
13	0.981	0.693	0.414	9
14	0.717	0.948	0.569	3
15	1.144	0.453	0.284	17
16 (Gachsaran)	0.841	0.697	0.453	5
17 (Sepehr)	0.733	0.850	0.537	4

رگرسیون گام‌به‌گام

از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام به‌منظور تعیین اهمیت صفات موردمطالعه در تغییرات مربوط به عملکرد دانه، استفاده گردید (جدول ۶). نتایج نشان داد که وزن غلاف‌ها در بوته اولین صفتی بود که وارد مدل شد و به‌تنهایی منجر به توجیه ۹۰/۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته گردید. تعداد غلاف‌های بارور در بوته، وزن صد دانه و تعداد غلاف تک بذری در بوته صفات بعدی بودند که وارد معادله رگرسیونی شدند و به همراه وزن غلاف‌ها در بوته، درمجموع ۹۹/۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه کردند. مقدار آماره دوربین واتسون[2] برابر با ۲/۱۶۸ به دست آمد که نشان می‌دهد باقی‌مانده‌ها مستقل بوده و بنابراین مدل برآورد شده برای تبیین عملکرد دانه در بوته کفایت لازم را دارد. با توجه به این‌که صفت وزن غلاف‌ها در بوته سبب توجیه درصد بالایی از تغییرات گردید، به‌منظور شناسایی سایر صفات مؤثر بر عملکرد، رگرسیون گام‌به‌گام پس از حذف این صفت مجدداً انجام شد (جدول ۷). در این حالت، اولین صفتی که وارد مدل شد، تعداد دانه در بوته بود که به‌تنهایی ۹۱/۹ درصد از تغییرات را توجیه کرد. پس‌ازآن، وزن صد دانه وارد مدل شد و درمجموع ۹۸/۹ درصد از تغییرات توسط این دو صفت توجیه شد. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام در بررسی ۹ ژنوتیپ عدس نشان داد که صفات وزن صد دانه، تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع بوته و تعداد غلاف پر در بوته، حدود ۷۰ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد دانه را توجیه کردند (Seif barghi et al., 2012). نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق یوسفی و همکاران (Usefi et al., 2017) در نخود نشان داد که صفات تعداد غلاف پر در بوته، شاخص برداشت، وزن خشک زیست‌توده در بوته و وزن صد دانه به ترتیب وارد مدل شده و بیشترین تأثیر را بر عملکرد داشته و درمجموع ۸۹/۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند.

جدول ۶. تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام بین عملکرد دانه تک بوته و سایر صفات.

Table 6. Stepwise regression analysis for seed yield and the other traits.

مرحله Step	صفت Trait	a	b_1	b_2	b_3		تصحیح‌شده R^2 adj.	مدل P-value
1	وزن غلاف‌ها در بوته WPP	0.069^{ns}	0.702^{**}	-	-	-	0.924	0.000
2	تعداد غلاف‌های بارور در بوته NFPP	-0.098^{ns}	0.426^{**}	0.020^{**}	-	-	0.975	0.000
3	وزن صد دانه HSW	-1.165^{*}	0.295^{**}	0.028^{**}	0.280^{*}	-	0.981	0.000
4	تعداد غلاف تک بذری در بوته NOPP	-2.050^{**}	0.093^{ns}	0.063^{**}	0.510^{**}	-0.027^{**}	0.992	0.000

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

^{ns}, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

WPP= Weight of Pods per Plant; NFPP= Number of Fertile Pods per Plant; HSW= Hundred Seed Weight; NOPP = Number of One-seeded Pods per Plant.

جدول ۷. تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام پس از حذف صفت وزن غلاف‌ها در بوته.

Table 7. Stepwise regression analysis after removing weight of pods per plant (WPP).

مرحله Step	صفت Trait	a	b_1	b_2	تصحیح شده R^2 adj.	مدل P-value
1	تعداد دانه در بوته NSP	0.011^{ns}	0.038^{**}	-	0.919	0.000
2	وزن صد دانه HSW	-2.367^{**}	0.039^{**}	0.591^{**}	0.989	0.000

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

^{ns}, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

NSP= Number of Seed per Plant; HSW= Hundred Seed Weight.

[2] Durbin Watson

تجزیه علیت

بر اساس نتایج تجزیه علیت یا مسیر (جدول ۸)، بیشترین تأثیر مستقیم مثبت روی عملکرد دانه تک بوته متعلق به صفت تعداد غلاف‌های بارور در بوته (۲/۳۰۰) بود. این مطلب نشان می‌دهد، ضریب همبستگی بالا بین عملکرد دانه در بوته و تعداد غلاف‌های بارور در بوته (**۰/۹۴۴) به‌طور عمده مربوط به اثر مستقیم تعداد غلاف‌های بارور در بوته است و اثر غیرمستقیم آن از طریق دیگر صفات کمتر بوده است. بیشترین اثر منفی نیز برای صفت تعداد غلاف تک بذری در بوته (۰/۹۳۶-) ثبت شد. بالاترین اثر غیرمستقیم مثبت مربوط به صفت تعداد دانه در بوته (۲/۲۵۲)، تعداد غلاف تک بذری در بوته (۲/۲۲۲) و وزن غلاف‌ها در بوته (۱/۹۸۵) از طریق صفت تعداد غلاف‌های بارور در بوته بود. بیشترین اثر غیرمستقیم منفی (۰/۹۰۴-) نیز برای تعداد غلاف‌های بارور در بوته از طریق تعداد غلاف تک بذری در بوته به دست آمد. تمام صفات موجود در مدل، به‌طور غیرمستقیم و مثبت از طریق وزن غلاف‌ها در بوته بر عملکرد دانه در بوته اثر گذاشتند. زاهدی و همکاران (Zahedi et al., 2016) در بررسی تجزیه علیت جهت مطالعه صفات مرفو-فیزیولوژیک، عملکرد و صفات مربوط به عملکرد ۱۴ ژنوتیپ عدس در شرایط دیم گزارش دادند که صفت تعداد غلاف پر در بوته بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه دارد. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه یوسفی و همکاران (Usefi et al., 2017) در نخود نشان داد که صفت تعداد غلاف پر در بوته (۰/۵۳۱) و سپس شاخص برداشت (۰/۳۰۷) بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه دارند.

جدول ۸. تجزیه علیت فنوتیپی برای عملکرد دانه تک بوته.

Table 8. Phenotypic path coefficient analysis for seed yield.

صفت Trait	ضریب همبستگی r_p	اثر مستقیم Direct effect	Indirect effect via 1	2	3	4	اثر غیرمستقیم از طریق 5
وزن غلاف‌ها در بوته 1. WPP	0.964	0.155	-	1.985	0.049	-0.722	-0.506
تعداد غلاف‌های بارور در بوته 2. NFPP	0.944	2.300	0.134	-	-0.038	-0.904	-0.551
وزن صد دانه 3. HSW	0.110	0.219	0.035	-0.389	-	0.159	0.084
تعداد غلاف تک بذری در بوته 4. NOPP	0.867	-0.936	0.120	2.222	-0.038	-	-0.503
تعداد دانه در بوته 5. NSP	0.961	-0.563	0.140	2.252	-0.033	-0.837	-

Residual=0.071

WPP= Weight of Pods per Plant; NFPP= Number of Fertile Pods per Plant; HSW= Hundred Seed Weight.; NOPP = Number of One-seeded Pods per Plant; NSP= Number of Seed per Plant.

تجزیه به عامل‌ها

در ابتدا، از دو شاخص KMO[3] و آزمون کرویت بارتلت[4] به‌منظور تشخیص مناسب بودن داده‌ها جهت انجام تحلیل عاملی استفاده شد. با توجه به اینکه مقدار KMO برابر ۰/۵۶۴ به دست آمد، بنابراین همبستگی‌های موجود بین داده‌ها کفایت لازم جهت انجام این تحلیل را داشتند. آزمون کرویت بارتلت نیز بسیار معنی‌دار بود (χ^2= 561.413) که وجود همبستگی کافی بین متغیرها را نشان داد. بر اساس نتایج، پنج عامل بر اساس مقادیر ویژه بزرگ‌تر از واحد شناسایی شدند که درمجموع سبب توجیه ۹۰/۸۲ درصد از کل تغییرات بین داده‌ها گردیدند (جدول ۹). عامل اول که ۴۸/۵۳ درصد از تغییرات را در برگرفت، دارای ضریب‌های بزرگ و مثبت برای صفات وزن خشک بوته، ارتفاع بوته، وزن غلاف‌ها در بوته، تعداد غلاف‌های بارور در بوته، تعداد غلاف تک بذری در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته و عملکرد کاه در بوته داشت؛ بنابراین می‌توان این عامل را عملکرد و اجزای آن نام نهاد. نتایج همبستگی ساده صفات نشان داد که این صفات، اغلب با یکدیگر و عملکرد همبستگی

[3] Kaiser-Meyer-Olkin

[4] Bartlett's Test of Sphericity

مثبت و معنی‌داری دارند؛ بنابراین، گزینش بر پایه عامل اول سبب حصول بیشترین میزان عملکرد دانه خواهد شد؛ به‌عبارت‌دیگر، گزینش غیرمستقیم صفات می‌تواند در افزایش عملکرد دانه مؤثر بوده و پیشرفت ژنتیکی بیشتری داشته باشد (Usefi et al., 2017). عامل دوم، سوم، چهارم و پنجم به ترتیب ۱۱/۶۳، ۱۱/۶۰، ۱۱/۰۱ و ۸/۰۵ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند. متغیرهای تعداد غلاف دو بذری در بوته و تعداد دانه در غلاف در عامل دوم و وزن صد دانه در عامل سوم، دارای بار عاملی مثبت و زیادی بودند که این دو عامل به نام عامل بذری نام‌گذاری شدند. عامل چهارم که حدود ۱۱ درصد تغییرات را توجیه کرد، شامل صفات فنولوژیک تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدن با بار مثبت بود. در عامل پنجم صفات تعداد شاخه فرعی و سپس ارتفاع بوته با بار مثبت، مهم‌ترین نقش را داشتند و می‌توان این عامل را عامل رویشی نام نهاد. در این تجزیه، میزان اشتراک بخشی از واریانس یک متغیر است که به مربوط به عامل‌های مشترک است. هر مقدار که این میزان بیشتر باشد، بیانگر دقت بیشتر در برآورد واریانس متغیر مربوطه است (Jackson, 1991). در این مطالعه، میزان اشتراک همه صفات از ۰/۷ بیشتر است (جدول ۹). این موضوع نشان می‌دهد که تعداد عامل انتخاب‌شده، مناسب بوده و عامل‌های منتخب توانسته‌اند تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نمایند. با توجه به میزان اشتراک، صفات عملکرد دانه در بوته (۰/۹۸۳) و ارتفاع بوته (۰/۷۴۲) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین دقت برآورد بودند. رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2018) با انجام تجزیه به عامل‌ها در بررسی ۱۰۰ لاین عدس، چهار عامل را شناسایی کردند که درمجموع ۷۷/۹۷ درصد از تنوع را پوشش داد. این محققان ابراز داشتند که صفات مربوط به عامل اول شامل تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته و عملکرد دانه بوده و به‌عنوان صفات مهم دخیل در عملکرد دانه در عدس معرفی شدند. شش عامل در ارزیابی صفات زراعی در ۳۵ ژنوتیپ عدس شناسایی شد که درمجموع ۸۵/۹ درصد از تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه کرد (Nouri Goghari et al., 2015).

جدول ۹. تجزیه به عامل‌ها با چرخش وریماکس برای ژنوتیپ‌های عدس.

Table 9. Factor analysis using Varimax rotation for lentil genotypes.

Trait	صفت	عامل اول First	عامل دوم Second	عامل سوم Third	عامل چهارم Fourth	عامل پنجم Fifth	میزان اشتراک Communality
PDW	**وزن خشک بوته**	0.966	-0.019	0.077	0.154	0.021	0.964
NB	**تعداد شاخه اصلی**	-0.139	-0.047	0.063	0.043	0.889	0.817
PLH	**ارتفاع بوته**	0.659	0.022	-0.085	0.130	0.531	0.742
WPP	**وزن غلاف‌ها در بوته**	0.930	0.157	0.184	0.187	0.008	0.958
NFPP	**تعداد غلاف‌های بارور در بوته**	0.946	-0.073	-0.223	0.116	-0.105	0.975
NEPP	**تعداد غلاف‌های نابارور در بوته**	0.130	-0.288	-0.762	0.429	0.012	0.864
NOPP	**تعداد غلاف تک بذری در بوته**	0.888	-0.321	-0.234	0.115	-0.110	0.971
NTPP	**تعداد غلاف دو بذری در بوته**	0.568	0.799	-0.050	0.049	-0.022	0.966
NSPo	**تعداد دانه در غلاف**	-0.297	0.915	0.135	0.022	-0.044	0.945
NSP	**تعداد دانه در بوته**	0.949	0.125	-0.199	0.121	-0.092	0.980
SY	**عملکرد دانه در بوته**	0.974	0.079	0.065	0.122	-0.098	0.983
HSW	**وزن صد دانه**	0.044	-0.058	0.949	0.180	0.050	0.942
SYPP	**عملکرد کاه در بوته**	0.858	-0.108	0.078	0.168	0.131	0.799
DF	**روز تا گلدهی**	0.555	0.111	0.160	0.689	-0.201	0.861
DM	**روز تا رسیدن**	0.150	0.011	-0.079	0.892	0.173	0.855
Eigenvalue	**مقادیر ویژه**	7.28	1.74	1.74	1.65	1.21	-
Cumulative of variance (%)	**درصد واریانس تجمعی**	48.53	60.16	71.76	82.77	90.82	-

نتیجه‌گیری نهایی

در این مطالعه، ژنوتیپ‌های موردبررسی ازنظر اغلب صفات دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بودند. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها برابر ۲/۶۶ گرم در بوته بود که ژنوتیپ‌های ۶، ۱۴ و ۱۷ (سپهر) بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱۴ برتر از ارقام شاهد (گچساران و سپهر) بودند و بنابراین قابل توصیه و کاربرد برای ادامه تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی می‌باشند. بین عملکرد دانه در بوته و اغلب صفات به‌ویژه اجزای عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید. ژنوتیپ‌های ۶، ۱۴ و ۱۷ (سپهر) بر اساس تجزیه خوشه‌ای نیز در یک گروه قرارگرفته و حاوی بیشترین مقدار برای صفات وزن خشک بوته، وزن غلاف‌ها در بوته، تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد غلاف تک بذری در بوته، تعداد دانه در بوته عملکرد دانه در بوته و روز تا گلدهی بودند. این سه ژنوتیپ بر اساس شاخص SIIG، نیز برتر شناخته شدند؛ بنابراین نتایج حاکی از ظرفیت این سه ژنوتیپ برای استفاده از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی است. تعداد غلاف‌های بارور در بوته بیشترین تأثیر مستقیم مثبت را روی عملکرد دانه تک بوته داشت؛ بنابراین می‌تواند به‌عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در نظر گرفته شود.

قدردانی

این پژوهش بخشی از پروژه تحقیقاتی شماره ۹۸۱۱۲۸-۰۹۷-۱۵-۵۶-۰ مصوب مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم است که بدین‌وسیله سپاس‌گزاری می‌گردد.

منابع

Alam, A.K.M.M., Podder, R., Sarker, A., 2011. Estimation of genetic diversity in lentil germplasm. AGRIVITA, Journal of Agricultural Science. 33, 103-110.

Amiri, R., Bahraminejad, S., Sasani, S., 2012. Evaluation of genetic diversity of bread wheat genotypes based on physiological traits in non-stress and terminal drought stress conditions. Cereal Research, 2, 289-305. [In Persian with English summary].

Bouchenak, M., Lamri-Senhadji, M., 2013. Nutritional quality of legumes, and their role in cardiometabolic risk prevention: a review. Journal of Medicinal Food. 16, 185-198.

Brdar, M.D., Kraljevic-Balalic, M.M., Borislav, D., 2008. The parameters of grain filling and yield components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum* L.Var. Durum). Central European Journal of Biology. 3, 75-82.

Gautam, N.K., Singh, N., Iquebal, M.A., Singh, M., Akhtar, J., Khan, Z., Ram, B., 2014. Genetic diversity analysis for quantitative traits in lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasm. Legume Research. 37, 139-144.

Jabbari, H., Daneshian, J., Aliabadi, H., 2011. Use refreshed effort, yield and quality to identify hybrids drought tolerant sunflower. Crop Ecophysiology Journal. 3, 9-23. [In Persian with English summary].

Jackson, J.E., 1991. A User's Guide to Principal Components. Wiley Interscience. New York, U.S.A. 569 pp.

Jallinoja, P., Niva, M., Latvala, T., 2016. Future of sustainable eating? Examining the potential for expanding bean eating in a meat-eating culture. Futures. 83, 4-14.

Jawad, M., Malik, S.R., Sarwar, M.A., Asadullah, M., Hussain, I., Khalid, R., 2019. Genetic analysis of lentil (*Lens culinaris*) exotic germplasm to identify genotypes suitable for mechanical harvesting. Pakistan Journal of Agricultural Research. 32, 152-158.

Kakaei, M., Moosavi, S.S., 2017. Assessing genetic diversity and selection of effective traits on yield of chickpea lines using multivariate statistical methods. Environmental Sciences. 15, 21-38. [In Persian with English summary].

Kumar, J., Basu, P.S., Srivastava, E., Chaturvedi, S.K., Nadarajan, N., 2012. Phenotyping of traits imparting drought tolerance in lentil. Crop Pasture Science. 63, 547-554.

Kumari, M., Mittal, R.K., Chahota, R.K., Thakur, K., Lata, S., Gupta, D., 2018. Assessing genetic potential of elite interspecific and intraspecific advanced lentil lines for agronomic traits and their reaction to rust (*Uromyces viciae-fabae*). Crop and Pasture Science. 69, 999-1008

Majnoun Hosseini, N., Naghavi, M.R., 2017. Genetic variation for seed yield and biomass in

some lentil genotypes *(Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crop Science. 48, 665-671. [In Persian with English summary].

Mardi, M., Taleei, A.R., Omidi, M., 2003. A study of genetic diversity and identification of yield components in desi chickpea. Iranian Journal of Agriculture Science. 34, 345-351. [In Persian with English summary].

Mbasani-Mansi, J., Ennami, M., Briache, F.Z., Gaboun, F., Benbrahim, N., Triqui, Z., Mentag, R., 2019. Characterization of genetic diversity and population structure of Moroccan lentil cultivars and landraces using molecular markers. Physiology and Molecular Biology of Plants. 25, 965-974.

Migliozzi, M., Thavarajah, D., Thavarajah, P., Smith, P., 2015. Lentil and kale: complementary nutrient-rich whole food sources to combat micronutrient and calorie malnutrition. Nutrients. 7, 9285-9298.

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. Electronic Journal of Crop Production. 12, 171-186. [In Persian with English summary].

Nouri Goghari, M., Dashti, H., Madah Hosseini, S., Dehghan, E., 2015. Evaluation of genetic diversity of lentil germplasm using morphological traits in Bardsir. Iranian Journal of Field Crop Sciences. 45, 541-551. [In Persian with English summary].

Pandey, S., Bhatore, A., 2018. Genetic diversity analysis for quantitative traits in indigenous germplasm of lentil in Madhya Pradesh. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 7, 279-283.

Pouresmael, M., Zahravi, M., Ghanbari, A.A., 2018. Evaluation and characterization of ICARDA elite germplasm of lentil. Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding. 7, 9-23.

Rahimi, M.H., Houshmand, S., Khadambashi, M., Ghasemi Siani, N., 2018. Study of genetic diversity and relationships between agronomic traits in lentil. Iranian Journal of Pulses Research. 9, 100-113. [In Persian with English summary].

Ramzi, E., Asghari, A., Khomari, S., Mohammaddoust e Chamanabad, H., 2018. Investigation of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum Desf) lines for tolerance to aluminum stress condition. Journal of Crop Breeding. 10, 63-72. [In Persian with English summary].

Roy, S., Islam, M.A., Sarker, A., Malek, M.A., Rafii, M.Y., Ismail, M.R., 2013. Determination of genetic diversity in lentil germplasm based on quantitative traits. Australian Journal of Crop Science. 7, 14-21.

Saman, S.M., Mozafari, J., Vaezi, Sh., Abbasi Moghaddam, A., Mostafaie, H., 2012. Genetic diversity of pod and seed characteristics in lentil germplasm of Iran. Iranian Journal of Crop Sciences. 14, 171-182. [In Persian with English summary].

Sánchez-Gómez, D., Cervera, M.T., Escolano-Tercero, M.A. Vélez, M.D., de María, N., Díaz, L., Sánchez-Vioque, R., Aranda, I., Guevara, M.A., 2019. Drought escape can provide high grain yields under early drought in lentils. Theoretical and Experimental Plant Physiology. 31, 273-286.

Seif barghi, S., Mostafaii, H., Peighami, F., Asghari Zakaria, R., 2012. PATH analysis of yield and its component in lentil under end season heat condition. International Journal of Agriculture: Research and Review. 2, 969-974.

Srivastava, R.P., Vasishtha, H., 2012. Saponins and lectins of Indian chickpeas (*Cicer arietinum*) and lentils (*Lens culinaris*). Indian Journal of Agricultural Biochemistry. 25, 44-47.

Tahir, N.A.R., Omer, D.A., 2017. Genetic variation in lentil genotypes by morpho-agronomic traits and RAPDPCR. The Journal of Animal and Plant Sciences. 27, 468-480.

Usefi, M., Dashti, H., Bihamta, M.R., Madah Hosseini, S., 2017. Analysis of genetic diversity in agronomic traits of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes using multivariate methods. Iranian Journal of Field Crop Science. 48, 567-578. [In Persian with English summary].

Voisin, A.S., Guéguen, J., Huyghe, C., Jeuffroy, M-H., Magrini, M-B, Meynard J-M., Mougel, C., Pellerin, S., Pelzer, E., 2014. Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: a review. Agronomy for Sustainable Development. 34, 361-380.

Yaghotipoor, A., Farshadfar, E., Saeidi, M., 2017. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes using new mixed method. Environmental Stresses in Crop Sciences. 10, 247-256. [In Persian with English summary].

Yantai, G., Hamel, C., Kutcher, H.R., Poppy, L., 2017. Lentil enhances agroecosystem productivity with increased residual soil water and nitrogen. Renewable Agriculture and Food Systems. 32, 319-330.

Zahedi, F., Nabati Ahmadi, D., Mohammadi, M., Karimizadeh, R., 2016. Path analysis to study morph-physiological traits, yield and traits related to yield of lentil genotypes under rain fed condition. Journal of Plant Productions. 39, 71-80. [In Persian with English summary].

Zali, H., Hasanloo, T., Sofalian, O., Asghari, A., Zeinalabedini, M., 2016. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. Journal of Crop Breeding. 8, 77-90 [In Persian with English summary].

Zali, H., Hasanloo, T., Sofalian, O., Asgharii, A., Enayati Shariatpanahi, M., 2019. Identifying drought tolerant canola genotypes using selection index of ideal genotype. Journal of Crop Breeding. 11, 117-126. [In Persian with English summary].

Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A., Hoseini, S.M., 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. Biological Forum – An International Journal. 7, 703-711

* نگارنده پاسخگو: هادی پیام پزشکپور. پست الکترونیک: papezeshkpour@yahoo.com