Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 52, No 4, Winter 2022 (15-33)
DOI: 10.22059/IJFCS.2020.307367.654741

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۰ (ص۳۳-۱۵)

به‌گزینی در ژرم پلاسم عدس (*Lens culinaris* Medik.) برای کشت پاییزه در مناطق سرد و مرتفع

نسیم غلامی رضوانی[۱]، احمد نظامی*[۲]، محمد کافی[۲]، جعفر نباتی[۳]

۱و۲. دانش آموخته و استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ۳. استادیار گروه بقولات، پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/٦)

چکیده

شناسایی ارقام متحمل به سرما ازجمله راهکارهای مناسب جهت موفقیت در کشت پاییزه عدس بشمار می‌آید، در همین راستا مطالعه‌ای به‌منظور بررسی تحمل سرمای در ۲۵۹ نمونه عدس در طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مشهد در قالب آزمون ارزیابی مقدماتی (آگمنت) انجام شد. در طول فصل رشد، مراحل فنولوژیک گیاهان و درصد بقاء تحت تأثیر سرمای زمستانه ثبت شد و در پایان فصل رشد، صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. حداقل دما ثبت‌شده در طول دوره رشد، ۱۳- درجه سانتی‌گراد بود. درصد بقای نمونه‌های عدس بین صفر تا ۱۰۰ درصد متغیر بود و بالاترین درصد بقاء (۱۰۰ درصد) و بیشترین ارتفاع بوته (۵۳سانتی‌متر)، به‌ترتیب در MLC13 و MLC409 مشاهده شد. شش نمونه (MLC424،MLC286،MLC409، MLC303، MLC334 و MLC407) به‌عنوان نمونه‌های متحمل به یخزدگی شناسایی شدند. بیشترین عملکرد دانه (۱۵٤، ۱۹۲، ۲۲۰، ۱٤٤، ۲۲۵ و ۲٦٤ گرم در مترمربع) در میان نمونه‌های متحمل به یخزدگی به‌ترتیب در MLC424، MLC286، MLC409، MLC303، MLC334 و MLC407 مشاهده شد. همبستگی بالایی بین درصد بقاء، عملکرد و اجزای عملکرد وجود داشت. بر اساس نتایج، ارزیابی دقیق‌تر فرایندهای فیزیولوژیکی تحمل به تنش یخزدگی در نمونه‌های عدس در شرایط کنترل‌شده و دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط سرد زمستان ضروری است.

واژه‌های کلیدی: آگمنت، بقاء، تحمل به یخزدگی، سرما، عملکرد.

Lentil accession (*Lens culinaris*) screening for autumn sowing in cold and highland regions

Nasim Gholami Rezvani[1], Ahmad Nezami*[2], Mohammad Kafi[3], Jafar Nabati[4]

1,2. AgroTechnology Department, Faculty of Agriculture, University of Mashhad, Iran. 3. Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

(Received: August 2, 2020 - Accepted: September 27, 2020)

ABSTRACT

Identify the freezing tolerant cultivars is a suitable approach for the success of lentil sowing in autumn. In this respect, an augmented experience was carried out to evaluate freezing tolerance of 259 lentil accessions during the 2016-2017 growing seasons in Mashhad. During the growing season, the phenologic growth stages of the plants and the survival percentage affected by winter hardiness were recorded, and at the end of the growing season, morphological traits, seed yield and components were determined. The lowest recorded temperature during the growing season was -13ºC. Survival percentage varied between 0 and 100% and the highest survival percentage (100%) and maximum plant height (53cm) were found in MLC13 MLC409, respectively. Six accessions (MLC424، MLC286, MLC409, MLC303 ،MLC334 and MLC407) were identified as freezing tolerant. Among freezing tolerant accessions, MLC424, MLC286, MLC409, MLC303, MLC334 and MLC407 had the highest seed yield (154, 192, 220, 144, 225 and 264 $g.m^{-2}$), respectively. There was a high correlation between survival percentage and seed yield and components. Based on the results, more precise assessment of physiological processes involved in freezing tolerance of lentil accessions in the controlled condition and accessing to winter hardness genotyped is necessary.

Keywords: Augmented, cold, freezing tolerance, survival, yield.

* Corresponding author E-mail: Email:nezami@um.ac.ir

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik.) گیاهی است که به دلیل دارا بودن محتوی پروتئینی بالا (۳۵-۲۲ درصد)، مواد معدنی، فیبر و کربوهیدرات‌ها، جایگاه ویژه‌ای را در تأمین نیاز غذایی انسان به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه دارا است. در طی سالیان اخیر، تولید جهانی عدس افزایش‌یافته است و تولید آن از ۰/۸۵ میلیون تن در سال ۱۹۶۱ به ۶/۳۳ میلیون تن در سال ۲۰۱۸ افزایش‌یافته است (FAO, 2020). در ایران نیز سطح زیر کشت عدس از ۴۱ هزار هکتار در سال ۱۳۴۰ به ۱۴۷ هزار هکتار در سال ۱۳۹۷ افزایش داشته است (FAO, 2020) و سهم این گیاه از کل میزان تولید بقولات ۸/۸۷ درصد است که بعد از نخود (۴۰/۹۲ درصد) و لوبیا (۳۵/۶۲ درصد)، سومین گیاه مهم بقولاتی محسوب می‌شود (Anonymous, 2020). این موارد بیانگر افزایش اهمیت عدس به‌عنوان یک منبع پروتئینی باارزش گیاهی است؛ با وجود این در ایران، میانگین عملکرد دانه در مقایسه با میانگین عملکرد جهانی تقریباً ۵۰ درصد کمتر است (Sabaghpour *et al*., 2013). عمده‌ترین مشکل تولید عدس در ایران را می‌توان به مدیریت ضعیف زراعی و پتانسیل پایین عملکرد ارقام موجود مرتبط دانست (Mahmoudi, 2006). انتخاب زمان کاشت مناسب منطبق با مراحل فنولوژیکی گیاهان زراعی جهت بهره‌داری بهینه از عوامل محیطی مانند دما، رطوبت و طول روز، مهم‌ترین کلید تعیین‌کننده سازگاری و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی است (Materne & Siddique, 2009)، زیرا در عدس دما، توزیع و مقدار بارندگی سالیانه، ازجمله عوامل مهم تعیین‌کننده مکان و زمان کشت این محصول هستند (Erskine, 2009; Erskine *et al*., 2011). در مناطق سرد و مرتفع از جمله برخی نقاط ایران، عدس عمدتاً به‌صورت بهاره کشت می‌شود. مهم‌ترین عامل محدودکننده کشت بهاره عدس، پایین بودن عملکرد و عدم ثبات در میزان تولید این محصول می‌باشد، زیرا در کشت بهاره گیاهان ممکن است با تنش خشکی مواجه شوند. علاوه بر این، گیاهان بهاره به دلیل کشت بذر در خاک نسبتاً سرد اوایل بهار، با خطر کاهش سبز شدن مواجه هستند (Chen *et al*., 2006). در برخی موارد، به علت بالا بودن شدت بارندگی‌ها در بهار، زارعین فرصت کشت پیدا نمی‌کنند؛ بنابراین زمان کشت به اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت موکول می‌شود و از این رو عمده بارندگی‌های مؤثر از دسترس گیاه خارج می‌شود. قطع بارندگی قبل از رسیدن گیاه به مرحله زایشی و نیز پراکنش نامناسب بارندگی، سبب تخلیه رطوبت خاک می‌شود و گیاه در حساس‌ترین مراحل رشد، با شرایط نامساعد محیطی مانند کمبود رطوبت، افزایش درجه حرارت و وزش بادهای گرم مواجه می‌شود که این عوامل سبب کوتاهی طول دوره رشد گیاه، کاهش زیست‌توده و در نهایت کاهش تولید و نوسان در عملکرد گیاه می‌شود (Mishra *et al*., 2016).

مطالعات متعدد نشان داده است که در نواحی مرتفع و سرد مانند ترکیه، ایران، افغانستان و پاکستان، با جایگزینی کشت پاییزه-زمستانه به‌جای کشت بهاره، به‌دلیل استفاده بهینه از رطوبت موجود در خاک و افزایش تولید زیست‌توده، تا حد زیادی می‌توان مشکلات کشت عدس را برطرف کرد و به افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه دست‌یافت (Kahraman *et al*., 2004; Stoddard *et al*., 2006)؛ ضمن این‌که کارایی استفاده از آب در کشت پاییزه، به‌مراتب بالاتر از کشت بهاره گزارش‌شده است (Oweis *et al*., 2004). در همین راستا مطالعات نشان می‌دهند که با جایگزینی کشت پاییزه-زمستانه به‌جای کشت بهاره می‌توان به افزایش عملکردی بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد دست‌یافت (Sakar *et al*., 1988; Kahraman *et al*., 2004; Chen *et al*., 2006; Barrios *et al*., 2016). در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی تحمل به سرما در ژرم‌پلاسم عدس در دو سال متوالی در شرایط آب و هوایی مشهد انجام گرفت، مشاهده شد که عملکرد ژنوتیپ‌های عدس متحمل به سرما در کشت پاییزه، بیش از کشت بهاره بود (Bagheri *et al*., 2004). در مطالعه‌ای اثر دو تاریخ کاشت پاییزه و یک تاریخ

کاشت بهاره در عدس بررسی شد؛ نتایج نشان داد که طول دوره رشد در کشت پاییزه، ۲/۳ برابر طولانی‌تر از کشت بهاره بود و عملکرد دانه در تاریخ‌های کشت پاییزه، به ترتیب چهار و دو برابر بیشتر از تاریخ کشت بهاره بود (Hojjat & Galstyan, 2014).

باوجود مزایای زیاد کشت پاییزه، مهم‌ترین عامل محدودکننده کشت پاییزه عدس در ایران، تنش سرما است (Yazdi *et al*., 2004; Hojjat *et al*., 2007). از این رو، موفقیت در کاشت پاییزه مستلزم وجود ارقام متحمل به تنش‌های زمستانه و به‌ویژه تنش سرما است و به‌نظر می‌رسد که بقای زمستانه به‌عنوان یک ویژگی مهم جهت حصول حداکثر عملکرد دانه در گیاهان پائیزه لازم و ضروری است. تنش سرما باعث ایجاد اختلال در کارکرد طبیعی گیاه در سطوح مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و سلولی می‌شود که از جمله می‌توان به توقف رشد، کوتولگی، کاهش و تغییر شکل برگ، کلروز و نکروزه شدن برگ‌ها اشاره کرد (Yoshida *et al*., 1998; Rymen *et al*., 2007; Bhandari & Nayyar, 2014). بروز تنش سرمای شدید حتی ممکن است منجر به مرگ و نابودی گیاهان شود. طی چند دهه گذشته در برنامه‌های اصلاحی عدس، پژوهش‌های بسیاری به‌منظور ارزیابی تحمل گیاهان به تنش سرما انجام شده است. آزمایش در شرایط مزرعه این امکان را فراهم خواهد کرد که میزان تحمل به سرما به‌صورت دقیق‌تر و صحیح‌تری ارزیابی شود (Mittler, 2006)، زیرا ارزیابی تحمل به سرما در شرایط مزرعه به دلیل قرار گرفتن گیاهان در معرض زمستان واقعی، روش به‌گزینی مناسبی است و از ابزارهای مهم جهت انتخاب ارقام متحمل به سرما به‌شمار می‌آیند (Ali *et al*., 1999; Gusta and Wisniewski, 2013).

با توجه به مطالب گفته شده، این مطالعه با هدف بررسی تحمل به سرمای ۲۵۹ نمونه عدس بانک بذر دانشگاه فردوسی مشهد در شرایط مزرعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با استفاده از ۲۵۹ نمونه عدس طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در قالب آزمون ارزیابی مقدماتی (آگمنت) با پنج ژنوتیپ شاهد (بومی کالپوش، سرخس، رباط، بیرجند و گناباد) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در جنوب شرقی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۹۸۵ متر بالاتر از سطح دریای آزاد اجرا شد.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم پاییزه، دو دیسک عمود برهم و تسطیح زمین بود. بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش بنومیل (Benlat WP50%) با غلظت دو در هزار ضدعفونی شدند و سپس با تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع در دو ردیف به طول ۱۵۰ سانتی‌متر و با فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر به‌صورت دستی در عمق دو سانتی‌متری خاک در نیمه اول آبان ماه کشت شدند. آبیاری دو بار طی فصل رشد انجام شد، به این صورت که اولین آبیاری به‌منظور اطمینان از سبز شدن سریع و یکنواخت بذرها بلافاصله پس از کاشت و دومین آبیاری، ۲۰ روز بعد از آبیاری اول انجام گرفت و علف‌های‌هرز در طول فصل رشد به‌صورت دستی وجین شدند.

ارزیابی تحمل به سرما بعد از سبز شدن و استقرار بوته انجام شد. برای این منظور تعداد گیاهان یک ماه پس از کاشت و یک‌بار در انتهای اسفندماه شمارش شدند و درصد بقاء بر اساس رابطه (۱) محاسبه شد:

$$S(\%)=(Pa/Pb)\times 100 \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

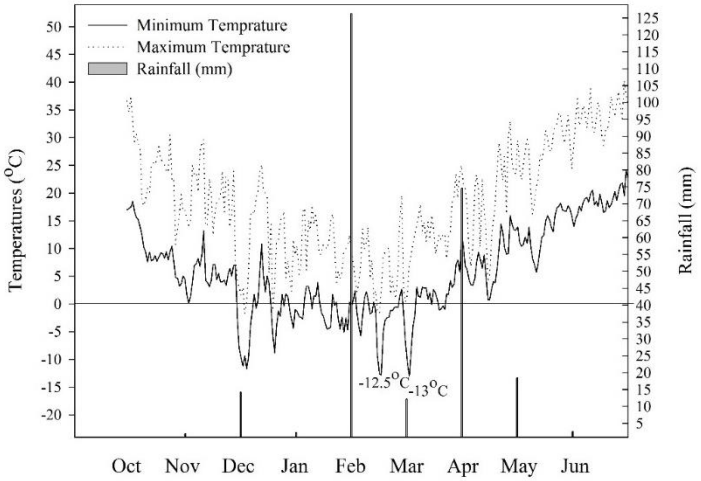
که در آن، s: درصد بقا، Pa: تعداد گیاهان پس از زمستان و Pb: تعداد گیاهان قبل از زمستان می‌باشد. سپس میزان تحمل به یخزدگی نمونه‌ها بر اساس روش Hamid *et al.* (1996) تعیین شد. در این روش، نمونه‌ها بر اساس درصد بقاء در شش گروه دسته‌بندی شدند؛ گروه یک: بسیار مقاوم به سرما (۱۰۰ درصد بقاء)، گروه دو: مقاوم به سرما (۷۶-۹۹ درصد)، گروه سه: نسبتاً مقاومت به سرما (۵۱-۷۵)، گروه چهار: متحمل به سرما (۲۶-۵۰ درصد)، گروه پنج: حساس به سرما (۱۰-۲۵ درصد) و گروه شش: بسیار حساس به سرما (صفر تا نه درصد). در طول فصل رشد، مراحل فنولوژیکی گیاهان شامل روز سبز شدن تا ۵۰ درصد گلدهی، ۹۰ درصد غلاف دهی و رسیدگی ثبت

شدند. در پایان فصل رشد نیز ارتفاع بوته، ارتفاع تشکیل اولین غلاف از زمین، اجزای عملکرد شامل تعداد غلاف در هر بوته (غلاف پر و پوک) و وزن صد دانه در پنج بوته که به‌صورت تصادفی برداشت شدند، اندازه‌گیری و ثبت شد. برای تعیین زیست‌توده و عملکرد، گیاهان از یک مترمربع برداشت شدند.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. ضریب همبستگی پیرسون و تجزیه خوشه‌ای با استفاده از نرم‌افزار JMP9 محاسبه شد و برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، از نرم‌افزار STATISTICA8 استفاده شد و نمودارها با نرم‌افزار Sigmaplot 2001 رسم شدند.

نتایج و بحث

بر اساس داده‌های هواشناسی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، گیاهان در طی دوران رشد رویشی، ۷۱ روز در معرض دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. حداقل درجه حرارت در طی این دوره، ۱۳- درجه سانتی‌گراد بود که در تاریخ دوم اسفندماه ۱۳۹۵ به وقوع پیوست (شکل ۱). مجموع دماهای زیر صفر در طول پاییز و زمستان، ۲۷۲/۷- درجه سانتی‌گراد و میزان کل نزولات جوی در طول فصل رشد ۲۵۲/۷ میلی‌متر بود (شکل ۱).



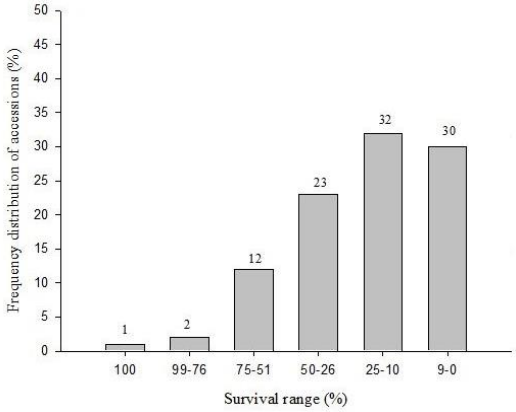
شکل ۱- دماهای حداقل و حداکثر روزانه و بارندگی ماهیانه در مشهد طی فصل زراعی ۹۶-۱۳۹۵

Figure 1. Daily minimum and maximum temperatures and monthly rainfall during 2016-2017 growing seasons in Mashhad.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد بین نمونه‌های عدس از نظر درصد بقاء، تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱). در میان ۲۵۹ نمونه مورد بررسی، درصد بقاء در گستره‌ای بین صفر تا ۱۰۰ درصد مشاهده شد (جدول‌های ۲، ۴، ۵، ۶ و ۷). در میان نمونه‌های مورد مطالعه، تنها نمونه MLC13 پس از زمستان، دارای ۱۰۰ درصد بقاء بود و شش نمونه (MLC424، MLC286، MLC409، MLC303، MLC334) به‌عنوان نمونه‌های متحمل به سرما شناسایی شدند. تعداد ۳۹ و ۵۹ نمونه (به ترتیب ۱۲ و ۲۳ درصد) به‌ترتیب نسبتاً مقاوم و متحمل به سرما بودند. بیش از ۶۲ درصد نمونه‌های موردبررسی (به‌ترتیب ۸۴ و ۷۷ نمونه) در گروه نمونه‌های حساس و بسیار حساس به سرما قرار گرفتند (شکل ۲).

شرایط سخت زمستان با حداقل مطلق دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد زیر صفر و مدت طولانی (۷۱ روز) دمای زیر صفر در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ موجب شد تا گزینش بسیار خوبی در میان نمونه‌های مورد مطالعه ازنظر تحمل به سرما و شرایط سخت زمستان صورت گیرد. مطالعات نشان می‌دهد که شرایط زمستان مانند

شدت یخزدگی، زمان حادث شدن تنش یخزدگی و طول مدت دماهای زیر صفر، از عوامل مؤثر بر سازگاری و بهره‌وری حبوبات در کشت پاییزه است (Badaruddin & Meyer, 2001; Stoddard *et al*., 2006) مقایسه نتایج این آزمایش با مطالعه مشابه در سال ۹۵-۱۳۹۴ نشان داد که شرایط زمستان، موجب کاهش درصد بقای نمونه‌های عدس می‌شود. در مطالعه پیشین، حداقل دما ۵/۹- درجه سانتی‌گراد بود و گیاهان، ۳۹ روز دمای زیر صفر درجه را تجربه کردند در نتیجه تعداد بیشتری از نمونه‌ها قادر به حفظ درصد بالایی از بقاء شدند (Gholami *et al*., 2019). با بررسی شرایط دمایی مطالعه حاضر در مقایسه با مطالعات پیشین می‌توان بیان کرد که عامل مؤثر در بقای نمونه‌های عدس، تفاوت در شدت و طول دوره سرمای زمستانه است. از آن‌جا که بقای زمستانه گیاهان در مزرعه به‌عنوان یکی از عوامل ضروری جهت تحمل به سرما در شرایط سخت زمستان، تنها به دما وابسته نیست، بلکه اثر متقابل سایر عوامل نیز در بقای زمستانه مؤثر هستند (Gusta and Wisniewski, 2013). می‌توان نتیجه گرفت که در مطالعه حاضر، نمونه‌های متحمل به سرما، نه‌تنها از لحاظ تحمل به سرما در سطح بالایی قرار داشتند، بلکه از لحاظ تحمل به سایر تنش‌های زیستی و غیر زیستی نیز در سطح قابل قبولی بودند.



شکل ۲- درصد فراوانی نسبی نمونه‌های عدس در دامنه‌های مختلف بقاء در کشت پاییزه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵.

Figure 2. Frequency of the lentil accessions in different survival range in the autumn sowing during 2016-2017 growing season.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های شاهد نشان داد درصد بقاء در گستره‌ای بین ۱۲ تا ۸۸ درصد متغیر بود (جدول ۱). بین ژنوتیپ‌های شاهد، یک ژنوتیپ در دامنه بقای ۷۶-۹۹ درصد، یک ژنوتیپ در دامنه بقای ۵۱-۷۵ درصد و سه ژنوتیپ در دامنه بقای ۱۰-۲۵ درصد بودند (جدول ۱). بالاترین و پایین‌ترین درصد بقاء، به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های کالپوش و رباط مشاهده شد (جدول ۱).

جدول ۱- درصد بقاء، روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف، عملکرد و اجزای عملکرد و زیست‌توده ژنوتیپ‌های شاهد عدس در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مشهد.

Table 1. Survival percentage, days from sowing to flowering and maturity, plant height, lowest pod height, yield and its components and biomass of control lentil genotypes in autumn sowing during 2016-2017 growing season.

Check genotypes	Survival percentage (%)	Sowing to flowering (Day)	Flowering to maturity (Day)	Plant height (cm)	Lowest pod height (cm)	Pod No. Plant^{-1}	Filled pod. Plant^{-1}	Biological yield (g.m^{-2})	Seed yield (g.m^{-2})
Birjand	22	168	18	29	14	42	39	588	98
Gonabad	58	170	40	37	14	57	53	1005	128
Robatt	12	185	13	21	8	15	10	63	24
Sarakhs	14	168	18	22	11	29	23	638	51
Kalpush	88	164	54	40	15	72	71	1065	131
$LSD_{0.05}$	3.86	26	20	7	3	18	17	95	77

در بررسی دوره رشد رویشی و زایشی مشاهده شد که تعداد روز از کاشت تا گلدهی بین ۱۵۴ و ۲۰۶ روز و تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی بین پنج تا ۵۶ متغیر بودند (جدول‌های ۲، ۴، ۵، ۶ و ۷). بین نمونه‌های عدس در دامنه بقای نه تا ۱۰۰ درصد، تفاوت قابل ملاحظه‌ای ازنظر تعداد روز از کاشت تا گلدهی مشاهده نشد (شکل ۳A). متوسط طول دوره رشد رویشی در نمونه‌های متحمل به سرما با دامنه بقاء بالاتر از ۵۱ درصد، ۱۶۷ روز بود، درحالی‌که در نمونه‌های حساس به سرما، متوسط طول این دوره ۱۸۷ روز بود (شکل ۳A). از طرف دیگر با کاهش درصد بقاء، تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی روند کاهشی نشان داد، به‌طوری‌که این دوره در نمونه‌هایی با درصد بقاء بالا، طولانی‌تر بود (شکل ۳B). تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی در نمونه‌هایی با درصد بقای بالاتر از ۷۶ درصد، بین ۴۵ تا ۵۰ روز (به‌طور متوسط ۴۸ روز) بود (جدول ۲).

جدول ۲- درصد بقاء، روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف، اجزای عملکرد، عملکرد و زیست‌توده نمونه‌های عدس در دامنه‌های بقای ۱۰۰ و ۹۹-۷۶ درصد در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مشهد.

Table 2. Survival percentage, days from sowing to flowering and maturity, plant height, lowest pod height, yield and its components and biomass in 100% and 99-76% survival ranges of lentil accessions in autumn sowing during 2016-2017 growing season.

MLC	Survival percentage (%)	Sowing to flowering (Day)	Flowering to maturity (Day)	Plant height (cm)	Lowest pod height (cm)	Pod No. Plant^{-1}	Filled pod. Plant^{-1}	Biological yield (g.m^{-2})	Seed yield (g.m^{-2})
13	100	171	48	37	12	132	90	1184	148
424	90	161	45	37	13	85	71	1332	154
286	88	168	48	41	15	75	75	1014	192
409	86	170	50	53	19	89	89	1369	220
303	86	156	48	39	11	65	54	669	144
334	84	170	48	41	14	88	85	1569	225
407	81	170	50	49	18	96	96	1400	264
$LSD_{0.05}$	3.86	26	20	7	3	18	17	95	77

MLC: کلکسیون بذر عدس پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

MLC: Mashhad Lentil Collection, LSD: Least significant difference at $p\leq0.05$ of probability level.

با کاهش درصد بقاء، طول دوره زایشی به‌ترتیب ۱۳، ۳۳، ۴۸ و ۵۶ درصد نسبت به دامنه بقای بالاتر از ۷۶ درصد کاهش یافت. نتایج همبستگی بین طول دوره رشد رویشی و زایشی با درصد بقاء، مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳ - ضرایب همبستگی درصد بقاء، روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف، عملکرد و اجزای عملکرد و زیست‌توده نمونه‌های عدس در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مشهد.

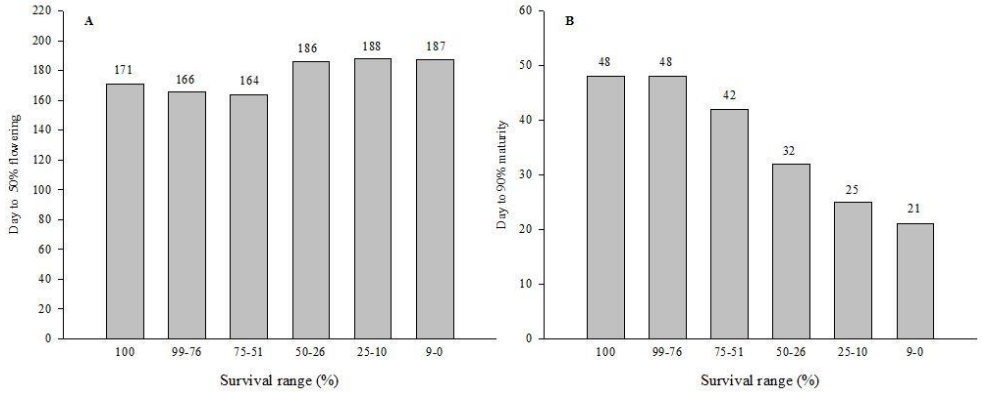
Table 3. Correlation coefficient of survival percentage, days from sowing to flowering and maturity, plant height, lowest pod height, yield and its components and biomass of lentil accessions in autumn sowing during 2016-2017 growing season in Mashhad.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Survival percentage	1								
2	Sowing to flowering	0.27**	1							
3	Flowering to maturity	0.65**	0.44**	1						
4	Plant height	0.71**	0.61**	0.68**	1					
5	Lowest pod height	0.59**	0.56**	0.57**	0.88**	1				
6	Pod No	0.69**	0.29**	0.48**	0.58**	0.49**	1			
7	Filled pod	0.72**	0.24**	0.46**	0.59**	0.48**	0.92**			
8	Biological yield	0.84**	0.14^{ns}	0.51**	0.58**	0.45**	0.77**	0.82**	1	
9	Seed yield	0.78**	0.13^{ns}	0.51**	0.56**	0.42**	0.74**	0.83**	0.89**	1

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, and **: non-significant and significant in the probability levels of 5%, & 1%, respectively.

نتایج مطالعات پیشین نشان داد که طول دوره رشد رویشی در عدس، تحت تأثیر ژنوتیپ، شرایط محیطی و برهمکنش آن‌ها است (Yuan *et al*., 2017). در مطالعه حاضر مشخص شد که طول دوره رشد زایشی در نمونه‌های عدس در دامنه‌های بقای بالای ۷۶ درصد، به‌صورت مشخصی بالاتر از نمونه‌های حساس به سرما بود (شکل ۳B). افزایش طول دوره پر شدن دانه، ارتباطی قوی با افزایش عملکرد دانه دارد؛ به عنوان مثال، نتایج یک مطالعه روی ماشک (*Vicia sativa* ssp. Sativa) در کشت بهاره و پاییزه نشان داد که دوران پر شدن دانه در کشت پاییزه، ۴۲ درصد طولانی‌تر از کشت بهاره بود که این امر باعث شد وزن هزار دانه در کشت پاییزه، شش درصد بالاتر از کشت بهاره باشد (Fırıncıoglu *et al*., 2010).



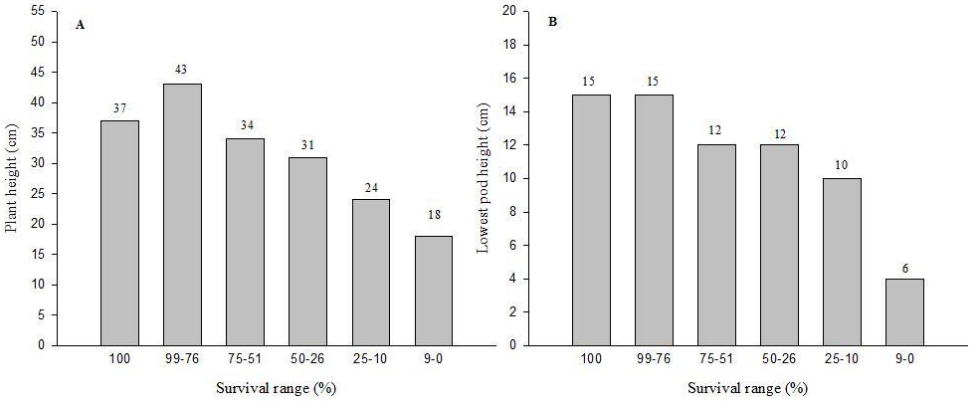
شکل ۳- متوسط تعداد روز از کاشت تا گلدهی (A) و گلدهی تا رسیدگی (B) نمونه‌های عدس در دامنه‌های مختلف بقاء در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵.

Figure 3. Average of day from sowing to flowering (A) and flowering to maturity (B) of lentil accessions in different survival range of autumn sowing during 2016-2017 growing season.

در بین نمونه‌های عدس مورد بررسی، گستره ارتفاع بوته، بین هشت تا ۵۳ سانتی‌متر بود (جدول‌های ۲، ۴، ۵، ۶ و ۷) و بیشترین ارتفاع بوته در نمونه MLC409 مشاهده شد (جدول ۲). بررسی رابطه ارتفاع بوته با درصد بقای پس از زمستان نشان داد که متوسط ارتفاع بوته با کاهش درصد بقاء کاهش یافت و بیشترین ارتفاع بوته (۵۳ سانتی‌متر) در دامنه بقاء ۹۹-۷۶ درصد مشاهده شد. این در حالی است که متوسط ارتفاع بوته در نمونه‌های عدس حساس و بسیار حساس به یخزدگی با دامنه بقاء به‌ترتیب ۱۰-۲۶ درصد و ۰-۹ درصد، به‌ترتیب ۴۴ و ۵۸ درصد کمتر از متوسط ارتفاع گیاه در دامنه بقا ۷۶-۹۹ درصد بود (شکل ۴). نتایج همبستگی نشان داد که ارتفاع بوته بیشترین همبستگی را به‌ترتیب با درصد بقاء (r^2=۰/۷۱**)، دوره رشد زایشی (r^2=۰/۶۸**) و دوره رشد رویشی (r^2=۰/۶۱**) داشت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که تحمل به سرما، منجر به زمستان‌گذرانی متناسب و خسارت کمتر به بافت‌های گیاه و افزایش توان رویشی گیاهان می‌شود که در نهایت با افزایش ارتفاع بوته، تولید گره‌های رویشی و زایشی در گیاه افزایش می‌یابد (Erskin *et al*., 1988). یکی از جنبه‌های مهم تحقیقاتی در رابطه با عدس، توسعه سیستم‌های مکانیزه برداشت می‌باشد (Erskin *et al*., 1991). برای این امر در بسیاری از مطالعات، بر ارقام عدس با فرم رشدی ایستاده و ارتفاعی بیش از ۳۰-۲۵ سانتی‌متر به‌عنوان یکی از عوامل اصلی برداشت مکانیزه عدس تأکید شده است (Bicer & Piergiovanni, 2000; Sakar, 2008; Kumar *et al*., 2016). در این مطالعه مشاهده شد که نمونه‌های متحمل به سرما از این مزیت برخوردار بودند و متوسط ارتفاع بوته در آن‌ها، بیشتر از ۳۰ سانتی‌متر بود (شکل ۴A).

ارتفاع تشکیل اولین غلاف از سطح خاک در بین نمونه‌های مورد بررسی در گستره سه تا ۲۱ سانتی‌متر متغیر بود (جدول‌های ۲، ۴، ۵، ۶ و ۷). بالاترین ارتفاع تشکیل غلاف (۲۱ سانتی‌متر) در نمونه MLC256

مشاهده شد (جدول ۵) و اختلاف بین بیشترین و کمترین ارتفاع تشکیل غلاف، ۹۵ درصد بود (جدول‌های ۲، ۴، ۵، ۶ و ۷). به‌طورکلی بالاترین متوسط ارتفاع تشکیل غلاف در دامنه بقای ۱۰۰ و ۹۹-۷۶ درصد مشاهده شد (شکل 4B) که با کاهش تحمل به سرما و یخزدگی، این ارتفاع به‌ترتیب ۲۰، ۳۳ و ۶۰ درصد نسبت به نمونه‌های متحمل به یخزدگی کاهش یافت (شکل 4B).



شکل ۴- متوسط ارتفاع بوته (A) و ارتفاع اولین غلاف (B) نمونه‌های عدس در دامنه‌های مختلف بقاء در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵.

Figure 4. Plant height (A) and lowest pod height (B) averages of lentil accessions in different survival range of autumn sowing during 2016-2017 growing season.

همبستگی بالایی بین ارتفاع اولین غلاف و ارتفاع بوته (r^2=/۸۸**) وجود داشت (جدول ۳). این صفت از دیگر خصوصیات زراعی مؤثر در برداشت مکانیزه عدس به شمار می‌آید که نقش مهمی را در کاهش تلفات برداشت و افزایش خلوص فیزیکی بذرها دارد (Kumar *et al*., 2016). حداقل ارتفاع غلاف برای برداشت مکانیزه، ۱۲ سانتی‌متر از سطح زمین عنوان‌شده است (Erskine *et al*., 1988). در این مطالعه مشاهده شد که متوسط ارتفاع تشکیل اولین غلاف در نمونه‌های عدس با دامنه بقای ۱۰۰ و ۹۹-۷۶ درصد، بیشتر از ۱۲ سانتی‌متر بود (شکل 4B).

در بین نمونه‌های عدس مورد بررسی، تعداد کل غلاف در بوته بین دو تا ۱۳۲ غلاف در هر گیاه متغیر بود (جدول‌های ۲، ۴، ۵، ۶ و ۷). تعداد کل غلاف در بوته در دامنه‌های بقای صفر تا نه، ۱۰-۲۵، ۲۶-۵۰، ۵۱-۷۵، ۹۹-۷۶ نسبت به بقای ۱۰۰ درصد به‌ترتیب ۳۷، ۴۹، ۷۹، ۸۱ و ۸۶ درصد کاهش یافت (شکل 5A). گستره تعداد غلاف پر در بوته بین یک تا ۱۲۰ غلاف در بوته بود (جدول‌های ۲، ۴، ۵، ۶ و ۷). بیشترین تعداد غلاف پر در نمونه MLC13 که بالاترین درصد بقاء را دارا بود مشاهده شد (جدول ۲). تحمل بالا نسبت به سرما باعث افزایش ۱۶ برابری تعداد غلاف پر در بوته شد (شکل 5B). با کاهش تحمل به سرما، تعداد غلاف پر در بوته، ۳۵، ۵۶، ۸۲، ۸۶ و ۹۰ درصد نسبت به MLC13 کمتر بود (شکل 5B). تعداد غلاف پر در بوته، بیشترین همبستگی مثبت (r^2=۰/۷۱**) را با درصد بقاء داشت (جدول ۳). نتایج همبستگی نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد غلاف کل در بوته با درصد بقاء، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی و ارتفاع بوته وجود داشت (جدول ۳)؛ مطالعات پیشین نیز این همبستگی مثبت را گزارش کرده‌اند (Bicer & Sakar, 2008). با توجه به همبستگی مثبت تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی با تعداد غلاف کل و پر در گیاه، به‌نظر می‌رسد که افزایش طول دوران رویشی و زایشی از طریق افزایش ظرفیت تولیدی، باعث افزایش ظرفیت زایشی در نمونه‌های عدس شد. نتایج یک مطالعه نشان داد که در کشت پاییزه عدس، تعداد غلاف در بوته دو برابر بیشتر از کشت بهاره بود که دلیل این امر، طولانی بودن دوره رشد رویشی در

کشت پاییزه و بهره‌مندی مطلوب از بارندگی و فرار از تنش گرما و خشکی آخر فصل عنوان‌شده است (Hojjat, 2013).

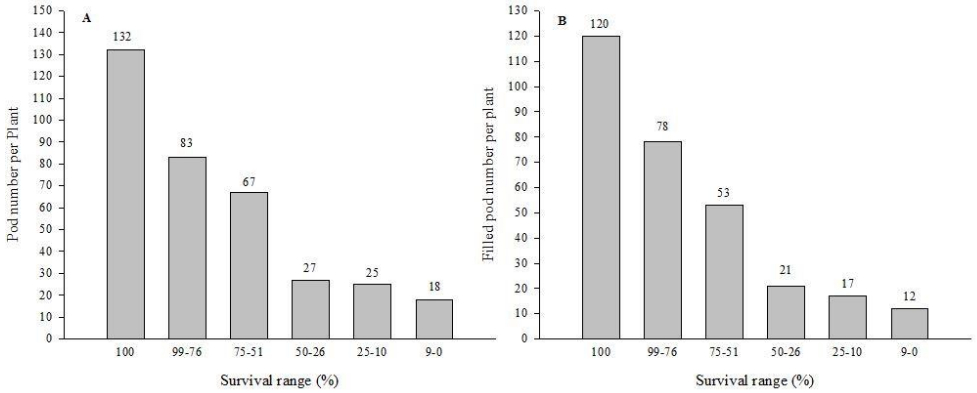
جدول ۴- درصد بقاء، روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف، عملکرد و اجزای عملکرد و زیست‌توده نمونه‌های عدس در دامنه بقاء ۵۱-۷۵ درصد در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مشهد.

Table 4. Survival percentage, days from sowing to flowering and maturity, plant height, lowest pod height, yield and its components and biomass in 75-51% survival range of lentil accessions in autumn sowing during 2016-2017 growing season.

MLC	Survival percentage (%)	Sowing to flowering (Day)	Flowering to maturity (Day)	Plant height (cm)	Lowest pod height (cm)	Pod No. Plant^{-1}	Filled pod. Plant^{-1}	Biological yield (g.m^{-2})	Seed yield (g.m^{-2})
81	73	163	51	31	10	53	44	381	94
458	73	165	50	38	10	78	70	1264	148
163	71	169	44	25	15	43	36	353	114
394	70	161	53	38	15	81	71	974	156
339	70	166	43	35	12	65	52	920	89
396	70	163	41	47	15	90	87	1360	158
33	70	159	56	37	14	67	56	820	130
310	69	161	25	29	11	38	29	539	52
323	69	170	47	42	10	69	64	1051	133
328	69	164	38	31	12	59	39	746	75
410	68	164	40	33	12	54	38	437	69
469	68	172	44	41	16	96	77	1356	102
342	64	154	42	24	8	53	45	960	66
11	64	171	40	41	10	98	67	1022	120
147	63	162	52	41	13	54	41	811	69
169	63	170	39	35	16	68	63	1325	126
275	63	160	30	29	16	25	18	433	30
8	61	162	47	38	18	76	76	1492	228
428	60	155	39	25	11	48	42	867	86
454	60	170	50	48	15	83	81	981	285
472	60	166	50	38	16	78	41	778	35
289	58	159	49	29	11	49	36	945	64
398	58	158	41	35	13	63	50	1040	65
397	56	171	31	27	11	112	69	1200	75
395	54	159	25	25	8	48	27	603	42
264	52	173	32	31	10	86	72	996	98
151	52	161	46	30	11	49	42	491	87
12	51	169	45	36	11	98	71	930	98
306	51	154	43	25	9	68	51	805	61
449	51	163	33	30	12	69	46	1029	54
461	51	168	39	30	13	67	61	1204	114
7	51	164	50	31	12	55	32	623	43
$LSD_{0.05}$	4	26	20	7	3	18	17	95	77

MLC: کلکسیون بذر عدس پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

MLC: Mashhad Lentil Collection, LSD: Least significant difference at p≤0.05 of probability level.



شکل ۵- متوسط تعداد غلاف کل در گیاه (A) و غلاف پر در گیاه (B) نمونه‌های عدس در دامنه‌های مختلف بقاء در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵.

Figure 5. Average number of pod (A) and filled (B) per lentil accessions plant in different survival range of autumn sowing during 2016-2017 growing season.

جدول ۵- درصد بقاء، روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف، عملکرد و اجزای عملکرد و زیست‌توده نمونه‌های عدس در دامنه بقاء ۲۶-۵۰ درصد در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مشهد.

Table 5. Survival percentage, days from sowing to flowering and maturity, plant height, lowest pod height, yield and its components and biomass in 50-26% survival range of lentil accessions in autumn sowing during 2016-2017 growing season.

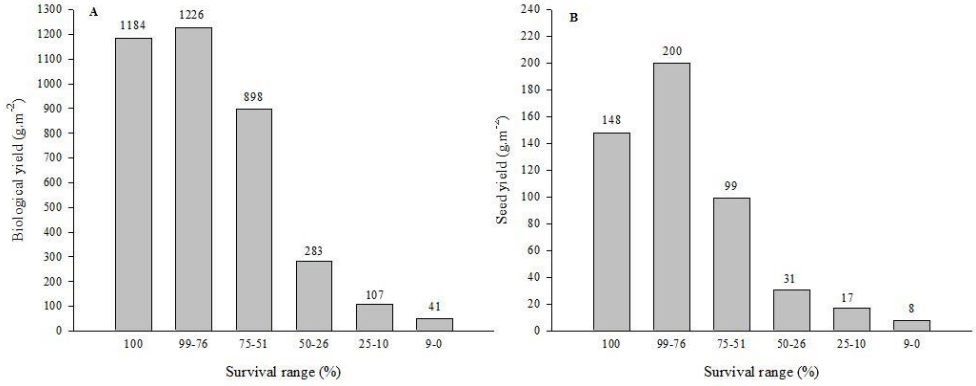
MLC	Survival percentage (%)	Sowing to flowering (Day)	Flowering to maturity (Day)	Plant height (cm)	Lowest pod height (cm)	Pod No. Plant^{-1}	Filled pod. Plant^{-1}	Biological yield (g.m^{-2})	Seed yield (g.m^{-2})
466	48	174	42	38	15	47	43	949	61
212	47	184	37	34	16	20	15	119	35
204	46	186	38	35	14	16	14	59	6
213	45	181	43	34	13	28	14	99	24
314	45	189	19	25	12	18	3	253	8
423	45	185	36	24	9	32	32	652	72
246	44	175	49	46	15	19	11	172	17
402	44	185	39	25	7	12	10	345	35
447	42	190	34	21	6	29	19	537	34
50	42	183	25	39	14	49	47	354	61
10	42	183	25	31	14	43	39	271	28
429	41	185	36	25	10	25	25	338	55
206	41	186	38	39	14	32	11	76	10
152	40	191	29	39	15	92	90	971	112
210	40	184	37	32	14	18	16	85	13
44	40	169	50	34	11	58	56	715	120
415	39	185	39	29	9	25	24	345	28
140	38	195	29	28	14	15	12	66	7
255	38	195	18	37	17	29	25	151	26
258	38	181	32	35	17	4	4	120	3
430	38	184	36	22	10	15	14	326	41
433	38	192	13	32	16	14	14	218	25
315	37	184	38	31	12	39	10	455	38
311	37	187	24	31	12	40	7	230	3
421	37	185	25	21	7	12	10	225	19
214	37	186	38	33	15	16	16	106	16
446	37	174	50	39	10	54	44	178	23
9	37	183	29	29	9	22	20	156	14
418	36	197	27	28	7	44	43	523	46
177	36	195	10	42	16	17	15	154	5
413	35	196	28	30	11	15	10	450	34
225	35	174	50	22	12	14	10	78	17
471	35	174	42	35	16	48	43	518	50
268	34	184	21	32	12	20	17	385	40
324	33	184	38	23	8	3	2	199	11
297	33	183	24	30	15	76	65	359	36
308	33	184	30	18	7	67	38	215	65
343	33	192	32	25	7	12	9	83	15
417	33	206	7	23	8	49	19	328	25
176	33	195	18	20	14	13	12	42	8
440	33	189	39	45	17	18	15	204	20
215	32	182	42	38	18	20	14	125	15
313	32	183	28	28	14	16	11	92	3
456	32	195	15	37	15	35	29	457	28
317	31	182	26	33	12	17	10	178	15
453	31	174	55	28	12	9	6	52	10
467	31	195	15	40	18	23	16	578	25
84	30	179	48	31	11	3	1	117	5
445	30	198	27	37	14	31	4	73	5
256	29	181	29	47	21	13	11	219	29
263	29	181	18	20	12	10	9	47	10
470	29	181	38	34	17	24	18	488	55
406	29	185	39	31	11	28	24	304	44
267	28	184	30	36	12	26	25	665	98
168	28	198	10	28	12	81	79	238	32
160	28	196	29	34	14	2	0	118	0
41	27	174	53	22	9	8	5	258	58
420	26	195	18	28	6	39	30	371	60
404	26	185	28	20	9	19	15	203	18
$LSD_{0.05}$	4	26	20	7	3	18	17	95	77

MLC: کلکسیون بذر عدس پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

MLC: Mashhad Lentil Collection, LSD: Least significant difference at $p \leq 0.05$ of probability level.

در بین نمونه‌های عدس مورد بررسی، گستره عملکرد زیست‌توده بین۱۰ تا ۱۵۶۹ تا گرم در مترمربع متغیر بود

(جدول‌های ۲، ۴، ۵، ۶ و ۷). بیشترین عملکرد زیست‌توده (۱۵۶۹ گرم در مترمربع) در نمونه MLC334 با ۸۴ درصد بقاء مشاهده شد (جدول ۲). به‌طورکلی حدود هفت درصد نمونه‌ها با دامنه‌های بقای ۱۰۰، ۷۶-۹۹ و ۵۱-۷۵ درصد، از عملکرد زیست‌توده‌ای بیش از ۱۰۰۰ گرم در مترمربع برخوردار بودند (جدول ۲ و ۴). بالاترین متوسط عملکرد زیست‌توده در دامنه بقای ۷۶-۹۹ و ۱۰۰ درصد مشاهده شد (شکل ۶A). کاهش تحمل به سرما به‌ترتیب باعث کاهش ۲۷، ۷۷، ۹۱ و ۹۷ درصدی در متوسط عملکرد زیست‌توده نمونه‌ها نسبت به نمونه‌هایی با دامنه بقای ۷۶-۹۹ درصد شد (شکل ۶A). نتایج همبستگی نشان داد که عملکرد زیست‌توده به‌ترتیب بیشترین همبستگی را با درصد بقاء (r^2=۰/۸۴**) و تعداد غلاف پر در گیاه (r^2=۰/۷۸**) و ارتفاع بوته (r^2=۰/۵۸**) داشت (جدول ۳). در مطالعه‌ای، اثر رشد کانوپی و تخصیص زیست‌توده بر عملکرد دانه عدس بررسی شد (Hanlan *et al.*, 2006). به‌طورکلی، عملکرد زیست‌توده به‌عنوان شاخص ظرفیت تولیدی در گیاهان است. در عدس، تولید گل و تشکیل غلاف، متأثر از میزان ظرفیت منبع یا به‌عبارت‌دیگر میزان سطح سبز گیاه است. با افزایش ظرفیت منبع، میزان عملکرد دانه در عدس افزایش می‌یابد (Samad *et al.*, 2007). درکشت پاییزه عدس به دلیل جذب کارآمد تشعشع خورشیدی و امکان استفاده از بارندگی‌های ابتدای فصل و همچنین تطابق فصل رشد با دماهای مطلوب هوا شرایط برای رشد مناسب گیاه فراهم می‌شود که در نهایت از طریق تجمع زیست‌توده در اندام‌های هوایی، منجر به بهبود ظرفیت تولیدی در گیاه می‌شود (Mondal *et al.*, 2013).



شکل ۶- متوسط عملکرد (A) و زیست‌توده عملکرد دانه (B) نمونه‌های عدس در دامنه‌های مختلف بقاء در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵.

Figure 6. Average of biological (A) and seed (B) yields of lentil accessions in different survival range of autumn sowing during 2016-2017 growing season.

در میان نمونه‌های مورد مطالعه عدس، عملکرد دانه بین یک تا ۲۸۵ گرم در مترمربع بود متغیر بود (جدول‌های ۲، ۴، ۵، ۶ و ۷). بیشترین عملکرد دانه در نمونه MLC454 (جدول ۲) و بیشترین متوسط عملکرد دانه (۲۰۰ گرم در مترمربع) در دامنه بقای ۷۶-۹۹ درصد مشاهده شد (شکل ۶A). با افزایش حساسیت به سرما و کاهش درصد بقاء از ۵۱-۷۵، ۱۰-۲۵ و صفر تا نه درصد نسبت به دامنه بقای ۷۶-۹۹ درصد، عملکرد دانه در واحد سطح به‌ترتیب به میزان شش، ۸۵، ۹۲ و ۹۶ درصد کاهش یافت (شکل ۶A). همبستگی بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته، مثبت و معنی‌دار (r^2=۰/۵۶**) بود (جدول ۳).

جدول ۶- درصد بقاء، روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف، عملکرد و اجزای عملکرد و زیست‌توده نمونه‌های عدس در دامنه بقاء ۱۰-۲۵ درصد در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مشهد.

Table 6. Survival percentage, days from sowing to flowering and maturity, plant height, lowest pod height, yield and its components and biomass in 25-10% survival range of lentil accessions in autumn sowing during 2016-2017 growing season.

MLC	Survival percentage (%)	Sowing to flowering (Day)	Flowering to maturity (Day)	Plant height (cm)	Lowest pod height (cm)	Pod No. Plant^{-1}	Filled pod. Plant^{-1}	Biological yield (g.m^{-2})	Seed yield (g.m^{-2})
261	25	181	32	31	15	12	9	48	5
325	25	194	28	26	12	44	38	266	62
224	24	187	45	32	11	10	5	52	2
393	24	195	29	28	10	32	31	220	52
400	24	183	27	28	8	11	10	53	5
411	24	195	29	26	8	36	30	163	41
145	24	189	39	36	16	6	5	63	21
414	24	183	30	27	13	21	17	177	11
16	24	172	55	28	8	15	10	59	15
357	23	183	22	26	9	59	59	340	77
72	23	179	52	30	11	16	13	163	23
146	22	186	42	35	14	48	25	120	15
294	22	191	16	32	12	56	54	180	33
149	22	187	41	34	15	9	7	126	6
21	22	172	55	28	9	19	10	98	20
464	22	184	37	37	11	21	17	150	26
405	21	184	21	26	7	35	29	222	65
452	21	195	18	26	15	23	21	185	43
437	21	183	25	33	14	25	23	987	89
66	21	183	29	30	10	32	28	296	65
85	21	177	50	28	11	6	2	50	18
352	21	183	22	26	7	24	23	140	33
336	20	180	44	25	9	76	73	336	63
43	20	184	47	25	10	34	20	75	22
416	20	195	24	20	7	5	3	89	6
281	20	189	6	18	11	83	70	184	46
217	20	183	41	25	14	33	27	55	10
64	20	179	48	32	9	33	29	230	39
305	19	199	18	28	13	37	35	115	14
130	19	187	41	20	15	19	15	61	12
444	19	191	41	32	13	26	22	92	13
451	19	195	18	38	14	37	22	145	15
457	19	195	19	41	15	31	27	289	26
257	18	181	32	19	8	23	3	44	2
54	17	183	29	39	14	73	54	286	36
403	17	185	39	22	7	12	11	75	16
252	17	174	50	26	12	17	12	28	3
165	17	198	10	27	16	14	13	34	3
53	16	183	29	21	12	48	9	52	9
425	16	181	24	24	10	17	16	60	12
14	16	183	25	33	16	74	4	252	35
135	16	184	44	18	11	38	32	59	8
441	16	186	42	28	14	4	2	76	5
468	15	195	15	30	12	46	39	120	16
434	15	187	23	19	5	6	0	0	0
260	15	181	28	19	6	12	8	43	3
318	14	185	26	28	9	25	9	134	16
326	14	205	12	29	15	7	5	115	9
476	14	195	18	26	11	49	9	65	10
36	14	183	29	16	6	104	38	178	22
128	13	190	28	10	7	9	8	40	17
172	13	181	24	28	10	32	29	120	27
474	13	195	18	32	12	9	4	35	3
132	13	191	37	32	12	27	2	61	5
460	13	195	10	20	7	17	16	23	3
83	13	171	56	39	13	11	9	93	12
321	12	191	17	26	13	40	32	87	18
419	12	206	7	27	10	11	7	68	11
87	12	183	25	15	10	37	31	155	35
335	11	195	34	26	6	21	18	97	6
369	11	206	10	22	12	16	13	137	21
332	10	206	7	17	7	23	18	59	4
150	10	187	10	10	3	3	2	23	2
161	10	195	14	24	15	18	17	73	5
175	10	181	10	10	3	5	0	28	0
185	10	191	33	21	16	10	7	41	3
218	10	189	10	10	3	5	0	0	0
219	10	189	10	10	3	8	0	0	0

247	10	195	19	10	8	5	0	0	0
249	10	195	18	10	7	69	12	54	14
250	10	191	33	10	3	29	21	42	8
251	10	191	10	10	3	3	0	0	0
253	10	191	10	10	3	10	0	18	0
254	10	195	18	19	8	34	20	52	6
259	10	181	7	10	3	5	0	10	0
462	10	181	5	10	3	3	0	0	0
463	10	181	5	10	3	4	0	0	0
465	10	198	5	10	3	2	0	0	0
93	10	183	29	11	5	5	4	24	6
338	10	206	0	27	11	34	20	63	9
$LSD_{0.05}$	4	26	20	7	3	18	17	95	77

MLC: کلکسیون بذر عدس پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

MLC: Mashhad Lentil Collection, LSD: Least significant difference in $p\leq0.05$ of probability level.

از آن‌جا که عدس گیاهی رشد نامحدود است و گلدهی در آن از شاخه‌های پایینی آغاز و به‌تدریج به سمت بالا ادامه پیدا می‌کند، افزایش ارتفاع بوته می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه شود (Abraham, 2015). همچنین نتایج همبستگی بین عملکرد دانه همبستگی با درصد بقاء (r^2=۰/۷۸**) و طول دوره رشد زایشی (r^2=۰/۵۱**) مثبت و معنی‌داری بود (جدول ۳). مطالعات پیشین نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند (Mondal *et al*., 2013; Bicer & Sakar, 2008). مطالعات نشان می‌دهد که نمونه‌های عدسی که از نرخ رشد بالایی در دوران رشد زایشی و گل‌دهی برخوردارند، به دلیل جذب کافی تشعشع خورشیدی و اختصاص کارآمد آن به زیست‌توده، عملکرد بالایی تولید می‌کنند (Mondal *et al*., 2013). گزارش‌شده است که با کاشت زودهنگام عدس در پاییز، طول دوره رشد، ارتفاع بوته، تجمع ماده خشک، درصد باروری غلاف و عملکرد دانه به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد (Singh *et al*., 2009; Barrios *et al*., 2016; Sen *et al*., 2016)؛ این امر مستلزم در اختیار داشتن نمونه‌های متحمل به سرما با زمستان‌گذرانی مناسب است. در مطالعه حاضر، تعداد هفت نمونه عدس، تحمل بسیار مناسبی در دمای ۱۳- درجه سانتی‌گراد داشتند و این نمونه‌ها از نظر عملکرد دانه نیز از وضعیت مطلوبی برخوردار بودند و عملکرد آن‌ها از متوسط تولید عدس در کشور بسیار بالاتر بود.

بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، نمونه‌های عدس مورد مطالعه به شش گروه مجزا از هم تفکیک شدند (شکل ۷). در گروه اول ۲۲ نمونه (MLC13، MLC424، MLC286، MLC303، MLC409، MLC334، MLC407، MLC458، MLC394، MLC396، MLC33، MLC323، MLC469، MLC11، MLC169، MLC8، MLC454، MLC397، MLC264، MLC12، MLC461، MLC152)، در گروه دوم ۳۷ نمونه، در گروه سوم ۸۲ نمونه، در گروه چهارم ۴۴ نمونه، در گروه پنجم ۴۵ نمونه و در گروه ششم ۲۹ نمونه، قرار گرفتند (شکل ۷).

مقایسه میانگین گروه‌ها با میانگین کل نشان داد که درصد بقاء به‌ترتیب در گروه اول و دوم نسبت به میانگین کل برتری داشتند و در سایر گروه‌ها مساوی و پایین‌تر از میانگین کل بود (جدول ۸). همچنین در نمونه‌های گروه اول ارتفاع بوته، تعداد کل غلاف و تعداد غلاف پر در بوته نسبت به سایر گروه‌ها بیشتر از میانگین کل بود (جدول ۸). ازنظر عملکرد، به‌ترتیب گروه یک و دو نسبت به میانگین کل برتری داشتند، ولی سایر گروه‌ها از میانگین کمتری برخوردار بودند (جدول ۸). به‌طورکلی گروه یک نسبت به سایر گروه‌ها در تمامی صفات نسبت به میانگین کل برتری داشت (جدول ۸). به همین دلیل بر اساس نتایج گروه‌بندی نمونه‌های عدس متحمل به یخ‌زدگی، به‌نظر می‌رسد از نمونه‌های عدس گروه یک می‌توان در مطالعات اصلاح نژادی جهت استفاده از ویژگی‌های برتر بهره برد.

نتایج حاصل از آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و ترسیم بای‌پلات نشان داد که مؤلفه اول، ۶۱/۹۵ درصد از تغییرات صفات شامل کاشت تا گلدهی، گلدهی تا رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف و تعداد غلاف پر در بوته را توجیه کرد (جدول ۹، شکل ۸). مؤلفه دوم، صفات درصد بقاء، تعداد کل غلاف در بوته، عملکرد دانه و زیست‌توده را با ۱۶/۵۵ درصد توجیه کرد (جدول ۹، شکل ۸).

جدول ۷- درصد بقاء، روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف، عملکرد و اجزای عملکرد و زیست‌توده نمونه‌های عدس در دامنه بقا صفر تا نه درصد در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مشهد.

Table 7. Survival percentage, days from sowing to flowering and maturity, plant height, lowest pod height, yield and its components and biomass in 9-0% survival range of lentil accessions in autumn sowing during 2016-2017 growing season.

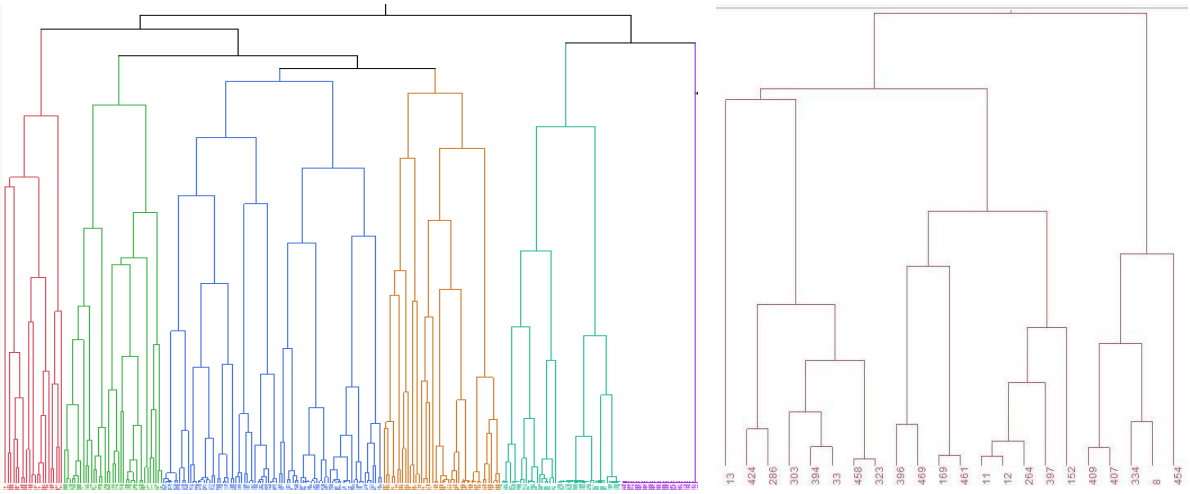
MLC	Survival percentage (%)	Sowing to flowering (Day)	Flowering to maturity (Day)	Plant height (cm)	Lowest pod height (cm)	Pod No. Plant^{-1}	Filled pod. Plant^{-1}	Biological yield (g.m^{-2})	Seed yield (g.m^{-2})
113	9	186	41	10	9	9	8	88	9
63	9	183	29	9	2	31	11	245	43
77	9	183	29	39	12	56	47	184	38
439	9	171	56	20	13	17	7	35	3
273	7	189	28	20	8	4	1	54	16
27	7	183	29	21	7	23	13	53	10
48	7	179	48	25	9	18	12	83	20
408	7	206	5	32	18	20	13	55	5
299	7	183	16	28	13	38	34	143	20
330	7	194	29	22	10	8	6	29	2
399	6	183	27	23	9	8	4	45	4
322	6	205	6	29	19	20	18	50	11
427	6	206	7	19	10	10	9	38	3
438	6	183	29	8	3	10	5	27	2
29	5	183	29	22	8	26	6	18	5
320	5	187	21	26	15	14	10	72	18
30	5	183	29	21	7	34	10	18	5
42	5	177	50	28	9	24	7	52	10
401	5	185	39	19	6	15	13	68	9
337	5	195	10	11	5	48	46	42	8
295	5	198	15	28	9	36	29	42	17
274	4	189	5	30	16	25	25	71	15
301	4	183	34	28	10	17	13	30	4
32	3	183	14	18	5	0	0	0	0
39	3	188	14	17	0	0	0	0	0
60	3	183	29	12	0	0	0	0	0
65	3	183	14	15	0	0	0	0	0
67	3	183	29	12	5	20	12	99	38
79	3	179	52	12	0	8	6	29	5
80	3	183	29	12	0	22	3	30	12
82	3	198	14	10	0	0	0	0	0
86	3	183	29	14	3	32	10	50	17
89	3	183	14	15	0	0	0	0	0
90	3	183	29	9	4	83	44	165	16
92	3	183	29	11	4	23	6	44	2
94	3	183	0	19	0	0	0	0	0
105	3	183	0	9	0	0	0	0	0
107	3	183	0	10	0	0	0	0	0
110	3	183	0	12	0	0	0	0	0
122	3	183	25	10	4	48	44	88	15
123	3	183	0	10	0	0	0	0	0
126	3	183	0	10	0	0	0	0	0
340	3	206	7	13	1	21	15	73	2
304	2	182	29	11	5	10	9	49	5
341	2	206	7	9	3	11	8	20	2
309	1	198	6	17	10	29	1	49	1
300	1	182	6	18	8	6	4	25	2
329	1	205	6	15	13	33	28	68	12
448	0	0	0	0	0	0	0	0	0
266	0	0	0	0	0	0	0	0	0
269	0	0	0	0	0	0	0	0	0
271	0	0	0	0	0	0	0	0	0
276	0	0	0	0	0	0	0	0	0
282	0	0	0	0	0	0	0	0	0
283	0	0	0	0	0	0	0	0	0
284	0	0	0	0	0	0	0	0	0
285	0	0	0	0	0	0	0	0	0
287	0	0	0	0	0	0	0	0	0
288	0	0	0	0	0	0	0	0	0
290	0	0	0	0	0	0	0	0	0
291	0	0	0	0	0	0	0	0	0
292	0	0	0	0	0	0	0	0	0
293	0	0	0	0	0	0	0	0	0
296	0	0	0	0	0	0	0	0	0
298	0	0	0	0	0	0	0	0	0
302	0	0	0	0	0	0	0	0	0
307	0	0	0	0	0	0	0	0	0
312	0	0	0	0	0	0	0	0	0

327	0	0	0	0	0	0	0	0	0
331	0	0	0	0	0	0	0	0	0
333	0	0	0	0	0	0	0	0	0
412	0	0	0	0	0	0	0	0	0
422	0	0	0	0	0	0	0	0	0
426	0	0	0	0	0	0	0	0	0
431	0	0	0	0	0	0	0	0	0
435	0	0	0	0	0	0	0	0	0
436	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$LSD_{0.05}$	4	26	20	7	3	18	17	95	77

MLC: کلکسیون بذر عدس پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

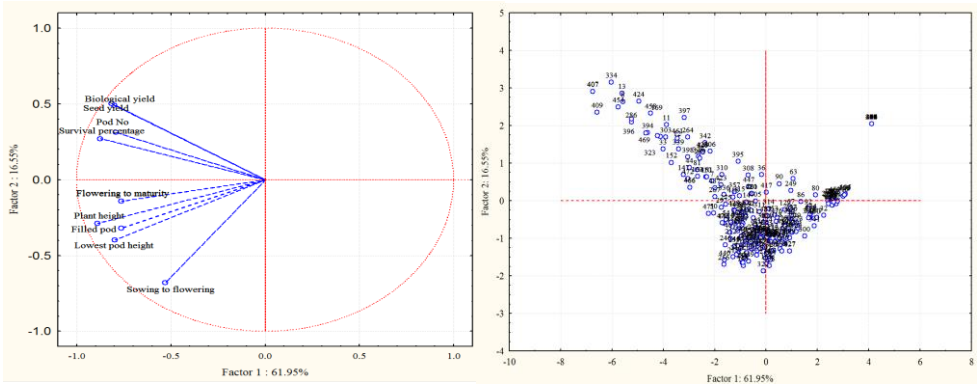
MLC: Mashhad Lentil Collection, LSD: Least significant difference in $p \leq 0.05$ of probability level.

بررسی نمودار بای‌پلات نشان داد که نمونه‌های عدس دارای درصد بقا بالا، از زیست‌توده و عملکرد دانه بیشتری نیز برخوردار بودند. به عنوان مثال، نمونه‌های MLC13، MLC424، MLC286، MLC409، MLC303، MLC334 و MLC407 همگی در بعد اول قرار گرفتند (شکل ۸). همچنین نمودار بای‌پلات نشان داد که نمونه‌هایی که دارای ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف بیشتری بودند، دارای طول دوره کاشت تا گلدهی و گلدهی تا رسیدگی بیشتری نیز بودند (شکل ۸).



شکل ۷- گروه‌بندی خوشه‌ای نمونه‌های عدس بر اساس صفات مورد مطالعه در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶،۱۳۹۵ در مشهد.

Figure 7. Cluster grouping of lentil accessions based on studied characteristic in autumn sowing during 2016-2017 growing season in Mashhad.



شکل ۸– نمودار بای‌پلات بر مبنای دو مؤلفه اول و دوم با بیشترین توجیه واریانس داده‌ها.

Figure 8. Biplot based on two major principal component factors.

جدول ۸- میانگین و انحراف از میانگین گروه‌های حاصل از گروه‌بندی خوشه‌ای نمونه‌های عدس بر اساس صفات مورد مطالعه در کشت پاییزه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مشهد.

Table 8. Mean and deviation from mean of groups in cluster analysis of lentil accessions based on studied characteristic in autumn sowing during 2016-2017 growing season in Mashhad.

	Group											
	1		2		3		4		5		6	
MLC	13.424.286.303.4 09.334.407.458.3 94.396.33.323.46 9.11.169.8.454.39 7.264.12.461.152		339.81.163.310.328.410.3 42.147.275.428.472.289.3 98.395.151.306.449.7.466 .423.447.50.10.429.44.41 5.430.315.446.418.413.47 1.268.470.406.267.437		212.204.213.314.246.402.206.210 140.255.258.433.311.421.214.9.177.225.324. 343.176.440.215.313.456.317.53.467.84.445. 256.263.160.41.404.261.224.400.145.414.16. 72.146.149.21.464.452.85.43.217.64.130.444. 451.457.257.403.252.165.425.135.441.318.32 6.474.132.83.335.161.185.439.27.48.408.322. 29.320.30.42.401.274.301		297.308.417.8.420.325.393.4 11.357.294.405.66.352.336.2 81.305.54.53.14.468.476.36.1 72.460.321.419.87.369.332.2 49.254.265.450.338.77.299.4 27.337.295.90.122.309.300.3 29		416.434.260.128.150.175.218 .219.247.250.251.253.259.26 2.459.462.463.465.93.113.63. 273.330.399.438.32.39.60.65. 67.79.80.82.86.89.92.94.105. 107.110.123.126.340.304.341		448.266.269.271.276.2 82.283.284.285.287.28 8.290.291.292.293.296. 298.302.307.312.327.3 31.333.412.422.426.43 1.435.436	
Traits	Group mean	Deviation from mean	Group mean	Deviation from mean	Group mean	Deviation from mean	Group mean	Deviation from mean	Group mean	Deviation from mean	Group mean	Deviation from mean
Survival (%)	70	46	49	25	24	0	15	-9	7	-17	0	-24
Sowing to flowering (day)	168	6	172	10	186	23	192	29	186	24	0	-163
Flowering to maturity	45	19	38	12	33	7	19	-7	17	-9	0	-26
Plant height (cm)	39	16	31	8	29	6	24	0	12	-11	0	-23
Lowest pod height (cm)	14	5	12	3	13	4	10	1	3	-6	0	-9
Pod No ($Plant^{-1}$)	86	57	44	15	19	-10	46	17	8	-21	0	-29
Filled pod ($Plant^{-1}$)	76	54	34	13	12	-9	32	11	3	-18	0	-21
Seed yield ($g.m^{-2}$)	156	124	60	28	14	-18	27	-4	4	-27	0	-32
Biological yield ($g.m^{-2}$)	1158	906	600	348	118	-134	153	-99	27	-225	0	-252

جدول ۹- سهم هر یک از متغیرها در دو مؤلفه برتر آزمون PCA برای متغیرهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های عدس.

Table 9. Principal component loading for the measured trait of lentil accessions.

Parameters	Factor	
	PCA 1	PCA 2
Proportion of total variation (%)	61.95	16.55
Survival percentage	-0.88	0.27
Sowing to flowering	-0.53	-0.68
Flowering to maturity	-0.76	-0.14
Plant height	-0.89	-0.29
Lowest pod height	-0.80	-0.40
Pod No	-0.79	0.31
Filled pod	-0.76	-0.32
Seed yield	-0.80	0.49
Biological yield	-0.82	0.50

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که تنوع زیادی بین نمونه‌های عدس از نظر تحمل به سرما و یخزدگی زمستانه وجود دارد و امکان به‌گزینی نمونه‌های متحمل به یخزدگی وجود دارد. از نمونه‌های مورد بررسی، هفت نمونه دارای دامنه بقای ۷۶،۱۰۰ درصد بودند و به‌عنوان نمونه‌هایی با تحمل بالای به تنش یخزدگی شناسایی شدند. گروه‌بندی خوشه‌ای و مقایسه میانگین گروه‌ها با میانگین کل نشان داد که ۲۲ نمونه شامل MLC13، MLC424، MLC303، MLC286، MLC409، MLC334، MLC407، MLC458، MLC394، MLC396، MLC33، MLC323، MLC469، MLC11، MLC169، MLC8، MLC454، MLC397، MLC264، MLC12، MLC461 و MLC152، درصد بقاء و عملکرد دانه بیشتری نسبت به میانگین کل داشتند. متوسط عملکرد دانه عدس در ایران ۵۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Anonymous, 2020) و حدود ۱۸/۵ درصد از نمونه‌های عدس مورد مطالعه، عملکردی بیش از متوسط عملکرد عدس در کشوری در شرایط کشت پاییزه داشتند. هرچند به‌نظر می‌رسد که تعدادی از نمونه‌های عدس مورد بررسی از پتانسیل عملکرد مناسبی جهت کشت پاییزه برخوردار هستند، ولی تداوم این سری آزمایش‌ها در شرایط مزرعه‌ای در مناطق متعدد و همچنین اجرای آزمایش در شرایط کنترل‌شده به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر میزان تحمل به تنش یخزدگی در این گیاه ضروری می‌باشد.

REFERENCES

1. Abraham, R. (2015). Lentil (*Lens culinaris* Medikus) Current status and future prospect of production in Ethiopia. *Advances in Plants & Agriculture Researchs*, 2(2), 00040.
2. Ali, A., Johnson, D. L. & Stushnoff, C. (1999). Screening lentil (*Lens culinaris*) for cold hardiness under controlled conditions. *The Journal of Agricultural Science*, 133(3), 313-319.
3. Anonymous, 2020. Statistics Agriculture. The first volume. Horticultural and Agricultural Products. Tehran. IRAN. (In Persian)
4. Badaruddin, M. & Meyer, D. W. (2001). Factors modifying frost tolerance of legume species. *Crop Science*, 41(6), 1911-1916.
5. Bagheri, A., Nezami, A. & Hojjat, S. (2004). Evaluation of cold tolerance in lentil for fall planting in the highlands of Iran. (Final report of research project). Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
6. Barrios, A., Aparicio, T., Rodriguez, M. J., de la Vega, M. P. & Saldana, C. C. (2016). Winter sowing of adapted lines as a potential yield increase strategy in lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(2), 9.
7. Bhandari, K. & Nayyar, H. (2014). Low temperature stress in plants: an overview of roles of cryoprotectants in defense. In *Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment* (pp. 193-265). Springer, New York.
8. Bicer, B. T. & Sakar, D. (2008). Studies on variability of lentil genotypes in Southeastern Anatolia of Turkey. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj‹Napoca*, 36(1), 20-24.

9. Chen, C., Miller, P., Muehlbauer, F., Neill, K., Wichman, D. & McPhee, K. (2006). Winter pea and lentil response to seeding date and micro-and macro-environments. *Agronomy Journal*, *98*(6), 1655-1663.
10. Erskine, W. (2009). *The lentil: botany, production and uses*. CABI.
11. Erskine, W., Diekmann, J., Jegatheeswaran, P., Salkini, A., Saxena, M. C., Ghanaim, A. & El Ashkar, F. (1991). Evaluation of lentil harvest systems for different sowing methods and cultivars in Syria. *The Journal of Agricultural Science*, 117(3), 333-338.
12. Erskine, W., Nassib, A. M. & Telaye, A. (1988). Breeding for Morphological traits. In *World crops: Cool Season Food Legumes* (pp. 117-127). Springer, Dordrecht.
13. Erskine, W., Sarker, A. & Kumar, S. (2011). Crops that feed the world 3. Investing in lentil improvement toward a food secure world. *Food Security*, *3*(2), 127.
14. Fırıncıoglu, H. K., Unal, S., Erbektas, E. & Dogruyol, L. (2010). Relationships between seed yield and yield components in common vetch (*Vicia sativa* ssp. sativa) populations sown in spring and autumn in central Turkey. *Field Crops Research*, 116(1, 2), 30-37.
15. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). FAOSTAT statistical database. http://www.fao.org/faostat.
16. Gholami Rezvani, N., Nezami, A., Kafi, M. & Nabati, J. (2019). Evaluation of lentil (*Lens culinaris*) genotypes for autumn sowing in cold temperate regions under field conditions. *Journal of Crop Production*, 11(4), 142-147. (In Persian)
17. Gusta, L. V. & Wisniewski, M. (2013). Understanding plant cold hardiness: an opinion. *Physiologia Plantarum*, 147(1), 4-14.
18. Hamdi, A., Kusmenoglu, I. & Erskine, W. (1996). Sources of winter hardiness in wild lentil. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 43(1), 63-67.
19. Hanlan, T. G., Ball, R. A. & Vandenberg, A. (2006). Canopy growth and biomass partitioning to yield in short‐season lentil. *Canadian Journal of Plant Science*, 86(1), 109-119.
20. Hojjat, S. S. (2013). The study lentil adaptations to highland winter‐sown environments in Northeastern Iran. *Russian Agricultural Sciences*, 39(2), 134-142.
21. Hojjat, S. S. & Galstyan, M. H. (2014). Study of economic‐ecological results of cold resistance sort of the Lentil world collection under Highlands of Islamic Republic of Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7(14): 1364-1370.
22. Hojjat, S. S., Bagheri, A. & Nezami, A. (2007). Evaluation of lentil germplasm for cold tolerance in order to fall in highlands of Iran. *Journal of Agricultural Science*, 5(1), 143-155. (In Persian)
23. Kahraman, A., Kusmenoglu, I., Aydin, N., Aydogan, A., Erskine, W. & Muehlbauer, F. J. (2004). Genetics of winter hardiness in 10 lentil recombinant inbred line populations. *Crop Science*, *44*(1), 5-12.
24. Kumar, J., Gupta, S., Gupta, P., Dubey, S., Tomar, R. S. S. & Kumar, S. (2016). Breeding strategies to improve lentil for diverse agro‐ecological environments. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 76, 530-549.
25. Mahmoudi, A. A. (2006). Effect of sowing season and seeding density on grain yield in lentil (local var. Robat) under dryland conditions of Nothern Khorasan. *Iranian Journal of Crop Science*, 8(31), 232-240. (In Persian)
26. Materne, M. & Siddique, K. H. M. (2009). W. Erskine, F. J. Muehlbauer, A. Sarker, B. Sharma. (Ed) *Agroecology and Crop Adaptation. (*pp. 47-63) CABI.
27. Mishra, B. K., Srivastava, J. P., Lal, J. P. & Sheshshayee, M. S. (2016). Physiological and biochemical adaptations in lentil genotypes under drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 63(5), 695-708.
28. Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science*, 11(1), 15-19.
29. Mondal, M. M. A., Puteh, A. B., Malek, M. A., Roy, S. & Yusop, M. R. (2013). Contribution of morpho‐physiological traits on yield of lentil (*Lens culinaris* medik). *Australian Journal of Crop Science*, 7(8), 1167.
30. Oweis, T., Hachum, A. & Pala, M. (2004). Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 68(3), 251-265.
31. Piergiovanni, A. R. (2000). The evolution of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivation in Italy and its effects on the survival of autochthonous populations. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 47(3), 305-314.

32. Rymen, B., Fiorani, F., Kartal, F., Vandepoele, K., Inzé, D. & Beemster, G. T. (2007). Cold nights impair leaf growth and cell cycle progression in maize through transcriptional changes of cell cycle genes. *Plant Physiology*, 143(3), 1429-1438.
33. Sabaghpour, S. H., Seyedi, F., Mahmoodi, A. A., Safikhani, M., Pezeshkpour, P. & Rostemi, B. (2013). Kimiya, a new high yielding lentil cultivar for moderate cold and semi warm climate of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 29(2), 397-399. (In Persian)
34. Sakar, D., Durutan, N. & Meyveci, K. (1988*). Factors which limit the productivity of cool season food legumes in Turkey* (pp. 137-145). Springer, Dordrecht.
35. Samad, M. A., Rahman, M. K., Mondal, M. M. A. & Fakir, M. S. A. (2007). Evaluation of some advanced lentil mutants in relation to growth, yield attributes and yield. *Bangladesh Journal Crop Science*, 18, 117-122.
36. Sen, S., Ghosh, M., Mazumdar, D., Saha, B. & Dolui, S. (2016). Effect of sowing date and variety on phenology and yield of lentil during rabi season. *Journal of Crop and Weed*, 12(1), 135-138.
37. Singh, H., Elamathi, S. & Anandhi, P. (2009). Effect of row spacing and dates of sowing on growth and yield of lentil (*Lens culinaris*) under north eastern region of UP. *Legume Research،An International Journal*, 32(4), 307-308.
38. Stoddard, F. L., Balko, C., Erskine, W., Khan, H. R., Link, W. & Sarker, A. (2006). Screening techniques and sources of resistance to abiotic stresses in cool،season food legumes. *Euphytica*, 147(1,2), 167-186.
39. Yazdi, S. B., Majnoun, H. N. & Peighambari, S. A. (2004). Evaluation of cold hardiness in lentil genotypes (*Lens culinaris* medik.). *Seed and Plant*, 20(1), 23-37. (In Persian)
40. Yoshida, R., Sato, T., Kanno, A. & Kameya, T. (1998). Streptomycin mimics the cool temperature response in rice plants. *Journal of Experimental Botany*, 49(319), 221-227.
41. Yuan, H. Y., Saha, S., Vandenberg, A. & Bett, K. E. (2017). Flowering and growth responses of cultivated lentil and wild lens germplasm toward the differences in red to far،red ratio and photosynthetically active radiation. *Frontiers in Plant Science*, 8, 386.