Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 51, No 3, Autumn 2020 (89-101)
DOI: 10.22059/ijfcs.2019.280874.654609

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۳، پائیز ۱۳۹۹ (ص۱۰۱-۸۹)

بررسی تحمل یخزدگی در ژنوتیپ‌های منتخب عدس (*Lens culinaris* Medik.) در شرایط مزرعه

جعفر نباتی*[۱]، احمد نظامی[۲]، سیده محبوبه میرمیران[۳]، سید سعید حجت[٤]
۱و٤ به‌ترتیب استادیار و کارشناس، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲- استاد دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۳- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور ایران.
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۳)

چکیده

با وجود مزایای کشت پاییزه در مقایسه با کشت بهاره، عمده‌ترین مشکل در کشت پاییزه، اثرات تنش یخزدگی بر رشد و عملکرد گیاهان می‌باشد؛ بنابراین شناسایی ارقام متحمل یخزدگی، راه‌کار مناسبی برای رفع این مشکل محسوب می‌شود. در همین راستا، مطالعه‌ای با هدف ارزیابی تحمل یخزدگی در ٤٠ ژنوتیپ منتخب عدس در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. کمترین دمای ثبت شده در طول دوره رشد، ۱۲- درجه سانتی‌گراد بود. درصد بقای ژنوتیپ‌ها بین ۵۳ تا ۹۲ درصد متغیر بود و بالاترین درصد بقا (۹۲ درصد) در ژنوتیپ‌های MLC8 و MLC33 مشاهده شد. تعداد ۲۵ ژنوتیپ، دارای بقای بالای ۷۵ درصد بودند. بیشترین ارتفاع بوته در ژنوتیپ MLC13 با ٦۱ سانتی‌متر و بیشترین تعداد غلاف بارور در ژنوتیپ MLC22 با ۹٦ غلاف در بوته مشاهده شد. ژنوتیپ‌های MLC16، MLC454، MLC458، MLC71 و MLC303 دارای وزن صد دانه بیشتر از سه گرم بودند. بیشترین میزان زیست‌توده و عملکرد دانه در ژنوتیپ MLC334، به‌ترتیب با ۳۱۵۹ و ۳۸۳ گرم در مترمربع تولید شد. گروه‌بندی خوشه‌ای و مقایسه میانگین گروه‌ها با میانگین کل نشان داد که هشت ژنوتیپ MLC8، MLC12، MLC13، MLC33، MLC74، MLC103، MLC469 و MLC742 درصد بقا و عملکرد دانه بیشتری نسبت به میانگین کل داشتند. به‌طورکلی هشت ژنوتیپ از ٤٠ ژنوتیپ مورد مطالعه، بقای بالایی در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد داشتند و همچنین از نظر عملکرد دانه نیز برتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند، با این وجود، تداوم آزمایش‌ها جهت تائید تحمل یخزدگی این ژنوتیپ‌ها ضروری است.

واژه‌های کلیدی: بقا، تحمل به سرما، حبوبات، عملکرد، کشت پاییزه.

Evaluation of freezing tolerance of selected lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes in feild conditions

J. Nabati[1*], A. Nezami[2], S.M. Mirmiran[3], S.S. Hojjat [1]
1. Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, 2. Faculty of Agriculture and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad 3. Department of Agronomy, Payame Noor University of Iran.
(Received: May 11, 2019 - Accepted: July 25, 2019)

ABSTRACT

Despite the benefits of autumn cropping compared to spring cropping, the negative impacts of freezing stress on crop growth and yield is the most important problem of the autumn cropping. So, identifying the freezing tolerant genotypes is a suitable approach to dissolve this problem. In this way, freezing tolerance of 40 lentil genotypes was assessed in 2018 in the Research Farm of Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. The experiment was conducted as complete randomized block design with three replications. The lowest recorded temperature during the growth season was -12ºC. Survival percentage varied between 53 and 92% and the highest survival% (92%) was found in MLC8 and MLC33. Survival of 25 genotypes was higher than 75%. Highest plant height (61cm) and number of filled pods per plant (96 pods) was observed in MLC13 *and* MLC22, respectively. 100-grain weight in five genotypes (MLC16, MLC454, MLC458, MLC71 and MLC303) was more than 3 grams. The highest biomass and grain yield (3159 and 353 gm^{-2}, respectively) was found in MLC334. Results of cluster analysis and comparison of the group means with overall mean indicated the superiority of eight genotypes (MLC8, MLC12, MLC13, MLC33, MLC74, MLC103, MLC469 and MLC742) based on survival percntage and grain yield. In general, among the 40 genotypes studied, eight genotypes had highest survival percentage and superior yield in -12ºC; although, more experiments are needed to confirm the freezing tolerance of these genotypes.

Keywords: Autumn cropping, freezing tolerance, pulses, survival, yield.

* Corresponding author E-mail: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir

مقدمه

یکی از دلایل عمده سوءتغذیه ساکنان کره زمین، کمبود پروتئین است. در کشورهای درحال‌توسعه، به دلیل مشکلات اقتصادی و کمبود منابع پروتئین حیوانی، عمده نیاز پروتئینی از منابع گیاهی، به‌ویژه حبوبات تأمین می‌شود. حبوبات با حدود ۲۰ درصد پروتئین، نقش مهمی در تأمین غذای بشر دارند و ازنظر مصرف غذایی بعد از غلات در رتبه دوم قرار گرفته‌اند. عدس (*Lens culinaris* Medik.) از مهم‌ترین حبوبات سرمادوست است که با داشتن ۳۵-۲۲ درصد پروتئین، فیبر، کربوهیدرات و املاح معدنی، نقش مهمی در تغذیه انسان‌ها دارد (Srivastava & Vasishtha, 2012). این گیاه در ایران، اغلب در خاک‌های نه‌چندان حاصلخیز و به‌صورت دیم کشت می‌شود (Haghighati Maleki, *et al*., 2005). از مهم‌ترین مسائل مربوط به کشت عدس، پایین بودن عملکرد (کمتر از ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عدم ثبات عملکرد این محصول است (Hosseini *et al*., 2011) که با به‌گزینی و بهبود شیوه‌های مدیریتی، می‌توان عملکرد محصول را تا حد زیادی افزایش داد.

تاریخ کاشت، یکی از عوامل مهم مدیریتی در تولید گیاهان زراعی است، زیرا تغییر در تاریخ کاشت، ویژگی‌های محیطی نظیر دما و نور را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از این طریق، بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد. هدف از تعیین تاریخ کاشت، یافتن زمان کاشت مطلوب یک گیاه است، به‌طوری‌که کلیه مراحل رشدی گیاه در شرایط مطلوب باشند و گیاه در طول رشد با شرایط نامساعد محیطی مواجه نشود (Khichar & Niwas, 2006).

مناطق کشت عدس در ایران، عمدتاً نواحی کوهستانی و مرتفع با زمستان‌های سخت است که با توجه به حساسیت ارقام مورد کشت به سرما و یخبندان، کشت پاییزه آن‌ها مقدور نیست، بنابراین به‌طور عمده، کاشت عدس در بهار و به‌صورت دیم انجام می‌شود (Bagheri *et al*., 2000). بررسی تاریخ کاشت در ژنوتیپ‌های عدس نشان داد که تأخیر در کاشت، سبب کاهش طول دوره رویشی و همچنین افزایش سریع درجه حرارت در انتهای فصل رشد، باعث کاهش طول دوره زایشی و درنتیجه، کاهش عملکرد دانه می‌شود (Chen *et al*., 2006; Bejiga, 2008).

کاشت گیاهان با فصل رشد طولانی در بهار (در غرب آسیا به‌ویژه ایران)، ضمن افزایش مصرف آب، خسارت ناشی از گرمای فصل تابستان را افزایش خواهد داد. همچنین در کشت دیرهنگام بهاره نیز عملکرد کاهش می‌یابد که علت این امر را می‌توان به تنش خشکی در انتهای فصل نسبت داد، به‌طوری‌که در اثر خشکی، رقابت گیاهان برای کسب آب و مواد غذایی بیشتر می‌شود و در نتیجه میزان فتوسنتز خالص و درنهایت سرعت رشد نسبی گیاه کاهش می‌یابد (Vaghar *et al*., 2008). به همین دلیل در سال‌های اخیر، توجه بیشتری به کاشت زودهنگام گیاهان در بهار و یا کاشت پاییزه-زمستانه آن‌ها معطوف شده است.

کاشت زمستانه گیاهان در مقایسه با کشت‌های بهاره، سبب نمو سریع‌تر و استفاده مؤثر گیاه از میزان رطوبت در طی دوره رشد می‌شود و همچنین از برخورد گیاه با تنش‌هایی مانند خشکی و گرما در اواخر رشد ممانعت می‌کند (Link *et al*., 2010). با وجود مزایای کشت پاییزه، مرگ گیاهان به‌عنوان یک معضل در کشت پاییزه محسوب می‌شود (Homer *et al*., 2016)، به‌طوری‌که کاشت گیاهان در پاییز، سبب مواجه شدن آن‌ها با انواع تنش‌های زمستانه (از جمله تنش یخزدگی) می‌شود. همچنین کاشت زودهنگام بهاره نیز گیاه را با سرمای دیررس زمستانه رایج در مناطق معتدله مواجه خواهد ساخت؛ بنابراین تنش سرما یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که تعیین‌کننده رشد، تولید و همچنین بقای در بسیاری از گیاهان محسوب می‌شود. در بررسی تحمل سرما در شرایط مزرعه، پژوهش‌گران بقای گیاهان در مزرعه پس از زمستان را به‌عنوان معیار ارزیابی تحمل گیاهان به شرایط سخت زمستان مورد تأکید قرار می‌دهند.

بررسی لگوم‌های یک‌ساله در جنوب اروپا نشان داد که کاهش دما، منجر به رشد کمتر این گیاهان شد؛ با این

وجود، بررسی اثر تاریخ‌های کشت بر لگوم‌ها نشان داد که رقم متحمل به سرما در تاریخ کشت زودتر، رشد مناسب‌تری داشت (Hekneby *et al*., 2006). گیاهان پاییزه در مقایسه با گیاهان بهاره، زودتر وارد مرحله گلدهی می‌شوند و به‌دلیل طولانی شدن دوره رشد رویشی و زایشی، زیست‌توده بیشتری تولید می‌کنند که سبب ایجاد پوشش مناسب در خاک و همچنین افزایش عملکرد می‌شود (Sadeghipour & Aghaei, 2012). از سوی دیگر، به‌دلیل برداشت زودتر گیاهان پاییزه، شرایط برای کاشت محصول دوم فراهم می‌شود.

باید توجه داشت که عامل اصلی موفقیت کاشت پاییزه، وجود گیاهان متحمل به شرایط سخت زمستان است و موفقیت در کاشت زمستانه گیاهان، مشروط به تحمل شرایطی است که در طول زمستان رخ می‌دهد (Homer *et al*., 2016). به همین دلیل و با وجود مزیت‌های موجود برای کشت گیاهان در پاییز، کشت محصولات زراعی در برخی مناطق دنیا، در بهار صورت می‌گیرد که می‌توان دلیل این امر را عدم دسترسی به ارقام متحمل به سرما و شرایط زمستان در این مناطق دانست (Sadeghipour & Aghaei, 2012).

بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، دارای حدود ۵۰۰ ژنوتیپ مختلف عدس است که از مناطق مختلف ایران جمع‌آوری‌شده است که می‌تواند به‌عنوان منبعی باارزش، در پژوهش‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. در مطالعات پیشین روی این ژنوتیپ‌ها، ارزیابی‌های مقدماتی جهت به‌گزینی تحمل یخزدگی انجام‌گرفته است (Hojjat & Galstyan, 2014). در حال حاضر، مطالعات تکمیلی جهت تعیین آستانه تحمل و سازوکارهای تحمل یخزدگی در ژنوتیپ‌های منتخب، جهت معرفی ارقام کاندید و تولید جمعیت‌های متحمل یخزدگی ضروری است. با توجه به مطالب ذکرشده و اهمیت تولید حبوبات و نقش آن‌ها در تثبیت زیستی نیتروژن، تناوب و پایداری تولید گندم و مزایای کاشت پاییزه گیاهان مانند استفاده بهینه از نزولات جوی در پاییز و زمستان و کاهش طول دوره رشد در فصول گرم و خشک سال، کاهش احتمال برخورد دوره رشد با تنش خشکی و افزایش عملکرد، آزمایش حاضر با هدف بررسی تحمل یخزدگی در ژنوتیپ‌های منتخب عدس در شرایط طبیعی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی خصوصیات رشدی و تحمل یخزدگی ۴۰ ژنوتیپ منتخب عدس، به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، در شرایط مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرق مشهد (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی) و ۹۸۵ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۲۸۶ میلی‌متر و بر طبق آمار سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۲، حداقل و حداکثر مطلق دما در این منطقه، به ترتیب ۲۱- و ۴۳/۸ درجه سانتی‌گراد بود.

برای آماده‌سازی زمین، ابتدا یک شخم به عمق ۲۵ سانتی‌متر و سپس جهت خرد کردن کلوخه‌ها و مسطح شدن زمین، دیسک زده شد. سپس کودهای پایه (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) بر اساس آزمون خاک پخش شدند و سپس دیسک دوم عمود بر دیسک اول زده شد. در مرحله بعد، پشته‌هایی با فواصل ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد و روی هر پشته، دو ردیف گیاه با فاصله چهار سانتی‌متر از یکدیگر کاشته شدند. ابعاد کرت‌ها دو مترمربع در نظر گرفته شد و هر کرت شامل چهار خط کاشت دو متری بود. بین دو تکرار نیز یک متر فاصله در نظر گرفته شد. کاشت بذرها روی خطوط کاشت، در عمق دو سانتی‌متری در دهه دوم مهرماه انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت به‌صورت نشتی و آبیاری‌های بعدی به‌صورتی انجام شد که گیاه در هیچ مرحله رشدی با تنش خشکی مواجه نشود. در طول فصل رشد، کنترل علف‌های‌هرز با وجین دستی انجام شد.

برای تعیین درصد بقای زمستانه، ۳۰ روز پس از سبز شدن و پس از زمستان، تعداد گیاهان هر نمونه شمارش شدند و درصد بقا با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد (Najib Niya *et al*., 2008).

$$P_S = (P_{AW}/P_{BW}) \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، P_S: درصد بقا، P_{AW}: تعداد گیاهان زنده پس

از زمستان و P_{BW}: تعداد گیاهان قبل از زمستان است. در پایان فصل رشد نیز ارتفاع بوته، تعداد شاخه و اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه) با استفاده از پنج بوته که به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت شدند، اندازه‌گیری و ثبت شد. با شمارش تعداد غلاف پر و پوک در پنج بوته، درصد غلاف بارور محاسبه شد. برای تعیین زیست‌توده و عملکرد دانه، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، بوته‌های دو ردیف وسط هر کرت برداشت شدند و پس از خشک شدن در هوای آزاد، وزن آن‌ها تعیین شد. علاوه بر عملکرد پنج بوته نمونه‌گیری شده، عملکرد کل کرت بر اساس عملکرد بوته‌های برداشت شده ثبت شد. شاخص برداشت نیز با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد:

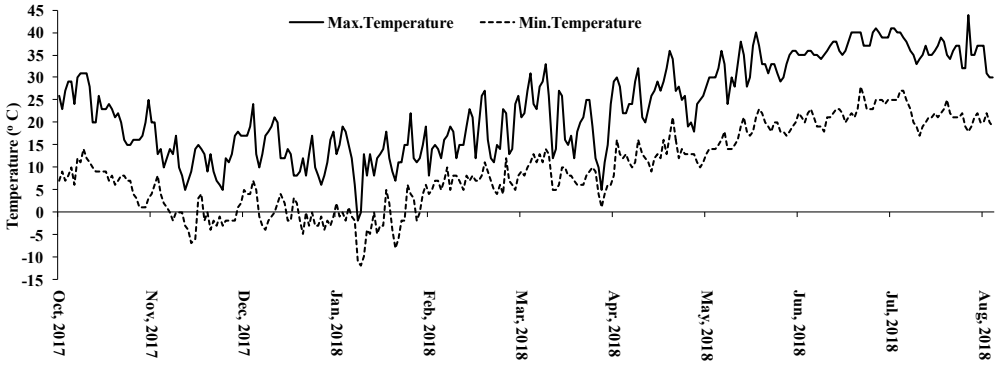
معادله (۲) $HI= (SW/B) \times 100$

که در آن، HI: شاخص برداشت، SW: وزن دانه و B: زیست‌توده است.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab v16 و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. برای برآورد همبستگی و تجزیه کلاستر، از نرم‌افزار JMP4 و روش Ward استفاده شد.

نتایج و بحث

درجه حرارت حداقل و حداکثر در طی دوره کشت تا رسیدگی ژنوتیپ‌های عدس در شرایط آب و هوایی مشهد در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- دماهای حداقل و حداکثر روزانه طی دوره آزمایش در مشهد طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶.

Figure1. Daily minimum and maximum temperatures during chickpea growing season in 2017-2018 in Mashhad.

جدول ۱- تعداد شب‌های یخبندان، دمای حداقل مطلق ماهانه، بارندگی ماهانه و مجموع درجه حرارت‌های زیر صفر ماهانه طی دوره کشت تا برداشت ژنوتیپ‌های عدس طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶.

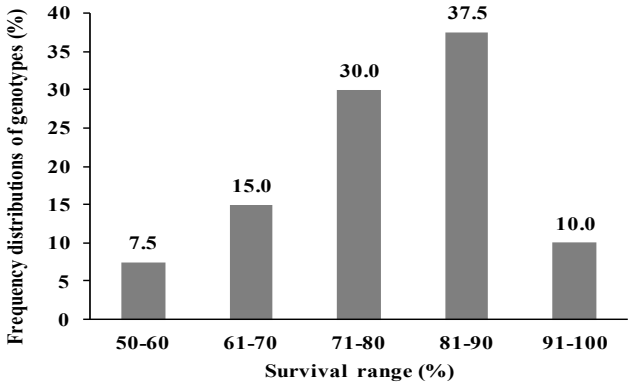
Table1. Number of frosty nights, absolute monthly minimum temperature, monthly rainfall and total sub-zero monthly temperatures during lentil genotypes growing season in 2017-2018 in Mashhad.

Date	Frosty nights No.	Absolute monthly minimum temperature (°C)	Total temperatures below 0°C
Oct, Nov	0	1	-
Nov, Dec	15	-7	45
Dec, Jan	17	-5	42
Jan, Feb	18	-12	83
Feb, Mar	0	4	-
Mar, Apr	0	1	-
Apr, May	0	8	-
May, Jun	0	14	-
Jun, Jul	0	19	-
Jul, Aug	0	17	-

* بر اساس تعداد شب‌ها با حداقل دمای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد.

Based on the number of the nights with sub-ziro minimum temperature.

درصد بقا ژنوتیپ‌های عدس مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۲). گستره درصد بقا در بین ژنوتیپ‌ها، بین ۵۳ تا ۹۲ درصد متغیر بود و بین بیشترین و کمترین درصد بقا، ۳۹ درصد تفاوت وجود داشت (جدول ۲). بیشترین تعداد و فراوانی ژنوتیپ‌ها در دامنه بقای ۹۰-۸۱ درصد مشاهده شد که شامل ۳۷/۵ درصد (۱۵ ژنوتیپ) از کل ژنوتیپ‌ها بود. در سایر دامنه‌های بقا، ۳۰ درصد (۱۲ ژنوتیپ) دارای بقای ۸۰-۷۱ درصد، ۱۵ درصد (شش ژنوتیپ) دارای بقای ۷۰-۶۱ درصد و ۷/۵ درصد (سه ژنوتیپ) دارای بقای ۶۰-۵۰ درصد بودند (شکل ۲).



شکل ۲- درصد فراوانی نسبی ژنوتیپ‌های عدس در دامنه‌های مختلف بقای پس از زمستان در شرایط مزرعه.

Figure2. Relative abundance percentage of lentil genotypes in different ranges of post-winter survival in field conditions.

با وجود مزایای زیاد کشت پاییزه حبوبات شامل استفاده از بارندگی در طول فصل رشد و افزایش عملکرد نسبت به کشت بهاره، تحمل پایین این گیاهان به دماهای پایین و یخزدگی، از محدودیت‌های اصلی کشت پاییزه آن‌ها در مناطق سرد است که موجب وارد آمدن خسارت به گیاه و در برخی از موارد، از بین رفتن کامل محصول می‌شود. پژوهش‌های پیشین، حاکی از وجود ژنوتیپ‌های عدس متحمل یخزدگی در شرایط آب و هوایی مشهد می‌باشد، به‌طوری‌که از ۳۰ ژنوتیپ عدس، سه ژنوتیپ MLC16، MLC75 و MLC83 از بقای ۱۰۰ درصدی برخوردار بودند (Hojjat & Galstyan, 2014). در مطالعه حاضر، با وقوع دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد، شش ژنوتیپ (MLC8، MLC33، MLC13، MLC469، MLC103 و MLC472) دارای بقای بالاتر از ۸۹ درصد بودند؛ بنابراین در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد، وجود تنوع مناسب در تحمل تنش یخزدگی در ژنوتیپ‌های عدس کمک می‌کند تا با استقرار گیاه در پاییزه، از بارندگی‌ها در طول فصل استفاده بهینه برده شود و گیاه مراحل زایشی را در شرایط دمایی و رطوبتی مناسب‌تری به اتمام رساند و درنهایت عملکرد بالاتری تولید کند.

یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های حبوبات به‌ویژه عدس، ارتفاع کم بوته و عدم امکان برداشت مکانیزه آن است. در این پژوهش، تنوع قابل‌ملاحظه‌ای ازنظر ارتفاع بوته در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شدکه می‌توان امیدوار بود که ژنوتیپ‌هایی با ارتفاع بوته مناسب جهت رفع این محدودیت گزینش شوند. بیشترین و کمترین ارتفاع، به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های MLC13 و MLC163 با ۳۲ سانتی‌متر تفاوت مشاهده شد (جدول ۲). بررسی ارتفاع بوته در دامنه‌های بقا نشان داد که با افزایش درصد بقا، ارتفاع بوته افزایش پیدا می‌کند، به‌طوری‌که ارتفاع بوته در دامنه بقای ۱۰۰-۹۱ درصد، نسبت به دامنه‌های بقای ۶۰-۵۰، ۷۰-۶۱، ۸۰-۷۱ و ۹۰-۸۱ درصد، به‌ترتیب ۳۴، ۲۷، ۲۰ و ۱۹ درصد بیشتر بود (شکل ۳). از طرف دیگر، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین درصد بقا و ارتفاع بوته (r=۰/۳۸*) نیز تایید کننده رابطه این دو ویژگی با یکدیگر بود (جدول ۳).

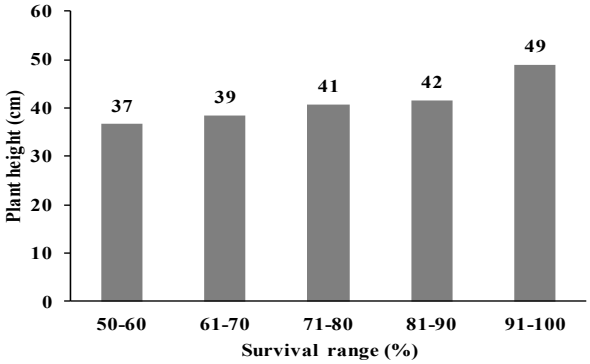
جدول ۲- درصد بقا، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های عدس در کشت پاییزه در طی سال زراعی ۹۷-۹۶ در شرایط آب و هوایی مشهد.

Table2. Survival percentage, plant height, yield and yield components of lentil genotypes in autumn sowing during the growing year 2016-2017 in Mashhad.

Genotype	Survival	Plant height	Lowest pod height	Branch No.	Pod No. Plant^{-1}	Filled pod	100-grain weigh t	Biomas s	Grain	Biologica l yield	Grain yield	HI
MLC	(%)	(cm)	(cm)			(%)	(g)	(g.plant^{-1})	(g.plant^{-1})	(g.m^{-2})	(g.m^{-2})	(%)
8	92	56	14	2.8	330	84	1.81	27.8	2.55	1685	337	20
33	92	39	12	2.8	212	53	2.88	25.7	4.47	1079	258	24
13	91	61	9	3.0	307	89	1.97	26.3	3.58	1313	292	22
469	91	40	9	2.8	196	76	1.82	16.2	3.37	1152	364	32
103	90	47	8	3.0	189	78	1.59	17.3	4.21	1274	310	25
472	90	38	9	3.2	203	84	2.16	17.3	2.20	834	165	27
12	89	43	11	3.1	176	85	1.93	15.8	2.30	914	149	23
74	89	43	17	3.1	246	62	1.58	19.3	2.63	1099	194	18
163	86	29	7	3.2	124	67	2.36	9.9	1.07	269	70	25
84	85	43	9	2.8	260	95	1.68	19.5	3.64	967	243	26
70	84	53	15	3.1	280	50	1.71	22.7	4.34	1683	262	16
303	84	39	10	2.9	179	36	3.00	14.7	1.70	699	175	26
11	82	46	10	3.2	150	62	1.79	14.5	2.53	1117	261	23
334	82	36	21	2.9	86	79	1.86	9.8	2.94	3159	383	13
17	81	35	10	3.2	174	85	1.77	18.2	2.78	946	207	22
22	81	40	9	3.3	116	96	1.72	13.4	1.05	542	65	12
29	81	46	15	2.8	176	34	2.24	17.9	2.24	1337	180	15
47	81	52	15	3.0	521	95	1.88	43.2	3.35	1191	163	14
454	81	32	9	3.3	115	64	3.12	17.3	3.65	1107	305	28
169	80	43	13	3.2	116	56	1.76	17.9	1.91	1460	140	11
253	80	47	14	3.8	757	55	1.61	47.7	4.96	672	122	18
71	79	42	8	3.0	97	31	3.04	10.4	2.91	645	112	17
81	76	40	7	2.7	237	48	2.96	18.9	1.75	499	127	24
409	76	46	15	2.9	370	65	1.75	20.3	4.44	1349	243	17
55	75	39	12	3.0	216	69	2.21	33.5	2.24	806	138	15
61	73	33	10	2.7	166	75	2.94	17.2	4.72	587	166	28
91	73	39	12	2.8	165	44	2.13	11.9	3.43	811	154	20
407	73	51	12	2.8	256	97	1.88	17.2	4.08	1381	309	22
9	71	41	10	3.1	184	34	2.50	21.9	2.88	537	148	28
151	71	31	11	3.2	77	59	2.69	7.9	5.54	640	197	30
394	71	37	12	2.7	118	76	1.57	8.4	2.89	1020	185	20
83	69	40	15	2.8	192	54	2.10	17.7	5.37	986	252	27
16	68	39	11	2.4	174	61	3.37	15.9	3.17	643	134	21
337	67	38	11	2.3	72	26	2.99	8.3	0.975	282	57	17
38	66	34	11	3.2	291	24	1.95	20.3	4.60	1313	224	25
286	65	45	12	2.9	81	81	1.91	9.3	7.61	901	248	29
410	63	35	11	2.9	100	60	2.95	23.2	2.01	507	49	11
458	60	31	13	3.3	161	59	3.08	10.6	2.15	328	80	23
31	57	44	12	2.9	208	62	2.29	16.5	3.83	586	127	23
95	53	35	9	2.7	254	86	2.19	20.2	4.72	632	166	27
$LSD_{0.05}$	18	31	4	0.6	110	25	0.42	8.5	1.72	476	99	8
P value	*	*	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V (%)	16.9	23.0	24.2	14.1	38.9	28.4	14.0	33.9	38.9	36.1	37.6	25.9

MLC: کلکسیون بذر عدس پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، C.V: ضریب تغییرات، ns: غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

MLC: Mashhad Lentil Collection, LSD: Least Significant Difference in p≤0.05 probability level, C.V: Coefficient Variation, ns: non significant at probability level, *: Significant at 5% of probability level, **: Significant at1% probability level.



شکل ۳- متوسط ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های عدس در دامنه‌های مختلف بقا پس از زمستان در شرایط مزرعه.
Figure3. Mean plant height of lentil genotypes in different post-winter survival in field conditions.

جدول ۳- ضرایب همبستگی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ۴۰ ژنوتیپ عدس پس از زمستان در شرایط مزرعه.
Table3. Post-winter correlation coefficient of morphological characteristic, yield and yield components of 40 Lentil genotypes in the field conditions.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Survive percentage	1											
2	Plant height	0.38*	1										
3	Lowest pod height	-0.02ns	0.23ns	1									
4	Branch No	0.23ns	-0.02ns	0.01ns	1								
5	Pod No.	0.17ns	0.50**	0.24ns	0.34*	1							
6	Filled pod	0.24ns	0.24ns	-0.03ns	0.06ns	0.13ns	1						
7	100 grain weight	-0.34*	-0.48**	-0.32*	-0.30ns	-0.36*	-0.46**	1					
8	Biomass. plant-1	0.20ns	0.47**	0.20ns	0.31ns	0.86**	0.14ns	-0.24ns	1				
9	Yield. plant-1	-0.24ns	0.14ns	0.17ns	0.03ns	0.24ns	0.18ns	-0.18ns	0.13ns	1			
10	Biological yield	0.39*	0.38*	0.64**	0.01ns	0.09ns	0.22ns	-0.49**	0.08ns	0.17ns	1		
11	Grain yield	0.43**	0.37*	0.27ns	-0.07ns	0.08ns	0.31*	-0.41**	0.03ns	0.44**	0.77**	1	
12	HI	-0.04ns	-0.27ns	-0.48**	-0.05ns	-0.12ns	0.05ns	0.18ns	-0.25ns	0.43**	-0.28ns	0.30n	1

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.
ns, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

با وجود این‌که ارتفاع بوته به‌مقدار زیادی تحت تأثیر ژنتیک گیاه است، اما پژوهش‌ها نشان داده است که گیاهان کشت شده در پاییز، از ارتفاع بالاتری در مقایسه با کشت‌های بهاره برخوردارند (Akbarinia *et al*., 2005). تیپ رشدی خوابیده گیاه در زمستان، به‌دلیل ارتفاع کم و نزدیکی به سطح خاک، موجب افزایش تحمل به سرما و یخزدگی می‌شود (Najib Niya *et al*., 2008)، اما این ویژگی برای برداشت مکانیزه مناسب نیست؛ بنابراین ژنوتیپ‌هایی که در فصل پاییز و زمستان حالت خوابیده و در فصل بهار حالت ایستاده و ارتفاع بیشتری دارند مناسب می‌باشند (Najib Niya *et al*., 2008). به‌نظر می‌رسد که بالا بودن درصد بقا در شرایط تنش یخزدگی، به مفهوم خسارت کمتر به گیاه در طی یخزدگی است (Zhang *et al*., 2016)؛ بنابراین ژنوتیپ‌هایی که تحمل به تنش یخزدگی در آن‌ها بیشتر است، پس از تنش، رشد و فرآیندهای طبیعی خود را در مدت زمان کمتری از سر می‌گیرند (Najib Niya *et al*., 2008) و درنهایت، ارتفاع بوته بیشتری نیز تولید می‌کنند. تنوع ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های عدس در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش‌شده است، به‌طوری‌که تفاوت ۸۰ درصدی بین بیشترین و کمترین ارتفاع ژنوتیپ‌ها مشاهده شد (Hojjat & Galstyan, 2014).

تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها ازلحاظ ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک مشاهده شد (جدول ۲). در میان ۴۰ ژنوتیپ عدس مورد مطالعه، دو ژنوتیپ MLC334 و MLC74 به‌ترتیب با ۲۱ و ۱۷ سانتی‌متر، بیشترین ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک را دارا بودند که برای

برداشت مکانیزه عدس بسیار مناسب هستند (جدول ۲). بین بیشترین و کمترین ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک، تفاوت ۶۷ درصدی وجود داشت. ارتفاع تا اولین غلاف از سطح خاک در ۷۳ درصد ژنوتیپ‌ها، بالای ۱۰ سانتی‌متر بود که صفت مناسبی برای برداشت مکانیزه محسوب می‌شود (جدول ۲). با افزایش ارتفاع تا اولین غلاف از سطح خاک، امکان برداشت مکانیزه عدس و کاهش ضایعات در زمان برداشت فراهم و هزینه‌های کارگری تا حد زیادی کاهش می‌یابد. از وجود تنوع در ارتفاع بوته بین ژنوتیپ‌ها می‌توان در به‌گزینی آن‌ها، به‌منظور افزایش ارتفاع بوته استفاده کرد.

تعداد شاخه در بوته در بین ژنوتیپ‌ها، از ۲/۳ تا ۳/۸ عدد متغیر بود، با این وجود، بین ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نشد (جدول ۲). تنوع تعداد شاخه در بوته در ژنوتیپ‌های عدس (سه تا ۱۵ شاخه در بوته) در پژوهش‌های پیشین گزارش‌شده است (Hojjat & Galstyan, 2014)، اما در مطالعه حاضر، این تنوع بین ۴۰ ژنوتیپ مورد مطالعه مشاهده نشد. افزایش تعداد شاخه در بوته، موجب منشعب‌تر شدن بوته عدس و افزایش زیست‌توده و تعداد غلاف در بوته خواهد شد. در این مطالعه، همبستگی مثبت و معنی‌داری (r^2=۰/۳۴*) بین تعداد شاخه در بوته با تعداد غلاف در بوته مشاهده شد (جدول ۳)؛ به عبارتی افزایش تعداد شاخه در بوته، سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شد.

بین ژنوتیپ‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری از لحاظ تعداد غلاف در بوته مشاهده شد (جدول ۲). ژنوتیپ MLC253 بیشترین تعداد غلاف در بوته را به خود اختصاص داد که تعداد غلاف آن نسبت به ژنوتیپ MLC337 که کمترین تعداد غلاف در بوته را دارا بود، ۱۰/۵ برابر غلاف در بوته بیشتری تولید کرد (جدول ۲). در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، در ۱۳ درصد از ژنوتیپ‌ها، تعداد غلاف زیر ۱۰۰ عدد، در ۴۸ درصد، تعداد غلاف بین ۲۰۰-۱۰۰ عدد، در ۲۸ درصد تعداد، تعداد غلاف بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ عدد و در ۱۳ درصد، تعداد غلاف بالای ۳۰۰ عدد در بوته بود (جدول ۲). در میان ژنوتیپ‌هایی که دارای بقای بالای ۸۰ درصد بودند، تنها ژنوتیپ MLC334 تعداد غلاف زیر ۱۰۰ عدد تولید کرد (جدول ۲). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد غلاف در بوته با ارتفاع بوته (r^2=۰/۵۰**) و وزن خشک بوته (r^2=۰/۸۶**) مشاهده شد (جدول ۳). در کشت پاییزه، به علت فراهمی شرایط محیطی مانند رطوبت و طولانی شدن فصل رشد، امکان تولید بوته‌هایی با ارتفاع بیشتر فراهم می‌شود (Najib Niya *et al*., 2008). افزایش ارتفاع بوته، به‌معنی طویل شدن شاخه‌ها و افزایش تعداد گره در بوته و در نهایت ایجاد فضای بیشتر برای تولید تعداد بیشتر گل و غلاف در بوته خواهد بود. از سوی دیگر، افزایش تعداد غلاف در بوته، به دلیل وزن بالای دانه نسبت به کاه و کلش می‌تواند موجب افزایش وزن خشک گیاه شود. وجود تنوع از نظر تعداد غلاف در بوته در ارقام مختلف نخود و همچنین افزایش تعداد غلاف در بوته با کشت پاییزه به دلیل افزایش طول دوره رشد رویشی و زایشی گیاه گزارش شده است (Sadeghipour & Aghaei, 2012).

درصد غلاف بارور در بین ژنوتیپ‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۲). بین بیشترین (MLC407) و کمترین (MLC38) درصد غلاف بارور، ۷۳ درصد تفاوت مشاهده شد (جدول ۲). در میان ۴۰ ژنوتیپ مورد بررسی، ۱۰ درصد، از غلاف بارور بالای ۹۵ درصد، ۱۸ درصد از غلاف بارور بین ۸۰ تا ۹۰ درصد و ۲۰ درصد از غلاف بارور زیر ۵۰ درصد برخوردار بودند (جدول ۲). همبستگی منفی معنی‌داری (r^2=-۰/۴۶**) بین درصد غلاف بارور با وزن صد دانه مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد که با افزایش درصد غلاف بارور در بوته، سهم مواد فتوسنتزی تخصیص یافته به هر دانه کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، همبستگی بین عملکرد دانه با درصد غلاف بارور، مثبت و معنی‌دار (r^2=۰/۳۱*) بود (جدول ۳). با وجود این‌که وزن دانه در بوته با افزایش درصد غلاف بارور، روند کاهشی داشت، اما بهبود درصد باروری، موجب افزایش عملکرد شد؛ بنابراین افزایش درصد باروری غلاف در بوته، به نفع افزایش عملکرد در واحد سطح خواهد بود، اما کاهش اندازه دانه و احتمالاً کاهش بازارپسندی به دلیل ریز شدن دانه را باید در نظر گرفت. در کشت‌های پاییزه، گلدهی در شرایط

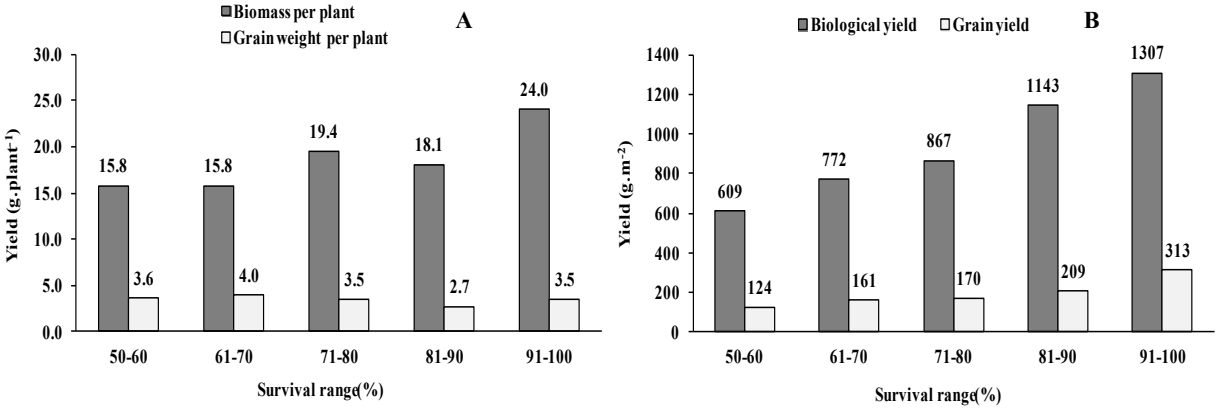
دمایی مناسب‌تری انجام و امکان تلقیح افزایش می‌یابد و همچنین به‌دلیل افزایش طول دوره رشد، گیاه فرصت بیشتری برای رشد رویشی از جمله افزایش سطح برگ و گسترش اندام‌های هوایی و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی بیشتر جهت انتقال به دانه‌ها دارد؛ بنابراین تعداد غلاف‌های بارور بیشتری تشکیل می‌دهد (Sedaghatkhahi *et al*., 2011; Zafaranieh, 2015). با وجود موارد مطرح‌شده، بین درصد غلاف بارور در بوته و درصد بقای پس از سرما در مطالعه حاضر، همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). با توجه به این‌که بوته‌های زنده مانده، قادر به تحمل تنش یخزدگی بودند، بنابراین به‌نظر می‌رسد که پس از یخبندان، توانایی بوته‌های زنده مانده یکسان باشد.

وزن صد دانه بین ۱/۵۷ تا ۳/۳۷ گرم متغیر بود و از این نظر، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه وجود داشت (جدول ۲). در این بین، ژنوتیپ‌های MLC16، MLC454، MLC458، MLC71 و MLC303 دارای وزن صد دانه بیشتر از سه گرم و ۵۰ درصد ژنوتیپ‌ها دارای وزن صد دانه بالای دو گرم بودند (جدول ۲). بررسی همبستگی بین صفات مورد مطالعه با وزن صد دانه نشان داد که همبستگی منفی معنی‌داری با درصد بقا (r^2=-۰/۳۴*)، ارتفاع بوته (r^2=-۰/۴۸**)، تعداد غلاف در بوته (r^2=-۰/۳۶**) و درصد غلاف بارور (r^2=-۰/۴۶**) داشتند (جدول ۳). مطالعات حاکی از افزایش وزن صد دانه در کشت پاییزه گیاهانی مانند نخود در مقایسه با کشت بهاره بود، به‌طوری‌که وزن صد دانه در کشت پاییزه نخود در مقایسه با کشت بهاره، ۱۰ درصد افزایش یافت (Sadeghipour & Aghaei, 2012). احتمالاً این افزایش وزن صد دانه، به‌علت مناسب بودن شرایط دمایی در هنگام پر شدن دانه در کشت‌های پاییزه بود. وزن صد دانه، تحت تأثیر دو عامل تعداد دانه در غلاف و قدرت تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه قرار دارد، به‌طوری‌که ارقامی که تعداد دانه آن‌ها کمتر است، از وزن صد دانه بالاتری برخوردارند. وجود رابطه منفی و معنی‌دار بین وزن صد دانه با تعداد غلاف در بوته عدس، توسط سایر پژوهشگران گزارش‌شده است (Nath *et al*., 2014).

بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ وزن خشک بوته، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). دو ژنوتیپ MLC253 و MLC47 به‌ترتیب با بقای ۸۰ و ۸۱ درصد نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، وزن خشک بوته بیشتری تولید کردند (جدول ۲). بررسی وزن خشک بوته در دامنه‌های مختلف بقا نشان داد که با افزایش درصد بقا، وزن خشک بوته افزایش یافت (شکل ۴)، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک بوته در درصد بقای بالای ۹۰ درصد به‌دست آمد (شکل ۴) و بین درصد بقای ۶۰-۵۰ و ۷۰-۶۱ درصد از نظر میزان وزن خشک بوته، تفاوتی مشاهده نشد (شکل ۴). بین وزن خشک بوته با ارتفاع بوته (r^2=۰/۴۷**) و تعداد غلاف در بوته (r^2=۰/۸۶**) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳). افزایش ارتفاع بوته، به‌مفهوم تولید زیست‌توده بیشتر است و از طرفی افزایش ارتفاع بوته، شرایط را برای تولید تعداد غلاف بیشتر در بوته فراهم می‌کند که درنهایت مجموع این عوامل، موجب افزایش وزن خشک بوته خواهد شد.

از نظر وزن دانه در بوته، تنوع قابل ملاحظه‌ای در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شد، به‌شکلی‌که وزن دانه در بوته، از ۱/۰۵ (MLC22) تا ۷/۶۱ (MLC286) گرم در بوته متغیر بود. کمتر از سه درصد ژنوتیپ‌ها از وزن دانه زیر یک گرم در بوته، ۱۳ درصد از وزن دانه ۲-۱ گرم در بوته، ۳۵ درصد از وزن دانه ۳-۲ گرم در بوته و بیش از ۵۰ درصد ژنوتیپ‌ها از وزن دانه بالای سه گرم در بوته برخوردار بودند (جدول ۲). بررسی وزن دانه در بوته در دامنه‌های مختلف بقا نشان داد که با کاهش درصد بقا، وزن دانه در بوته تا دامنه بقای ۸۱ تا ۹۰ درصد روند کاهشی داشت و در دامنه بقای ۹۱ تا ۱۰۰ درصد، افزایش یافت؛ با این وجود، نسبت به دامنه‌های بقای زیر ۶۰ درصد، از وزن دانه در بوته کمتری برخوردار بود (شکل ۴ الف). با افزایش درصد بقا، وزن خشک بوته روند صعودی داشت اما در ارتباط با وزن دانه، این روند مشاهده نشد و کمترین مقدار وزن دانه در بوته، در دامنه بقای ۸۱ تا ۹۰ درصد به‌دست آمد. با وجود این‌که با کاهش درصد بقا، تراکم بوته در واحد سطح کاهش می‌یابد، به‌نظر می‌رسد این کاهش تراکم، باید سبب فراهم آمدن فضای بیشتر و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای در بوته‌ها شود و درنهایت سبب

افزایش ماده خشک در بوته و همچنین تولید دانه در بوته شود (Kanouni & Nemati-Fard, 2013). اما در این مطالعه، این روند مشاهده نشد و کاهش تراکم، بر وزن خشک بوته اثر مثبت نداشت ولی افزایش وزن دانه، تا حدی مشاهده شد.



شکل ۴- میانگن زیست‌توده و وزن دانه در بوته (A) و عملکرد دانه و عملکرد زیستی (B) در ژنوتیپ‌های عدس در دامنه‌های مختلف بقا تحت تنش زمستان در شرایط مزرعه.

Figure4. Mean of biomass and grain weight per plant (A) and grain and biological yield (B) in Lentil genotypes in different survival ranges under winter stress in field conditions.

ژنوتیپ‌ها از نظر تولید زیست‌توده در واحد سطح، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۲). میزان زیست‌توده بین ۳۱۵۹ تا ۲۶۹ گرم در مترمربع، به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های MLC334 MLC163 متغیر بود (جدول ۲). به‌طورکلی، ۴۳ درصد ژنوتیپ‌ها،زیست‌توده بیشتر از ۱۰۰۰ گرم در مترمربع تولید کردند (جدول ۲). بررسی زیست‌توده تولیدی در دامنه‌های مختلف بقا نشان داد که با افزایش درصد بقا، میزان زیست‌توده در واحد سطح افزایش یافت. میزان زیست‌توده در دامنه بقای ۱۰۰-۹۱ درصد نسبت به دامنه‌های بقای ۹۰-۸۱، ۸۰-۷۱،۷۰-۶۱ و ۶۰-۵۰ درصد، به‌ترتیب ۱۴، ۵۱، ۵۹ و ۱۱۵ درصد افزایش یافت (شکل ۴ ب). با این وجود، در بین ژنوتیپ‌هایی که دارای بقای بالای ۸۰ درصد بودند، هفت ژنوتیپ (MLC84، MLC163، MLC472، MLC303، MLC17، MLC22 و MLC12)، زیست‌توده کمتر از ۱۰۰۰ گرم در مترمربع تولید کردند (جدول ۲). همبستگی بین درصد بقا (r^2=۰/۳۹*) و ارتفاع بوته (r^2=۰/۳۸*)، با تولید زیست‌توده در واحد سطح، مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش درصد بقا، تعداد بوته در واحد سطح افزایش یافت که موجب افزایش میزان زیست‌توده تولیدی خواهد شد. همچنین افزایش ارتفاع بوته، امکان بهبود تولید زیست‌توده را فراهم خواهد کرد. با کشت پاییزه ژنوتیپ‌های عدس متحمل یخزدگی، شرایط برای رشد گیاه فراهم شد و امکان استفاده از بارندگی‌های ابتدای فصل و همچنین تطابق فصل رشد با دماهای مطلوب هوا افزایش یافت که درنهایت، بهبود زیست‌توده تولیدی را در پی داشت. وزن خشک نهایی گیاه، شاخص مناسبی برای ارزیابی رشد و عملکرد محسوب می‌شود. وزن خشک بیشتر نشان دهنده کارایی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی و ارسال آن به اندام‌های در حال رشد است و هرگونه کاهش در دسترسی به منابع، سبب کاهش وزن خشک خواهد شد (Franiya & Moradi, 2015).

عملکرد دانه، مهم‌ترین ویژگی محصولات زراعی است که همواره موردنظر پژوهشگران بوده است. در این مطالعه با کشت پاییزه عدس، بیشترین عملکرد دانه در شش ژنوتیپ MLC334، MLC469، MLC8، MLC103، MLC407 و MLC454 به‌ترتیب با بقای ۸۲، ۹۱، ۹۲، ۹۰،۷۳ و ۸۱ درصد به‌دست آمد که عملکرد آن‌ها بیشتر از ۳۰۰ گرم در مترمربع بود (جدول ۲). به‌طورکلی ۱۵ درصد از ژنوتیپ‌ها، عملکرد بالای

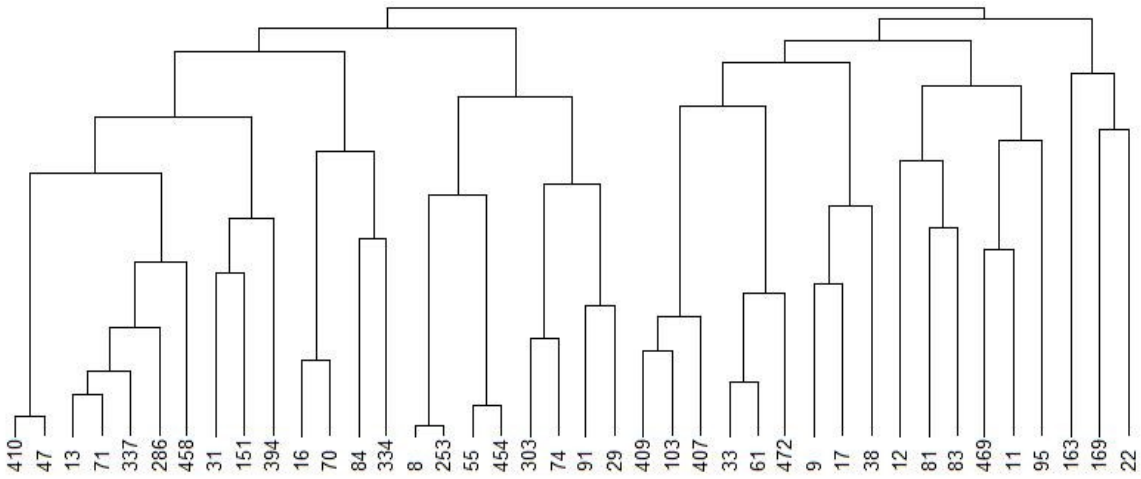
۳۰۰ گرم در مترمربع، ۲۵ درصد عملکرد بالای ۲۰۰ گرم در مترمربع، ۴۸ درصد عملکرد بالای ۱۰۰ گرم در مترمربع و ۱۳ درصد عملکرد زیر ۱۰۰ گرم در مترمربع داشتند (جدول ۲). بررسی عملکرد دانه در دامنه‌های مختلف بقا نشان داد که بیشترین عملکرد دانه، در دامنه بقای ۹۱ تا ۱۰۰ درصد به‌دست آمد (شکل ۴ ب). با کاهش درصد بقا از ۱۰۰-۹۱ به ۹۰-۸۱، ۸۰-۷۱، ۷۰-۶۱ و ۶۰-۵۰ درصد، عملکرد دانه به‌ترتیب ۱۰۴، ۱۴۳، ۱۵۲، ۱۸۹ گرم در مترمربع کاهش پیدا کرد (شکل ۴ ب). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین درصد بقا با عملکرد دانه (r^2=۰/۴۳**) نیز تائید کننده این موضوع است (جدول ۳). با این وجود در برخی از ژنوتیپ‌های با درصد بقای بالا مانند MLC12 و MLC163 به‌ترتیب با بقای ۸۹ و ۸۶ درصد، نتوانستند عملکرد دانه بالایی تولید کنند و بنابراین به‌نظر می‌رسد که در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل یخزدگی، تنها درصد بقا مطرح نیست و باید در کنار آن، میزان عملکرد آن‌ها نیز در نظر قرار گیرد. همبستگی بین ارتفاع بوته (r^2=۰/۳۷*)، درصد غلاف بارور (r^2=۰/۳۱*)، وزن دانه در بوته (r^2=۰/۴۴**) و زیست‌توده در مترمربع (r^2=۰/۷۷**) با عملکرد دانه، مثبت و معنی‌دار بود. بهبود درصد بقا، موجب افزایش ارتفاع بوته و تولید زیست‌توده بیشتر و در نهایت عملکرد بیشتر خواهد شد. تنوع در عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های عدس در کشت پاییزه، در سایر مطالعات نیز گزارش‌شده است (Hojjat & Galstyan, 2014; Nath *et al*., 2014). همچنین بهبود ۶۷ درصدی عملکرد در کشت پاییزه نسبت به کشت‌های بهار در عدس در سایر مطالعات، نشان دهنده واکنش مثبت این گیاه به کشت پاییزه است (Hojjat & Galstyan, 2014).

تفاوت شاخص برداشت بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). نکته قابل توجه در این مطالعه، سهم بیشتر زیست‌توده نسبت به دانه بود، به‌طوری‌که بیشترین شاخص برداشت به میزان ۳۲ درصد (MLC469) بود که مقدار نسبتاً پایینی است (جدول ۲). در میان ۴۰ ژنوتیپ عدس مورد بررسی، دو ژنوتیپ، شاخص برداشت بالای ۳۰ درصد، ۲۵ ژنوتیپ بین ۲۰ تا ۲۹ درصد و ۱۳ ژنوتیپ کمتر از ۲۰ درصد دارا بودند (جدول ۲). شاخص برداشت، نشان دهنده میزان اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه است. در این مطالعه با کشت پاییزه، تخصیص مواد فتوسنتزی به بخش دانه، کمتر از بخش علوفه‌ای عدس بود؛ با این وجود، عملکرد دانه بسیار مناسبی (بالای ۳۰۰ گرم در مترمربع) در برخی از ژنوتیپ‌ها به‌دست آمد که نشان دهنده اثرات مثبت کشت پاییزه در گیاه عدس است.

بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها به پنج گروه مجزا از هم تفکیک شدند (شکل ۵). در گروه‌های اول تا پنجم، به‌ترتیب ۱۴، هشت، نه، شش و سه قرار گرفتند (شکل ۵). مقایسه میانگین گروه‌ها با میانگین کل نشان داد که درصد بقا در گروه اول و دوم نسبت به میانگین کل برتری داشت و در سایر گروه‌ها، پایین‌تر از میانگین کل بود (جدول ۴). از نظر عملکرد دانه در واحد سطح، گروه دوم نسبت به میانگین کل برتر بود ولی سایر گروه‌ها از میانگین کمتری برخوردار بودند (جدول ۴). به‌طورکلی گروه دوم نسبت به سایر گروه‌ها در اکثر صفات، نسبت به میانگین کل، برتر یا حداقل برابر بود (جدول ۴). نتایج این گروه‌بندی نشان داد که می‌توان از ژنوتیپ‌های عدس گروه دوم، در پروژه‌های اصلاحی جهت استفاده از صفات برتر آن‌ها از جمله تحمل یخبندان زمستان بهره برد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه، نشان دهنده وجود تنوع بین ژنوتیپ‌های عدس از لحاظ تحمل یخزدگی بود. بیشترین میزان درصد بقا، در ژنوتیپ‌های MLC8 و MLC33 (بقای ۹۲ درصد) و کمترین آن در ژنوتیپ MLC95 (بقای ۵۳ درصد) مشاهده شد. گروه‌بندی خوشه‌ای و مقایسه میانگین گروه‌ها با میانگین کل نشان داد که هشت ژنوتیپ MLC8، MLC12، MLC13، MLC33، MLC74، MLC103، MLC469 و MLC742 درصد بقا و عملکرد دانه بیشتری نسبت به میانگین کل داشتند. بالاترین عملکرد دانه و زیست‌توده در ژنوتیپ MLC334 مشاهده شد که با توجه به درصد بقای بالای این ژنوتیپ (بقای ۸۲ درصد)، به‌نظر می‌رسد که از پتانسیل مناسبی جهت به‌گزینی برخوردار باشد.



شکل ۵- گروه‌بندی خوشه‌ای ژنوتیپ‌های عدس بر اساس صفات مورد مطالعه تحت تنش زمستانه در شرایط مزرعه.

Figure5. Cluster grouping of Lentil genotypes based on studied characteristic under winter stress in the field conditions.

جدول ۴- میانگین و انحراف از میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های عدس تحت تنش زمستان در شرایط مزرعه.

Table4. Mean and deviation from mean of groups in cluster analysis for studied traits of Lentil genotypes under winter stress in the field conditions.

	Group									
	1		2		3		4		5	
Genotypes (MLC)	11, 17, 22, 29, 47, 70, 71, 84, 163, 169, 253, 303, 334, 454		8, 12, 13, 33, 74, 103, 469, 742		9, 55, 61, 81, 91, 151, 394, 407, 409		16, 38, 83, 286, 337, 410		31, 95, 458	
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
Survival (%)	82	4	91	13	73	-4	66	-11	57	-21
Plant height (cm)	42	0	46	5	40	-2	39	-3	37	-5
Lowest pod height	12	0	11	0	11	0	12	0	11	0
No. of branches ($plant^{-1}$)	3.1	0.2	3.0	0.0	2.9	-0.1	2.8	-0.2	3.0	0.0
Pod No. ($plant^{-1}$)	225	17	232	24	199	-10	152	-57	208	-1
Filled pod%	65	0	76	11	63	-2	51	-14	69	4
100- grain weight (g)	2.1	-0.1	2.0	-0.3	2.3	0.1	2.5	0.3	2.5	0.3
Biomass ($g.plant^{-1}$)	20	1	21	2	17	-1	16	-3	16	-3
Grain weight ($g.plant^{-1}$)	2.8	-0.5	3.2	-0.1	3.6	0.3	4.0	0.7	3.6	0.3
Biological yield ($g.m^{-2}$)	1128	154	1169	195	848	-126	772	-202	515	-458
Grain yield ($g.m^{-2}$)	192	-2	259	65	185	-9	161	-33	124	-70
Harvest Index (%)	19	-3	24	2	23	1	22	0	24	3

MLC: Mashhad Lentil Collection. MLC: کلکسیون بذر عدس پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

سپاسگزاری

هزینه اجرای این مطالعه، از محل طرح مصوب با کد ۴۸۰۲۱ در معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین‌شده است که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

1. Akbarinia, A., Khosravifard, M., Rezaii, M. B. & Sharfi Ashoorabad, E. (2005). Comparison of fall *and* spring cultivation on seed yield of some medicinal plant under irrigation *and* no-irrigation conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 21 (3), 319-334. (In Persian).
2. Bagheri, A., Nezami, A. & Soltani, M. (2000). *Improvement of cool season pulse crops for tolerance against stresses*. Agriculture Education and General Researches Organization Press, 445 p. (In Persian)
3. Bejiga, G. (2008). Effect of sowing dates on the yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Journal of Agronomy and Crop Science,* 167, 135-140.
4. 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, 1655-1663.
5. Franiya, A. & Moradi, S. (2015). Study of the rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars response to planting dates in Kermanshah conditions. *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*, 2 (1), 47-64. (In Persian).
6. Haghighati Maleki, A., Naraki, F. & Tallei, M. (2005). *Stduy on the effect of phosphorus and seed density on the grain yield of rainfed lentil in cold and warm areas.* Dry land Agriculture Research institute (DARI). Research report No. 84/1509.
7. Hekneby, M., Antolin, M. C. & Sanchez-Diaz, M. (2006). Frost resistance and biochemical changes during cold acclimation in different annual legumes. *Environmental Experimental Botany*, 55, 305-314.
8. 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.
9. Homer, A., Sahin, M. & Kucukozdemir, U. (2016). Evaluation of pea (*Pisum sativum* L.) germplasm for winter hardiness in central Anatolia, Turkey, using field and controlled environment. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 52(2), 55–63.
10. Hosseini, F. S. Nezami, A., Parsa, M. & Hajmohammadnia Ghalibaf, K. (2011). Effects of supplementary irrigation on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in Mashhad climate. *Journal of Water and Soil*, 25(3), 625-633.
11. Kanouni, H. & Nemati-Fard, M. (2013). Effect of sowing time and seeding rate on seed yield and some agronomic traits of two kabuli chickpea genotypes in autumn sowing in rainfed conditions in Kurdistan province of Iran. *Seed and Plant Production*, 29 (2), 185-200. (In Persian).
12. Khichar, M. L. & Niwas, R. (2006). Microclimatic profiles under different sowing environments in wheat. *Journal of Agrometeorology*, 8, 201-209.
13. Link, W., Balko, C. & Stoddard, F. L. (2010). Winter hardiness in faba bean: Physiology and breeding. *Field Crops Research*, 115, 287–296.
14. Najib Niya, S., Nezami, A., Bagheri, A. & Porsa, H. (2008). Study of phenological and morphological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cold tolerant genotypes in fall planting. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(1), 183-192. (In Persian).
15. Nath, U. K., Rani, S., Paul, M. R., Alam, M. N. & Horneburg, B. (2014). Selection of superior lentil (*Lens esculenta* M.) genotypes by assessing character association and genetic diversity. *The Scientific World Journal*, 1-6.
16. Sadeghipour, O. & Aghaei, P. 2012. Comparison of autumn and spring sowing on performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. *International Journal of Biosciences*, 2(6), 49-58.
17. Sedaghatkhahi, H., Parsa, M., Nezami, A., Porsa, H. & Bagheri, A. R. (2011). Evaluating yield components and yield of cold tolerant genotypes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under entezary sowing in Mashhad. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(3), 322-330. (In Persian).
18. 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.
19. Vaghar, M., Nourmohammadi, G., Shams, K., Pezeki, A. & Kobraee, S. (2008). Study on effect of sowing date on physiological indices of dryland chickpea cultivars in Kermanshah. *Journal of Plant and Bioecology*, 20, 104-114.
20. Zafaranieh, M. (2015). Evaluating yield *and* phonological and morphological characteristics of chickpea genotypes in autumn cultivation under complementary irrigation regime and winter sowing in Mashhad. *Journal of Crops Improvement (Journal of Agriculture),* 17 (1), 271-282. (In Persian).
21. Zhang, X., Wan, S., Hao, J., Hu, J., Yang, T. & Zong, X. (2016). Large-scale evaluation of pea (*Pisum sativum* L.) germplasm for cold tolerance in the field during winter in Qingdao. *The Crop Journal*, 4, 377-383.