نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۷۶-۶۵، نیمهٔ دوم ۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2014, p. 65-76

بررسی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris* Medik) تحت رژیم‌های دمایی و تنش خشکی

مهدی پارسا[1*]، علی گنجعلی[2] و عبدالله بیک‌خورمیزی[3]

۱- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی و عضو هیئت علمی‌پیوستهٔ گروه بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم پایه و عضو هیئت علمی‌پیوستهٔ گروه بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، abdollahbeyk@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۱۴

چکیده

جوانه‌زنی و سبزشدن سریع بذر، یک عامل مهم تعیین‌کننده عملکرد نهایی گیاهان است. تنش‌های خشکی و دمایی، مهم‌ترین عوامل غیرزیستی تهدیدکننده گیاهان به‌ویژه عدس می‌باشند. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تیمارهای مختلف دمایی (شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰درجهٔ‌سانتی‌گراد) و چهار سطح خشکی (شامل پتانسیل‌های ۴- ، ۸-، ۱۲- و ۱۶-بار) به‌همراه شاهد (صفر) بر درصد و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس انجام شد. آزمایش در محیط کنترل‌شده به‌صورت اسپلیت‌پلات‌فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تعداد بذرهای جوانه‌زده به‌صورت روزانه ثبت گردید و درصد و سرعت جوانه‌زنی محاسبه شد. هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها در پتانسیل‌های آب ۸- ، ۱۲- و ۱۶-بار، جوانه‌زنی نداشتند و لذا سطوح فوق از آزمایش حذف شدند. نتایج نشان داد که دما، تنش خشکی و برهمکنش دما و تنش خشکی، تأثیر معنی‌داری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس داشتند. در تیمارهای دمایی پایین و بالا، درصد و سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های عدس، کاهش یافت. همچنین درصد و سرعت جوانه‌زنی تمام ژنوتیپ‌ها در مواجهه با تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب، کاهش نشان داد. در واقع، تنش خشکی موجب گردید تا فرایندهای فیزیولوژیک و متابولیک جوانه‌زنی، تحت تأثیر قرار گرفته و میزان و سرعت انجام آنها کاهش یابد. از طرفی فرایندهای جوانه‌زنی، اغلب آنزیمی‌و فعالیت آنزیم‌ها نیز متأثر از دما است. به‌طورکلی متوسط دامنه دمای مطلوب برای جوانه‌زنی این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش، مشابه و حدود ۱۵ تا ۲۰درجهٔ‌سانتی‌گراد برآورد شد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رژیم دمایی، سرعت جوانه‌زنی، عدس

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بقولات، در بسیاری از نقاط جهان کاشت می‌شود. این گیاه، نقش مهمی‌در بهبود سلامت انسان، حیوانات و خاک دارد (Erskine *et al*., 2009). دانه‌های عدس، غنی از منابع پروتئینی، مواد مغذی (پتاسیم، فسفر، آهن و روی)، ویتامین‌ها و همچنین اسیدآمینه‌های لوسین و تریپتوفان برای تغذیه انسان می‌باشد (Bhatty, 1988). بنابراین مصرف عدس با گندم یا برنج، باعث متعادل‌شدن اسیدآمینه‌های ضروری برای تغذیه انسان می‌شود. عدس یکی از اولین گیاهان اهلی‌شده توسط بشر می‌باشد. این گیاه انواع خاک‌ها از جمله خاک‌هایی با حاصلخیزی کم را تحمل می‌کند. عوامل محدودکنندهٔ رشد، باعث عدم جوانه‌زنی، توسعه آهسته برگ، ماده خشک خیلی‌کم، شاخص برداشت پایین و قرارگرفتن در معرض تنش‌های زیستی و غیرزیستی این گیاه می‌شود. مهم‌ترین فاکتور غیرزیستی تهدیدکنندهٔ عدس، تنش رطوبتی و دمایی است (Erskine *et al*., 2009). ارقام متعددی از این گیاه وجود دارد که از نظر اندازه، داشتن پُرز و رنگ برگ‌ها و گُل‌ها و دانه‌ها، متفاوتند (Yadav *et al*., 2007). در ایران، عدس با سطح زیرکشت حدود۲۶۰هزارهکتار و با متوسط عملکردی برابر با ۳۶۵کیلوگرم در هکتار، تولیدی معادل ۹۵هزارتُن در سال دارد (FAO, 2004) که پس از نخود، در مقام دوم اهمیت قرار دارد و به‌دلیل کشت مداوم ارقام کم‌محصول و حساسیت آنها به تنش‌های مختلف، دارای عملکرد بسیار پایین می‌باشد (Astaraei & Foruzan ghohar, 2000).

در گیاهان زراعی یکساله، جوانه‌زنی و سبزشدن سریع بذر، یک عامل مهم تعیین‌کننده عملکرد نهایی است (Ganjeali *et al*., 2008). در این ارتباط، Gan *et al,* (2002) بیان داشتند در مناطق خشک و نیمه‌خشک، هرگونه

* **نویسنده مسئول:** مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، parsa@um.ac.ir

عملیات زراعی که موجب تسریع جوانه‌زنی و سبزشدن بذر شود، عملکرد دانه را افزایش خواهد داد. Bamdad *et al,* (2009) معتقدند که جوانه‌زنی از اهمیت عمده‌ای در بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای حبوبات برای مصرف انسان برخوردار است. جوانه‌زنی بذر، یکی از اولین رفتارهای فیزیولوژیک بیان‌شده توسط گیاهان می‌باشد. این واقعیت، پیامدهای متعددی برای تکامل صفات بعد از جوانه‌زنی، نیچ‌های اکولوژیک و محدوده جغرافیایی گیاه دارد (Donohue *et al*., 2010). جوانه‌زنی بذر با جذب آب شروع می‌شود و با ظاهرشدن جنین، کامل می‌شود. در اکثر گونه‌ها، ابتدا ریشه‌چه ظاهر می‌شود و بذر به‌عنوان بذر جوانه‌زده درنظرگرفته می‌شود (Nonogaki *et al*., 2010). تمام گونه‌های گیاهی، برای جوانه‌زنی از سه دمای بحرانی که به‌عنوان دماهای کاردینال[1] گفته می‌شود، برخوردار هستند (Seefeldet *et al*., 2002). با استفاده از دماهای کاردینال، می‌توان محدودیت‌های جغرافیایی برای کشت یک گونه یا یک ژنوتیپ را تعیین و زمان مناسب کاشت را با توجه به رژیم دمایی و رطوبتی منطقه مورد نظر تعیین کرد (Hill & Luck, 1991). در شرایط تنش خشکی، گونه‌های سمی‌اکسیژن نظیر رادیکال‌های سوپر اکسید (O^{-}_{2}) هیدروژن پراکسید (H_2O_2) و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH^{-})، تولید و تجمع می‌یابند (Foyer *et al*., 1994) که این مواد، به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند (Jiang & Huang, 2001). واکنش گیاهان به تنش خشکی، به‌مدت و شدت تنش (Araus *et al*., 2002; Bartels & Souer, 2004) و مرحله نموّی گیاه (Zhu *et al*., 2005) بستگی دارد. به‌طورکلی در مزارع، وقوع همزمان چندین تنش غیرزیستی با هم نسبت به یک تنش، عمومی‌تر است (Mittler, 2006). در تحقیقاتی نشان داده شده که ترکیب تنش‌ها، اثرات مشخص‌تر و معنی‌داری نسبت به یک تنش تنها بر روی رشد و عملکرد گیاهان جو (*Hordeum vulgare*) (Savin & Nicolas, 1996) و *Poa pratensis* (Wang & Huang, 2004) می‌گذارند. همچنین تأثیر همزمان چندین تنش بر گیاهان *Arabidopsis thaliana* (Rizhsky *et al*., 2004)، *Triticum aestivum* (Shah & Paulsen, 2003) و *Nicotiana tabacum* (Rizhsky *et al*., 2002) مشخص شده است. ترکیبی از دمای بالا و تنش خشکی، یک نمونه عالی از چندین تنش غیرزیستی است که در مزرعه اتفاق می‌افتد (Rang *et al*., 2011). با این حال، اطلاعات اندکی در مورد عدس در پاسخ به برهمکنش تیمارهای دمایی و تنش خشکی وجود دارد.

از آنجا که مطالعات اندکی در مورد واکنش جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها و ارقام عدس به دما، تنش خشکی و همچنین اثرات توأم آنها صورت گرفته است، بنابراین آزمایش حاضر با هدف بررسی برهمکنش دما و تنش خشکی بر رفتار جوانه‌زنی ارقام عدس در شرایط مطلوب و تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

صفات مربوط به جوانه‌زنی شش ژنوتیپ عدس شامل MLC501، MLC502، MLC503، MLC500، MLC183 و MLC245 در پنج سطح تنش خشکی شامل پتانسیل‌های آب صفر، ۴-، ۸-، ۱۲- و ۱۶-بار در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰درجهٔ‌سانتی‌گراد مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش در شرایط کنترل‌شده در آزمایشگاه تحقیقاتی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت اسپلیت‌پلات‌فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار که در آن دما به‌عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شد، انجام شد.

مطالعات نشان داده است که درصد جوانه‌زنی بذرها در محلول ۶۰۰۰ PEG با درصد جوانه‌زنی درخاک با همان پتانسیل آب، حدوداً برابر بوده است (Emmerich & Hardgree, 1990). پتانسیل‌های مختلف آب با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰، مطابق روش Kaufmann & Michel (1973) ایجاد شدند و برای پتانسیل صفر بار (شاهد)، از آب‌مقطر استفاده گردید. برای جلوگیری از بروز آلودگی‌های احتمالی، تمام ظروف در دمای ۱۲۰درجهٔ‌سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰دقیقه اتوکلاو شدند. به‌منظور پرهیز از آلودگی‌های قارچی، بذرها با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵درصد و همچنین قارچ‌کش بنومیل، ضدّعفونی و سپس با آب‌مقطر، آب‌کشی شدند. تعداد ۲۰عدد بذر ضدعفونی‌شده در زیر هود استریل در داخل هر پتری‌دیش که ته آن کاغذ صافی تعبیه شده بود، قرار گرفتند. به هر ظرف، ۵میلی‌لیتر محلول PEG با پتانسیل‌های مربوط اضافه گردید، به‌طوری‌که بذور در تماس مستقیم با محلول بودند. بذرها پس از قرارگیری در ظروف مربوطه، در ژرمیناتور و دماهای مورد نظر، رشد نمودند. بذرها به‌طور روزانه بازبینی و تعداد بذور جوانه‌زده (دارای طول ریشه‌چه ۲ تا ۳میلی‌متر) ثبت شدند. سرعت و درصد نهایی جوانه‌زنی با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Piper *et al*., 1996).

$$GR = \frac{\sum Gi}{\sum NiGi}$$

GR = سرعت جوانه‌زنی

[1] Cardinal

Gi = تعداد بذرهای جوانه زنه در روز i ام

Ni = شماره روز

$$\%Gp = \frac{\sum ni}{N} \times 100$$

$\%GP$ = درصد نهایی جوانه‌زنی

ni = تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام

N = تعداد کل بذرهای کشت‌شده

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارMstat-C انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۵درصد ($p\leq 0.05$) استفاده شد. همچنین شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

در تمامی‌دماهای مورد مطالعه، هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها در پتانسیل‌های آب ۸-، ۱۲- و ۱۶-بار جوانه‌زنی نداشتند و لذا سطوح فوق از آزمایش حذف و دو سطح تنش خشکی (۴-بار و شاهد) مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که دما، تنش خشکی و اثرات متقابل بین آنها، تأثیر معنی‌داری بر درصد نهایی و سرعت جوانه‌زنی بذرهای عدس داشت (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس سرعت و درصد نهایی جوانه‌زنی بذور ژنوتیپ‌های عدس در سطوح مختلف تنش خشکی و دما

Table 1. Analysis of variance for rate and final percentage germination of lentil genotypes at different levels of drought stress and temperature

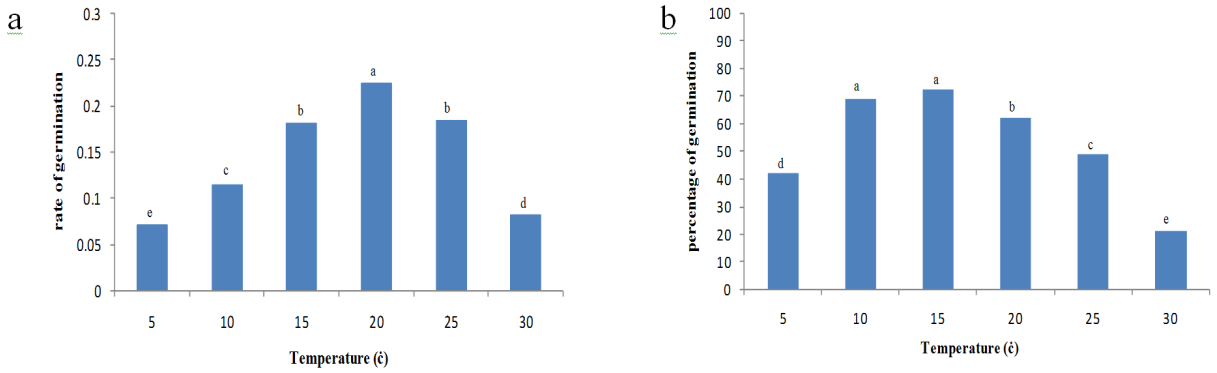
منابع تغییر (S. O. V.)	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square	
		درصد نهایی جوانه‌زنی Percentage of germination	سرعت جوانه‌زنی Rate of germination
دما (A) Temperature	5	31282.963**	0.014**
خطا Error	12	89.227	0.000198
تنش خشکی(B) Drought stress	1	48001.852**	0.2867**
AB	5	534.352**	0.030665**
ژنوتیپ (C) Genotype	5	2843.796**	0.000849*
AC	25	563.296**	0.000384ns
BC	5	275.185*	0.00096*
ABC	25	229.352**	0.000463ns
خطا Error	132	101.252	0.000343ns

ns, * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد

ns, * and **, indicating no significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively

نتایج نشان داد که با افزایش دما تا ۲۰درجهٔ‌سانتی‌گراد، سرعت جوانه‌زنی افزایش و سپس در دماهای بالاتر، کاهش یافت (شکل 3a). درصد نهایی جوانه‌زنی نیز تا ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد افزایش و سپس کاهش یافت (شکل 3b). نتایج مقایسه میانگین درصد نهایی جوانه‌زنی در رژیم‌های مختلف دمایی و رطوبتی در جدول ۲ نشان می‌دهد که در شرایط بدون تنش، بیشترین درصد نهایی جوانه‌زنی (۸۳/۶درصد) در دمای ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد مشاهده گردید که با دماهای ۱۰، ۲۰ و ۲۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی‌درصد نهایی جوانه‌زنی در دماهای ۵ و ۳۰درجهٔ‌سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در شرایط تنش خشکی نیز دمای ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، بیشترین درصد نهایی جوانه‌زنی (۶۰/۸درصد) را به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با دماهای ۱۰ و ۲۰درجهٔ‌سانتی‌گراد نداشت. همچنین در تمام دماهای آزمایش شده، درصد نهایی جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش، کاهش نشان داد.

نتایج، نشان‌دهندهٔ آن است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، دماهای بالا و پایین، هر دو تأثیر محدودکنندگی بر درصد جوانه‌زنی دارند (جدول ۲). نتایج مطالعهٔ حاضر با نتایج Ganjeali *et al,* (2008) بر روی نخود مطابقت دارد. آنها بیان داشتند که فرایند جوانه‌زنی شامل مجموعه‌ای از فعل و انفعالات بیوشیمیایی است که عمدتاً به دما و رطوبت وابسته هستند. کاهش فعالیت‌های آنزیمی‌در دماهای پایین (Q_{10}= ۳-۲) و اختلال در فعالیت آنزیم‌ها در دماهای بالا، علت اصلی کاهش‌درصد جوانه‌زنی در دماهای بالا و پایین است.



شکل ۱- تغییرات سرعت (a) و درصد نهایی جوانه‌زنی؛ (b) ژنوتیپ‌های عدس در رژیم‌های مختلف دمایی

Fig. 1. Changes rate (a) and final percentage germination (b) of lentil genotypes at different regimes of temperature

کاهش ویسکوزیته آب در دماهای پایین به‌ویژه در شرایط تنش خشکی که بذر با محدودیت جذب آب مواجه است، احتمالاً علت بعدی کاهش‌درصد جوانه‌زنی است (Derek Bewely & Blak, 1994).

سرعت جوانه‌زنی در شرایط بدون تنش خشکی در دمای ۲۰درجهٔسانتی‌گراد، به‌صورت معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای دمایی افزایش نشان داد. در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۲۱درصد در روز) مربوط به دمای ۲۰درجهٔسانتی‌گراد بود که با دماهای ۱۵ و ۲۵درجهٔسانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری نداشت. تنش خشکی در تمام دماها نسبت به شرایط بدون تنش، سرعت جوانه‌زنی را کاهش داد، به‌طوری‌که در دماهای ۵، ۱۰ و ۳۰درجهٔسانتی‌گراد، سرعت جوانه‌زنی در شرایط بدون تنش نسبت به شرایط تنش، بیش از دو برابر افزایش نشان داد (جدول ۲).

کاهش جذب آب و متعاقب آن، کاهش فعالیت‌های آنزیمی مربوط به فرایندهای بیوشیمیایی جوانه‌زنی در دماهای پایین، علت اصلی سرعت کمتر جوانه‌زنی و طولانی‌ترشدن روز تا جوانه‌زنی در شرایط تنش می‌باشد (Maiti & Wesche-Ebeling, 2001). همچنین در دماهای بالا، آسیب‌های احتمالی ساختمان سه‌بعدی آنزیم‌ها و بنابراین اختلال در فرایند جوانه‌زنی و همچنین تشدید آن به‌دلیل محدودیت جذب آب، دلیل سرعت کم جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی است (Ganjeali *et al.*, 2008).

مقایسه میانگین ژنوتیپ و تنش خشکی برای درصد نهایی جوانه‌زنی بذور عدس (جدول ۳) نشان داد که در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ MLC502 بیشترین‌درصد جوانه‌زنی (۸۳درصد) را داشت که تنها نسبت به ژنوتیپ MLC501 افزایش معنی‌داری (حدود ۳۸درصد) نشان داد.

جدول ۲- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری دما و تنش خشکی برای درصد نهایی و سرعت جوانه‌زنی

Table 2. Comparison of average temperature and drought treatments in combination for the final germination percentage and germination rate

سرعت جوانه‌زنی Rate of germination $(day)^{-1}$		درصد نهایی جوانه‌زنی Percentage of germination		دما (سانتی‌گراد) Temperature (C°)
بدون تنش (صفر بار) No stress	تنش خشکی (۴- بار) Drought stress	بدون تنش (صفر بار) No stress	تنش خشکی (۴- بار) Drought stress	
0.1300d	0.1328f	58.06bcd	26.11e	**5**
0.1567cd	0.0734e	79.72ab	58.06bcd	**10**
0.1916bc	0.1698bcd	83.61a	60.83abc	**15**
0.2403a	0.2100ab	78.33ab	45.56cde	**20**
0.1953bc	0.1724bcd	62.50abc	35.28de	**25**
0.1630cd	0.00f	42.50cde	0.00f	**30**

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq0.05$).

Means in each column followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using Duncan´s Multiple Range Test ($p\leq0.05$).

در شرایط تنش نیز، ژنوتیپ MLC502 بیشترین درصد جوانه‌زنی (۵۰درصد) را داشت، ولی تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. درصد نهایی جوانه‌زنی با اِعمال خشکی در تمام ژنوتیپ‌ها (به‌جُز ژنوتیپ MLC501) به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت و در این شرایط در ژنوتیپ‌های MLC503 و MLC183، حدود دو برابر کاهش‌درصد جوانه‌زنی مشاهده شد. در این رابطه Maiti & Wesche- Ebeling (2001) بیان داشتند که در نخود، اندازه بذر، تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر نموّ گیاهچه و تغییرات فیزیکوشیمیای بذر دارد. لذا می‌توان درصد پایین جوانه‌زنی در ژنوتیپ MLC501 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها را احتمالاً به اندازهٔ بزرگ‌تر دانه و کم‌بودن نسبت سطح جذب‌کنندهٔ رطوبت به حجم دانه در این ژنوتیپ نسبت داد.

نتایج مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در شرایط تنش و بدون تنش در جدول ۳ نشان داده شده است. در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، ژنوتیپ MLC245 کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشت. سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر سرعت جوانه‌زنی با هم نداشتند. تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی را در تمام ژنوتیپ‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش داد. در این شرایط، ژنوتیپ‌های MLC501 و MLC183 بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۱۱۲درصد در روز) را در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند. سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی است، به‌طوری‌که ارقام دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتر در شرایط تنش، از شانس بیشتری برای سبزشدن برخوردارند (Ashraf *et al*., 1978). در شرایط تنش خشکی، کاهش‌درصد جوانه‌زنی و تأخیر در زمان جوانه‌زنی، بیانگر تأثیر منفی محدودیت جذب آب توسط بذر برای آغاز فرایندهای متابولیکی جوانه‌زنی است. تنوع موجود میان ژنوتیپ‌ها از نظردرصد و سرعت جوانه‌زنی، احتمالاً به ویژگی‌های بذر شامل اندازه بذر، نفوذپذیری بذر و فعالیت‌های متابولیکی بذر مربوط می‌شود (Derek Bewely & Blak, 1994; Maiti & Wesche- Ebeling, 2001).

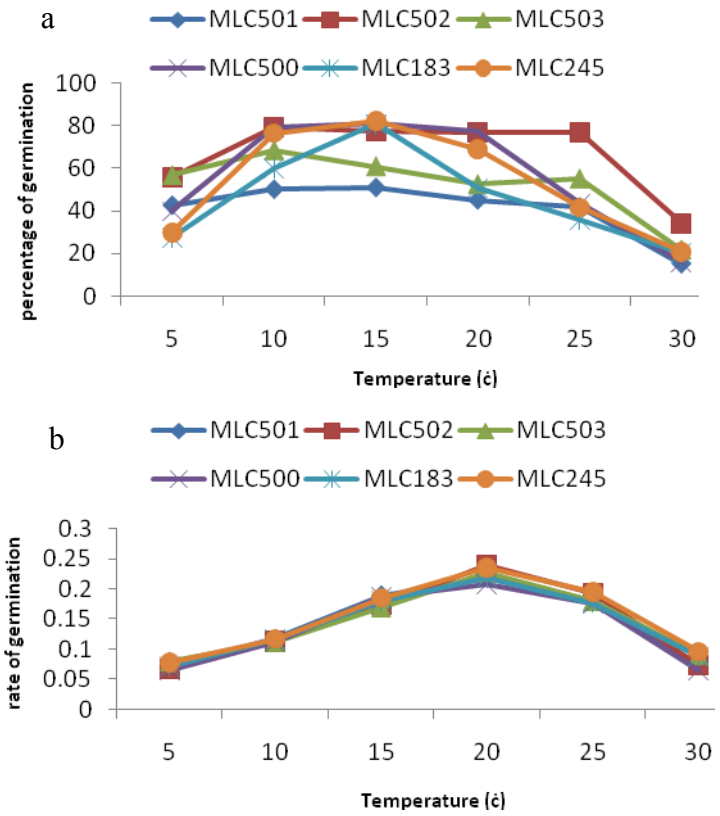
جدول ۳- مقایسه میانگین‌های برهمکنش ژنوتیپ و تنش خشکی بر درصد نهایی و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس
Table 2. Means of genotype and drought stress interaction on final germination percentage and germination rate

سرعت جوانه‌زنی Rate of germination (day)$^{-1}$		درصد نهایی جوانه‌زنی Percentage of germination		ژنوتیپ
بدون تنش (صفر بار) No stress	تنش خشکی (۴- بار) Drought stress	بدون تنش (صفر بار) No stress	تنش خشکی (۴- بار) Drought stress	Genotype
0.1766a	0.1123b	51.67bcd	30.00d	**MLC501**
0.1835a	0.1038b	A83.06a	50.28bcd	**MLC502**
0.1670a	0.1045b	70.00ab	35.00d	**MLC503**
0.1856a	0.09728b	69.17ab	43.06cd	**MLC500**
0.1892a	0.1126b	63.61abc	28.06d	**MLC183**
0.1085b	0.004364c	67.22ab	39.44d	**MLC245**

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq0.05$).
Means in each column followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using Duncan´s Multiple Range Test ($p\leq0.05$).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دما و ژنوتیپ بر درصد جوانه‌زنی نهایی عدس، معنی‌دار بود (جدول ۱). شکل ۲a نشان می‌دهد که در دمای ۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، ژنوتیپ MLC503 و ژنوتیپ MLC183 به‌ترتیب بیشترین (۵۶/۷درصد) و کمترین (۲۷/۵درصد) جوانه‌زنی را داشتند. کمترین‌درصد جوانه‌زنی در سایر دماها مربوط به ژنوتیپ MLC501 بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی نهایی در دمای ۱۰درجهٔ‌سانتی‌گراد مربوط به ژنوتیپ‌های MLC502 و MLC500 بود که تنها نسبت به ژنوتیپ MLC501 افزایش معنی‌داری داشت. در دمای ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، ژنوتیپ MLC245 بیشترین‌درصد جوانه‌زنی نهایی را داشت و تنها نسبت به ژنوتیپ MLC501 افزایش معنی‌داری نشان داد. بیشترین‌درصد جوانه‌زنی نهایی در دمای ۲۰درجهٔ‌سانتی‌گراد مربوط به ژنوتیپ MLC500 بود که با ژنوتیپ‌های MLC502، MLC503 و MLC245 تفاوت معنی‌داری نداشت. در دمای ۲۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، ژنوتیپ MLC502 به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها (به‌جُز ژنوتیپ MLC503)درصد نهایی جوانه‌زنی بیشتری داشت. ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری در دمای ۳۰درجهٔ‌سانتی‌گراد نشان

ندادند، با این وجود ژنوتیپ MLC502 بیشترین‌درصد نهایی را داشت. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دما و ژنوتیپ بر سرعت جوانه‌زنی عدس معنی‌دار نبود (جدول ۱). همان‌گونه‌که در شکل 2b نشان داده شده است، تفاوت بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبود و به‌طورکلی در دماهای پایین و بالا، همهٔ ژنوتیپ‌ها از سرعت جوانه‌زنی کمی برخوردار بودند.

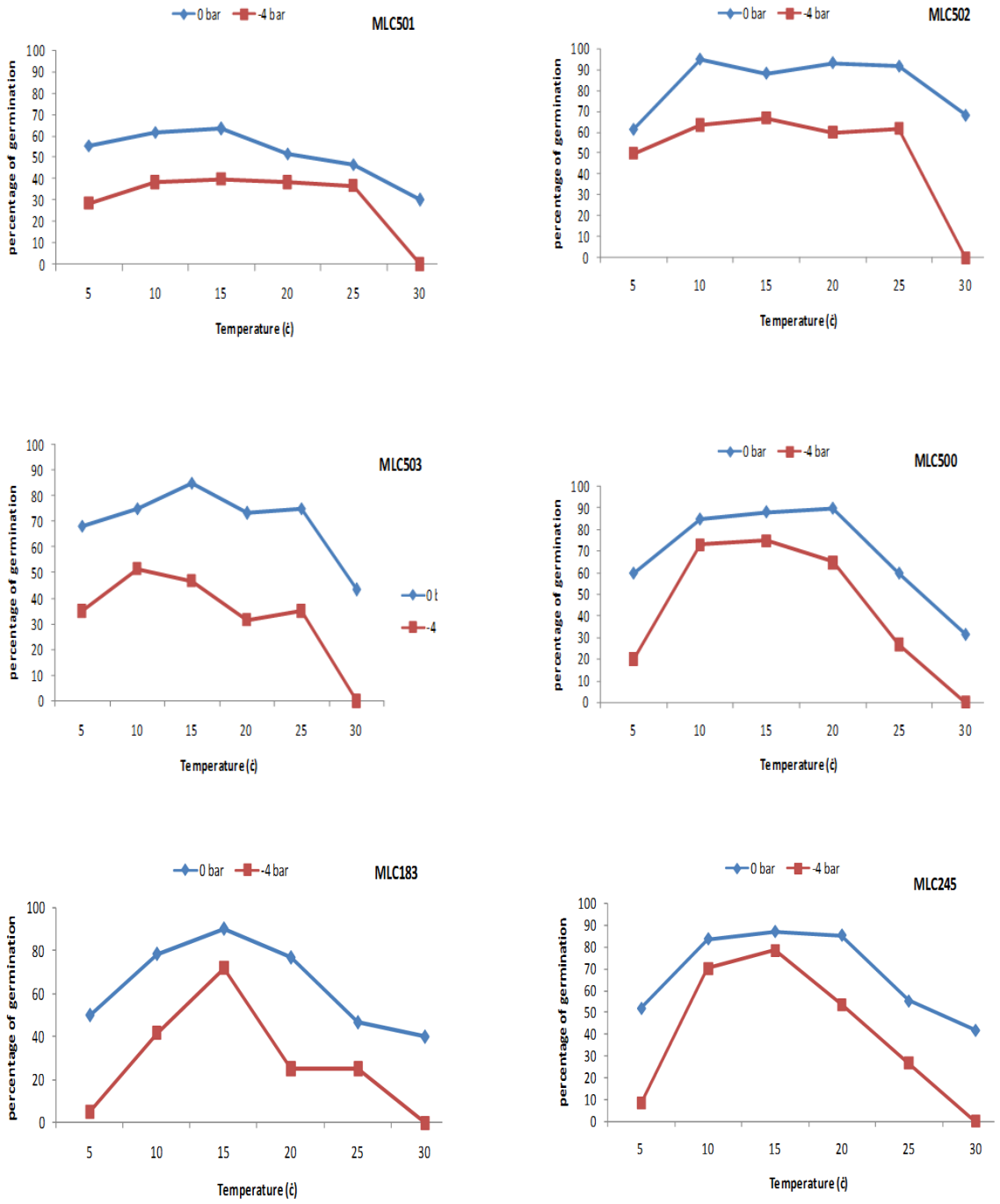


شکل ۲- اثر تیمارهای دمایی بر درصد نهایی (a) و سرعت (b) جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف عدس

Fig. 2. Effect of thermal treatments on final germination percentage (a) and rate germination (b) of different genotypes of lentil

شکل۳، درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس را در شرایط تنش و بدون تنش خشکی در دامنهٔ دماهای مورد بررسی نشان می‌دهد. در شرایط تنش خشکی و دمای ۳۰درجهٔ‌سانتی‌گراد، هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌ها، جوانه‌زنی نداشتند. در مواجهه با تنش خشکی، ژنوتیپ MLC503 در دمای ۱۰درجهٔ‌سانتی‌گراد و سایر ژنوتیپ‌ها، در دمای ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد بیشترین درصد نهایی جوانه‌زنی را نشان دادند. به عبارت دیگر، در شرایط تنش خشکی، درصد نهایی جوانه‌زنی ژنوتیپ MLC503 در دماهای بیشتر از ۱۰درجه و ژنوتیپ‌های MLC500، MLC183 و MLC245 در دماهای بیشتر از ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، کاهش یافت. در ژنوتیپ MLC501 و MLC502 در شرایط خشکی، با افزایش دما از ۵ تا ۲۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، تفاوت چندانی در درصد نهایی جوانه‌زنی مشاهده نشد. با افزایش دما به بیشتر از ۲۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، درصد نهایی جوانه‌زنی در همهٔ ژنوتیپ‌ها، در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، با شیب نسبتاً تندی کاهش یافت که احتمالاً نشان‌دهندهٔ حساسیت ژنوتیپ‌های عدس به دماهای بالا برای جوانه‌زنی است.

سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در شرایط تنش و بدون تنش خشکی، در دامنه‌ای از دماهای مورد بررسی (شکل۴) نشان داد که در شرایط تنش خشکی و در کمترین دمای مورد بررسی، سرعت جوانه‌زنی در تمام ژنوتیپ‌ها بسیار کم بود.

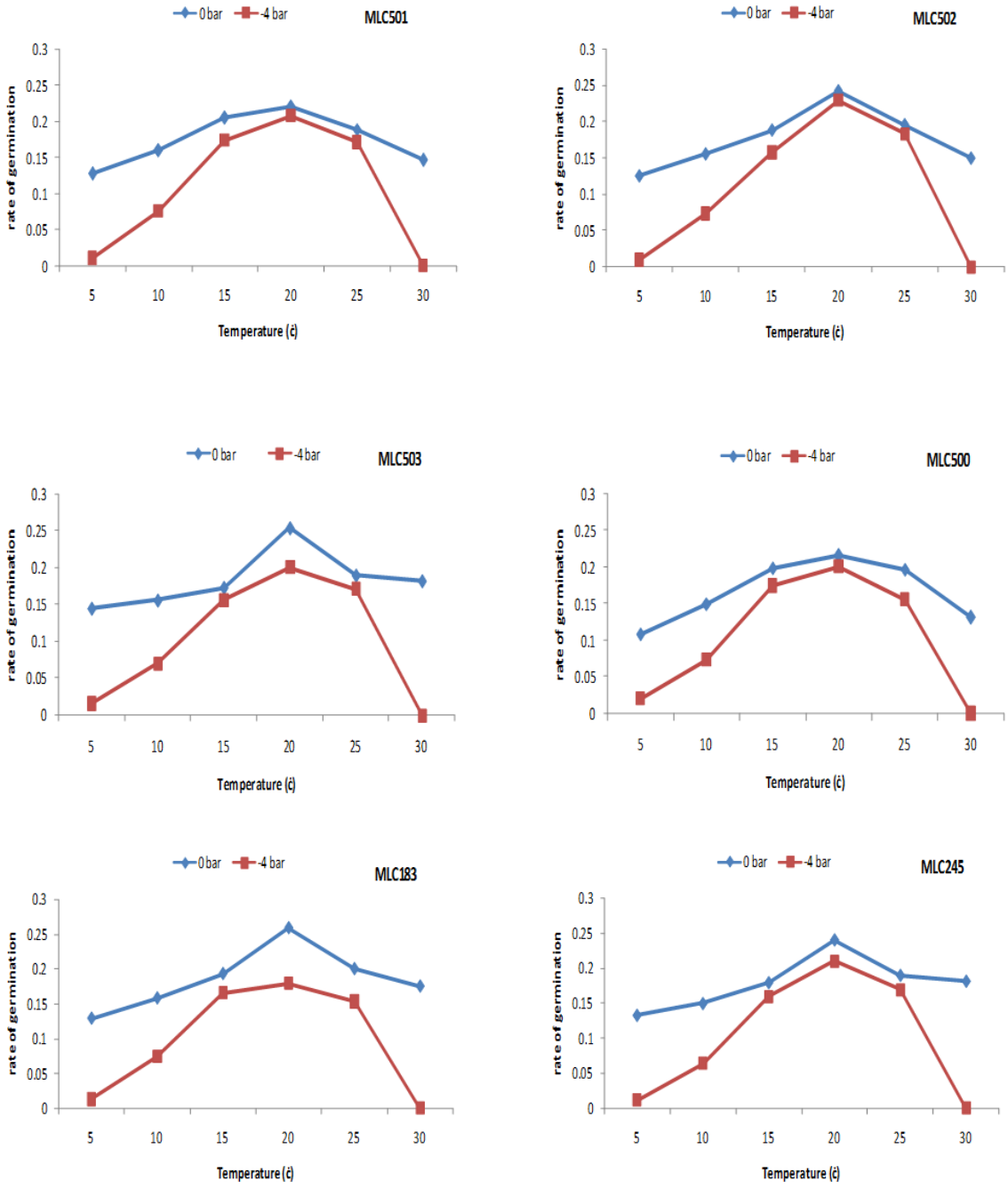


شکل ۳- تغییرات درصد نهایی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در رژیم‌های مختلف دمایی و رطوبتی

Fig. 3. Changes in the final percentage germination of lentil genotypes in different temperature and moisture regimes

در همهٔ ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، با افزایش دما تا ۲۰درجهٔسانتی‌گراد، سرعت جوانه‌زنی نیز افزایش یافت و با افزایش دمای بیشتر، سرعت جوانه‌زنی کاهش نشان داد. سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی در مقایسه با محیط بدون تنش، در دماهای بالا به‌طور چشمگیری کاهش یافت. سرعت جوانه‌زنی در دماهای بالا و در شرایط بدون تنش خشکی، در ژنوتیپ‌های MLC503، MLC183 و MLC245 با شیب کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های MLC501، MLC502 و MLC500 کاهش یافت. سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی نسبت به محیط بدون تنش در ژنوتیپ‌های

MLC501، MLC502، MLC500 و MLC245 در دماهای ۱۵،۲۰ و ۲۵درجهٔسانتی‌گراد، کاهش اندکی را نشان داد. این موضوع در ژنوتیپ‌های MLC503 و MLC183 در دماهای ۱۵ و ۲۵درجهٔسانتی‌گراد صادق بود. کاهش ورود آب به بذر در اثر افزایش تنش خشکی موجب می‌شود تا فرایندهای فیزیولوژیک و متابولیک جوانه‌زنی، تحت‌تأثیر قرار گرفته و میزان و یا سرعت انجام آنها کاهش یابد (Kiani *et al.*, 1998). از طرفی فرایندهای جوانه‌زنی اغلب آنزیمی و فعالیت آنزیم‌ها نیز متأثر از دما است.



شکل ۴- تغییرات سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در رژیم‌های مختلف دمایی و رطوبتی

Fig. 4. Changes in the germination rate of lentil genotypes in different temperature and moisture regimes

اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی انجام خواهند شد و در نتیجه، مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (De & Kar, 1994). این موضوع نشان می‌دهد که برخی از ارقامی‌که در شرایط عدم تنش، جوانه‌زنی مطلوبی دارند، ممکن است در شرایط وجود تنش این‌گونه نباشند. مشابه این نتیجه توسط سایر پژوهشگران (Ashraf *et al*., 1978; Masumi *et al*., 2008) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

جوانه‌زنی یکی از مراحل بحرانی رشد در گیاهان بوده و نتیجهٔ نهایی مجموعه‌ای از واکنش‌های بیوشیمیایی است که با واسطهٔ آنزیم‌های متعددی انجام می‌شود. این مرحله، تحت تأثیر عواملی مانند دما و رطوبت می‌باشد و این عوامل برای شروع جوانه‌زنی در گونه‌های مختلف گیاهی و حتی ژنوتیپ‌های یک گونه، متفاوت‌اند. به‌طورکلی، بذوری که در شرایط تنش، جوانه‌زنی مناسب‌تری د اشته باشند، در مراحل بعدی رشد، گیاهچه‌هایی با بنیهٔ بهتر و سیستم ریشه‌ای قوی‌تری تولید می‌کنند. نتایج این آزمایش نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس مورد بررسی، در هر دو تیمارهای دمایی پایین و بالا، کاهش یافت. همچنین، درصد و سرعت جوانه‌زنی تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی در مواجهه با تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب، کاهش یافت. تفاوت در سرعت جذب آب توسط بذر (Clark, 1980) و نوع بذر (Lafond & Baker, 1986) از علل احتمالی تفاوت جوانه‌زنی است. به‌نظر می‌رسد از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ MLC502 مقاوم‌ترین ژنوتیپ در مقابل تیمارهای دمایی مختلف است و می‌تواند برای کاشت در مناطقی که درجه‌حرارت در فصل کاشت دارای نوسانات زیادی است، مناسب باشد.

Maiti & Wesche-Ebeling (2001) در مطالعه جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های نخود، تنوع ژنتیکی قابل‌ملاحظه‌ای را در پاسخ به دما گزارش کردند. از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش، ژنوتیپ MLC501 نسبتاً مقاوم و ژنوتیپ‌های MLC503 و MLC183 نسبتاً حساس به تنش خشکی بودند. احتمالاً قابلیت متفاوت ژنوتیپ‌ها برای جذب آب و همچنین انجام سایر فرایندهای متابولیکی جوانه‌زنی، از جمله دلایل اصلی واکنش متفاوت آنها برای جوانه‌زنی است. بنابراین ژنوتیپ MLC501 در صورت دارابودن مقاومت به خشکی در سایر مراحل رشد و تولید، می‌تواند برای مناطق دارای بارندگی کمتر با دامنه حرارتی بین ۵ تا ۲۵درجهٔسانتی‌گراد در زمان کاشت، مورد توجه و توصیه قرار گیرد.

منابع

1. Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P., and Royo, C. 2002. Plant breeding and drought in C_3 cereals: what should we breed for? Annals of Botany 89: 925-940.
2. Ashraf, C.M., and Shakra, S.A. 1978. Wheat seed germination under low temperature and moisture stress. Agronomy Journal 65: 135-139.
3. Astaraei, A.R., and Foruzan ghohar, M. 2000. Effect of calcium on germination and seeding growth of lentil (*Lens culinaris* Medik) in different levels of salinity. Biaban 5(2): 37-49. (In Persian with English Summary).
4. Bamdad, F., Dokhani, S., and Keramat, J. 2009. Functional assessment and subunit constitution of lentil (*lens culinaris*) proteins during germination. International Journal of Agriculture and Biology 11: 690-694.
5. Bartels, D., and Souer, E. 2004. Molecular responses of higher plants to dehydration. In: Plant Responses to Abiotic Stress 4: 9-38. Springer-Verlag/Heidelberg, Berlin/Germany.
6. Bhatty, R.S. 1988. Composition and quality of lentil (*Lens culinaris* Medik.): a review. Canadian Institute of Food Science and Technology 21: 144-160.
7. Clark, J.M. 1980. Measurement of relative uptake rates of wheat seeds using agar media. Canadian Journal of Plant Science 21: 1035-1038.
8. De, F., and Kar, R.K. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress induced by PEG-6000. Seed Science and Technology 23: 301-304.
9. Derek Bewely, J., and Black, M. 1994. Seeds Physiology of Development and Germination. Second Edition, Pleum Press. New York and London, 445 pp.

10. Donohue, K., Rubio De Casas, R., Burghardt, L., Kovach, K., and Willis, C.G. 2010. Germination, post germination adaptation, and species ecological ranges. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 41: 293-319.
11. Emmerich, W.E., and Hardgree., S.P. 1990. Polyethylene glycol solution contact effect on seed germination. Agronomy Journal 82: 1103-1107.
12. Erskine, W., Muehlbauer, F., Sarker, A., and Sharma, B. 2009. The Lentil Botany, Production and Uses. ISBN 978-1-84593-487-3. 577 pp.
13. FAO. 2004. FAO Bulletin of Statistics.
14. Foyer, C.H. ,Leadis, M., and Kunert, K.J. 1994. Photo oxidative stress in plants. Physiologia Plantarum 92: 696-717.
15. Gan, Y.T., Miller, P.R., Stevenson, F.C., and McDonald, C.L. 2002. Seedling emergence, pod development and seed yields of chickpea and dry pea in a semi arid environment. Canadian Journal of Plant Science 82: 531-553.
16. Ganjeali, A., Parsa, M., and Khatib, M. 2008. Quantifying seed germination response of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) influenced temperature and drought stress regimes. Agricultural Research: Water, Soil and Plant Agriculture 8: 77-88. (In Persian with English Summary).
17. Hill, M.J., and Luck, R. 1991. The effect of temperature on germination and seedling growth of temperate perennial pasture legumes. Australian Journal of Agricultural Research 42: 175-189.
18. Jiang, Y., and Huang, N. 2001. Drought and heat stress injury to two cool season turfgrass in relation to antioxidant metabolism and lipid per oxidation. Crop Sciences 41: 346-342.
19. Kiani, L.R., Bagheri. A., and Nezami, A. 1998. Reaction of lentil genotypes to water stress caused by PEG 6000 at germination stage. Journal of Agricultural Industry 12: 42-55. (In Persian with English Summary).
20. Lafond, G.P., and Baker, R.J. 1986. Effects of temperature moisture stress, and seed size on germination of nine spring wheat cultivars. Crop Sciences 26: 563-567.
21. Maiti, R., and Wesche- Ebeling, P. 2001. Advance in Chickpea Science. Science Publishers, Inc. 410 pp.
22. Masumi, A., Kafi, M., and Khazaei, H.R. 2008. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) germination responses to water stress induced by polyethylenglycol 6000. Journal of Agronomic Research 6(2): 453-462. (In Persian with English Summary).
23. Michel, B.E., and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology 51: 914-916.
24. Mittler, R. 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. Trends in Plant Science 11: 15-19.
25. Nonogaki, H., Bassel, G.W., and Bewley, J.D. 2010. Germination-Still a mystery. Plant Science 179: 574-581.
26. Piper, E.L., Boote, K.J., Jones, J.W., and Grimm, S.S. 1996. Comparison of two phenology models for predicting flowering and maturity date of soybean. Crop Science 36: 1606-1614.
27. Rang, Z.W., Jagadish, S.V.K., Zhou, Q.M., Craufurd, P.Q., and Heuer, S. 2011. Effect of high temperature and water stress on pollen germination and spikelet fertility in rice. Environmental and Experimental Botany 70: 58-65.
28. Rizhsky, L., Liang, H., Shuman, J., Shulaev, V., Davletova, S., and Mittler, R. 2002. The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. Plant Physiology 130: 1143-1151.
29. Rizhsky, L., Liang, H., Shuman, J., Shulaev, V., Davletova, S., and Mittler, R. 2004. When defense pathways collide: the response of *Arabidopsis* to a combination of drought and heat stress. Plant Physiology 134: 1683-1696.
30. Savin, R., and Nicolas, M.E. 1996. Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. Australian Journal of Plant Physiology 23: 201-210.
31. Seefeldet, S.S., Kidwell, K.K., and Waller, J.E. 2002. Base growth temperature, germination rates and growth responses of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum*.L) cultivars from the USA pacific North West. Field Crops Research 75: 47-52.
32. Shah, N.H., and Paulsen, G.M. 2003. Interaction of drought and high temperature on photosynthesis and grain-filling of wheat. Plant Soil 257: 219-226.

33. Wang, Z., and Huang, B. 2004. Physiological recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. Crop Science 44: 1729-1736.
34. Yadav, S.S., McNeil, D.L., and Stevens, P.C. 2007. Lentil an Ancient Crop for Modern Times. Published by Springer. P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands, 461 pp.
35. Zhu, X., Gong, H., Chen, G., Wang, S., and Zhang, C. 2005. Different solute levels in two spring wheat cultivars induced by progressive field water stress at different developmental stages. Journal of Arid Environments 62: 1-14.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 65-76

Seed germination behavior of lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik) under temperature and drought stress regimes

Parsa[1*], M., Ganjeali[2], A. & Beyk Khurmizi[3], A.

1. Contribution from Department of Agronomy, Faculty of Agriculture; Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
2. Contribution from Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
3. MSc. in Plant Physiology, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 27 February 2011
Accepted: 4 July 2012

Abstract

Rapid germination is an important factor determining the final yield. The most important abiotic stress threatening lentils is drought and temperature. Therefore, this study was performed with the aim of investigating effects various thermal treatments (5, 10, 15, 20, 25 and 30°C) and four levels of drought (0, -4, -8, -12 and -16 bar) on percentage and germination rate of lentil genotypes. A split plot factorial experiment based on Completely Randomized Design with three replications was conducted. Number of germinated seeds was recorded daily and percentage and germination rate was calculated. There was no germination on -8, -12 and -16 bar, hence these levels were ignored. The results showed that temperature, drought stress and their interactions had a significant influence on final germination percentage and rate of lentil genotypes. The percentage and germination rate in genotypes of lentil declined in low and high temperature treatments. The germination percentage and speed of all genotypes also declined in drought stress than favorable conditions. In fact, drought stress causes that physiological and metabolic processes of germination be impressed and reduce in their speed. Overall, mean and optimum temperature range for germination of genotypes, were estimated at 15-20°C in both stress and no-stress conditions.

Key words: Drought stress, Germination rate, Lentil, Temperature regime

*** Corresponding Author:** parsa@um.ac.ir