

ارزیابی آزمون تنش اسمزی برای پیش‌بینی قدرت سبز شدن بذر عدس (*Lens culinaris*) (Medic) در مزرعه

ثمین لطفی^۱، مختار قبادی^{۲*}، سعید جلالی هنرمند^۲، محمد اقبال قبادی^۲

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۰۸

چکیده

برای ارزیابی قابلیت آزمون تنش اسمزی در پیش‌بینی وضعیت سبز شدن گیاهچه‌های عدس در مزرعه، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در قالب دو آزمایش جداگانه در آزمایشگاه و مزرعه در دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. در آزمایشگاه، آزمون تنش اسمزی به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل هشت توده بذر عدس (محلی ۱۳۸۹، محلی ۱۳۹۳، قزوین ۱۳۸۹، قزوین ۱۳۹۳، بیل‌سوار ۱۳۸۹، بیل‌سوار ۱۳۹۳، کیمیا ۱۳۸۹ و کیمیا ۱۳۹۳) و چهار سطح تنش اسمزی (صفر، ۳-، ۶- و ۹- بار) بودند. در مزرعه نیز هشت توده بذر عدس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار کشت شدند و خصوصیات درصد سبز شدن نهایی، میانگین سبز شدن روزانه، متوسط زمان لازم برای سبز شدن و سرعت سبز شدن گیاهچه اندازه‌گیری شدند. نتایج آزمون اسمزی نشان داد که با کاهش پتانسیل اسمزی، ویژگی‌های مرتبط با درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافتند. همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در دو آزمون مزرعه‌ای و تنش اسمزی نشان داد که درصد سبز شدن گیاهچه در مزرعه بالاترین همبستگی را با صفات متوسط جوانه‌زنی روزانه و درصد گیاهچه نرمال در آزمون تنش اسمزی در پتانسیل ۶- بار (به ترتیب با ضرایب ۰/۶۳۴ و ۰/۶۸۹) داشت. سرعت سبز شدن گیاهچه در مزرعه نیز بالاترین همبستگی را با صفات متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی و درصد گیاهچه نرمال در آزمون تنش اسمزی با پتانسیل ۶- بار (به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۷۵۳، ۰/۷۶۵ و ۰/۶۶۷) داشتند. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش به نظر می‌رسد که از آزمون تنش اسمزی در پتانسیل ۶- بار می‌توان برای پیش‌بینی سبز شدن گیاهچه عدس در مزرعه استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آزمون بذر، استقرار گیاهچه، پتانسیل اسمزی، جوانه‌زنی.

مقدمه

بذر به‌عنوان واحد بنیادین تکوین حیات گیاه، از دیرباز مورد توجه بوده و شناخت آن به نقطه آغاز کشاورزی برمی‌گردد. بذر، به‌عنوان اندام تکثیر گیاهان و مهم‌ترین نهاد تولید عملکرد مطلوب محصولات زراعی است (Fox, 2001). استفاده از بذره‌ای قوی در کشاورزی منجر به جوانه‌زنی زود، سریع، یکنواخت و کامل بذر گردیده و این امر به‌نوبه خود موجب رشد سریع گیاه خواهد شد (Latifi et al., 2004). تولید موفق محصول در هر محیطی به کیفیت اولیه بذری که

عدس (*Lens culinaris* Medic) از نظر تغذیه انسان، علوفه دام و در حاصلخیزی خاک در نظام‌های زراعی، در غرب آسیا و شمال آفریقا گیاهی بااهمیت است (Sarker et al., 2004). سطح زیر کشت عدس در ایران در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ حدود ۱۳۱ هزار هکتار و میزان تولید آن حدود ۷۷ هزار تن بوده است. در ایران حدود ۹۵ درصد از اراضی زیر کشت عدس به‌صورت دیم می‌باشند (Ahmadi et al, 2015).

در بذره‌های عدس، امکان استفاده از آزمون تنش اسمزی برای پیش‌بینی ظاهر شدن و استقرار گیاهچه ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو شرایط آزمایشگاه و مزرعه در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، در کرمانشاه اجرا شد. این محل در حاشیه شرقی شهر کرمانشاه در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا واقع است. منطقه مورد مطالعه بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی، دارای اقلیم سرد و نیمه‌خشک است.

آزمون آزمایشگاهی

آزمون تنش اسمزی به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. هشت توده بذر عدس متعلق به چهار رقم کیمیا، بیل‌سوار، قزوین و محلی که از نظر سن بذر متفاوت بودند برای این آزمایش در نظر گرفته شدند. شایان ذکر است این رقم‌ها، جزء رقم‌های رایج عدس دیم در غرب ایران می‌باشند. بذر رقم‌های کیمیا، بیل‌سوار و محلی از معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کرمانشاه (سرارود) و رقم قزوین از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قزوین تهیه گردید. بذرها از زمان تولید در شرایط دمایی ۲۵-۱۵ درجه سانتی‌گراد و کاملاً خشک نگهداری شدند. خصوصیات توده‌های بذر عدس در جدول (۱) ارائه گردیده است.

برای انجام این آزمایش ابتدا کلیه بذرها، ظروف و محیط کار ضدعفونی شدند. به این منظور بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شست‌وشو شدند. جهت ایجاد پتانسیل اسمزی از محلول پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (شرکت Merck آلمان) و روش میچل کافمن (Mitchel and Kaufmann, 1973) استفاده شد. پتانسیل‌های اسمزی به کاررفته شامل صفر (آب مقطر)، ۳-، ۶- و ۹- بار بودند (Leport, 1999). با توجه به اینکه در پتانسیل ۹- بار تعدادی از بذرها جوانه نزدند بنابراین پتانسیل اسمزی اخیر از آزمایش حذف گردید. درون هر پتری دیش شیشه‌ای (با قطر ۹ سانتی‌متر) و در کف آن‌ها یک کاغذ صافی قرار گرفت. سپس محلول موردنظر ریخته شد و ۳۰ عدد بذر بر روی آن به صورت یکنواخت توزیع گردید.

کاشته می‌شود بستگی دارد. اصطلاح کیفیت بذر در عمل به توصیف ارزش کلی یک توده بذر برای هدف مطلوب استفاده می‌شود و شامل اجزای خلوص گونه و رقم، اندازه بذر، خلوص فیزیکی، جوانه‌زنی، قدرت بذر و سلامت بذر است (Hampton et al., 2013). یکی از ویژگی‌های کیفی بذر، بنیه یا قدرت رویش است. بر اساس مشاهداتی که در بررسی توده‌های بذر گونه‌های مختلف گیاهی در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه به عمل آمده، ثابت شده است که درصد جوانه‌زنی یک توده بذر در آزمایشگاه با میزان استقرار گیاهچه‌ها در مزرعه می‌تواند متفاوت باشد. این تغییرات به علت تفاوت‌های موجود در قدرت بذر است (Dehghanshoar et al., 2005).

آزمون‌های ارزیابی بنیه بذر شامل دو دسته مستقیم و غیرمستقیم می‌باشند. در آزمون‌های مستقیم، شرایط محیطی مزرعه را به صورت مصنوعی ایجاد کرده و توانایی بذر را در سبز شدن در تنش‌های مزرعه‌ای اندازه‌گیری می‌کنند. در آزمون‌های غیرمستقیم معمولاً ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مرتبط با بنیه بذر اندازه‌گیری می‌شود (Hampton, 2003). یکی از آزمون‌های آزمایشگاهی برای تعیین بنیه بذر، آزمون تنش اسمزی است. در آزمون تنش اسمزی، بذرها را جهت جوانه‌زنی در محلول‌هایی از قبیل کلرید سدیم، گلیسرول، ساکارز، پلی‌اتیلن گلیکول و مانیتول با پتانسیل اسمزی معین قرار می‌دهند (Sharma, 1973). شواهد نشان می‌دهد که بعضی مواد اسمزی با وزن مولکولی کم (نظیر ساکارز، گلیسرول و مانیتول) می‌توانند وارد بذر در حال جوانه‌زنی شوند. در این میان، پلی‌اتیلن گلیکول (PEG) با وجود محلول بودن در آب و میل ترکیبی کم با محیط، بدون وقوع مسمومیت مولکول آن و توانایی ایجاد تغییر در پتانسیل اسمزی، جذب آب را کاهش می‌دهد (Turkan, 2005; Zhu, 2006). اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا جذب به آرامی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی انجام خواهند شد و در نتیجه مدت‌زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (De and Kar, 1994).

با توجه به اینکه آزمون تنش اسمزی برای ارزیابی سبز شدن گیاهچه در مزرعه برای ارقام رایج عدس در ایران انجام نشده بود. لذا در تحقیق حاضر، چند توده بذر عدس در سطوح مختلف تنش اسمزی مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین ارتباط بین آزمون آزمایشگاهی با شرایط مزرعه بررسی شد تا

ریشه‌چه یا ساقه‌چه، دارای ریشه‌چه یا ساقه‌چه بسیار ضعیف، دارای لکه‌های نکروره در بافت و یا گیاهچه‌های دارای جوانه انتهایی آسیب‌دیده در نظر گرفته شدند. به‌منظور برآورد میزان رشد گیاهچه‌ها، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه مربوط به گیاهچه‌های نرمال اندازه‌گیری شد، سپس بذر از گیاهچه جدا شد و ریشه‌چه‌ها و ساقه‌چه‌ها به‌طور جداگانه در داخل پاکت قرار گرفتند. نمونه‌ها در آون و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک‌شده و سپس با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شدند (AOSA, 1993).

پتری‌دیش‌ها به مدت ۱۰ روز در دمای 20 ± 1 درجه سانتی‌گراد در انکوباتور قرار داده شد (ISTA, 2006).

بذرها به‌طور روزانه بازبینی و تعداد بذرهای جوانه‌زده، ثبت و صفات موردنظر اندازه‌گیری شدند (Burris et al., 1979). در پایان دوره نیز طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید. در پایان دوره اجرای آزمون، تعداد گیاهچه‌های نرمال و غیرنرمال بر اساس معیارهای انجمن بین‌المللی آزمون بذر تعیین شد (AOSA, 1993). بر این اساس، گیاهچه‌های غیرنرمال شامل گیاهچه‌های بدون

جدول ۱. مشخصات توده‌های بذر عدس مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. The characteristics of lentil seed lots used in the experiment.

توده بذر Seed lot	رقم Cultivar	محل و سال تولید Place and year of production	توده بذر Seed lot	رقم Cultivar	محل و سال تولید Place and year of production
1	محلی Local	کرمانشاه، ۱۳۸۹ Kermanshah, 2010	5	کیمیا Kimia	کرمانشاه، ۱۳۸۹ Kermanshah, 2010
2	محلی Local	کرمانشاه، ۱۳۹۳ Kermanshah, 2014	6	کیمیا Kimia	کرمانشاه، ۱۳۹۳ Kermanshah, 2014
3	قزوین Ghazvin	قزوین، ۱۳۸۹ Ghazvin, 2010	7	بیل‌سوار Bilehsavar	کرمانشاه، ۱۳۸۹ Kermanshah, 2010
4	قزوین Ghazvin	قزوین، ۱۳۹۳ Ghazvin, 2014	8	بیل‌سوار Bilehsavar	کرمانشاه، ۱۳۹۳ Kermanshah, 2014

متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی (MTG)^۳: شاخصی از سرعت جوانه‌زنی محسوب می‌گردد و از طریق رابطه (۲) محاسبه شد (Ellis and Roberts, 1981).

$$MTG = \frac{\sum N_i D_i}{N} \quad [2]$$

N_i ، تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام؛ D_i ، تعداد روز از شروع آزمون (هنگام کشت) تا شمارش i (پایان دوره آزمون)؛ N ، تعداد کل بذرهای جوانه‌زده.

سرعت جوانه‌زنی (GR)^۴: محاسبه آن به‌صورت رابطه (۳) است (Ram et al., 1998).

$$GR = \sum \left(\frac{n}{t} \right) \quad [3]$$

n ، تعداد بذر جوانه‌زده در زمان t ؛ t ، تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی.

همچنین با شمارش روزانه تعداد بذرهای جوانه‌زده، برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی مرتبط با بنیه بذر و گیاهچه به شرح زیر محاسبه شدند:

درصد جوانه‌زنی نهایی^۱: به‌صورت تعداد کل بذر جوانه‌زده تقسیم بر تعداد کل بذر کشت‌شده ضرب در عدد ۱۰۰ به دست آمد (ISTA, 2006).

متوسط جوانه‌زنی روزانه (MDG)^۲: این پارامتر شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه است (Hunter et al., 1984). فرمول آن به‌صورت رابطه (۱) است.

$$MDG = \frac{FGP}{D} \quad [1]$$

D ، آخرین روزی که جوانه‌زنی به اتمام رسیده است (تعداد بذر جوانه‌زده ثابت شده است).

³ Mean Time to Germination

⁴ Germination Rate

¹ Final Germination Percentage

² Mean Daily Germination

سهم ذخایر بذر در وزن خشک گیاهچه = (وزن خشک گیاهچه / میزان استفاده از ذخایر) $\times 100$ [۷]
وزن خشک گیاهچه = وزن خشک ساقچه + وزن خشک ریشه‌چه

کارایی انتقال ذخایر بذر به گیاهچه = (وزن خشک اولیه بذر / میزان استفاده از ذخایر بذر) $\times 100$ [۸]

آزمون مزرعه‌ای

آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد. هشت توده بذر عدس فوق‌الذکر در مزرعه به صورت دیم کشت شدند. هر کرت شامل چهار خط کاشت به فواصل ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بذور ۲/۵ سانتی‌متر بود، تراکم ۱۶۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. در اواخر اسفندماه سال ۱۳۹۳ بذور عدس به عمق ۴-۵ سانتی‌متر کشت شدند. اولین بارندگی پس از کاشت (۱۳۹۳/۱۲/۲۹) به‌عنوان تاریخ کشت در نظر گرفته شد. در مزرعه، بلافاصله پس از مشاهده ظهور اولین گیاهچه‌ها، شمارش گیاهچه‌های ظاهر شده به صورت روزانه در هر واحد آزمایشی آغاز و تا زمانی که تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده ثابت گردیدند، شمارش ادامه داشت. در مزرعه، شاخص‌های مرتبط با قدرت رویش بذر بر اساس شاخص‌های ذیل محاسبه شد.

درصد سبز نهایی مزرعه (FEP)^۷: به صورت تعداد بذور سبز شده تقسیم بر تعداد بذور کشت شده ضرب در عدد ۱۰۰ به دست آمد. (ISTA, 2006)

میانگین سبز شدن روزانه (MDE)^۸: شاخصی از سرعت و تعداد گیاهچه سبز شده است که از تقسیم درصد سبز نهایی مزرعه (FEP) بر طول دوره‌ی آزمایش (D) به دست آمد (رابطه ۹) (ISTA, 2006).

$$MDE = \frac{FEP}{D} \quad [9]$$

میانگین زمان لازم برای سبز شدن (MTE)^۹: به‌عنوان شاخصی از سرعت سبز شدن محسوب می‌گردد و مطابق رابطه ۱۰ محاسبه شد (ISTA, 2006).

$$MTE = \frac{\sum(nd)}{\sum n} \quad [10]$$

درصد گیاهچه‌های نرمال: به صورت تعداد کل گیاهچه‌های نرمال تقسیم بر تعداد کل بذر کشت شده ضرب در عدد ۱۰۰ به دست آمد.

درصد گیاهچه‌های غیر نرمال: به صورت تعداد کل گیاهچه‌های غیرنرمال تقسیم بر تعداد کل بذر کشت شده ضرب در عدد ۱۰۰ به دست آمد.

شاخص بنیه گیاهچه (SVI)^۵: محاسبه آن به صورت رابطه (۴) است.

شاخص بنیه گیاهچه = درصد جوانه‌زنی نهایی \times طول گیاهچه [۴]

طول گیاهچه = طول ساقچه + طول ریشه‌چه

ضریب آلومتری (AC)^۶: ضریب آلومتری که رابطه بین قسمت‌های هوایی و ریشه گیاهچه بر اساس وزن خشک آن‌ها است و برخی منابع از این ضریب به‌عنوان نمایانگر نوعی از تحمل به خشکی یاد نموده‌اند. اگرچه نسبت بین قسمت‌های هوایی و ریشه تحت کنترل ژنتیکی است ولی به‌طور شدیدی تحت تأثیر محیط هم است (Kochaki and Sarmadnia, 1993). رابطه آن به صورت معادله (۵) است.

ضریب آلومتری = وزن خشک ساقچه / وزن خشک ریشه‌چه [۵]

کارایی استفاده از ذخایر بذر: بعد از اجرای آزمون، وزن خشک ریشه‌چه، ساقچه و باقی‌مانده‌ی بذرها محاسبه شدند. در نهایت، میزان استفاده از ذخایر بذر، سهم ذخایر بذر در وزن خشک گیاهچه و کارایی انتقال ذخایر بذر به گیاهچه بر اساس روابط زیر محاسبه شدند (Soltani et al., 2008).

میزان استفاده از ذخایر بذر = وزن خشک اولیه بذرها - وزن خشک ثانویه بذرها [۶]

در این رابطه، برای محاسبه وزن خشک اولیه بذرها، پس از توزین ۵۰ عدد بذر از هر توده بذری (برای هر تکرار)، اعداد حاصله را بر عدد ۵۰ تقسیم کرده تا وزن تک بذر محاسبه گردد. هم‌چنین برای وزن خشک ثانویه، پس از توزین لپه‌های باقی‌مانده از گیاهچه‌های نرمال، اعداد حاصله را بر تعداد گیاهچه‌های نرمال تقسیم کرده تا وزن تک بذر محاسبه شود. سپس مطابق فرمول مربوطه، صفت میزان استفاده از ذخایر بذر محاسبه شد.

⁷ Final Emergence Percentage

⁸ Mean Daily Emergence

⁹ Mean Time to Emergence

⁵ Seedling Vigor Index

⁶ Allometric Coefficient

که در آن n ، تعداد بذره‌های سبز شده در d روز؛ d ، تعداد روزها؛ $\sum n$ ، کل تعداد بذره‌های سبز شده.

سرعت سبز شدن گیاهچه (ER)^{۱۰}: رابطه آن به صورت معادله (۱۱) به دست آمد (Maguire, 1962).

$$ER = \sum \left(\frac{n}{d} \right) \quad [11]$$

n ، تعداد بذره‌های سبز شده در d روز؛ d ، تعداد روزها. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام گرفت. برای صفاتی که تعدادی از میانگین‌های آن‌ها عدد صفر به دست آمد تبدیل داده‌ها صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. ضرایب همبستگی بین سرعت و درصد سبز شدن گیاهچه در مزعه با صفات‌های اندازه‌گیری شده در آزمون تنش اسمزی توسط نرم‌افزار SPSS-14 محاسبه گردید.

نتایج و بحث

اثر سطوح مختلف پتانسیل اسمزی و همچنین اثر توده بذر روی تمام صفات مورد بررسی در آزمایشگاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تجزیه اورتوگونال بین ارقام تازه و انبار شده برای صفات درصد جوانه‌زنی نهایی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، سهم ذخایر بذر در وزن خشک گیاهچه، طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال پنج درصد؛ و برای صفات درصد گیاهچه‌های نرمال و غیر نرمال، میزان استفاده از ذخایر بذر و طول ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل توده بذر و تنش اسمزی برای صفات شاخص بنیه بذر، طول ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه در سطح احتمال پنج درصد؛ و برای صفات درصد جوانه‌زنی نهایی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد گیاهچه‌های نرمال و غیر نرمال، میزان استفاده از ذخایر بذر و وزن خشک ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲).

مقایسه میانگین سطوح مختلف پتانسیل اسمزی به‌کاررفته در آزمون تنش اسمزی نشان داد که پتانسیل اسمزی صفر در اکثر صفات مورد بررسی نسبت به پتانسیل‌های ۳- و ۶- بار برتری داشت و با کاهش پتانسیل اسمزی

(از صفر به ۶- بار)، اکثر ویژگی‌های جوانه‌زنی کاهش یافتند. صفات درصد جوانه‌زنی نهایی و درصد گیاهچه نرمال در پتانسیل ۳- بار به ترتیب ۴/۴ و ۹/۴۳ درصد و در پتانسیل اسمزی ۶- بار به ترتیب ۱۷/۹ و ۳۸/۱ درصد نسبت به پتانسیل صفر کاهش یافتند (جدول ۳). تأثیر تنش اسمزی حاصل از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰، در کاهش درصد جوانه‌زنی سیاه‌دانه و ماریتیغال (Balouchi et al., 2012)، تریتیکاله (Yagmur and Kaydan, 2008)، پنبه (Soltani et al., 2008) و آفتابگردان (Demirkaya et al., 2006) معنی‌دار گزارش گردیده است که با نتایج این آزمون مطابقت دارد.

کاهش سرعت جوانه‌زنی و افزایش مدت‌زمان لازم برای جوانه‌زنی، در پتانسیل‌های منفی آب به قابلیت انتشار مواد از پوسته بذر بستگی دارد، زیرا در اثر کاهش پتانسیل آب، جذب اولیه آب کاهش می‌یابد (Gharoobi et al., 2012). گزارش شده است که به دلیل کاهش سرعت جذب آب اولیه توسط بذر، شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (De and Kar, 1994). با کاهش پتانسیل اسمزی، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. در پتانسیل صفر، سرعت جوانه‌زنی ۲۰/۹۸ و در پتانسیل‌های ۳- و ۶- بار سرعت جوانه‌زنی به ترتیب ۱۳/۰۱ و ۹/۶۴ بذر در روز بود (جدول ۳). توسلی و کاسانو (Toselli and Casenave, 2003) گزارش کردند که جوانه‌زنی پنبه تحت تأثیر تنش اسمزی ۸- بار کاهش یافت. تنش بیشتر از ۳/۸- بار، جذب آب را در بذور نخود و ماش کاهش داد. گزارش شده است که تنش اسمزی ناشی از PEG بر روی توده‌های بذر نخود منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه گردید (Bayat et al., 2017). قبادی و همکاران (Ghobadi et al., 2010) گزارش کردند که خصوصیات جوانه‌زنی و شاخص بنیه جوانه‌زنی ارقام عدس با کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از PEG کاهش یافتند. بیشترین میانگین شاخص بنیه بذر در سطح پتانسیل اسمزی صفر (معادل ۷/۴۱) مشاهده شد. در پتانسیل‌های ۳- و ۶- بار، شاخص بنیه بذر به ترتیب ۲۵/۳ و ۶۰/۸ درصد کاهش یافتند. تنش اسمزی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را تحت تأثیر قرار داد. به طوری که طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در پتانسیل ۳- بار به ترتیب ۱۱/۶ و ۴۳/۸ درصد و

¹⁰ Emergence Rate

جدول ۲. تجزیه واریانس خصوصیات مختلف جوانه‌زنی در آزمون تنش اسمزی (میانگین مربعات)

Table 2. Analysis of variance for germination characteristics in osmotic stress test (mean squares).

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی نهایی Final Germination Percentage	متوسط جوانه‌زنی روزانه Mean Daily Germination	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی Mean Time to Germination	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate	شاخص بنیه بذر Seedling Vigour Index
Osmotic stress (O)	تنش اسمزی	2	1910.57**	2372.10**	12.39**	814.90**	123.01**
Seed lot (S)	توده بذر	7	793.15**	254.71**	3.96**	124.55**	21.85**
New vs stored seed lots	بذرهای تازه در مقابل انبارشده	1	847.28*	560.95*	1.552 n.s	142.29*	20.08*
O × S	تنش اسمزی × توده بذر	14	286.23**	94.26**	25.32**	10.15**	1.68*
Error	خطا	48	18.203	18.229	0.034	1.632	0.681
C.V. (%)	ضریب تغییرات (%)		4.82	17.60	7.61	8.78	15.62

Table 2. Continued

جدول ۲. ادامه

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	درصد گیاهچه‌های نرمال Normal Seedling Percentage	درصد گیاهچه‌های غیرنرمال Abnormal Seedling Percentage	ضریب آلومتر Allometric Coefficient	میزان استفاده از ذخایر بذر Use of seed storage	سهم ذخایر بذر در وزن خشک گیاهچه Contribution of seed storage in seedling weight
Osmotic stress (O)	تنش اسمزی	2	7509.57**	1844.50**	1.838**	1310.04**	3037.22**
Seed lot (S)	توده بذر	7	1536.19**	379.41**	1.094**	1894.1**	834.74**
New vs stored seed lots	بذرهای تازه در مقابل انبارشده	1	3296.31**	801.20**	0.376 n.s	1295.4**	273.31*
O × S	تنش اسمزی × توده بذر	14	426.51**	152.96**	0.169 n.s	119.23**	50.90 n.s
Error	خطا	48	23.728	21.102	0.093	12.278	41.226
C.V. (%)	ضریب تغییرات (%)		6.49	24.30	20.94	7.87	16.98

Table 2. Continued

جدول ۲. ادامه

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight
Osmotic stress (O)	تنش اسمزی	2	2304.08**	10896.6**	9.198**	60.004**
Seed lot (S)	توده بذر	7	362.51**	481.49**	1.37**	4.086**
New vs stored seed lots	بذرهای تازه در مقابل انبارشده	1	664.30*	617.76**	2.160*	11.648*
O × S	تنش اسمزی × توده بذر	14	105.11 n.s	60.468*	0.505*	1.386**
Error	خطا	48	363.08	19.941	0.213	0.321
C.V. (%)	ضریب تغییرات (%)		21.54	13.27	18.03	15.32

در هر ستون و بین دو خط افقی، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column and between two horizontal lines, means with at least one similar letter are no different at 5% level.

توده‌های بذر محلی ۹۳ و قزوین ۹۳ (به ترتیب با ۱/۵۳ و ۱/۹۸ روز) دارای بیشترین سرعت و توده بذر کیمیا ۸۹ (با ۳/۵۰ روز) دارای کمترین سرعت بودند (جدول ۳). توده‌های بذر دارای طول ساقه‌چه بیشتر، دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتری نیز بودند. به‌عنوان مثال، توده‌های بذر محلی ۹۳ و ۸۹ هم از نظر طول ساقه‌چه و هم از نظر سرعت جوانه‌زنی نسبت به سایر توده‌های بذر برتر بودند (جدول ۳). برتری توده‌های بذر تازه نسبت به انبارشده در مقایسه گروهی نمایان‌تر بود. بذره‌های تولید ۱۳۹۳ خصوصیات جوانه‌زنی بهتری نسبت به بذره‌های تولید ۱۳۸۹ داشتند. برای مثال، بذره‌های تولید ۱۳۹۳ از درصد جوانه‌زنی بالاتری نسبت به بذره‌های تولید ۱۳۸۹ (به میزان ۶/۸ درصد) برخوردار بودند. اختلاف بین بذره‌های تولید ۱۳۹۳ و ۱۳۸۹ از نظر درصد گیاهچه نرمال بیشتر از درصد جوانه‌زنی بود و بذره‌های تولید ۱۳۹۳ حدود ۱۳/۵ درصد گیاهچه نرمال بالاتری نسبت به بذره‌های تولید ۱۳۸۹ داشتند. دوره انبارداری، توان رویشی گیاهچه را بیشتر از قوه نامیه کاهش داد به‌طوری‌که برتری بذره‌های تولید ۱۳۹۳ از نظر شاخص بنیه بذر به‌مراتب بیشتر از صفات درصد جوانه‌زنی و درصد گیاهچه نرمال به دست آمد، بذره‌های تولید ۱۳۹۳ از شاخص بنیه بذر بالاتری نسبت به بذره‌های تولید ۱۳۸۹ برخوردار بودند (جدول ۴).

در پتانسیل ۶- بار به ترتیب ۵۲/۴ و ۷۶/۴ درصد نسبت به پتانسیل صفر کاهش یافتند. نتایج استفانی و همکاران (Stephanie et al. 2005) در گیاه مریم‌گلی، بیانگر کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه با افزایش شدت تنش اسمزی بود. گالشی و همکاران (Galeshi et al, 2007) گزارش کردند که با منفی‌تر شدن پتانسیل آب از ۱- تا ۸- بار، مؤلفه‌های جوانه‌زنی (درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی) کاهش یافتند و طول ساقه‌چه و وزن خشک آن نسبت به سایر صفات، کاهش بیشتری نشان دادند. مقایسه میانگین توده‌های بذر عدس نشان‌دهنده برتری برخی توده‌های بذر بود. به‌عنوان مثال برای صفت درصد جوانه‌زنی نهایی، توده‌های بذر قزوین ۹۳ و ۸۹ (به ترتیب با ۹۷/۱۱ و ۹۴/۵۹ درصد) بالاترین و بیله‌سوار ۸۹ (با ۶۷/۹۶ درصد) کمترین مقادیر را داشتند. همچنین در صفت متوسط جوانه‌زنی روزانه مشاهده شد که بالاترین مقادیر متعلق به توده‌های بذر قزوین ۹۳ و محلی ۹۳ (به ترتیب با ۳۱/۶۶ و ۳۱/۰۴ بذر در روز) بود. لازم به ذکر است که پایین‌ترین مقادیر صفت مذکور را توده‌های کیمیا ۸۹ (۱۷/۱۰) و بیله سوار ۸۹ (۱۸/۸۰) داشتند. متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی توده‌های بذر است و هر چه مقدار عددی آن کمتر باشد سرعت جوانه‌زنی بالاتر است.

جدول ۳. مقایسه میانگین سطوح پتانسیل اسمزی و توده‌های بذر عدس از نظر صفات جوانه‌زنی در آزمون تنش اسمزی

Table 3. Mean comparisons of osmotic potential levels and lentil seed lots in terms of germination characteristics in osmotic stress test.

پتانسیل‌های اسمزی و توده‌های بذر Osmotic potentials and Seed Lots	درصد جوانه‌زنی نهایی Final Germination Percentage	متوسط جوانه‌زنی روزانه Mean Daily Germination (Day seed ⁻¹)	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی Mean Time to Germination (Day seed ⁻¹)	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate (Seed day ⁻¹)	شاخص بنیه بذر Seedling Vigour Index	
0 bar	صفر	95.55 a	68a.34	1.62 c	20.98a	7.41 a
-3 bar	۳- بار	91.33 b	23.20 b	2.58 b	13.01 b	5.53b
-6 bar	۶- بار	78.43c	14.88 c	3.02 a	9.64 c	2.90 c
Local 2010	محلی 89	91.92b	23.88bc	1.89d	17.63b	6.74 b
Local 2014	محلی 93	93.70ab	31.04a	1.53e	20.90a	8.14 a
Ghazvin 2010	قزوین 89	94.59ab	26.07b	2.39c	14.25c	5.02 cd
Ghazvin 2014	قزوین 93	97.11a	31.66a	1.98d	16.77b	5.52 c
Bilehsavar 2010	بیله سوار 89	67.96d	18.80d	2.43c	10.68e	3.67 e
Bilehsavar 2014	بیله سوار 93	84.07c	20.71cd	2.31c	14.07c	4.26 de
Kimia2010	کیمیا 89	85.55c	17.10d	3.50a	10.00e	3.58 e
Kimia 2014	کیمیا 93	92.59b	24.77b	3.22b	12.06d	5.30 c

Table 3. Continued

پتانسیل‌های اسمزی و توده‌های بذر Osmotic potentials and Seed Lots		درصد گیاهچه‌های Normal Seedling Percentage	درصد گیاهچه‌های غیرنرمال Abnormal Seedling Percentage	ضریب آلومتری Allometric Coefficient	میزان استفاده از ذخایر بذر Use of seed storage	سهم ذخایر بذر در وزن گیاهچه Contribution of seed storage in seedling weight
0 bar	صفر	89.17 a	6.38 c	1.74 a	51.46a	28.28 c
-3 bar	۳- بار	80.76 b	10.57 b	1.43 b	45.36 b	34.90b
-6 bar	۶- بار	55.20 c	23.22a	1.18 c	36.57 c	50.21 a
Local 2010	محلی ۸۹	84.81a	7.11 c	1.86 a	27.96 g	24.44 c
Local 2014	محلی ۹۳	89.07a	4.62 c	2.07a	31.62f	21.94 c
Ghazvin 2010	قزوین ۸۹	72.46c	22.12a	1.35b	57.57 b	42.89 b
Ghazvin 2014	قزوین ۹۳	89.26a	7.85 c	1.24 bc	68.05 a	39.17b
Bilehsavar 2010	بيله سوار ۸۹	51.40e	16.55b	0.99 c	29.04fg	41.34b
Bilehsavar 2014	بيله سوار ۹۳	71.14c	12.92b	1.36 b	42.98 e	41.11 b
Kimia2010	کیمیا ۸۹	64.44d	21.11a	1.32 b	46.56d	50.32 a
Kimia 2014	کیمیا ۹۳	77.77b	14.81b	1.42 b	52.42c	41.18 b

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

پتانسیل‌های اسمزی و توده‌های بذر Osmotic potentials and Seed Lots		طول ریشه‌چه Root length (cm)	طول ساقه‌چه Shoot length (cm)	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weighth (mg)	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weighth (mg)
0 bar	صفر	35.57 a	55.54 a	3.13 a	5.34 a
-3 bar	۳- بار	31.42 b	31.18b	2.63 b	3.56 b
-6 bar	۶- بار	16.91c	13.07c	1.90 c	2.18 c
Local 2010	محلی ۸۹	30.30 bc	40.02 b	2.02 d	3.75bc
Local 2014	محلی ۹۳	35.06ab	45.90a	2.29 cd	4.70 a
Ghazvin 2010	قزوین ۸۹	27.64 cd	30.70 d	2.74 b	3.86 bc
Ghazvin 2014	قزوین ۹۳	28.00 cd	35.08c	3.33a	4.28 ab
Bilehsavar 2010	بيله سوار ۸۹	16.88 e	27.65 d	2.43 bcd	2.54d
Bilehsavar 2014	بيله سوار ۹۳	24.11 d	34.92 c	2.68 bc	3.70 c
Kimia2010	کیمیا ۸۹	24.90 cd	22.97e	2.36bcd	3.02 d
Kimia 2014	کیمیا ۹۳	36.85a	28.87 d	2.59bc	3.71 c

در هر ستون و بین دو خط افقی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column and between two horizontal lines, means with at least one similar letter are no different at 5% level

نیز از نظر صفات درصد سبز شدن نهایی گیاهچه و میانگین سبز شدن روزانه در سطح احتمال یک درصد و صفات متوسط زمان لازم برای سبز شدن و سرعت سبز شدن گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۵).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در شرایط مزرعه‌ای نشان داد که توده‌های بذر عدس از نظر صفات درصد سبز شدن نهایی گیاهچه، میانگین سبز شدن روزانه، متوسط زمان لازم برای سبز شدن و سرعت سبز شدن گیاهچه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بودند (جدول ۵). تجزیه اورتوگونال نشان داد که بین ارقام تازه و انبارشده

جدول ۴. مقایسه میانگین توده‌های بذر تازه (تولید ۱۳۹۳) و انبارشده (تولید ۱۳۸۹) عدس از نظر صفات جوانه‌زنی در آزمون تنش اسمزی
 Table 4. Mean comparisons of new (production year 2014) vs stored (production year 2010) lentil seed lots in terms of germination characteristics in osmotic stress test

سال تولید Production year	درصد جوانه‌زنی		متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی		
	نهایی Final Germination Percentage	متوسط جوانه‌زنی روزانه Mean Daily Germination (Day seed ⁻¹)	جوانه‌زنی Mean Time to Germination (Day seed ⁻¹)	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate (Seed day ⁻¹)	شاخص بنیه بذر Seedling Vigour Index
تولید ۱۳۸۹ Production 2010	85.00 b	21.46 b	2.55 a	13.14 b	4.75 b
تولید ۱۳۹۳ Production 2014	91.86 a	27.04 a	2.26 a	15.95 a	5.80 a

Table 4. Continued

جدول ۴. ادامه

سال تولید Production year	درصد گیاهچه‌های		سهم ذخایر بذر در وزن گیاهچه		
	درصد گیاهچه‌های Normal Seedling Percentage	غیرنرمال Abnormal Seedling Percentage	ضریب آلومتری Allometric Coefficient	میزان استفاده از ذخایر بذر Use of seed storage	Contribution of seed storage in seedling weight
تولید ۱۳۸۹ Production 2010	68.27 b	16.72 a	1.38 a	40.28 b	39.74 a
تولید ۱۳۹۳ Production 2014	81.81 a	10.05 b	1.52 a	48.76 a	35.85 b

Table 4. Continued

جدول ۴. ادامه

سال تولید Production year	طول ریشه‌چه		وزن خشک ساقه‌چه	
	طول ریشه‌چه Root length (cm)	طول ساقه‌چه Shoot length (cm)	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight (mg)	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight (mg)
تولید ۱۳۸۹ Production 2010	24.93 b	30.33 b	2.38 b	3.29 b
تولید ۱۳۹۳ Production 2014	31.00 a	36.16 a	2.72 a	4.09 a

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.
 In each column, means with at least one similar letter are no different at 5% level

یولتانا (Saha and Sultana, 2008) و محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2011) گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی بذر، ظاهر شدن گیاهچه و عملکرد گیاه زراعی در مزرعه در نتیجه پیری بذر کاهش پیدا می‌کند. قدرت بذر تحت تأثیر پیری و زوال بذر است و در پی آن شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Chen et al., 2007). از نظر صفت میانگین سبز شدن روزانه، توده بذر محلی ۹۳ (۱۲/۸۴) و کیمیا ۸۹ (۷/۴۲) به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر را داشتند (جدول ۶). بذره‌های باکیفیت و دارای قدرت بالاتر می‌توانند بهتر سبز شوند و در زمانی که با تنش‌های محیطی مواجه می‌شوند، درصد سبز شدن و سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشته

مقایسه میانگین توده‌های بذر (جدول ۶) و همچنین مقایسه اورتوگونال (جدول ۷) مشخص نمود که توده‌های بذر با سن و طول دوره انبارداری بیشتر در هر توده بذر، درصد سبز شدن نهایی گیاهچه، میانگین سبز شدن روزانه و سرعت سبز شدن کمتر و متوسط زمان لازم برای سبز شدن بیشتری را نشان دادند. به‌عنوان مثال، از نظر صفت درصد سبز شدن نهایی گیاهچه توده بذر قزوین ۹۳ (با ۹۶/۸۸ درصد) بالاترین و توده بذر محلی ۸۹ (با ۸۵/۴۲ درصد) کمترین مقادیر را داشتند. این نتایج با گزارش قرینه و همکاران (Gharineh et al., 2004) روی گندم و گزارش بیات و همکاران (Bayat et al. 2017) روی نخود مطابقت داشت. همچنین ساها و

و در نهایت گیاهچه‌های قوی‌تری تولید نمایند (McDonald et al., 2004). با افزایش فرسودگی بذرها و کاهش بنیه بذر، درصد و سرعت سبز شدن بذرها در مزرعه کاهش می‌یابد، در نتیجه در اثر کاهش تراکم بوته در واحد سطح، کاهش رقابت رویشی بین بوته‌ها، نورگیری خوب و از طرفی به علت پایین بودن قدرت رشد، بوته‌های فرسوده زودتر به گل رفته و در نتیجه زمان رسیدگی کاهش می‌یابد و نهایتاً منجر به کاهش عملکرد می‌گردد (Gharineh et al., 2004).

جدول ۵. تجزیه واریانس خصوصیات سبز شدن گیاهچه توده‌های بذر عدس در شرایط مزرعه (میانگین مربعات)

Table 5- Analysis of variance for seedling characteristics of lentil seed lots under field condition (mean squares).

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	درصد سبز شدن نهایی گیاهچه Final Emergence Percentage	میانگین سبز شدن روزانه Mean Daily Emergence	متوسط زمان لازم برای سبز شدن Mean Time of Emergence	سرعت سبز شدن گیاهچه Emergence Rate
Replication	تکرار	2	6.106ns	4.713ns	1.354ns	1.021ns
Seed Lot	توده بذر	7	52.982**	10.398**	10.759**	23.695**
New vs stored seed lots	بذرهای تازه در مقابل انبارشده	1	150.050**	5.248**	2.419*	6.262*
Error	خطا	16	4.031	1.758	0.532	1.312
C.V. (%)	ضریب تغییرات		2.18	13.29	12.88	13.91

ns, * and **: Non-significant, significant at 5 and 1% level of probability, respectively.

جدول ۶. مقایسه میانگین توده‌های مختلف بذر عدس از نظر خصوصیات سبز شدن گیاهچه در شرایط مزرعه.

Table 6. Mean comparisons of lentil seed lots in terms of germination characteristics under field conditions.

توده‌های بذر Seed Lots	درصد سبز شدن نهایی گیاهچه Final Emergence Percentage	میانگین سبز شدن روزانه Mean Daily Emergence	متوسط زمان لازم برای سبز شدن Mean Time of Emergence	سرعت سبز شدن گیاهچه Emergence Rate
Local 2010	85.42 c	11.61 a	4.12 d	9.84 b
Local 2014	94.79 a	12.84 a	3.82 d	10.32 ab
Ghazvin 2010	95.42 a	8.82 bc	4.58 cd	10.33 ab
Ghazvin 2014	96.88 b	10.87 ab	3.90 d	12.23 a
Bilehsavar 2010	87.92 bc	8.86 bc	6.47 b	6.18 cd
Bilehsavar 2014	95.83 a	10.96 ab	5.75 bc	7.22 c
Kimia 2010	89.79 b	7.42 c	8.73 a	4.71 d
Kimia 2014	91.04 b	8.40 c	7.89 a	5.02 d

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. In each column, means with at least one similar letter have no significant differences at 5% level.

(به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۷۱۴، ۰/۷۲۴ و ۰/۴۲۶)؛ و در سطح ۶- بار صفات درصد جوانه‌زنی نهایی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی، درصد گیاهچه‌های نرمال و شاخص بنیه بذر (به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۴۸۸، ۰/۷۵۳، ۰/۷۶۵، ۰/۶۶۷ و ۰/۴۱۰) همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بالاتری با سرعت سبز شدن گیاهچه در مزرعه داشتند (جدول ۸). با توجه به اینکه صفات متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی و درصد گیاهچه‌های نرمال در پتانسیل ۶- بار با صفات درصد سبز شدن و سرعت سبز شدن گیاهچه در مزرعه همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار داشتند، بنابراین می‌توان از طریق این صفات و این سطح از تنش اسمزی برای پیش‌بینی شرایط مزرعه استفاده کرد.

نتیجه‌گیری کلی

بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار درصد سبز شدن گیاهچه در مزرعه با آزمون تنش اسمزی مربوط به صفات‌های متوسط جوانه‌زنی روزانه و درصد گیاهچه نرمال در پتانسیل اسمزی ۶- بار به ترتیب با ضرایب ۰/۶۳۴ و ۰/۶۸۹ بود. همچنین بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار سرعت سبز شدن گیاهچه در مزرعه با آزمون تنش اسمزی متعلق به صفات‌های متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی و درصد گیاهچه نرمال در پتانسیل اسمزی ۶- بار به ترتیب با ضرایب ۰/۷۵۳، ۰/۷۶۵ و ۰/۶۶۷ بود؛ بنابراین به نظر می‌رسد که آزمون تنش اسمزی در پتانسیل اسمزی ۶- بار قابلیت پیش‌بینی سبز شدن گیاهچه‌های عدس در مزرعه در شرایط دیم را داشته باشد.

صفت متوسط زمان لازم برای سبز شدن یکی از صفات مهم سبز شدن گیاهچه است و هرچه مقدار عددی آن کمتر باشد مطلوب‌تر است. از نظر این صفت، توده بذر محلی ۹۳ (۳/۴۲ روز) و کیمیا ۸۹ (۸/۷۳ روز)، به ترتیب کمترین و بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). نتایج این تحقیق با مشاهدات بسرا و همکاران (Basra et al., 2003) در پنبه و قرینه و همکاران (Gharineh et al., 2004) در گندم مبنی بر تأثیر تیمار پیری بر کاهش سرعت سبز شدن گیاهچه مطابقت دارد.

تجزیه همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در آزمون تنش اسمزی با درصد سبز شدن گیاهچه در مزرعه نشان داد که در سطح پتانسیل اسمزی صفر، صفات میزان استفاده از ذخایر بذر، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه (به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۵۰۱، ۰/۶۱۰ و ۰/۵۱۹)؛ در سطح پتانسیل اسمزی ۳- بار صفات متوسط جوانه‌زنی روزانه و میزان استفاده از ذخایر بذر (به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۴۰۴ و ۰/۶۱۶) و در سطح پتانسیل اسمزی ۶- بار صفات متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی، درصد گیاهچه‌های نرمال و میزان استفاده از ذخایر بذر (به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۶۳۴، ۰/۴۷۶، ۰/۶۸۹ و ۰/۴۵۶) با درصد سبز شدن گیاهچه در مزرعه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بودند (جدول ۸).

در سطح پتانسیل اسمزی صفر، صفات سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه (به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۵۳۶، ۰/۶۲۰، ۰/۶۲۲، ۰/۵۸۹ و ۰/۶۲۰)؛ در سطح ۳- بار صفات متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی و درصد گیاهچه‌های نرمال

جدول ۷. مقایسه میانگین توده‌های بذر جدید (تولید ۱۳۹۳) و انبارشده (تولید ۱۳۸۹) عدس از نظر خصوصیات سبز شدن گیاهچه در شرایط مزرعه

Table 7. Mean comparisons of new (production year 2014) vs stored (production year 2010) lentil seed lots in terms of seedling emergence characteristics in the field condition.

سال تولید	درصد سبز شدن گیاهچه	میانگین سبز شدن روزانه	متوسط زمان لازم برای سبز شدن	سرعت سبز شدن گیاهچه
Production year	Seedling emergence percentage	Mean daily emergence (seedling day ⁻¹)	Mean time to emergence (day)	Seedling emergence rate (seedling day ⁻¹)
تولید ۱۳۸۹	89.63 b	9.17 b	5.97 a	7.76 b
تولید ۱۳۹۳	94.72 a	10.76 a	5.34 b	8.69 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, means with similar letters have no significant differences at 5% level.

جدول ۸. ضرایب همبستگی صفات آزمون تنش اسمزی در پتانسیل‌های مختلف با درصد و سرعت سبز شدن نهایی در مزرعه
 Table 8. Correlation coefficients among traits of osmotic stress test at different potentials with percentage and rate of seedling emergence in the field.

Osmotic potentials	Traits in osmotic stress test			صفات اندازه‌گیری شده در آزمون تنش اسمزی				
	پتانسیل اسمزی نهایی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	درصد گیاهچه نرمال	درصد گیاهچه‌های غیرنرمال	شاخص بنیه بذر	
	Final Germination Percentage	Mean Daily Germination (Day seed ⁻¹)	Mean Time to Germination (Day seed ⁻¹)	Germination Rate (Seed day ⁻¹)	Normal Seedling Percentage	Abnormal Seedling Percentage	Seedling Vigour Index	
	Seedling emergence percentage in field			درصد سبز شدن گیاهچه در مزرعه				
0 bar	صفر	0.212 ^{ns}	0.048 ^{ns}	0.041 ^{ns}	0.127 ^{ns}	-0.003 ^{ns}	0.173 ^{ns}	0.128 ^{ns}
-3 bar	-۳ بار	0.317 ^{ns}	0.404*	-0.293 ^{ns}	0.172 ^{ns}	0.166 ^{ns}	0.047 ^{ns}	0.091 ^{ns}
-6 bar	-۶ بار	0.317 ^{ns}	0.634**	-0.216 ^{ns}	0.476*	0.689**	-0.251 ^{ns}	-0.054 ^{ns}
	Seedling emergence rate in field			سرعت سبز شدن گیاهچه در مزرعه				
0 bar	صفر	0.260 ^{ns}	0.169 ^{ns}	-0.442*	0.536**	0.036 ^{ns}	0.158 ^{ns}	0.620**
-3 bar	-۳ بار	-0.444*	0.714**	-0.750**	0.724**	0.426*	-0.241 ^{ns}	0.327 ^{ns}
-6 bar	-۶ بار	0.488*	0.753**	-0.712**	0.765**	0.667**	-0.695**	0.410*

Table 8. Continued

جدول ۸. ادامه

Osmotic potentials	Traits in osmotic stress test			صفات اندازه‌گیری شده در آزمون تنش اسمزی				
	پتانسیل اسمزی	ضریب آلومتری	میزان استفاده از ذخایر بذر	سهم ذخایر بذر در وزن گیاهچه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه
	Osmotic potentials	Allometric Coefficient	Usage rate of seed storage	Contribution of seed storage to seedling weight	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Root dry weight (mg)	Shoot dry weight (mg)
	Seedling emergence percentage in field			درصد سبز شدن گیاهچه در مزرعه				
0 bar	صفر	-0.147 ^{ns}	0.501**	0.120 ^{ns}	0.041 ^{ns}	0.342 ^{ns}	0.610**	0.519**
-3 bar	-۳ بار	-0.060 ^{ns}	0.616**	0.068 ^{ns}	0.291 ^{ns}	0.036 ^{ns}	0.333 ^{ns}	0.242 ^{ns}
-6 bar	-۶ بار	-0.055 ^{ns}	0.456*	0.205 ^{ns}	0.089 ^{ns}	0.119 ^{ns}	0.399 ^{ns}	0.259 ^{ns}
	Seedling emergence rate in field			سرعت سبز شدن گیاهچه در مزرعه				
0 bar	صفر	0.146 ^{ns}	0.209 ^{ns}	-0.368 ^{ns}	-0.142 ^{ns}	0.622**	0.589**	0.620**
-3 bar	-۳ بار	0.240 ^{ns}	0.071 ^{ns}	-0.496*	0.242 ^{ns}	0.370 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.180 ^{ns}
-6 bar	-۶ بار	0.286 ^{ns}	0.316 ^{ns}	-0.319 ^{ns}	0.324 ^{ns}	0.286 ^{ns}	-0.141 ^{ns}	0.267 ^{ns}

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns, * and **: Non-significant, significant at 5 and 1% level of probability, respectively.

منابع

- Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H.R., Hosseinpour, R., Abdeshah, H., Kazemian, A., Raffei, M., 2015. Crop production statistics. Ministry of Agriculture-Jahad. 169p. (In Persian).
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1993. Seed Vigor Testing Handbook. The Association of Official Seed Analysts and the Society of Commercial Seed Technologists. 19P.
- Balouchi, H., Yadavi, A., Movahedi Dehnavi, M., 2012. Effect of Osmotic Stress on Seed Germination Indices of *Nigella sativa* and *Silybum marianum*. *Journal of Crop Ecophysiology*. 5(4), 97-110. [In Persian with English Summary].
- Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N., Cheema, M.A., 2003. Assessment of cotton seed deterioration during accelerated ageing test. *Seed Science Technology*. 31, 531-540.
- Bayat, P., Ghobadi, M., Ghobadi, M.E., Mohammadi, Gh., 2017. Assessing the ability of osmotic stress test to predict emergence and establishment of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings in the field. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 10(1), 79-89. [In Persian with English Summary].
- Bayat, P., Ghobadi, M., Ghobadi, M.E., Mohammadi, Gh.R., 2016. Estimation of standard seed germination ability in vitro to predict the appearance and establishment of chickpea seedlings (*Cicer arietinum* L.) in the field. *Iranian Journal of Science and Technology*. 1, 38-27. [In Persian with English Summary].
- Burris, J.S., Wahab, A.H., Edje, O.T., 1979. Effect of seed size on seedling performance in soybean. Seedling growth and respiration in the dark. *Crop Science*. 11, 492-496.
- Chen, J.Z., Zhong, S., 2007. Effect of exogenous salicylic acid on growth and H₂O₂ Metabolizing enzymes in rice seedlings lead stress. *Environmental Sciences*. 19, 44-49.
- De, R., Kar, R.K., 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG 6000. *Seed Science Technology*. 23, 301-308
- Demirkaya, M., Okcu, G., Atak, M., Cikili, Y., kolsarici, O., 2006. Seed Treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower. *European Journal of Agronomy*. 24, 291-295.
- Eisvand, H.R., Tavakolafshari, F., Sharif, Zadeh, F., MadahiArefi, H., Hesamzadehejazi, M., 2008. Improvement of physiological quality of deteriorated tall wheat grass (*Agropyron elongatum*) host seeds by hormonal priming for non-drought and drought stress conditions. *Iranian Field Crop Research*. 39, 53-65. [In Persian with English Summary].
- Ellis, R.H., Roberts, E.H., 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technolgy*. 9, 373-409.
- Fox, M.J., 2001. Soybean seed quality. By Bob Byrnes. The ISTA News Bulletin WEB, ISTA, Zurich. 112p.
- Galeshi, S., Farzaneh, S., Soltani, A., Rezaei, J., 2007. Evaluation of drought tolerance in forty cotton genotypes at germination stage. *Journal Agricultural Science Natural Research*. 13, 42-57. [In Persian with English Summary].
- Gharineh, M.H., Bakhshandeh, A.M., Ghassemi-Golezani, K., 2004. Effects of viability and vigour of seed on establishment and grain yield of wheat cultivars in field conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*. 20, 383-400. [In Persian with English Summary].
- Gharoobi, B., Ghorbani, M., Ghasemi Nezhad, M., 2012. Effects of different levels of osmotic potential on germination percentage and germination rate of barley, corn and canola. *Iranian Journal of Plant Physiology*. 2 (2), 413-417. [In Persian with English Summary].
- Ghobadi, M., Kazemi, S.F., Ghobadi, M.E., 2010. Study the germination characteristics of lentil (*Lens culinaris*) cultivars to osmotic stress. The Third Iranian Pulse Crops Symposium. 19-20 May. Kermanshah, Iran. [In Persian].
- Hampton, J.G., 2003. Methods of Viability and Vigour Testing: A Critical and Appraisal. CBS Publishers and Distributers, New Delhi, India. 118p.
- Hunter, EA., Glasbey, CA., Naylor, R.E.L., 1984. The analysis of data from germination tests. *Journal of Agricultural Science Cambridge*. 102, 207-213
- International Seed Testing Association (ISTA). 2006. International Rules for Seed Testing. Basserdorf, Switzerland, 379 p.

- Khoshshokhan, F., Babalar, M., Chaghazardi H.R., Fatahi-Moghadam, M.R., 2012. Effect of salinity and drought stress on Germination indices of two thymus species. *Cercetări Agronomice în Moldova*. 149, 27-35.
- Kochaki, A., Saramatinia, H., 1993. *Physiology of Crop Plants*. Publications of University of Mashhad. 400p. [In Persian].
- Latifi, N., Soltani, A., Spanner, D., 2004. Effect of temperature on germination components in Canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 35, 313-321. [In Persian with English summary].
- Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Duda, R. Devies, S.L., Tennant, D. Siddique, K.H.M., 1999. Physiological response of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy*. 11, 279-291.
- Maguire, J.D., 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*. 2, 176-177.
- McDonald, C.M., Floyd, C.D., Waniska, R.D., 2004. Effect of accelerated aging on maize and Sorghum. *Cereal Science*. 39, 351- 301.
- Michel, B.E., Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of poly ethylene glycol 6000. *Plant Physiology*. 51, 914-916
- Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour H.R., Zeinali E., 2011. Effects of seed ageing on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. *International Journal of Plant Production*. 5, 65-70.
- Moradi, A., Younesi, O., 2009. Effects of Osmo- and Hydro-priming on Seed Parameters of Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 3, 1696-1700.
- Ram, C., Wiesner, E., 1998. Effect of artificial ageing on physiological and biochemical parameters of seed quality in wheat. *Seed Science Technology*. 16, 579-587.
- Saha, R.R., Sultana, w., 2008. Influence of seed ageing on growth and yield of soybean. *Bangladesh Journal Botany*. 37, 6-21.
- Sarker, A., Ayogan, A., Sabaghpour, S.H., Sakr, B., Erskine, W., 2004. Lentil improvement for the benefit of highland farmers. In *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*. Brisbane, Australia.
- Shiranirad. A., 2000. *Crop Physiology*. Dibagaran Publication, Tehran. 361p. [In Persian].
- Sharma M.L., 1973. Simulation of drought and its effect on germination of five pasture species. *Agronomy Journal*. 65, 982-987.
- Sinaki, J.M., Majidi-Heravan, E., Shirani Rad, A.H., Noor-mohammadi, G.H., Zarei, G., 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*. 2, 417-422.
- Soltani, E., Ghaderi, A., Memar, H., 2008. The effect of priming on germination components and seedling growth of cotton seeds under drought. *Journal of Agricultural Science and Natural Research*. 14(5), 9-16. [In Persian with English Summary].
- Stephanie, E.B., Svoboda, V.P., Paul, A.T., Marc, W.V.I., 2005. Controlled drought affects morphology and anatomy of *Salvia solendens*. *Horticultural Society*. 130, 775-781.
- Toselli, M.E., Casenave E.C., 2003. Water content and the effectiveness of hydro and osmotic priming of cotton seeds. *Seed Science Technology*. 31, 272-735.
- Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., Koca, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought – tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*. 3, 201-204.
- Yagmur, M., Kaydan, D., 2008. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. *African Journal of Biotechnology*. 13, 156-162.
- Zhu, J., Kang, H., Tan, H., Xu, M., 2006. Effects of drought stresses induced by polyethylene glycol on germination of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* seed from natural and plantation forests on sandy land. *Journal of Forest Research*. 11, 319-328.