تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۶
۷۹-۸۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.533

ارزیابی قابلیت آزمون تنش اسمزی برای پیش‌بینی سبز شدن و استقرار گیاهچه‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) در مزرعه

پروین بیات[۱]، مختار قبادی[۲*]، محمد اقبال قبادی[۳]، غلامرضا محمدی[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی.
۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی.
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۰۶

چکیده

به‌منظور بررسی توانایی آزمون تنش اسمزی برای پیش‌بینی سبز شدن و استقرار گیاهچه‌های نخود در مزرعه، آزمایشی در دو شرایط آزمایشگاه و مزرعه اجرا گردید. آزمایش‌ها در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سال زراعی ۱۳۹۱ انجام شد. در آزمایشگاه ۱۳ توده بذر نخود از منشأهای مختلف با استفاده از روش‌های بین‌المللی آزمون بذر تحت تیمار تنش اسمزی قرار گرفتند. پتانسیل اسمزی ۶- بار با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلایکول۶۰۰۰ تهیه شد. در مزرعه ۱۳ توده بذر با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار کشت شدند و صفت‌های درصد و سرعت سبز شدن گیاهچه مورد ارزیابی قرار گرفتند. در تجزیه واریانس داده‌ها در آزمایشگاه و مزرعه مشخص شد که توده‌های بذر ازنظر خصوصیات جوانه‌زنی تفاوت آماری معنی‌داری دارند و توده‌های بذر جدید نسبت به قدیم از خصوصیات جوانه‌زنی و بنیه بذر بالاتری برخوردار بودند. همبستگی بین صفات نشان داد که درصد و سرعت سبز شدن گیاهچه در مزرعه با طول و وزن خشک ساقه‌چه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. بنابراین به نظر می‌رسد این آزمون قابلیت پیش‌بینی درصد و سرعت سبز شدن گیاهچه در مزرعه را تا حداکثر ۳۰ درصد دارد.

***واژه‌های کلیدی*: بنیه بذر، پتانسیل اسمزی، جوانه‌زنی، نخود.**

مقدمه

ارزیابی کیفیت بذر به‌عنوان اندام تکثیر گیاهان زراعی جایگاه ویژه‌ای در تولید، کنترل و گواهی بذر دارد (Agrawal and Dadlani, 1992). کیفیت بذر از عوامل متعددی نشأت گرفته است اما معیارهای قابلیت جوانه‌زنی، بنیه، قابلیت ماندگاری و سلامت بذر از مهم‌ترین جنبه‌های کیفیت بذر می‌باشند (Verma et al., 2003). انجمن بین‌المللی آزمون بذر، بنیه بذر را مجموعه تمام ویژگی‌هایی از بذر که تعیین‌کننده‌ی اندازه بالقوه‌ی کارکرد بذر یا توده بذری در حین جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه است، تعریف نموده است (ISTA, 2006). قدرت پایین بذور به دو طریق ممکن است موجب کاهش عملکرد گردد: اول این‌که درصد گیاهچه‌های سبز شده در مزرعه کمتر از حد انتظار و درنتیجه تراکم گیاهی در واحد سطح کمتر از حد مطلوب می‌شود. دوم آن‌که سرعت رشد در گیاهان حاصل از بذرهای ضعیف، کمتر از گیاهان حاصل از بذرهای قوی می‌باشد (Richards et al., 2001)؛ بنابراین گیاهچه‌های ضعیف که رشدی کمتر از گیاهچه‌های طبیعی دارند از امکانات محیطی مثل نور، رطوبت و مواد غذایی خاک کمتر استفاده می‌کنند و به شرایط نامساعد محیط حساس‌تر هستند. این تفاوت رشد اولیه گیاهان ممکن است تا زمان برداشت محصول ادامه یابد و روی عملکرد گیاهان تأثیر داشته باشد (Basra et al., 2003). مطالعات مختلف نشان

* نگارنده پاسخگو: مختار قبادی. پست الکترونیک: ghobadi.m@razi.ac.ir.

داده است که جوانه‌زنی و رشد گیاهچه تحت تأثیر تنش‌های مختلف غیرزنده مثل شوری، خشکی و سرما کاهش می‌یابد (Atak et al., 2006). اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا جذب به‌آرامی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به‌آرامی انجام خواهند شد و درنتیجه مدت‌زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش‌یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (De and Kar, 1994). ازآنجاکه بذرهای قوی قادرند تنش‌های اسمزی بالاتری را تحمل کنند، آزمون تنش اسمزی به‌عنوان یکی از آزمون‌های قدرت بذر پیشنهاد شده است (Hadas, 1977). در آزمون تنش اسمزی، بذور را جهت جوانه‌زنی در محلول‌هایی از قبیل کلرید سدیم، گلیسرول، ساکارز، پلی‌اتیلن‌گلایکول (PEG) و مانیتول با پتانسیل اسمزی معین قرار می‌دهند. از بین این مواد، پلی‌اتیلن گلایکول (PEG) باوجود محلول بودن در آب و میل ترکیبی کم با محیط، بدون وقوع مسمومیت مولکول آن و توانایی ایجاد تغییر در تعادل اسمزی، جذب آب را کاهش می‌دهد (Zhu et al., 2006). محققان با بررسی اثر تنش اسمزی روی بذر نخود و عدس به این نتیجه رسیده‌اند که با افزایش شدت تنش خشکی و شوری، درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Kalefetoğlu Macar et al; 2009 Ul-Haq et al., 2010). در بررسی اثر تنش خشکی بر روی سه گیاه ذرت، جو و کلزا مشخص شد که با افزایش شدت خشکی، کلیه مؤلفه‌های جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Gharoobi et al., 2012). در آزمایش دیگر با افزایش سطوح شوری و خشکی در عدس درصد و سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کاهش یافت (Ul-Haq et al., 2010).

در مناطق دیم غرب ایران، نخود رایج‌ترین گیاه در تناوب با غلات می‌باشد. سالیانه برای تهیه و کشت بذر نخود مبالغ زیادی هزینه می‌گردد. در این تحقیق، ضمن ارزیابی و درجه‌بندی قدرت بذر توده‌های نخود با استفاده از آزمون تنش اسمزی، چگونگی ارتباط بین این آزمون با میزان سرعت و درصد سبز شدن در شرایط مزرعه موردبررسی قرار گرفت تا با استفاده از آن بتوان نسبت به پیش‌بینی وضعیت استقرار گیاهچه در مزرعه اقدام نمود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۱ در آزمایشگاه و مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شد. در آزمایشگاه آزمون تنش اسمزی در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار و با استفاده از روش بین‌المللی آزمون بذر (ISTA) روی سیزده توده بذر نخود انجام گرفت. مشخصات توده‌های بذر در جدول ۱ ارائه شده است. برای انجام آزمون تنش اسمزی، ابتدا تعداد ۱۰۰ عدد بذر از هر توده بذر نخود با محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی شدند و پس از شستشو با آب مقطر در درون پتری دیش (۹ سانتی‌متری) قرار گرفتند. در هر پتری تعداد ۲۵ عدد بذر بر روی کاغذ صافی قرار داده شد. پتری‌ها به مدت هشت روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، در انکوباتور قرار گرفتند (ISTA, 2006). برای ایجاد پتانسیل اسمزی از محلول پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ استفاده شد. پتانسیل اسمزی محلول با استفاده از معادله میچل و کافمن محاسبه شد (Michel and Kaufman, 1973). لازم به ذکر است که در یک آزمایش مقدماتی، بذرهای نخود در معرض پتانسیل‌های اسمزی ۳-، ۶- و ۹- بار قرار گرفتند. نتایج نشان داد که پتانسیل اسمزی ۳- بار تأثیر قابل‌توجهی روی خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای نخود نداشت اما اثر پتانسیل اسمزی ۶- بار بیشتر از ۳- بار بود. در پتانسیل اسمزی ۹- بار، بذرهای نخود از خصوصیات جوانه‌زنی بسیار ضعیفی برخوردار بودند؛ بنابراین پتانسیل اسمزی ۶- بار برای آزمایش در نظر گرفته شد. قبل از قرار دادن بذرها در پتری، در هر ظرف ۱۲ سی‌سی محلول پلی‌اتیلن گلایکول با پتانسیل ۶- بار اضافه شد (Leport et al., 1999). ظرف‌ها به داخل انکوباتور با دمای ۲۰±۰,۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. در این آزمون، به‌منظور برآورد میزان رشد گیاهچه‌ها، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاهچه‌های نرمال حاصل از بذور جوانه‌زده با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد، سپس قسمت لپه‌ها از گیاهچه‌های طبیعی جدا شد و ریشه‌چه و ساقه‌چه هر ظرف در داخل پاکت کاغذی قرار گرفت. نمونه‌ها در داخل آون و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس توسط ترازویی با دقت ۰,۰۰۰۱ گرم وزن شدند.

درصد جوانه‌زنی نهایی (FGP[1]) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (ISTA, 2006):

= درصد جوانه‌زنی نهایی

۱۰۰ × (تعداد کل بذر کشت‌شده) / (تعداد کل بذر جوانه‌زده) [۱]

زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (MTG[2]) که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب می‌گردد از طریق رابطه زیر به دست آمد (Ellis and Roberts, 1981):

$$MTG = (\Sigma NiDi) / N \quad [۲]$$

Ni: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز *i*ام، Di: تعداد روز از شروع آزمون (هنگام کشت) تا شمارش i (پایان دوره آزمون) و N: تعداد کل بذرهای جوانه‌زده می‌باشد.

سرعت جوانه‌زنی به‌صورت رابطه‌ی زیر محاسبه گردید (Maguire, 1962):

$$GR = \Sigma(n/t) \quad [۳]$$

n: تعداد بذر جوانه‌زده در زمان t و t: تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی.

شاخص جوانه‌زنی بذر (SGI[3]) از مجموع نسبت تعداد کل بذرهای جوانه‌زده به تعداد روزهای پس از کاشت و به‌صورت معادله زیر به دست آمد (Draper, 1985):

$$SGI = Ni/Ti \quad [۴]$$

که در آن Ni برابر است با تعداد کل بذرهای جوانه‌زده تا روز iام و Ti شماره روز که برای نخود اولین روز شمارش روز دوم و آخرین روز شمارش روز هشتم بود.

شاخص بنیه گیاهچه (SVI[4]) با استفاده از رابطه زیر به دست آمد (Abdul-Baki and Anderson, 1973):

= شاخص بنیه گیاهچه

طول گیاهچه × درصد جوانه‌زنی نهایی [۵]

در مزرعه، سیزده توده بذر نخود در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار کشت گردیدند. مساحت هر واحد آزمایشی ۳/۷۵ مترمربع (طول ۲/۵ متر و عرض ۱/۵ متر) که شامل پنج ردیف به فواصل ۳۰ سانتی‌متر کشت شدند. کشت در اواسط فروردین ۱۳۹۱، با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر انجام شد. بلافاصله پس از مشاهده ظهور اولین گیاهچه‌ها در مزرعه، شمارش گیاهچه‌های سبز شده به‌طور روزانه در هر واحد آزمایشی آغاز و تا زمانی که تعداد گیاهچه‌های سبز شده ثابت شدند شمارش ادامه داشت. در پایان، شاخص‌های مرتبط باقدرت رویش بذر یا بنیه بذر بر اساس شاخص‌های ذیل محاسبه شد.

درصد سبز شدن نهایی مزرعه (FEP[5]) به‌صورت تعداد بذور سبز شده تقسیم بر تعداد بذور کشت‌شده ضربدر عدد ۱۰۰ به دست آمد (ISTA, 2006):

= درصد سبز شدن نهایی در مزرعه

۱۰۰ × (تعداد بذر کشت‌شده / تعداد بذر سبز شده) [۶]

میانگین سبز شدن روزانه (MDE[6]) شاخصی از سرعت و تعداد گیاهچه سبز شده می‌باشد که از تقسیم درصد سبز شدن نهایی (FEP) بر طول دوره‌ی آزمایش (D) به دست آمد (ISTA, 2006):

$$MDE = FEP/D \quad [۷]$$

سرعت سبز شدن روزانه (DES[7]) عکس میانگین زمان لازم برای سبز شدن می‌باشد. این شاخص بیان کننده مدت‌زمان لازم برای سبز شدن بذر است و هرچه عدد آن کوچک‌تر باشد سرعت سبز شدن بالاتر است (ISTA, 2006):

$$DES = 1/MDE \quad [۸]$$

سرعت سبز شدن (ER[8]) به‌صورت معادله زیر به دست آمد (Maguire, 1962):

$$ER = \Sigma(n/d) \quad [۹]$$

n تعداد بذرهای سبز شده در d روز و d تعداد روزها می باشد.

شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه (FEI[9]) به‌صورت زیر محاسبه گردید (Egli and Tekrony, 1995):

= شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه

(قابلیت جوانه‌زنی) / (میانگین ظهور گیاهچه در مزرعه) [۱۰]

1. Final germination percentage
2. Mean time to germination
3. Seed germination index
4. Seedling vigor index
5. Final emergence percentage
6. Mean daily emergence
7. Daily emergence speed
8. Emergence rate
9. Field emergence index

جدول ۱. مشخصات توده‌های بذر نخود مورداستفاده در آزمایش.

Table1. Characteristics of chickpea seed lots in the experiment.

توده بذر Seed lot	رقم Cultivar	تیپ Type	وزن هزار دانه (گرم) 1000 GW (g)	محل و سال تولید Location and year of production
1	هاشم Hashem	کابلی Kabuli	297	کرمانشاه، ۱۳۸۸ Kermanshah, 2009
2	هاشم Hashem	کابلی Kabuli	282	کرمانشاه، ۱۳۹۰ Kermanshah, 2011
3	آزاد Azad	کابلی Kabuli	227	کرمانشاه، ۱۳۸۸ Kermanshah, 2009
4	آزاد Azad	کابلی Kabuli	243	کرمانشاه، ۱۳۹۰ Kermanshah, 2011
5	ILC-482	کابلی Kabuli	198	کرمانشاه، ۱۳۸۷ Kermanshah, 2008
6	ILC-482	کابلی Kabuli	174	کرمانشاه، ۱۳۹۰ Kermanshah, 2011
7	بیونیج Bivanij	کابلی Kabuli	254	کرمانشاه، ۱۳۸۸ Kermanshah, 2009
8	بیونیج Bivanij	کابلی Kabuli	248	کرمانشاه، ۱۳۹۰ Kermanshah, 2011
9	آرمان Arman	کابلی Kabuli	171	کرمانشاه، ۱۳۹۰ Kermanshah, 2011
10	کاکا Kaka	دسی Desi	121	کرمانشاه، ۱۳۸۸ Kermanshah, 2009
11	کاکا Kaka	دسی Desi	125	کرمانشاه، ۱۳۹۰ Kermanshah, 2011
12	کاکا Kaka	دسی Desi	115	سنندج، ۱۳۹۰ Sanandaj, 2011
13	پیروز Pirooz	دسی Desi	142	سنندج، ۱۳۹۰ Sanandaj, 2011

جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری MSTAT-C، SPSSو Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD و در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. بین سرعت و درصد سبز شدن گیاهچه در مزرعه و صفات اندازه‌گیری شده در آزمون آزمایشگاهی همبستگی محاسبه شد.

نتایج و بحث

در شرایط آزمایشگاهی، تجزیه واریانس نشان داد که توده‌های بذر نخود تحت تأثیر تنش اسمزی قرارگرفته و دارای تفاوت معنی‌دار ازنظر صفت‌های درصد جوانه‌زنی، درصد بذر جوانه نزده، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه بودند (جدول ۲). نتایج نشان داد که تنش اسمزی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول بر روی توده‌های بذر مختلف منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه شد؛ اما میانگین سرعت جوانه‌زنی روزانه، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی و درصد بذر جوانه نزده افزایش یافت. تنش آب از مهم‌ترین عوامل ناتوانی بذور برای جوانه‌زنی بوده که با کاهش یا تأخیر در استقرار گیاه، عملکرد آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد و این موضوع ازنظر مدیریت زراعی از اهمیت خاصی برخوردار است. کاهش پتانسیل اسمزی و ماتریک، باعث کاهش دسترسی بذر به آب می‌گردد؛ بنابراین، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و جوانه‌زنی بذر می‌گذارد (Rahimiyan-Mashhadi et al., 1991). توده‌های شماره ۱ تا ۹ از تیپ کابلی و توده‌های شماره ۱۰ تا ۱۳ از تیپ دسی بودند. مقایسات گروهی نشان داد که توده‌های بذر متعلق به تیپ دسی در پاسخ به تنش اسمزی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول، ازنظر آماری دارای صفات جوانه‌زنی بهتر و بنیه بذر بالاتری نسبت به توده‌های بذر متعلق به تیپ کابلی بودند (جدول‌های ۲ و ۳). به نظر می‌رسد علت این برتری ناشی از ساختار ژنتیکی توده‌های بذر تیپ دسی باشد. نتایج مشابهی در مورد ساختار ژنتیکی بر بنیه بذر نخود نیز گزارش شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (*Soltani et al., 2002*). شاید یکی دیگر از دلایل برتری توده‌های تیپ دسی نسبت به تیپ کابلی اندازه بذر آن‌ها باشد (جدول‌های ۱، ۲ و ۳).

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

Table 2. Analysis of variance (Mean- square) of chickpea seed lots on germination characteristics in osmotic stress test.

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی Df	درصد جوانه‌زنی نهایی Final Germination Percentage (%)	درصد بذر جوانه نزده Not Germinated Seeds Percentage (%)	زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی Mean Time to Germination (day. Seed^{-1})	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate (seed. day^{-1})	شاخص جوانه‌زنی بذر Germination Index
توده بذر Seed Lot	12	310**	310**	1.077**	10.962**	0.305**
مقایسه ارقام کابلی و دسی Kabuli vs Desi seed lots	1	15.077ns	15.077ns	0.551*	0.227ns	0.016ns
مقایسه ارقام جدید و قدیم New vs old seed lots	1	396.377*	396.377*	0.542*	9.491ns	0.392*
خطا Error	39	66.564	66.564	0.117	2.64	0.065
ضریب تغییرات CV (%)		9.00	27.66	11.41	19.81	9.02

جدول ۲. ادامه.

Table 2. Continued

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی Df	طول ریشه‌چه Root length (cm)	طول ساقه‌چه Shoot length (cm)	وزن خشک ریشه‌چه Root dry Weight (mg)	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight (mg)	شاخص بنیه گیاهچه Seedling Vigour Index
توده بذر Seed Lot	12	9.643**	0.760**	39.257**	27.066**	1674**
مقایسه ارقام کابلی و دسی Kabuli vs Desi seed lots	1	21.851**	0.102ns	184.410**	74.365**	2408.4**
مقایسه ارقام جدید و قدیم New vs old seed lots	1	25.269**	3.694**	58.303**	61.841**	5016.1**
خطا Error	39	1.098	0.275	5.554	1.736	192.003
ضریب تغییرات CV (%)		28.86	28.08	25.77	23.76	32.83

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد می‌باشند.

ns: Not significant, * and ** significant at 5 and 1% level of probability, respectively.

بذور ریزتر به علت بیشتر بودن نسبت سطح به حجم، جذب آب در آن‌ها سریع‌تر صورت گرفته و نسبت به بذور درشت‌تر از درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردارند که با نتایج آزمایش یک تحقیق دیگر مطابقت دارد (Soltani et al., 2002). سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی تحمل به خشکی است. کاهش سرعت جوانه‌زنی و افزایش مدت‌زمان لازم برای جوانه‌زنی به قابلیت انتشار پوسته بذر در پتانسیل‌های بسیار منفی آب نسبت داده می‌شود که این نتیجه در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است (Gharoobi et al., 2012). ریشه اولین اندامی است که با تنش خشکی مواجه می‌شود و مقدار زیادی انرژی دریافتی و ذخیره‌ای گیاه را صرف مقابله با تنش خشکی و سازوکارهای اجتناب از آن می‌کند. این عمل باعث کاهش کارایی ریشه برای تأمین عناصر موردنیاز سایر اندام‌ها می‌گردد این عوامل می‌توانند موجب کاهش وزن خشک ریشه گردند (Safarnejad et al., 2007). گزارش شده

است که وزن خشک ریشه‌چه در ارزن و سورگوم از منفی سه بار به بالا کاهش یافت، به‌طوری‌که در منفی پنج بار، ۳۰ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد، اما در مورد وزن خشک ساقه‌چه، از همان سطوح اولیه تنش، کاهش این صفت آغاز گردید به‌طوری‌که در سطح تنش منفی شش بار نسبت به شاهد، وزن خشک ساقه‌چه ۹۰ درصد کاهش یافت (Khalesro and Aghaalikhani, 2007). یکی از علل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت ذخیره‌ای بذر به جنین ذکر گردیده است (Trautwein et al., 1997). کاهش دیگر شاخص‌های جوانه‌زنی موردمطالعه را می‌توان به کاهش میزان و کند شدن سرعت جذب اولیه‌ی آب و همچنین تأثیر منفی پتانسیل‌های اسمزی کم نسبت داد (Misra and Dwivedi, 1995).

در شرایط مزرعه، تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که توده‌های بذر نخود ازنظر درصد سبز نهایی، میانگین سبز شدن روزانه، سرعت سبز شدن روزانه، سرعت سبز شدن گیاهچه و شاخص ظهور گیاهچه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۴). مقایسات گروهی در مزرعه نشان داد که توده‌های بذر با سن و طول دوره انبارداری بیشتر، درصد سبز نهایی مزرعه، میانگین سبز شدن روزانه، سرعت سبز شدن گیاهچه و شاخص ظهور گیاهچه کمتری را نشان دادند (جدول‌های ۴ و ۵). گزارش شده است که درنتیجه پیری بذر، درصد جوانه‌زنی بذر و ظاهر شدن گیاهچه و عملکرد گیاهان زراعی در مزرعه کاهش پیدا می‌کند (Mohammadi et al., 2011). به‌عنوان‌مثال در آزمایش حاضر، توده شماره یک نسبت به توده شماره دو (که هر دو از یک منشأ بودند) ازنظر درصد سبز نهایی دارای بنیه بذر بیشتری بود (جدول ۵).

جدول ۳. مقایسه میانگین توده‌های مختلف بذر نخود ازنظر صفات جوانه‌زنی در آزمون تنش اسمزی در شرایط آزمایشگاهی.

Table 3. Mean comparisons of chickpea seed lots in terms of germination characteristics in Osmotic Stress test under conditions laboratory.

توده‌های بذر Seed Lots	درصد جوانه‌زنی نهایی Final Germination Percentage	درصد بذر جوانه نزده Not Germinated Seeds Percentage	زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی Mean Time to Germination (day. Seed^{-1})	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate (seed. day^{-1})	شاخص جوانه‌زنی بذر Germination Index
1	82 de	18 ab	2.68 def	8.06 abcd	2.56 de
2	85 cde	15 abc	2.57 ef	8.53 abcd	2.66 cde
3	88 bcd	12 bcd	3.13 cd	7.05 cd	2.75 bcd
4	98 ab	2 de	2.73 def	9.79 abc	3.06 ab
5	94 abc	6 cde	3.10 cd	8.00 bcd	2.94 abc
6	99 ab	1 de	2.40 f	9.83 ab	3.09 ab
7	76 e	24 a	3.75 ab	6.23 de	2.37 e
8	96 abc	4 cde	3.47 bc	6.50 de	3.00 abc
9	95 abc	5 cde	2.72 def	9.38 abc	2.97 abc
10	96 abc	4 cde	2.97 de	8.29 abcd	3.00 abc
11	100 a	0 e	2.53 ef	10.33 a	3.13 a
12	96 abc	4 cde	2.75 def	9.10 abc	3.00 abc
13	74 e	26 a	4.15 a	4.51 e	2.31 e

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued.

توده‌های بذر Seed Lots	طول ریشه‌چه Root length (cm)	طول ساقه‌چه Shoot lenght (cm)	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight (mg)	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight (mg)	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor Index
1	2.23 ef	0.840 abc	10.03 bc	6.61 bcd	25 efg
2	3.17 de	1.000 abc	11.91 ab	7.99 ab	35 cdef
3	1.34 f	0.000d	6.22 de	0.00 g	11 g
4	3.75 cd	0.947 abc	12.14 ab	8.40 ab	46 bcd
5	4.34 bcd	1.122 ab	11.27 ab	6.99 abc	51 bc
6	5.78 ab	1.555 a	13.59 a	8.67 a	72 a
7	1.73 ef	0.517 bcd	7.38 cde	5.27 cd	17 fg
8	2.16 ef	0.880 abc	9.50 bcd	5.58 cd	29 defg
9	4.25 cd	1.000 abc	11.19 ab	7.53 ab	49 bc
10	4.09 cd	0.352 cd	4.12 e	1.94 f	43 bcde
11	6.38 a	1.533 a	10.46 bc	4.81 de	79 a
12	5.02 abc	1.220 ab	6.04 e	5.02 de	59 ab
13	2.91 de	0.775 bc	4.65 e	3.22 ef	27 defg

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

جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات موردبررسی در ۱۳ توده بذر نخود در شرایط مزرعه.

Table 4. Analysis of variance of traits in 13 chickpea seed lots under field conditions.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد سبز نهایی Final Emergence Percentage (%)	میانگین سبز شدن روزانه Mean Daily Emerging (day. seedling^{-1})	سرعت سبز شدن روزانه Daily Emerging Speed (seedling. day^{-1})	سرعت سبز شدن گیاهچه Seedling Emerging Rate (seedling. day^{-1})	شاخص ظهور گیاهچه Seedling Emergence Index
تکرار Replication	3	53.098^{ns}	0.288^{ns}	0.00001^{ns}	0.081^{ns}	51.193^{ns}
توده بذر Seed Lot	12	163.429**	4.80**	0.003**	0.264**	223.110**
مقایسه ارقام کابلی و دسی Kabuli vs Desi seed lots	1	30.142^{ns}	16.512**	0.009**	0.349*	10.078^{ns}
مقایسه ارقام جدید و قدیم New vs old seed lots	1	1068.273**	21.356**	0.014**	1.967**	1346.814**
خطا Error	36	40.470	0.940	0.00001	0.078	47.428
ضریب تغییرات C.V		7.43	14.20	14.24	9.56	7.82

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد.
ns: Not significant, * and ** significant at 5 and 1% level of Probability, respectively.

جدول ۵. مقایسه میانگین توده‌های بذر نخود برای صفات موردبررسی در شرایط مزرعه.

Table 5. Mean comparisons of chickpea seed lots for traits in field conditions.

توده‌های بذر Seed Lots	درصد سبز نهایی Final Emergence Percentage (%)	میانگین سبز شدن روزانه Mean Daily Emerging (day. seedling^{-1})	سرعت سبز شدن روزانه Daily Emerging Speed (seedling. day^{-1})	سرعت سبز شدن گیاهچه Seedling Emerging Rate (seedling. day^{-1})	شاخص ظهور گیاهچه Seedling Emergence Index
1	78.91 cde	5.57 cde	0.182 c	2.57 de	80.60 ef
2	88.28 ab	6.70 bcd	0.150 d	3.01 abc	95.26 ab
3	71.88 e	4.89 e	0.210 a	2.39 e	74.09 f
4	88.28 ab	7.00 ab	0.142 fg	2.99 abc	93.29 abcd
5	77.35 de	5.39 de	0.187 b	2.61 cde	79.69 ef
6	87.50 abc	6.94 abc	0.147 de	3.02 ab	87.50 bcde
7	87.50 abc	7.04 ab	0.145 ef	2.81 bcd	89.13 bcde
8	95.32 a	7.55 ab	0.132 h	3.28 a	101.70 a
9	90.63 ab	6.91 abc	0.147 de	3.13 ab	94.55 abc
10	83.60 bcd	7.17 ab	0.140 g	2.96 abcd	84.44 de
11	92.19 ab	8.26 a	0.122 i	3.21 a	92.19 abcd
12	85.16 bcd	8.25 a	0.120 i	2.96 abcd	85.16 cde
13	85.94 bcd	7.00 ab	0.147 de	2.94 abcd	86.79 bcde

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

In each column, means with at least one similar letter are no different at 5% level.

در طول دوره انبارداری درحالی‌که محتوی رطوبتی بذر پایین است اکسیداسیون خودبه‌خود چربی‌ها موجب تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود. گونه‌های فعال اکسیژن معمولاً به‌عنوان مولکول‌های سمی موردتوجه هستند که تجمع آن‌ها باعث پراکسیداسیون چربی‌ها و غیرفعال شدن آنزیم‌ها، خسارت به اسیدهای نوکلئیک و تخریب غشاهای سلول می‌شود (Bailly, 2000). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اغلب ارقامی که شاخص ظهور گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی و سبز شدن بالایی در مزرعه داشتند ازلحاظ درصد جوانه‌زنی نیز برتر بودند. افزایش متوسط زمان لازم برای سبز شدن درنتیجه زوال بذر در گیاهان ذرت و کلزا نیز گزارش شده است (Ghassemi-Golezani ,2011).

علت بالا بودن شاخص ظهور گیاهچه در این آزمایش، بالا بودن درصد سبز نهایی مزرعه می‌باشد که هم‌راستا با نتایج تحقیق دیگر می‌باشد (Egli and Tekrony, 1995). محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در آزمون تنش اسمزی در آزمایشگاه با درصد و سرعت سبز شدن گیاهچه در مزرعه مشخص نمود که بین درصد سبز گیاهچه در مزرعه با طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه در آزمایشگاه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۶). بین سرعت سبز شدن گیاهچه در مزرعه با طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه در آزمایشگاه همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده گردید.

جدول ۶. ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در آزمون تنش اسمزی برای توده‌های بذر نخود در آزمایشگاه و مزرعه.

Table 6. Correlation coefficients between selected traits in Osmotic Stress test for Seeds Lot chickpea under conditions laboratory and field.

صفات Traits	درصد سبز گیاهچه Final Seedling Emergence Percentage (%)	سرعت سبز شدن گیاهچه Seedling Emerging Rate (seedling. day^{-1})	درصد جوانه‌زنی نهایی Final Germination Percentage (%)	شاخص جوانه‌زنی بذر Germination Index	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی Mean Time To Germination (day. Seed^{-1})	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate (seed. day^{-1})	طول ریشه‌چه Root length (cm)	طول ساقه‌چه Shoot length (cm)	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry Weight (mg)	وزن خشک ریشه‌چه Root dry Weight (mg)	شاخص بنیه گیاهچه Seedling Vigor Index
	Field	مزرعه	Laboratory				آزمایشگاه				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1										
2	0.912**	1									
3	-0.006^{ns}	0.069^{ns}	1								
4	-0.007^{ns}	0.069^{ns}	1.000**	1							
5	-0.037^{ns}	−0.072^{ns}	−0.452**	−0.454**	1						
6	0.005^{ns}	0.054^{ns}	0.687**	0.689**	−0.839**	1					
7	0.166^{ns}	0.278*	0.448**	0.449**	−0.452**	0.485**	1				
8	0.310*	0.340**	0.327**	0.328**	−0.319*	0.387**	0.648**	1			
9	0.324**	0.255*	0.230^{ns}	0.231*	−0.396**	0.388**	0.307*	0.625**	1		
10	0.125^{ns}	0.083^{ns}	0.251*	0.252*	−0.526**	0.465**	0.459**	0.540**	0.714**	1	
11	0.196^{ns}	0.297*	0.572**	0.573**	−0.484**	0.572**	0.967**	0.781**	0.411**	0.510**	1

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد.

ns: Not significant, * and ** significant at 5 and 1% level of probability, respectively.

درمجموع، بر اساس نتایج آزمایش حاضر، استفاده از آزمون تنش اسمزی بذر در آزمایشگاه و شناسایی قدرت بذر در آزمون تنش اسمزی با استفاده از صفت‌های طول و وزن خشک ساقه‌چه قبل از کاشت بذرها در مزرعه برای رسیدن به پوشش یکنواخت و سریع کانوپی در مزرعه توصیه می‌گردد. همچنین حفظ این قدرت نامیه (با شرایط حفظ و نگهداری مناسب) لازم و ضروری است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نتایج آزمون تنش اسمزی با درصد و سرعت سبز شدن در مزرعه وجود داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش، به نظر می‌رسد آزمون آزمایشگاهی تنش اسمزی، قابلیت ارزیابی بنیه بذر نخود برای پیش‌بینی سبز شدن و استقرار گیاهچه نخود در شرایط مزرعه را تا حداکثر ۳۰ درصد دارد.

منابع

Abdul-Baki, A.A., Anderson, J.D., 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Science. 13, 630-633.

Agrawal, P.K., Dadlani, M., 1992. Techniques in Seed Science and Technology. 2nd Ed. South Asia Publishers, New Delhi, India. pp. 190-203.

Atak, M., Kaya, M.D., Kaya, G., Çikili, Y., Ciftçi, C.Y., 2006. Effects of NaCl on the germination, seedling growth and water uptake of triticale. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 30(1), 39-47.

Azarnivand, H., Ghorbani, M., Joneidi, H., 2007. The effect of salinity stress on germination of two species of *Artemisia Scoparia*, *Artemisia vulgaris*. Iranian Journal of Range and Desert Research. 14(3), 352-358. [In Persian with English Summary].

Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F., Come, D., 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. Seed Science Research. 10(1), 35-42.

Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N., Cheema, M.A., 2003. Assessment of cotton seed deterioration during accelerated aging. Seed Science and Technology. 31, 531-540.

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 and Technology, 23, 301-304.

Draper, S.R., 1985. International rules for seed testing. Seed Science and Technology. 13, 342- 343.

Egli, D.B., Tekrony, D.M., 1995. Soybean seed germination, vigour and field emergence. Seed Science and Technology. 23, 595-607.

Ellis, R.H., Roberts, E.H., 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology. 9, 377-409.

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].

Ghassemi-Golezani, K., Dalil, B., Moghaddam, M., Raey, Y., 2011. Field performance of differentially deteriorated seed lots of maize (*Zea mays*) under different irrigation treatments. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 39(2), 160-163.

Hadas, A., 1977. A suggested method for testing seed vigor under water stress in simulated arid conditions. Seed Science and Technology. 5, 519-525.

International Seed Testing Association (ISTA). 2006. International rules for seed testing. Basserdorf, Switzerland, 379 p.

Kalefetoğlu Macar, T., Turan, O., Ekmekci, Y., 2009. Effects of water deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling

stages. Gazi University Journal of Science. 22(1), 5-14.

Khalesro, Sh., Aghaalikhani, M., 2007. Effect of salinity and water deficit stress on seed germination of forage sorghum and pearl millet. Pajouhesh and Sazandgi. 77, 153-163. [In Persian with English Summary]

Leport, N.C., Turner, J., French, M.D., Barr, R., Duda, SL., Dauies, D., Tennant, K.H., Siddique, M., 1999. Physiological responses 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.

Michel, B.E., Kaufman, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51, 914-916.

Misra, N., Dwivedi, U.N., 1995. Carbohydrate metabolism during seed germination and seedling growth in green gram under saline stress. Plant Physiology and Biochemistry. 33, 33-40.

Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour, H.R., Zeinali, E., 2011. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. International Journal of Plant Production. 5(1), 65-70.

Rajasekaran, L.R., Stiles, A., Surette, M.A., Sturz, A.V., Blake, T.J., Caldwell, C., Nowak, J., 2002. Stand establishment technologies for processing carrots: Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Canadian Journal of Plant Science. 82(2), 443-450.

Rahimiyan-Mashhadi, H., Bagheri, A., Paryab, A., 1991. Effect of different osmotic potential from PEG and NaCl with temperature on germination in rainfed wheat accession. Agricultural Sciences and Technology Journal. 5, 36-45. [In Persian with English Summary]

Richards, R.A., Condon, A.G., Rebetzke, G.J., 2001. Traits to improve yield in dry environments. In: Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I., McNab, A. (eds.). Application of physiology in wheat breeding. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). Mexico.

Safarnejad, A., Sadr, S.V.A., Hamidi, H., 2007. Effect of salinity stress on morphological characters of *Nigella Sativa*. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research. 27(1), 75-84. [In Persian with English Summary]

Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., Latifi, N., 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Science and Technology. 30, 51-60.

Trautwein, E.A., Reickhoff, D., Erbershobler, H.F., 1997. The cholesterol-lowering effect of Psyllium a source dietary fiber. Ernährungs Umschau. 44, 214-216.

Ul-Haq, A., Vamil, R., Agnihotri, R.K., 2010. Effect of osmotic stress (PEG) on germination and seedling survival of lentil (*Lens culinaris* MEDIK.). Research Journal of Agricultural Sciences. 1(3), 201-204.

Verma. S.S., Verma, U., Tomer, R.P.S., 2003. Studies on seed quality parameters in deteriorating seed in brassica (*Brassica compestris*). Seed Science and Technology. 31, 389-396.

Zhu, J., Kang, H., Tan, H., Xu, M., 2006. Effects of drought stresses induced by polyethylene glycol on germination of *Pinus sylvestris* var. mongolica seeds from natural and plantation forests on sandy land. Journal of Forest Research. 11(5), 319-328.