تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens* L.)

اسماعیل قلی‌نژاد*[1]

[1]دانشیار، گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.)، آزمایشی در سال ۱۳۹٤ در آزمایشگاه کشاورزی دانشگاه پیام نور ارومیه به اجرا در آمد. تحقیق به صورت طرح کاملاً تصادفی با پنج سطح تنش خشکی (۰، ۱-، ۲-، ۳- و ٤- بار بدست آمده از پلی اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ (PEG 6000) که پتانسیل صفر بار به عنوان شاهد در نظر گرفته شد) با چهار تکرار اجرا شد. صفات شاخص مقاومت به خشکی، وزن خشک و تر ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، نسبت وزن خشک ریشه‌چه به وزن خشک ساقه‌چه، ضریب آلومتریک و نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر کلیه صفات مورد مطالعه در این تحقیق (به جز نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه، نسبت وزن خشک ریشه‌چه به وزن خشک ساقه‌چه و ضریب آلومتریک) تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت. مقایسه میانگین نشان داد با افزایش تنش خشکی، کلیه صفات مورد مطالعه در این تحقیق (به جز نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه، نسبت وزن خشک ریشه‌چه به وزن خشک ساقه‌چه و ضریب آلومتریک) کاهش معنی‌داری یافت. تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه را به ترتیب ۹۵ و ۸۷ درصد کاهش داد. بین شاخص مقاومت به خشکی و وزن خشک ریشه‌چه (۰/۹۸**)، ساقه‌چه (۰/۹۹**) و گیاهچه (۰/۹۹**)، طول ریشه‌چه (۰/۹۷**) و ساقه‌چه (۰/۹۳**)، سرعت جوانه‌زنی (۰/۹٦**) و درصد جوانه‌زنی (۰/۹۸**) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. نتایج بیانگر آن است تنش خشکی دارای اثرات قابل توجهی بر صفات مرتبط به جوانه‌زنی گیاه شوید می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پلی اتیلن گلیکول، درصد جوانه‌زنی، ضریب آلومتریک، کمبود آب، وزن خشک گیاهچه.

*نویسنده مسئول: gholinezhad1358@yahoo.com

مقدمه

در میان فلور غنی ایران که بیش از ۷۵۰۰ گونه گیاهی را در بر می‌گیرد، تعداد زیادی از آن‌ها را گیاهانی تشکیل می‌دهند که به دلایلی دارویی نامیده می‌شوند. با توجه به اثرات سوء داروهای شیمیایی و سنتزی، بشر از اواخر قرن بیستم رویکردی مثبت به سمت جایگزین کردن فرآورده‌های دارویی گیاهان به‌جای داروهای شیمیایی داشته است، به همین دلیل گیاهان دارویی از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردارند (Najafi, 2001). شوید با نام علمی (*Anethum graveolens* L.) از خانواده، جعفری یا چتریان (Apiaceous) گیاهی یک‌ساله دارای برگ‌های سبز روشن و پر مانند است. میوه‌های شوید به‌صورت دانه‌های ریز، خشک و پهن، به رنگ قهوه‌ای کمرنگ و دارای باله‌های بسیار ظریفی می‌باشند (Safaee Khorram et al., 2008). شوید دارای مصارف غذایی و دارویی است که از مواد مؤثره آن در درمان درد معده، سرماخوردگی، سرفه، مشکلات ادراری، نفخ، تشنج و اسپاسم استفاده می‌شود (Ghasemi, 2003).

آب یکی از مهم‌ترین احتیاجات رشد گیاه است. از آنجایی که جوانه‌زنی با جذب آب آغاز می‌شود، کمبود آب در این مرحله بر حسب طول مدت و شدت تنش موجب عدم جوانه‌زنی یا کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌شود (Hasani, 2005). خشکی یک رویداد هواشناختی است که به دلیل عدم وقوع بارندگی در یک دوره زمانی اتفاق می‌افتد. با وقوع تنش خشکی، آب قابل دسترس خاک کاهش یافته ولی تلفات آب از طریق تبخیر و تعرق بطور مداوم افزایش می‌یابد (Jaleel et al., 2009). با وجود پیشرفت‌های زیاد تکنولوژی و مدیریت زراعی هنوز جوانه‌زنی و رشد اولیه بذر در کشاورزی از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در زراعت، موفقیت یا عدم موفقیت تولید به جوانه زدن کامل و سریع بذرها و تولید گیاهچه‌های قوی وابسته است. بنابراین درک کامل از خصوصیات جوانه‌زنی در شرایط مختلف محیطی در راستای افزایش محصول اهمیت زیادی دارد (Zeinali and Soltani, 2000). جوانه‌زنی شامل فرآیندهای مربوط به انتقال مواد ذخیره‌ای به محور جنین و شروع فعالیت‌های متابولیک و رشد آن است این مرحله از چرخه زندگی گیاهان نقش تعیین کننده‌ای در استقرار مناسب گیاه و عملکرد نهایی آن دارد زیرا جوانه‌زنی بذر یکی از آسیب پذیرترین و بحرانی‌ترین مراحل در چرخه زندگی گیاهان می‌باشد (Boydak et al., 2003). یکی از پیامدهای رایج ناشی از تنش خشکی، کاهش پتانسیل آب در بستر بذر می‌باشد. پتانسیل منفی بالای آب خصوصاً در مراحل اولیه جوانه‌زنی، منجر به کاهش جذب آب توسط دانه و مانع تداوم فرآیندهای مربوط به جوانه‌زنی می‌شود (Boydak et al., 2003). افزایش تنش خشکی قابلیت دسترسی به آب را کاهش داده و اثرات نامطلوبی بر درصد وسرعت جوانه‌زنی و همچنین رشد گیاهچه‌ها خواهد داشت (Kaya et al., 2006).

برای ایجاد تنش خشکی در محیط پتری دیش از پلی اتیلن گلیکول استفاده می‌شود. این ماده به دلیل ایجاد شرایطی شبیه به تنش‌های محیط‌های طبیعی، کاربرد زیادی دارد (Emmerich and Hardgree, 1990). پلی اتیلن گلیکول (PEG) یک پلی‌مر قابل انعطاف و غیر سمی بوده و می‌تواند باعث ایجاد فشار اسمزی منفی گردد. همچنین تمایلی به واکنش با مواد شیمیایی و بیولوژیکی ندارد و این خصوصیت PEG را به یکی از مفیدترین مولکول‌ها برای ایجاد فشار اسمزی منفی در آزمایش‌های بیوشیمیایی (به‌ویژه ایجاد تنش اسمزی) تبدیل کرده است (Macar et al., 2009). تحقیقات زیادی راجع به پاسخ گیاهان زراعی مختلف، مانند ریحان (*Ocimum basilicum*) (Hasani, 2005) زوفا (*Hyssopus officinalis*) (Barzgar and Rahmanim, 2004) اسفرزه (*Plantago psyllium*) (Hoseini and Rezvani Moghaddam, 2006) زنیان (*Trachyspermum ammi*)، رازیانه (*Foeniculum vulgare*) و شوید (Beromand Rezazadeh and Kocheki, 2005) در مرحله جوانه‌زنی به تنش ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول انجام شده است.

Beromand Rezazadeh and Kocheki (2005) در آزمایش خود بر جوانه‌زنی بذرهای زنیان، رازیانه و شوید مشاهده کردند که با اعمال تنش خشکی و شوری در دماهای مختلف، درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تمامی گونه‌ها کاهش یافت، بطوریکه در میان بذرها، بذر شوید کمترین مقاومت را نسبت به تغییرات دما و پتانسیل اسمزی نشان داد. کاهش فرآیند جوانه‌زنی در اثر تنش خشکی می‌تواند به کاهش جذب آب توسط بذرها ارتباط داشته باشد. اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال شود و یا جذب آب به کندی صورت گیرد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی صورت خواهد گرفت. در نتیجه، مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و از این رو سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد (Hoseini and Rezvani Moghaddam, 2006). در بسیاری از گیاهان زراعی جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه از حساس‌ترین مراحل نسبت به تنش‌های محیطی محسوب می‌شود (Kaya et al., 2006). در گیاه ریحان با کاهش پتانسیل آب، درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر دانه رست کاهش یافت. در این گیاه رشد ریشه‌ها کم تر از رشد اندام‌های هوایی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (Hasani, 2005). در گیاه عدس با کاهش پتانسیل آب کلیه مؤلفه‌های جوانه‌زنی کاهش یافت و نتایج کلی نشان داده که جهت ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های عدس به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی، بهترین صفت طول ساقه‌چه و بهترین سطح تنش، سطوح ۸- و ۱۲- بار می‌باشد (Kafi et al., 2004). با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و تنش خشکی، این تحقیق با هدف بررسی واکنش گیاه شوید نسبت به سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول در مرحله جوانه‌زنی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹٤ در آزمایشگاه کشاورزی دانشگاه پیام نور ارومیه انجام گرفت. به این منظور آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. تیمار مورد بررسی سطوح مختلف تنش خشکی (صفر، ۱- ، ۲- ، ۳- و ٤- بار) بدست آمده از پلی اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ (PEG 6000) که پتانسیل صفر بار به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. برای ایجاد تنش خشکی از محلول پلی اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ بر اساس روش Michel and Kaufmann (1973) استفاده شد و غلظت پلی اتیلن گلیکول از رابطه ۱ زیر بدست آمد:

$$S = (1.18 \times 10^{-2})C - (1.18 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2T \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این رابطه C: غلظت پلی اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ بر حسب گرم در لیتر، T: درجه حرارت بر حسب درجه سانتی‌گراد و S: پتانسیل آب بر حسب بار است. غلظت مورد نظر پلی اتیلن گلیکول در این آزمایش در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید زیرا بهترین دما برای جوانه‌زنی بذر شوید ۲۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Hasandokht, 2012). در هر پتری دیش ۹ سانتی‌متری دارای کاغذ صافی استریل شده، ۵ میلی‌لیتر از محلول‌های تهیه شده اضافه گردید و ۲۵ عدد بذر در هر پتری‌دیش قرار داده شد. پتری دیش‌ها به مدت ۲ ساعت در داخل اتوکلاو با دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد استریل شدند. در داخل هر پتری دیش دو کاغذ صافی و تعداد ۲۵ عدد بذر ضدعفونی شده با قارچ کش ویتاواکس در بین آنها قرار داده شد. پتری دیش‌ها پس از توزین و یادداشت وزن آن‌ها، به مدت دو هفته در داخل ژرمیناتور با دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد روزانه و ۱۸ درجه سانتی‌گراد شبانه و رژیم نوری ۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی کشت و نگهداری شدند. در دوره آزمایش به منظور جلوگیری از تغییر پتانسیل در اثر تبخیر آب، پتری دیش‌ها هر روز وزن شده و به میزان اختلاف با وزن اولیه آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. در طول مدت آزمایش تعداد بذور جوانه زده به‌طور روزانه یادداشت گردید. بذوری جوانه‌زده تلقی شدند که طول ریشچه آنها دو میلی‌متر یا

بیشتر بود. در پایان روز چهاردهم (Hassanpour Darvishi, 2012) صفات وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه اندازه‌گیری گردید. طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه با استفاده از خط کش به میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. طول گیاهچه از مجموع طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه بدست آمد.

برای محاسبه شاخص مقاومت به خشکی[2] طبق رابطه ۲ عمل شد (Sopha et al., 1991):

رابطه ۲ $$\text{شاخص مقاومت به خشکی} = \frac{\text{TWSS}}{\text{TWSC}} \times ۱۰۰$$

که در این رابطه TWSS و TWSC به ترتیب وزن خشک ساقه‌چه‌های تحت تنش و وزن خشک ساقه‌های شاهد است.

درصد جوانه‌زنی از رابطه ۳ محاسبه گردید (Shamsaldin et al., 2007):

رابطه ۳ $$G = \frac{n}{N} \times 100$$

که در آن G درصد جوانه‌زنی، n تعداد نهایی بذرهای جوانه‌زده و N تعداد بذرهای کشت شده می‌باشد.

برای محاسبه وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، در پایان آزمایش، جداگانه و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون به‌مدت ٤٨ ساعت قرار داده شد و وزن خشک آنها از هر تکرار با ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۰۱ گرم شیماتزو[3] توزین گردید. وزن خشک گیاهچه، از مجموع وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه بدست آمد.

برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی[4] از رابطه ٤ استفاده گردید (Maguire, 1962):

رابطه ٤ $$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \sum \frac{\text{Ni}}{\text{Ti}}$$

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اجرای این تحقیق با استفاده از نرم افزارهای پیشرفته آماری انجام گرفت. برای داده‌هایی که از طریق درصد بدست آمده بودند (مانند درصد جوانه‌زنی) با استفاده از نرم‌افزار SPSS تبدیل زاویه‌ای ($\arcsin\sqrt{\%}$) به‌عمل آمد و سپس مقایسه میانگین انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار رایانه‌ای SAS، MSTATC و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون توکی در سطح ۵ درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص مقاومت به خشکی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، شاخص مقاومت به خشکی کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۱۰۰ درصد) و کمترین شاخص مقاومت به خشکی (۵/۱۸ درصد) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۳- و ٤- بار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد، شاخص مقاومت به خشکی را به ترتیب ۹۵ و ۸۸ درصد کاهش داد (جدول ۲). بررسی ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه نشان داد که بین شاخص مقاومت به خشکی با صفات وزن خشک گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه، همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). از آنجایی که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک ساقه‌چه کاهش یافته است و با توجه به دخالت وزن خشک ساقه‌چه در سنجش مقاومت به خشکی، کاهش شاخص مقاومت به خشکی در برابر تنش اعمال شده، قابل انتظار می‌باشد. سایر محققان نیز نشان دادند که شاخص مقاومت به تنش با اعمال تنش شوری در گیاه گلرنگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Farhang Mehr et al., 2014).

2- Stress Tolerance of Index
3- SHIMATZU
4- Speed of Germination

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با جوانه‌زنی شوید تحت غلظت‌های مختلف خشکی در آزمایشگاه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)								
		شاخص مقاومت به خشکی	وزن تر ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن تر ساقه چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی
پتانسیل آب	٤	۷٤۹٥/۰۳**	۷۳۳٤/٤۲**	٦۱۸/٥۳**	۲٦٥۷٥/٥۷**	۱۷٦۲/٤۱**	٦۱٥۲۲/۸٦**	٤٤٤٥/٤٥**	۰/٥٦**	۷/۳۷**
خطای آزمایشی	۱٥	۱۹/٦٦	۸٦/۹۰	۲/۹۷	۳۱/۱۰	۳/۷٤	۱٦۲/٤۱	۹/۱۸	۰/۰۳۲	۰/۲۰۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۹/۸٦	۱۷/٦٥	۱۳/٥٦	٦/۹٤	۸/۸۸	۹/٥۷	۸/۷۹	۲۳/۸۳	۱٤/٦۱

**، * و ns به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنی‌دار

ادامه جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با جوانه‌زنی شوید تحت غلظت‌های مختلف خشکی در آزمایشگاه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	طول گیاهچه	طول ریشه‌چه / طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه / وزن خشک ساقه‌چه	ضریب آلومتریک (وزن خشک ساقه‌چه / وزن خشک ریشه‌چه)	وزن تر ریشه‌چه / وزن تر ساقه‌چه
پتانسیل آب	٤	۱۰/۹۰**	۹٥/۸۱**	۱٦۹/۷٥**	۰/۲٦^{ns}	۰/۰۳۷^{ns}	۰/٦۷^{ns}	۰/۲٤**
خطای آزمایشی	۱٥	۰/٤۹	٦/۰۹	٦/۸٦	۰/٦۸	۰/۰۲۷	۰/٤٥	۰/۰٤۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۱٥/۹٤	۱۹/۸۰	۱٥/٥٤	۲٦/۸۸	۲۷/٥۳	۲٦/۸۷	۲٤/٦۱

**، * و ns به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنی‌دار

جدول ۲: مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از PEG بر صفات مختلف شوید در آزمایشگاه

تیمار	شاخص مقاومت به خشکی (٪)	وزن تر ریشه‌چه (میلی گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی گرم)	وزن تر ساقه‌چه (میلی گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی گرم)	وزن تر گیاهچه (میلی گرم)	وزن خشک گیاهچه (میلی گرم)	درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی (بذر بر روز)
پتانسیل آب (بار)									
صفر	۱۰۰/۰۰ a	۱۰۳/۲۵ a	۳۰/٦٤ a	۱۸٤/۹۵ a	٤۸/۵۰ a	۲۸۸/۲۰ a	۷۹/۱٤ a	۹۳/۰۰ a	٤/۸۹ a
-۱	۸۲/٤۳ b	۹۲/۵۰ a	۲۰/۵۰ b	۱۵۰/۷۵ b	۳۹/۹۰ b	۲٤۳/۲۵ b	٦۰/٤۱ b	۸٤/۰۰ a	۳/۹۱ ab
-۲	۲۵/۳۸ c	۳۸/۷۵ b	٦/۸۷ c	۳۷/۱۵ c	۱۲/۲۵ c	۷۵/۹۰ c	۱۹/۱۲ c	۵۸/۰۰ b	۲/۹۸ bc
-۳	۱۱/۸۵ d	۲۲/۵۰ bc	٤/۱۳ cd	۲۰/۷۵ d	۵/۷۱ d	٤۳/۲۵ d	۹/۸۵ d	٤٦/۰۰ b	۲/۱۵ cd
-٤	۵/۱۸ d	۷/۰۰ c	۱/۳٦ d	۷/۸۲ e	۲/۵۲ d	۱٤/۸۲ e	۳/۸۸ d	۳۷/۰۰ b	۱/٤۹ d

اعدادی که حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

ادامه جدول ۲: مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از PEG بر صفات مختلف شوید در آزمایشگاه

تیمار	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول گیاهچه (میلی‌متر)	طول ریشه‌چه / طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه / وزن خشک ساقه‌چه	ضریب آلومتریک: وزن خشک ساقه‌چه / وزن خشک ریشه‌چه	وزن تر ریشه‌چه / وزن تر ساقه‌چه
پتانسیل آب (بار)							
صفر	٦/۲۰ a	۱۷/٦۲ a	۲۳/۸۳ a	۲/۹۳ a	۰/٦۳ a	۱/۵۹ a	۰/۵۵ c
-۱	۵/٦۸ a	۱۷/۳۱ a	۲۳/۰۰ a	۳/۰۸ a	۰/۵۱ a	۱/۹٦ a	۰/٦۱ bc
-۲	٤/٦۸ a	۱۱/٦۲ b	۱٦/۳۱ b	۲/٤۷ a	۰/۵٦ a	۱/۷۸ a	۱/۰٤ ab
-۳	۲/۹٤ b	۹/۰۲ b	۱۱/۹٦ bc	۳/۰۹ a	۰/۷۵ a	۱/۳۷ a	۱/۱۰ a
-٤	۲/٤۵ b	٦/۷۰ b	۹/۱٦ c	۲/۷۷ a	۰/۵۳ a	۲/٤۵ a	۰/۹۰ abc

اعدادی که حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن تر ریشه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن تر ریشه‌چه کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۱۰۳/۲۵ میلی‌گرم) و کمترین وزن تر ریشه‌چه (۷/۰۰ میلی‌گرم) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی صفر و ۱- بار از نظر وزن تر ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد، وزن تر ریشه‌چه را به ترتیب ۹۳ و ۷۸ درصد کاهش داد (جدول ۲). در گیاه ریحان با کاهش پتانسیل آب، درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر دانه رست کاهش یافت. در این گیاه رشد ریشه‌ها کمتر از رشد اندام‌های هوایی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (Hasani, 2005). به نظر می‌رسد کاهش وزن تر در گیاهان تحت تنش خشکی، به دلیل جلوگیری از توسعه و رشد سلولی ناشی از کاهش فشار تورگر باشد (Rane et al., 2001).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن خشک ریشه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک ریشه‌چه کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۳۰/٦٤ میلی‌گرم) و کمترین وزن خشک ریشچه (۱/۳٦ میلی‌گرم) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۳- و ٤- بار از نظر وزن خشک ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد وزن خشک ریشه‌چه را به ترتیب ۹۵ و ۸۷ درصد کاهش داد (جدول ۲). دلیل کاهش وزن خشک ریشه‌چه با افزایش سطح خشکی، کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در اثر اعمال خشکی بود. Heidari and Pooryosef (2011) گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی و کاهش پتانسیل آب محلول‌ها، وزن خشک ریشه‌چه در گیاه انیسون (*Pimpinella anisum*) کاهش معنی‌داری پیدا کرد. کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی در سایر بررسی‌ها نیز گزارش شده است (De and Nori et al., 2000; Kar, 1994). کاهش وزن خشک به دلیل کاهش رشد گیاهی به دلیل کاهش جذب آب در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Bhatt and Srinivasa, 2005).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن تر ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن تر ساقه‌چه کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۱۸٤/۹۵ میلی‌گرم) و کمترین وزن تر ساقه‌چه (۷/۸۲ میلی‌گرم) به‌ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد وزن تر ساقه‌چه را به ترتیب ۹٦ و ۸۹ درصد کاهش داد (جدول ۲). محققان بیان کردندکه با افزایش تنش خشکی، وزن تر ساقه‌چه کاهش معنی‌داری یافت (Khakshoor Moghaddam et al., 2011).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن خشک ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک ساقه‌چه کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (٤۸/۵۰ میلی‌گرم) و کمترین وزن خشک ساقه‌چه (۲/۵۲ میلی‌گرم) به‌ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۳- و ٤- بار از نظر وزن خشک ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد وزن خشک ساقه‌چه را به ترتیب ۹۵ و ۸۸ درصد کاهش داد (جدول ۲). دلیل کاهش وزن خشک ساقه‌چه با افزایش سطح خشکی، کاهش طول ریشچه و ساقه‌چه در اثر اعمال خشکی بود. یافته‌های مربوط به (Heidari and Pooryosef, 2011) روی انیسون نتایج این پژوهش را تایید می‌کند.

Akhondi et al. (2003) و Nori et al. (2000) در بررسی عکس‌العمل یونجه (*Medicago sativa*) و نخود (*Cicer arietinum*) به تنش خشکی در مراحل جوانه‌زنی و دانه رستی اعلام نمودند که توده‌های مورد مطالعه در برابر تنش خشکی ناشی از PEG_{6000} کاهش معنی‌داری را از لحاظ صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی همچون طول ریشه، طول ساقه تعداد و سطح برگ وزن خشک و تر ریشه ساقه و برگ نشان دادند در حالی که با افزایش تنش نسبت طول ریشه به ساقه افزایش یافت.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن تر گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن تر گیاهچه کاهش معنی‌داری یافت به‌طوری بیشترین (۲۸۸/۲۰ میلی‌گرم) و کمترین وزن تر گیاهچه (۱٤/۸۲ میلی‌گرم) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد وزن تر گیاهچه را به ترتیب ۹۵ و ۸۵ درصد کاهش داد (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن خشک گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک گیاهچه کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۷۹/۱٤ میلی‌گرم) و کمترین وزن خشک گیاهچه (۳/۸۸ میلی‌گرم) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۳- و ٤- بار از نظر وزن خشک گیاهچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد وزن خشک گیاهچه را به ترتیب ۹۵ و ۸۷ درصد کاهش داد (جدول ۲). دلیل کاهش وزن خشک گیاهچه با افزایش سطح خشکی، کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در اثر اعمال خشکی بود. Heidari and Pooryosef (2011) در بررسی تأثیر پیش تیمار بذر انیسون با PEG بر شاخص‌های جوانه‌زنی بیان کردند که با کاهش پتانسیل آب، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. Soltani and Ghaleshi (2002) بیان نمودند که دلیل کاهش وزن خشک گیاهچه گندم، کاهش قدرت تحرک مواد ذخیره‌ای در دانه و انتقال آنها از لپه به محور رویانی است. محققان گزارش کردند که وزن خشک گیاهچه با افزایش دوره فرسودگی به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش وزن خشک گیاهچه می‌تواند به علت کاهش میزان پویایی ذخایر بذر پویا شده باشد (Soltani et al., 2006). وزن خشک گیاهچه از جمله معیارهای ارزیابی بنیه بذر و گیاهچه است (Hampton and Tekrony, 1995). محققان بیان کردند که وزن خشک گیاهچه یکی از بهترین معیارهای بنیه بذر برای پیش بینی میزان ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه می‌باشد استفاده از اندازه‌گیری میزان رشد خطی گیاهچه برای آزمون بنیه بذر اولین بار توسط (Germ, 1949) پیشنهاد و توسط (Wood Stock, 1969) برای بذر ذرت استفاده شد. بررسی ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه نشان داد که بین وزن خشک گیاهچه با صفات وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۹۳/۰۰ درصد) و کمترین درصد جوانه‌زنی (۳۷/۰۰ درصد) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۲- ، ۳- و ٤- بار از نظر درصد جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر درصد جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤-

و ۳- بار در مقایسه با شاهد درصد جوانه‌زنی را به ترتیب ٦۰ و ۵۰ درصد کاهش داد (جدول ۲). این نتایج با گزارش Heidari and Pooryosef (2011) مطابقت داشت. Murillo-Amador et al. (2002) بیان داشتند که تحت تنش خشکی یون‌ها و محلول‌های آلی در سلول‌ها تجمع می‌یابد که اثر مضر PEG روی جوانه‌زنی به علت اثر اسمزی است که تجمع این یون‌ها و محلول‌ها در سلول ایجاد می‌کنند. Ghani et al. (2009) گزارش کردند که سطوح مختلف خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه تأثیر معنی داری دارد. به طوری که با کاهش پتانسیل آب، درصد و سرعت جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافت، که این آزمایش مطابق با نتیجه پژوهش حاضر می‌باشد. Madakazole et al.(2000) در مطالعه اثر پرایمینگ روی بذر ارزن (*Panicum miliaceum*) نشان دادند که پرایم کردن بذرها با استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ در پتانسیل ۱۵- بار سبب افزایش جوانه‌زنی می‌شود. سایر محققان نیز نشان دادند که با افزایش تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت (Ghani et al., 2009; Khakshoor Moghaddam et al., 2011). محققان نشان دادند که بذرها برای انجام جوانه‌زنی، بایستی به اندازه کافی آب جذب نمایند مواد محلول در محیط کشت از جمله PEG سبب کاهش جذب آب توسط بذر و به دنبال آن تأخیر و یا توقف جوانه‌زنی می‌شوند (Tobe et al., 2001). تنش خشکی و محدودیت جذب آب توسط بذر از طریق تأثیر بر انتقال ذخایر بذر و سنتز پروتئین‌ها در جنین احتمالاً علت اصلی کاهش درصد جوانه‌زنی است (Dodd and Donovan, 1999).

جدول ۳: ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در آزمایشگاه

صفات	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۷	۸	۹
۱- شاخص مقاومت به خشکی	۱								
۲- وزن خشک ریشه‌چه	۰/۹۸**	۱							
۳- وزن خشک ساقه‌چه	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۱						
٤- وزن خشک گیاهچه	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱					
۵- درصد جوانه‌زنی	۰/۹۸**	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۱				
٦- سرعت جوانه‌زنی	۰/۹٦**	۰/۹۷**	۰/۹٦**	۰/۹٦**	۰/۹۸**	۱			
۷- طول ساقه‌چه	۰/۹۳**	۰/۹۱**	۰/۹۲**	۰/۹۳**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۱		
۸- طول ریشه‌چه	۰/۹۷**	۰/۹٤**	۰/۹۷**	۰/۹٦**	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۱	
۹- طول گیاهچه	-۰/۲٤ns	-۰/۲۵ns	-۰/۲٦ns	-۰/۲٤ns	-۰/۱۲ns	-۰/۰۳ns	-۰/۱۰ns	-۰/۰۸ns	۱

**، * و ns به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

یکی دیگر از شاخص‌های کیفیت بذر، سرعت جوانه‌زنی می‌باشد. هر چه بذر بتواند در مدت زمان کمتر درصد جوانه‌زنی بالاتری داشته باشد و به عبارت دیگر سرعت جوانه‌زنی بهتری داشته باشد، دارای کیفیت مطلوب و بنیه بالاتری است و بذرهایی که بنیه کمتر و یا اینکه دارای دوره خواب می‌باشند چنان چه در شرایط جوانه‌زنی قرار بگیرند توانایی جوانه‌زنی مطلوبی در یک مدت زمان مشخصی ندارند و این امر مشکلات زیادی از جمله عدم یکنواختی پوشش سطح خاک، حمله آفات و قارچ‌های خاک و نیز مواجه شدن بذرهایی که دیرتر جوانه می‌زنند با شرایط بد و نامساعد آب و هوایی را افزایش می‌دهد و در مجموع باعث از بین رفتن بذرها و در نهایت کاهش عملکرد نهایی می‌شود (Rabie and Bayat, 2009).

اگرچه سرعت جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاهی به عنوان یک صفت مطلوب برای نشان دادن بنیه بذر به حساب نمی‌آید و در برخی موارد همبستگی خوبی با سبز شدن مزرعه‌ای نشان نمی‌دهد، اما به لحاظ این که بیانگر پتانسیل بذر در جوانه‌زنی و ظاهر شدن گیاهچه آن می‌باشد و صفاتی مانند وزن خشک و طول گیاهچه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، لذا می‌تواند یکی از صفات حائز اهمیت باشد (Pasandideh et al., 2014).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، سرعت جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (٤/٨٩ بذر در روز) و کمترین درصد جوانه‌زنی (١/٤٩ بذر در روز) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ٣- و ٤- بار از نظر سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ١- بار هم از نظر سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). علت عدم معنی‌دار بودن تنش خشکی ١- بار با شاهد، به دلیل اثر تحریک کنندگی مقادیر پایین تنش خشکی بر فعالیت آنزیم‌های درونی بذر می‌باشد (Hoseini and Rezvani Moghaddam, 2006). تنش خشکی ٤- و ٣- بار در مقایسه با شاهد سرعت جوانه‌زنی را به ترتیب ٧٠ و ٥٦ درصد کاهش داد (جدول ۲). De and Kar (1994) گزارش کردند که اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا جذب به آرامی صورت بگیرد 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. سایر محققان نیز بیان کردند که علت کاهش سرعت جوانه‌زنی، عدم وجود حداقل انرژی مورد نیاز برای شروع فرآیندهای مربوط به جوانه‌زنی است (Mayer and Poljakoff-Mayber, 1989). Harris et al. (2001) گزارش کردند که پلی اتیلن گلیکول باعث کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی شد که این موضوع حکایت از آن دارد که افزایش خشکی دارای اثر بازدارندگی بر جوانه‌زنی بذر است به نظر می‌رسد این اثر ناشی از افزایش فشار اسمزی و کاهش جذب آب توسط بذر باشد، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. Ebadi et al. (2011) در تحقیقی روی بابونه آلمانی بیان کردند که با افزایش تنش خشکی در پتانسیل‌های ٤- و ٦- بار درصد جوانه‌زنی به ٤٨ و ١٦ درصد و سرعت جوانه‌زنی به ٥/٧ و ١/٨ بذر در روز کاهش یافت و در پتانسیل‌های ٨- ، ١٠- و ١٢- بار جوانه‌زنی به صفر رسید. کاهش فرآیند جوانه‌زنی در اثر تنش خشکی می‌تواند به کاهش جذب آب توسط بذرها ارتباط داشته باشد. اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال شود و یا جذب آب به کندی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی صورت خواهد گرفت، در نتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و از این رو سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد (Hoseini and Rezvani Moghaddam, 2006).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر طول ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، طول ساقه‌چه کاهش معنی‌داری یافت به‌طوری بیشترین (٦/٢٠ میلی‌متر) و کمترین طول ساقه‌چه (٢/٤٥ میلی‌متر) به‌ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ٣- و ٤- بار از نظر طول ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر، ١- و ٢- بار هم از نظر طول ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ٣- بار در مقایسه با شاهد طول ساقه‌چه را به ترتیب ٦٠ و ٥٢ درصد کاهش داد (جدول ۲). Setayesh Mehr and Ghanjali (2013) در بررسی تنش خشکی روی شوید اظهار داشتند که با افزایش تنش خشکی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش معنی‌داری یافت که با نتایج این تحقیق در یک راستا می‌باشد. یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش

خشکی، کاهش یا نبود انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین می‌باشد (Hoseini and Rezvani ؛Moghaddam, 2006 ؛Takel, 2000).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر طول ریشه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، طول ریشه‌چه کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۱۷/٦۲ میلی‌متر) و کمترین طول ریشه‌چه (٦/۷۰ میلی‌متر) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۲- ، ۳- و ٤- بار از نظر طول ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر طول ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد طول ریشه‌چه را به ترتیب ٦۲ و ٤۸ درصد کاهش داد (جدول ۲). Khalesro and Aghaalikhani (2007) در بررسی اثر تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های بذرهای سورگوم علوفه‌ای و ارزن مرواریدی مشاهده نمودند که با افزایش تنش از ۰/٤- مگاپاسکال به بالا طول ریشه‌چه بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد. محققان مختلفی در بررسی‌های خود اعلام کرده‌اند که با افزایش تنش خشکی، طول ریشه‌چه کاهش یافته است (Radaei Riyasat et al., 2004; Farhanghian Kashani et al., 2007; Barzgar, 2009; Alamali et al., 2010). نتایج آزمایشی روی گیاه نخود نشان داد که با افزایش شدت تنش از سطح شاهد به سطح تنش ۲۵ درصد از میزان طول ریشه‌چه کاسته شد (Macar et al., 2009).

طول گیاهچه یکی از شاخص‌های تعیین بنیه و کیفیت مطلوب بذر می‌باشد که تحت تأثیر ژنوتیپ و شرایط محیط قرار می‌گیرد. بذرها بر اساس اینکه نحوه تولید و نگهداری آنها چگونه بوده باشد، دارای کیفیت و بنیه بذر متفاوتی هستند و این شرایط می‌تواند به طور مستقیم روی طول گیاهچه‌ها مؤثر باشد (Elias and Coplel, 2001). طول گیاهچه معیاری از بنیه گیاهچه محسوب می‌شود و در بسیاری از گونه‌های گیاهان، همبستگی بین طول گیاهچه و بنیه آنها مشخص شده و بنابراین از آن به عنوان معیاری برای ارزیابی رشد گیاهچه و بنیه آن استفاده می‌شود. کمتر بودن طول گیاهچه بذرهای برداشت شده با رطوبت کمتر احتمالاً ناشی از آغاز فرآیند فرسودگی قبل از برداشت بذر می‌باشد (Hampton and Tekrony, 1995). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر طول گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، طول گیاهچه کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۲۳/۸۳ میلی‌متر) و کمترین طول گیاهچه (۹/۱٦ میلی‌متر) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۳- و ٤- بار از نظر طول گیاهچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر طول گیاهچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد طول گیاهچه را به ترتیب ٦۲ و ۵۰ درصد کاهش داد (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی کاهش جذب آب توسط بذر، باعث کاهش سرعت فعالیت‌های متابولیکی بذر، کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) شده است (Marjani et al., 2005). نتایج مشابهی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Khalesro and Aghaalikhani, 2007; Beromand Rezazadeh and Kocheki, 2005 ؛Zeinali and Soltani, 2000).

محققان در آزمایشی نشان دادند که طول گیاهچه معیاری از بنیه گیاهچه است و در بسیاری از گونه‌های گیاهی، همبستگی بین طول گیاهچه و بنیه آن مشخص شده، بنابراین از آن به عنوان معیاری برای ارزیابی رشد گیاهچه و بنیه آن گیاه استفاده می‌شود (Hampton and Tekrony, 1995). Hoseini et al. (2011) نشان دادند که بین طول گیاهچه

با وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه و وزن خشک ریشه‌چه با وزن خشک گیاهچه همبستگی مثبتی ملاحظه گردید که با نتایج این تحقیق در یک راستا بود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه معنی-دار نبود (جدول ۱). Setayesh Mehr and Ghanjali (2013) نیز در بررسی تنش خشکی روی شوید نشان دادند که نسبت طول ساقه به طول ریشه تحت تنش خشکی قرار نگرفتند. شواهد موجود حاکی از آن است که افزایش هورمون اسید آبسزیک (ABA) در پتانسیل‌های پایین آب اثرات متفاوتی بر رشد اندام هوایی و ریشه دارد به طوری که رشد اندام هوایی را متوقف ولی رشد ریشه ادامه می‌یابد (Creelman et al., 1990). در هنگام پسابیدگی، اکسپانسین‌ها[5] (خانواده‌ای از پروتئین‌های ضروری در شل شدن دیواره سلولی القا شده با اسید) در ناحیه راسی ریشه بیش از حد بیان شده و نقش مهمی را در رشد و طویل شدن ریشه دارند (Bartels and Sunkar, 2005). Akhondi et al. (2003) و Nori et al. (2000) در بررسی عکس‌العمل یونجه و نخود به تنش خشکی در مراحل جوانه‌زنی و دانه رستی اعلام نمودند که توده‌های مورد مطالعه در برابر تنش خشکی ناشی از PEG_{6000} کاهش معنی‌داری را از لحاظ صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی همچون طول ریشه، طول ساقه تعداد و سطح برگ وزن خشک و تر ریشه ساقه و برگ نشان دادند در حالی که با افزایش تنش نسبت طول ریشه به ساقه افزایش یافت.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر نسبت وزن خشک ساقه‌چه به وزن خشک ریشه‌چه معنی‌دار نبود (جدول ۱). Khakshoor Moghaddam et al. (2011) بیان کردند که با افزایش تنش خشکی، نسبت وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه کاهش معنی‌داری یافت. سایر محققان نیز گزارش کردند که کاهش رشد ساقه-چه و از طرفی افزایش رشد ریشه‌چه گیاهچه‌های مناطق بیابانی، به دلیل کاهش تعرق و نفوذ ریشه‌چه به اعماق خاک برای دستیابی به منابع عمیق آبی و متعاقباً افزایش بقای گیاهچه است (Zeng et al., 2010).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه-چه افزایش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۱/۱۰) و کمترین نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه (۰/۵۵) به ترتیب از تیمار سطح خشکی ۳- بار و شاهد (صفر بار) بدست آمد بین سطح خشکی ۲- ، ۳- و ٤- بار از نظر نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه را به ترتیب ۳۸ و ۵۰ درصد افزایش داد (جدول ۲).

نتیجه‌گیری نهایی

تنش خشکی صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با جوانه‌زنی را به شدت تحت تأثیر قرار داد. مقایسه جوانه‌زنی بذرها در ژرمیناتور نشان دهنده این است که در ژرمیناتور در کلیه سطوح خشکی بذرها جوانه زده‌اند ولی درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی با افزایش سطوح خشکی به شدت کاهش یافته است. بین صفات وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه با شاخص مقاومت به خشکی همبستگی مثبت

5- Expansins

معنی‌داری وجود داشت. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق در رابطه با گیاه شوید می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کشت گیاه شوید در شرایط تنش خشکی بیش از ۱- بار خصوصیات جوانه‌زنی و رشد رویشی شوید را به طور قابل توجهی کاهش داد.

References

Akhondi, M., Lahoti, M., Safarnezhad, A. and Ejtehadi, H. 2003. Response evaluation of alfalfa (Ci*cer arietiunm* L.) to drought stress in stages of germination and seedling. MS.C thesis, Sciences Faculty, Univ. of Ferdousi Mashhad, Iran. (In Persian)

Bartels, D. and Sunkar, R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Critical Rev. Plant Sci. 24: 23-58.

Barzgar, A.B. and Rahmani, M. 2004. Study the effects of environmental stress on the stimulation of germination on Hyssop. The 2th Conference medicinal plants, Univ. of Shahed, Tehran, Iran. 67p. (In Persian)

Barzgar, A.B. 2009. The effects of some environmental stress stimulation of germination on Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 24(4): 499-505. (In Persian)

Beromand Rezazadeh, Z. and Kocheki, A. 2005. Seed germination response Ajowan, fennel and dill to osmotic and matric potentials of sodium chloride and polyethylene glycol 6000 at different temperatures. Iranian Journal of Field Crops Research. 3(2): 207-217. (In Persian)

Bhatt, R.M. and Srinivasa-Rao, N.K. 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian Journal of Plant Physiology. 10: 54-59.

Boydak, M., Dirik, H., Tilki, F. and Calikoglu, M. 2003. Effects of water stress on germination in six provenances of *Pinus brutia* seeds from different bioclimatic zones in Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 27: 91-97.

Creelman, R.A., Mason, H.S., Bensen, R.J., Boyer, J.S. and Mullet, J.E. 1990. Water deficit and abscisic acid cause differential inhibition of shoot versus root growth in soybean seedlings. Plant Physiology. 92: 205-214.

De, R. and Kar, R.K. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate* L.) under water stress induced by PEG-6000. Seed Science and Technology. 23: 301-308.

Dodd, G.L. and Donovan, L.A., 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. American Journal of Botany. 86: 1146-1153.

Ebadi, M., Azizi, T.M. and Farzaneh, A. 2011. Effect of drought stress on germination Factors of Four Improved Cultivars of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.). Journal of Plant Production. 18(2): 119-132. (In Persian)

Elias, S.G. and Copeland, L.O. 2001. Physiological and harvest maturity of canola in relation to seed quality. Agronomy Journal. 92: 1054-1058.

Emmerich, W.E. and Hardgree, S.P. 1990. Polyethylene glycol solution contact affection seed germination. Agronomy Journal. 82: 1103-1107.

Farhanghian Kashani, S., Nabizadeh, S., Majd, A. and Arshi, Y. 2007. Effects of PEG-induced drought stress induction on germination, hypocotyl length and root length of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Plant and Ecosystem. 11: 91-104. (In Persian)

Farhang Mehr, S., Akbari, SH. and Rezvan Bidokhti, SH. 2014. Evaluation of salinity stress on some germination traits in three ecotypes of *Matricaria chamomilla.* Journal of Sciences and Seed Technology. 3(1): 56-65. (In Persian)

Germ, H. 1949. Die feststellung der physiological bedingten triebkraft von samen. Proceeding of the international seed testing association, 15: 1-23.

Ghani, A., Azizi, M. and Tehranifar, A. 2009. Response of Achillea species to drought stress induce by polyethylene glycol in germination stage. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 25(2): 261-271. (In Persian)

Ghasemi, M. 2003. The health benefits of fruits and vegetables. Publication Tiho. P.104.

Hampton, J.G. and Tekrony, D.M. 1995. Handbook of vigor test methods (3th Ed). International seed testing association (ISTA). Zurich Switzerland.

Harris, D., Pathan, A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nyamudeze, P. 2001. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. Agricultural System. 69: 151-164.

Hasandokht M.R. 2012. Vegetables Production Technology. Selsele Press. Tehran. Iran. (In Persian)

Hasani, A. 2005. Effects of water stress induced by polyethylene glycol on seed germination of basil. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 21(4): 535-543. (In Persian)

Hassanpour Darvishi, H. 2012. Effect of saline water on quantitative and qualitative traits of Dill (*Aniethum graveolens* L.) seeds. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 6(2): 13-20. (In Persian)

Heidari, N. and Pooryousef, M. 2011. Effect of seed priming with polyethylene glycol and sodium chloride on germination and growth indices of *Pimpinella anisum* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 27(3): 509-516. (In Persian)

Hoseini, F., Siadat, S.A., Bakhshande, A. and Ch, A. 2011. Evaluation effect of deficit oxygen stress on germination components and seedling growth of five wheat varities. Iranian Journal of Field Crops Research. 9(4): 631-638.

Hoseini, H. and Rezvani Moghaddam, P. 2006. The effect of drought and salinity stress on germination of psyllium. Iranian Journal of Field Crops Research. 4(1): 15-22. (In Persian)

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Jasim, H., Somasundaram, R. and Pannerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture & Biology. 11: 100-105.

Kafi, M., Nezami, A., Hoseini, H. and Masoumi, A. 2004. Physiological effects of drought stress induced by polyethylene glycol 6000 on germination of lentil (*Lens esculinaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research. 3(1): 69-80. (In Persian)

Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cıkılı, Y. and Kolsarıcı, O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy. 24: 291- 295.

Khakshoor Moghaddam, Z., Lahoti, M. and Ganjali, A. 2011. Evaluation of effects of drought stress induced by polyethylene glycol on germination and morpho-physiological traits of dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Horticultural Sciences. 25(2): 185-193. (In Persian)

Khalesro, Sh. and Aghaalikhan, M. 2007. Effect of salinity and water Deficit stress on seed germination. Pajouhesh & Sazandegi. 77: 153-163. (In Persian)

Macar, T.K., Ozlem, T. and Ekmekci, Y. 2009. Effect of deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arientinum* L.) cultivars and lines at early seedling stages. G.U. Journal of Science. 22(1): 5-14.

Madakazole, I.C., Prithiviraj, B., Madakadze, R.M., Stewart, K., Peterson, P., Coulman, B.E. and Smith, D.L. 2000. Effect preplant seed conditioning treatment on the germination of switchgrass (*Panicum virygatu* L.). Seed Science and Technology. 28: 403-411.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination in selection and evaluation for seed vigor. Crop Science. 2: 176-177.

Marjani, A., Farsi, M. and Rahimizadeh, M. 2005. Evaluation of tolerance to drought stress of ten genotypes of chickpea in germination stage using poly ethylene glycol (PEG 6000). Agriculture Sciences. 12: 17-29. (In Persian)

Mayer, A.M. and Poljakoff-Mayber, A. 1989. The germination of Seeds. Published by Pergamon Press.

Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51(5): 914-916.

Murillo-Amador, B., Lopez-Aguilar, R., Kaya, C., Larrinaga-Mayoral, J . and Flores-Hernandez, A. 2002. Comparative effect of NaCl and Polyethylene Glycol on germination, emergence and seedling growth of Cowpea. Journal of Agronomy and Crop Science. 188(4): 235-247.

Najafi, F. 2001. Effect of different irrigation regimens and plant density on quality and quantity of medicinal plant of fleawort (*Plantago psyllium).* MS.C. Thesis. University of Ferdousi Mashhad, Iran. (In Persian)

Nori, A., Lahoti, M. and Nezami, A. 2000. Response evaluation of chickpea (*Cicer arietiunm* L.) to drought stress induced by PEG 6000 on seed germination and seedling. MS.C thesis, Sciences Faculty, Univ. of Ferdousi Mashhad, Iran. (In Persian)

Pasandideh, H., Seyed Sharifi, R., Hamidi, A., Mobasser, S. and Sedghi, M. 2014. Relationship of seed germination and vigor indices of commercial soybean (*Glycine max* L.) cultivars with seedling emergence in field. Iranian Journal of Seed Sciences and Research. 1(1): 29-50. (In Persian)

Rabie, B. and Bayat, M. 2009. Evaluation of germination seed indexes and seedling growth of rapseed cultivars (*Brassica napus* L.) using vigor seed tests. Iranian Journal of Crop Sciences. 40(2): 93-104. (In Persian)

Radaei Alamoli, Z., Abdollahian-Noghabi, M., Akbari, Gh., Roozbeh, F. and Sadat Noori, S.A. 2010. Effect of water stress induced by solid medium of poly ethylene (PEG 6000) on the seedling characteristics of sugar beet genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 12(3) 279-290. (In Persian)

Rane, J., Maheshwari, M. and Nagarajan, S. 2001. Effect of parenthesis water stress on growth, photosynthesis and yield of six wheat cultivars differing in drought tolerance. Indian Journal of Plant Physiology. 6: 53-60.

Riyasat, M., Nasirzadeh, A., Jafari, A.A. and Jovkar, L. 2004. Evaluation of tolerance to drought stress different populations of perennial fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Journal of Research in genetics and plant breeding, forest and rangeland Iran. 20: 189-208. (In Persian)

Safaee Khorram, M., Jafarnia, F.S. and Khosrovshahi, S. 2008. The world's medicinal plants. Press the Green Agricultural Training. P. 442. (In Persian)

Setayesh Mehr, Z. and Ghanjali, A. 2013. Evaluation of drought stress effects on growth and physiological traits of dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Horticultural Science. 27(1): 27-35. (In Persian)

Shamsaldin, S., Farahbakhsh, H. and Maghsoudi Mod, A.A. 2007. The effects of salinity stress on germination, vegetative growth and some of the physiological traits of rapeseed cultivars. Journal of Water and Soil Science. 11(41): 191-202. (In Persian)

Soltani, A. and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy closure or wheat production in a temperate sub-humid environment: experimentation and simulation. Field Crops Research. 77: 17-30. (In Persian)

Soltani, A., Gholipour, M. and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought salinity. Environmental and Experimental of Botany. 55: 195-200.

Sopha, V.T., Savage, E., Anacle, A.O. and Beyl, C.A. 1991. Vertical differences of wheat and triticale to water stress. Journal of Agronomy and Crop Science. 167: 23-28.

Takel, A. 2000. Seedling emergence and growth of sorghum genotypes under variable soil moisture deficit. Agronomy Journal. 48: 95-102.

Tobe, K., Zhang, L., Qiu, G.Y. and Shimizu, H. 2001. Characteristics of seed germination in five non-halophytic Chinese desert shrub species. Journal of Arid Environments. 47: 191-201

Wood Stock, L.W. 1969. Biochemical tests for seed vigor. Proceedings of International seed testing association (ISTA). 34: 253-263.

Zeinali, A. and Soltani, A. 2000. Effect of drought stress on heterotrophic growth of wheat seedling. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources. 7: 113-123. (In Persian)

Zeng Y.J., Wang, Y.R. and Zhang, J.M. 2010. Is reduced seed germination due to water limitation a special survival strategy used by xerophytes in arid dunes? Journal of Arid Environments. 74: 508-511.