تاثیر تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens* L)

اسماعیل قلی نژاد

دانشیار گروه علمی علوم کشاورزی- دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

Email: gholinezhad۱۳۵۸@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه شوید (*Anethum graveolens* L)، آزمایشی در سال ۱۳۹٤ در آزمایشگاه کشاورزی دانشگاه پیام نور به صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل پنج سطح تنش خشکی (۰، ۱- ، ۲- ، ۳- و ٤- بار بدست آمده از پلی اتیلن گلیکول و پتانسیل صفر بار به عنوان شاهد در نظر گرفته شد). در این تحقیق وزن خشک ریشچه، ساقچه و گیاهچه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص میزان جوانه‌زنی، شاخص وزنی بنیه گیاهچه، شاخص طولی بنیه گیاهچه، شاخص بنیه بذر، درصد کاهش وزن بذر، شاخص سرعت جوانه‌زنی، میانگین مدت جوانه‌زنی، میانگین سرعت جوانه‌زنی، شاخص تحمل ریشه و شاخص تحمل ساقه اندازه گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر کلیه صفات مورد مطالعه در این تحقیق تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت. مقایسه میانگین نشان داد با افزایش تنش خشکی، وزن خشک ریشچه، ساقچه و گیاهچه و کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی به جز میانگین مدت جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت. تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد وزن خشک گیاهچه را به ترتیب ۹۵ و ۸۷ درصد کاهش داد. همبستگی مثبت و معنی‌دار زیادی بین شاخص‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی با صفات ظاهری گیاه مانند وزن خشک ریشچه، ساقچه و گیاهچه وجود داشت می‌توان از این صفات برای ارزیابی مقاومت به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه شوید استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: شوید، تنش خشکی، پلی اتیلن گلیکول، جوانه‌زنی.

مقدمه

عوارض جانبی داروهای شیمیایی الزامات زیست محیطی و روند تدریجی و همه جانبه به سمت گیاه درمانی سبب شده که بویژه در دهه اخیر صدها هکتار از زمین‌های زراعی در کشورهای توسعه یافته به کشت گیاهان دارویی اختصاص یابد. شوید یا شبت گیاهی است دیپلوئید و یکساله دارویی متعلق به خانواده چتریان با برگ‌هایی منقسم گل‌هایی زرد رنگ و میوه فندقه ای دو مریکارپی که مصارف مختلفی در صنایع دارویی و غذایی دارد. گل آذین شوید چتر مرکب بوده طوری که گل آذین اصلی را چتر و گل آذین فرعی را چترک می‌خوانند. منشأ شوید نواحی شرقی مدیترانه ذکر شده است. از دانه‌های شوید به عنوان کاهنده چربی خون پیشگیری و درمان آترواسکلروز و کولیک‌های صفراوی، رفع سوء هاضمه و برخی دیگر از بیماری‌ها استفاده می‌شود (Jahanara, ۲۰۰۱). 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 و نیز خاصیت ضد سرطانی دارد (Hasandokht, ۲۰۱۲). موریلو – آمادور (Murillo-Amador et al., ۲۰۰۲) 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. محققان گزارش کردند که سطوح مختلف خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه چه تأثیر معنی‌داری دارد به طوری که با کاهش پتانسیل آب، درصد و سرعت جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافت (Ghani et al., ۲۰۰۹).

گزارش شده است که پلی اتیلن گلیکول و کلرید سدیم ۱/۵ نرمال باعث کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی شدند، که این موضوع حکایت از آن دارد که افزایش خشکی و شوری دارای اثر بازدارندگی بر جوانه‌زنی بذر است. به نظر می‌رسد این اثر ناشی از افزایش فشار اسمزی و کاهش جذب آب توسط بذر باشد (Harris et al., ۲۰۰۱). پلی اتیلن گلیکول به واسطه داشتن هیدروکربن‌هایی که در سمت آب گریز آن قرار دارند، تمایل زیادی به جذب مواد آلی و چربی‌ها دارد و به همین آلودگی‌هایی که دارای ساختار چربی می‌باشند. به وسیله بخش هیدروکربنی جذب و در آب حل شده و جدا می‌شوند. تحقیقات زیادی راجع به پاسخ گیاهان دارویی مانند ریحان (Hasani, ۲۰۰۵) زوفا (Barzgar and Rahmani, ۲۰۰٤) اسفرزه (Hoseini and Rezvani Moghaddam, ۲۰۰٦) زنیان رازیانه و شوید (Beromand Rezazadeh and Kocheki, ۲۰۰۵) در مرحله

جوانه‌زنی به تنش ناشی از پلی اتیلن گلیکول انجام شده است. پلی اتیلن گلیکول (PEG) یک پلی مر 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 (بویژه ایجاد تنش اسمزی) تبدیل کرده است (Blum, ۲۰۰۵; Macer et al., ۲۰۰۹). در بسیاری از گیاهان برای ایجاد تنش خشکی ازPEG استفاده شده است و در مقالات متعدد به دلیل عدم تحرک، غیر یونی و غیر سمی بودن و عدم قابلیت نفوذ از آن به عنوان یک اسمولایت مؤثر و مناسب نام برده شده است (Georgieva et al., ۲۰۰٤; Macar et al., ۲۰۰۹; Al-Baharany, ۲۰۰۲). با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و تنش خشکی، در این پژوهش واکنش گیاه شوید به سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول در مرحله جوانه‌زنی مورد مطالعه قرار 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 تکرار اجرا گردید. تیمار مورد بررسی سطوح مختلف تنش خشکی (۰، ۱- ، ۲- ، ۳- و ٤- بار) بدست آمده از پلی اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ (PEG ٦۰۰۰) که پتانسیل صفر بار به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. برای ایجاد تنش خشکی از محلول پلی اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ بر اساس روش میشل و کافمن (Michel and Kaufmann, ۱۹۷۳) استفاده شد و غلظت پلی اتیلن گلیکول از رابطه ۱ زیر بدست آمد:

$$S = (1.18 \times 10^{-2})C - (1.18 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2T \quad \text{(رابطه۱)}$$

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 (حسندخت، ۱۳۹۱). 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 به طور روزانه یادداشت گردید. بذوری جوانه‌زده تلقی شدند که طول ریشچه آنها دو میلی‌متر یا بیشتر بود. در پایان روز چهاردهم صفات وزن خشک ریشچه، ساقه و گیاهچه اندازه گیری گردید.

یکنواختی جوانه‌زنی (GU[۱]) با استفاده از رابطه ۲ به دست آمد:

رابطه ۲: $GU=D_{10}-D_{90}$

زمان تا ۱۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی = D_{10} زمان تا ۹۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی = D_{90}

در یکنواختی جوانه‌زنی هرچه قدر مطلق عدد به دست آمده کمتر باشد نشان دهنده این است که یکنواختی جوانه‌زنی بیشتر است (Soltani et al., ۲۰۰۱).

درصد جوانه‌زنی از رابطه ۳ محاسبه گردید (Shamsaldin et al., ۲۰۰۷):

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 ضریب سرعت جوانه‌زنی[۲] از رابطه ٤ استفاده شد (Kotowoski, ۱۹۲٦):

رابطه ٤ $$\text{ضریب سرعت جوانه‌زنی} = \frac{\sum n}{\sum (t \times n)} \times ۱۰۰$$

که در آن n تعداد بذوری است که جدیداً در زمان t جوانه‌زده‌اند و t روز بعد از کاشت می‌باشد

برای محاسبه شاخص میزان جوانه‌زنی[۳] از رابطه ۵ استفاده شد (Throneberry and Smith, ۱۹۵۵):

رابطه ۵ $$\text{شاخص میزان جوانه‌زنی} = \frac{\sum_{i=1}^{c} Ni}{\sum_{i=1}^{c} Ti}$$

که در آن $\sum Ni$ مساوی مجموع کل بذور جوانه‌زده تا پایان آزمایش است و $\sum Ti$ برابر مجموع زمان بر حسب روز از شروع آزمایش جوانه‌زنی تا پایان آزمایش است. (روز آخر + ... +۳ +۲+۱) = $\sum Ti$

[۱]-Germination uniformity
[۲]- Coefficient of Velocity of Germination
[۳]-Rate Index of Germination

برای محاسبه میانگین مدت جوانه‌زنی[٤] از رابطه ٦ استفاده شد (Bewley and Black, ۱۹۹۸):

رابطه ٦ $$\text{متوسط زمان جوانه‌زنی} = \frac{\sum(tx \times nx)}{\sum N}$$

t_x= زمان برحسب روز از شروع آزمایش n_x=تعداد بذور جوانه‌زده در روز N = کل بذور جوانه‌زده در پایان آزمایش

برای محاسبه وزن خشک ریشچه و ساقچه، در پایان آزمایش، جداگانه و در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد در آون به مدت ٤۸ ساعت قرار داده شد و وزن خشک آنها از هر تکرار با ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۰۱ گرم شیماتزو[٥] توزین گردید. وزن خشک گیاهچه، از مجموع وزن خشک ریشچه و ساقچه بدست آمد.

برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی[٦] از رابطه ۷ استفاده گردید (Maguire, ۱۹٦۲):

رابطه ۷ $$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \sum \frac{Ni}{Ti}$$

برای محاسبه میانگین سرعت جوانه‌زنی[۷] از رابطه ۸ استفاده گردید (Tajbakhsh and Ghiyasi, ۲۰۰۸):

رابطه ۸ $$\text{میانگین سرعت جوانه‌زنی} = \frac{1}{\text{میانگین مدت جوانه زنی}}$$

برای محاسبه شاخص سرعت جوانه‌زنی[۸]از رابطه ۹ استفاده گردید (Mauromical and Licandro, ۲۰۰۲):

رابطه ۹ $$\text{شاخص سرعت جوانه‌زنی} = \frac{G2}{2} + \frac{G3}{3} + \frac{G4}{4} + \frac{G5}{5} + \frac{G6}{6}$$

که $G_۲$، $G_۳$، $G_٤$، $G_٥$ و $G_٦$ به ترتیب درصد جوانه‌زنی در ۲، ۳، ٤، ٥ و ٦ روز پس از جوانه‌زنی است.

شاخص بنیه بذر از رابطه ۱۰ (Mostafavi, ۲۰۱۱) محاسبه شد:

رابطه ۱۰ $$\text{شاخص بنیه بذر} = \text{درصد جوانه‌زنی} \times \text{طول گیاهچه (cm)}$$

شاخص طولی بنیه گیاهچه از رابطه ۱۱ (Abdul-Baki and Anderson, ۱۹۷۳) محاسبه شد:

رابطه ۱۱ $$\text{شاخص طولی بنیه گیاهچه} = \text{درصد جوانه‌زنی} \times \text{طول گیاهچه}$$

شاخص وزنی بنیه گیاهچه از رابطه ۱۲ (Abdul-Baki and Anderson, ۱۹۷۳) محاسبه شد:

رابطه ۱۲ $$\text{شاخص وزنی بنیه گیاهچه} = \text{درصد جوانه‌زنی} \times \text{وزن خشک گیاهچه}$$

٤- Mean Time of Germination
٥- SHIMATZU
٦- Speed of Germination
۷-Mean Rate of Germination
۸- Germination Rate Index

شاخص تحمل ریشه از رابطه ۱۳ (Karimi et al., ۲۰۱۱) محاسبه شد:

رابطه ۱۳ طول ریشه تیمار شاهد / طول ریشه تیمار تحت تنش = شاخص تحمل ریشه

شاخص تحمل ساقه از رابطه ١٤ (Karimi et al., ۲۰۱۱) محاسبه شد:

رابطه ١٤ طول ساقه تیمار شاهد / طول ساقه تیمار تحت تنش = شاخص تحمل ساقه

درصد کاهش وزن بذر نیز از رابطه ۱۵ (Lotfi Far et al., ۲۰۰۹) محاسبه شد :

رابطه ۱۵ وزن خشک ۳۰ بذر/۱۰۰ × (وزن خشک ۳۰ گیاهچه – وزن خشک ۳۰ بذر) = درصد کاهش وزن بذر

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 نرم افزار SPSS تبدیل زاویه‌ای (arcsin$\sqrt{\%}$) به عمل 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 وزن خشک ریشچه، ساقچه و گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک ریشچه، ساقچه و گیاهچه 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 ریشچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد وزن خشک ریشچه را به ترتیب ۹۵ و ۸۷ درصد کاهش داد (جدول ۲). دلیل کاهش وزن خشک ریشچه با افزایش سطح خشکی، کاهش طول ریشچه و ساقچه در اثر اعمال خشکی بود. حیدری و پوریوسف (۱۳۹۰) در بررسی تنش خشکی روی انیسون اعلام کردند که با افزایش تنش خشکی و کاهش پتانسیل آب محلول‌ها، وزن خشک ریشچه کاهش معنی-داری پیدا کرد. کاهش وزن خشک ریشچه و ساقچه در شرایط تنش خشکی در سایر بررسی‌ها نیز گزارش شده است (De and Kar, ۱۹۹٤; Nori et al., ۲۰۰۰). کاهش وزن خشک به دلیل کاهش رشد گیاهی به دلیل کاهش جذب آب در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Bhatt and Srinivasa, ۲۰۰۵).

بیشترین (٤٨/٥٠ میلی‌گرم) و کمترین وزن خشک ساقچه (۲/٥۲ میلی‌گرم) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۳- و ٤- بار از نظر وزن خشک ساقچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد وزن خشک ساقچه را به ترتیب ۹٥ و ۸۸ درصد کاهش داد (جدول ۲). دلیل کاهش وزن خشک ساقچه با افزایش سطح خشکی، کاهش طول ریشچه و ساقچه در اثر اعمال خشکی بود. یافته‌های مربوط به حیدری و پوریوسف (Heidari and Pooryousef, ۲۰۱۱) روی انیسون نتایج ما را تایید می‌کند.

آخوندی و همکاران (Akhondi et al., ۲۰۰۳) و نوری و همکاران (Nori et al., ۲۰۰۰) در بررسی عکس العمل یونجه و نخود به تنش خشکی در مراحل جوانه زنی و دانه رستی اعلام نمودند که توده‌های مورد مطالعه در برابر تنش خشکی ناشی از PEG٦۰۰۰ کاهش معنی داری 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.

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., ۲۰۰٦). وزن خشک گیاهچه از جمله معیارهای ارزیابی بنیه بذر و گیاهچه است (Hampton and Tekrony, ۱۹۹٥). محققان بیان کردند که وزن خشک گیاهچه یکی از بهترین معیارهای بنیه بذر برای پیش بینی میزان ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه می‌باشد استفاده از اندازه گیری میزان رشد خطی گیاهچه برای آزمون بنیه بذر اولین بار توسط (Germ, ۱۹٤۹) پیشنهاد و توسط (Wood Stock, ۱۹٦۹) برای بذر درت استفاده شد. محققان معتقدند بذرهای قوی و دارای قوه نامیه بالا به دلیل جوانه‌زنی سریع و یکنواخت و برخورداری از رشد بهتر گیاهچه-ها قادر خواهند بود از وزن خشک بالاتری برخوردار باشند (Hampton, ۱۹۹۲). محققان بیان داشتند 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 ۹٥ و ۸۷ درصد کاهش داد (جدول ۲). دلیل کاهش وزن خشک گیاهچه با افزایش سطح خشکی، کاهش طول ریشچه و ساقچه در اثر اعمال خشکی بود. حیدری و پور یوسف (Heidari and Pooryousef, ۲۰۱۱) در بررسی تاثیر پیش تیمار بذر انیسون با PEG بر شاخص‌های جوانه‌زنی بیان کردند که با کاهش پتانسیل آب، درصد جوانه‌زنی، سرعت

جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه به طور معنی‌داری کاهش یافت. سلطانی و گالشی (Soltani and Galeshi, ۲۰۰۲) 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.

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 نتایج حیدری و پوریوسف (Heidari and Pooryousef, ۲۰۱۱) مطابقت داشت. موریلو – آمادور (Murillo-Amador et al., ۲۰۰۲) بیان داشتند که تحت تنش خشکی یون‌ها و محلول‌های آلی در سلول‌ها تجمع می‌یابد که اثر مضر PEG روی جوانه زنی به علت اثر اسمزی است که تجمع این یون‌ها و محلول‌ها در سلول ایجاد می‌کنند. غنی و همکاران (Ghani et al., ۲۰۰۹) گزارش کردند که سطوح مختلف خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول بر درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و طول ریشه چه تأثیر معنی‌داری دارد. به طوری که با کاهش پتانسیل آب، درصد و سرعت جوانه زنی به طور معنی‌داری کاهش یافت، که این آزمایش مطابق با نتیجه آزمایش ما می‌باشد. مداکازول و همکاران (Madakazole et al., ۲۰۰۰) در مطالعه اثر پرایمینگ روی بذر ارزن نشان دادند که پرایم کردن بذرها با استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ در پتانسیل ۱۵- بار سبب افزایش جوانه زنی می‌شود. هم چنین آذرنیوند و جوادی (Azarnivand and Javadi, ۲۰۰۳) در مطالعه‌ای با عنوان اثر تنش خشکی بر جوانه زنی دو گونه مرتعی با افزایش یا کاهش پتانسیل آب، کاهش درصد جوانه زنی را گزارش دادند. سایر محققان نیز نشان دادند که با افزایش تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت (Khakshoor Moghaddam et al., ۲۰۱۱; Ghani et al., ۲۰۰۹). 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 تاخیر و یا

توقف جوانه‌زنی می‌شوند (Tobe et al., ۲۰۰۱). تنش خشکی و محدودیت جذب آب توسط بذر از طریق تاثیر بر انتقال ذخایر بذر و سنتز پروتئین‌ها در جنین احتمالاً علت اصلی کاهش درصد جوانه‌زنی است (Dodd and Donovan, ۱۹۹۹).

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 (Rabie and Bayat, ۲۰۰۹). 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 تاثیر قرار می‌دهد، لذا می‌تواند یکی از صفات حائز اهمیت باشد (Pasandideh et al., ۲۰۱٤). 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 (٤/۸۹ بذر در روز) و کمترین درصد جوانه‌زنی (۱/٤۹ بذر در روز) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد. علت عدم معنی‌دار بودن تنش خشکی ۱- بار با شاهد به دلیل اثر تحریک کنندگی مقادیر پایین تنش خشکی بر فعالیت آنزیم‌های درونی بذر می‌باشد (Hoseini and Rezvani Moghaddam, ۲۰۰٦). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد سرعت جوانه‌زنی را به ترتیب ۷۰ و ٥٦ درصد کاهش داد (جدول ۲). 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, ۱۹۸۹). عبادی و همکاران (Ebadi et al., ۲۰۱۱) در تحقیقی روی بابونه آلمانی بیان کردند که با افزایش تنش خشکی در پتانسیل‌های ٤- و ٦- بار درصد جوانه‌زنی به ٤۸ و ۱٦ درصد و سرعت جوانه‌زنی به ٥/۷ و ۱/۸ بذر در روز کاهش یافت و در پتانسیل‌های ۸- ، ۱۰- و ۱۲- بار جوانه‌زنی به صفر رسید. کاهش فرآیند جوانه زنی 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 جوانه زنی در داخل بذر به آرامی صورت خواهد گرفت، در نتیجه مدت زمان خروج ریشه چه از بذر افزایش و از این رو سرعت جوانه زنی نیز کاهش می‌یابد (Hoseini and Rezvani Moghaddam, ۲۰۰٦).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر یکنواختی جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، یکنواختی جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۱۰۱/۵۰- ساعت) و کمترین یکنواختی جوانه‌زنی (۲۸۳/۰۰- ساعت) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد. سلطانی و همکاران (۲۰۰۱) گزارش دادند که در یکنواختی جوانه‌زنی هرچه عدد بدست آمده کمتر باشد نشانگر یکنواختی بیشتر است. میشل و کافمن (Kaufmann and Michel, ۱۹۷۳) پتانسیل اسمزی محلول پلی اتیلن گلیکول را روی بذرهای مختلف بررسی کردند و توانستند افزایشی در درصد، سرعت و یکنواختی جوانه زنی را در بذرهای پرایم شده نسبت به بذر پرایم نشده پیدا کنند و اظهار داشتند پرایمینگ بذر در محلول اسمزی باعث افزایش مقدار آب جذب شده توسط بذر می‌شود و در نهایت سرعت جوانه‌زنی بذر و رشد ریشه چه و ساقه چه را افزایش می‌دهد.

به طور کلی شاخص جوانه‌زنی از پارامترهای مهم در تعیین جوانه‌زنی بذر می‌باشد که رابطه مستقیمی با کیفیت و قدرت زیست بذرها دارد به عبارتی هر چه کیفیت بذرها مناسب‌تر باشد درصد جوانه‌زنی و تعداد بذرهای جوانه زده بیشتر و در نتیجه شاخص جوانه‌زنی بالاتر خواهد بود (Ghorbani et al., ۲۰۱۰). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، شاخص سرعت جوانه-زنی کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۱۵/٦٦ درصد) و کمترین شاخص سرعت جوانه‌زنی (۳/٥٦ درصد) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۲- ، ۳- و ٤- بار از نظر شاخص سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر شاخص سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر میانگین مدت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، میانگین مدت جوانه‌زنی افزایش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۱۱/٤٤ روز) و کمترین میانگین مدت جوانه‌زنی (٦/٦۱ روز) به ترتیب از تیمار سطح خشکی ٤- بار و شاهد (صفر بار) بدست آمد بین سطح خشکی ۳- و ٤- بار از نظر میانگین مدت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر میانگین مدت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). هر چه متوسط زمان جوانه‌زنی کمتر باشد،

سرعت جوانه‌زنی بیشتر است. محققان نشان دادند که بذرهای سویا با قوه نامیه پایین از میانگین زمان جوانه‌زنی طولانی‌تری بر خوردار بودند (Khajeh Hosseini et al., ۲۰۰۳). متوسط زمان جوانه‌زنی شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی بوده و به عنوان معیاری از یکنواختی و وضعیت بنیه گیاهچه محسوب می‌شود (Hunter et al., ۱۹۸٤). بررسی ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه نشان داد که بین میانگین مدت جوانه‌زنی با میانگین سرعت جوانه‌زنی همبستگی منفی معنی‌داری (**۰/۹۹-) وجود داشت (جدول ۳). محققان میانگین مدت جوانه‌زنی را به عنوان شاخصی برخوردار از همبستگی قوی با درصد سبز مزرعه و میزان ظهور گیاهچه کلزا و نخود فرنگی در مزرعه گزارش کردند (Larsen et al., ۱۹۹۸).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر میانگین سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، میانگین سرعت جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۰/۱۵) و کمترین میانگین سرعت جوانه‌زنی (۰/۰۸) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۲- ، ۳- و ٤- بار از نظر میانگین سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر میانگین سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).

هر چه ضریب سرعت جوانه‌زنی بزرگتر باشد، کیفیت بذرها بالاتر است. محققان گزارش کردند که ضریب سرعت جوانه‌زنی، مشخصه سرعت و شتاب جوانه‌زنی بذرها می‌باشد (Scott et al., ۱۹۸٤). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر ضریب سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، ضریب سرعت جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۱۵/٤۲ درصد) و کمترین ضریب سرعت جوانه‌زنی (۸/۷۵ درصد) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۲- ، ۳- و ٤- بار از نظر ضریب سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر ضریب سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). این نتایج با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (Haj Babaye et al., ۲۰۱۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص میزان جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، شاخص میزان جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۰/٤۲ درصد) و کمترین شاخص میزان جوانه‌زنی (۰/۱۷ درصد) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۲-

، ۳- و ٤- بار از نظر شاخص میزان جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر شاخص میزان جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد شاخص میزان جوانه‌زنی را به ترتیب ٦۰ و ۵۲ درصد کاهش داد (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، شاخص وزنی بنیه گیاهچه کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۷۳٤٦/۰) و کمترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه (۱٤۹/۹) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۳- و ٤- بار از نظر شاخص وزنی بنیه گیاهچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی ۲- و ۳- بار هم از نظر شاخص وزنی بنیه گیاهچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد شاخص وزنی بنیه گیاهچه را به ترتیب ۹۷ و ۹۳ درصد کاهش داد (جدول ۲). سایر محققان نیز نشان دادند که شاخص وزنی بنیه گیاهچه در بذرهایی که تنش خشکی دیده بودند کاهش یافت (Afshar, ۲۰۰۷; Khaksar et al., ۲۰۱۲).

بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی اولیه بالا از شاخص طولی بنیه بذر بالاتری برخوردار بودند و با کاهش قابلیت جوانه‌زنی اولیه این شاخص نیز کاهش پیدا کرد (Pasandideh et al., ۲۰۱٤). محققان حاصلضرب قوه نامیه در میانگین طول ریشه اولیه را به عنوان شاخصی برای ارزیابی بنیه گیاهچه استفاده کردند (Abdul-Baki and Anderson, ۱۹۷۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص طولی بنیه گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، شاخص طولی بنیه گیاهچه کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۲۲۱۷/۰) و کمترین شاخص طولی بنیه گیاهچه (۳٦۳/٦) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۳- و ٤- بار از نظر شاخص طولی بنیه گیاهچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر شاخص طولی بنیه گیاهچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد شاخص طولی بنیه گیاهچه را به ترتیب ۸٤ و ۷٤ درصد کاهش داد (جدول ۲). خاکسار و همکاران (Khaksar et al., ۲۰۱۲) در بررسی اثر تنش خشکی روی ارقام بهاره کلزا اظهار داشتند که تاثیر تنش خشکی بر شاخص طولی بنیه گیاهچه معنی‌دار شد و با افزایش تنش خشکی، شاخص طولی بنیه گیاهچه کاهش معنی‌داری یافت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص بنیه بذر معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، شاخص بنیه بذر کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۲۲/۱۷) و کمترین شاخص بنیه بذر (۳/٦۳) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۳- و ٤- بار از نظر شاخص بنیه بذر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر شاخص بنیه بذر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). شاخص بنیه بذر معرف درصد و پتانسیل جوانه‌زنی می‌باشد، هر چه کیفیت بذر پایین‌تر باشد درصد جوانه‌زنی نیز پایین‌تر و شاخص بنیه بذر کاهش می‌یابد (Azad and Tobe, ۱۹۹٤). وجود گیاهچه‌های کوچک، ضعیف و غیر عادی ضعیف بودن بنیه بذر را نشان می‌دهد. حسینی و همکاران (Hoseini et al., ۲۰۱۱) در ارزیابی تاثیر تنش کمبود اکسیژن بر مولفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم بیان کردند که شاخص بنیه بذر با طول گیاهچه، وزن خشک ریشچه و وزن خشک گیاهچه همبستگی مثبت معنی‌داری داشت که با یافته‌های ما در این تحقیق مطابقت داشت. فرهودی و همکاران (Farhodi et al., ۲۰۱٤) نیز اظهار داشتند که تنش خشکی شاخص بنیه بذر سویا را کاهش داد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر درصد کاهش وزن بذر معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، درصد کاهش وزن بذر افزایش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۹۲/۹۷ درصد) و کمترین درصد کاهش وزن بذر (۹/۲۷ درصد) به ترتیب از تیمار سطح خشکی ٤- بار و شاهد (صفر بار) بدست آمد بین سطح خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر درصد کاهش وزن بذر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های طباطبایی (Tabatabaei, ۲۰۱۳) مطابقت داشت. کاهش درصد جوانه زنی و وزن خشک گیاهچه می‌تواند مرتبط با درصد کاهش وزن بذر باشد (Ansari et al., ۲۰۱۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص تحمل ریشچه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، شاخص تحمل ریشچه کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (۱/۰) و کمترین شاخص تحمل ریشچه (۰/۳۸) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ۲- ، ۳- و ٤- بار از نظر شاخص تحمل ریشچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر و ۱- بار هم از نظر شاخص تحمل ریشچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تنش خشکی ٤- و ۳- بار در مقایسه با شاهد شاخص تحمل ریشچه

را به ترتیب ٦٢ و ٤٩ درصد کاهش داد (جدول ٢). سایر محققان نیز با مطالعه روی تنش خشکی روند مشابهی را گزارش نمودند (Beltrano and Ronco, ٢٠٠٨; Daliri et al., ٢٠١٠). همبستگی مثبت معنی‌داری بین شاخص تحمل ریشچه با وزن خشک ریشچه وجود داشت (جدول ٣). شکرپور (Shokrpour, ٢٠٠٠) نیز اظهار داشت همبستگی مثبت معنی‌داری بین شاخص تحمل ریشه و وزن خشک ریشه در شرایط تنش خشکی در مرحله گیاهچه ذرت وجود دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص تحمل ساقچه معنی‌دار بود (جدول ١). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، شاخص تحمل ساقچه کاهش معنی‌داری یافت به طوری بیشترین (١/٠) و کمترین شاخص تحمل ساقچه (٠/٤١) به ترتیب از تیمار شاهد و سطح خشکی ٤- بار بدست آمد بین سطح خشکی ٣- و ٤- بار از نظر شاخص تحمل ساقچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت همچنین در سطوح تنش خشکی صفر، ١- و ٢- بار هم از نظر شاخص تحمل ساقچه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٢). تنش خشکی ٤- و ٣- بار در مقایسه با شاهد شاخص تحمل ساقچه را به ترتیب ٥٩ و ٥٢ درصد کاهش داد (جدول ٢).

نتیجه‌گیری کلی

١- تنش خشکی صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با جوانه‌زنی را به شدت تحت تاثیر قرار داد. مقایسه جوانه‌زنی بذرها در ژرمیناتور نشان دهنده این است که در ژرمیناتور در کلیه سطوح خشکی بذرها جوانه زده‌اند ولی درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، میانگین سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی با افزایش سطوح خشکی به شدت کاهش یافته است.

٢- بین صفات وزن خشک ریشچه، ساقچه و گیاهچه و سرعت جوانه‌زنی با شاخص مقاومت به شوری همبستگی مثبت معنی‌دار و بین صفت شاخص مقاومت به شوری با میانگین مدت جوانه‌زنی همبستگی منفی معنی‌دار وجود داشت.

٣- 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 ١- بار اقتصادی و قابل توجیه نمی‌باشد.

٤- همبستگی مثبت و معنی‌دار زیاد بین شاخص‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی با صفات ظاهری گیاه مانند وزن خشک ریشچه، ساقچه و گیاهچه بیان کننده این امر است که می‌توان از این صفات برای ارزیابی مقاومت به تنش خشکی در مرحله جوانه زنی و گیاهچه شوید بهره برد.

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)								
		وزن خشک ریشچه	وزن خشک ساقچه	وزن خشک گیاهچه	درصد جوانه-زنی	سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه-زنی	ضریب سرعت جوانه‌زنی	شاخص میزان جوانه‌زنی	شاخص وزنی بنیه گیاهچه
پتانسیل آب	۴	۶۱۸/۵۳**	۱۷۶۲/۴۱**	۴۴۴۵/۴۵**	۰/۵۶**	۷/۳۷**	۲۱۱۰۳/۵۷**	۲۸/۵۶**	۰/۰۴۷**	۴۱۱۰۵۵۹۸/۵**
خطای آزمایشی (Error)	۱۵	۲/۹۷	۳/۷۴	۹/۱۸	۰/۰۳۲	۰/۲۰۳	۳۰۸/۷۶	۲/۳۵	۰/۰۰۲۲	۱۷۳۸۶۷/۶
ضریب تغییرات (C.V.)	-	۱۳/۵۶	۸/۸۸	۸/۷۹	۲۳/۸۳	۱۴/۶۱	۹/۰۱	۱۳/۰۹	۱۶/۳۳	۱۴/۷۴

**، * 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)							
		شاخص طولی بنیه گیاهچه	شاخص بنیه بذر	درصد کاهش وزن بذر	شاخص سرعت جوانه-زنی	میانگین مدت جوانه-زنی	میانگین سرعت جوانه-زنی	شاخص تحمل ریشه	شاخص تحمل ساقه
پتانسیل آب	۴	۲۷۳۶۲۳۳/۸۵**	۲/۷۳**	۶۳۸۸/۲۹**	۹۳/۰۸**	۱۵/۱۴**	۰/۰۰۲**	۰/۳۱**	۰/۲۷**
خطای آزمایشی (Error)	۱۵	۴۰۹۵۲/۹۲	۰/۰۴	۸/۹۸	۶/۰۲	۱/۱۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱۵
ضریب تغییرات (C.V.)	-	۱۶/۸۹	۱۶/۸۵	۵/۴۹	۲۷/۱۶	۱۱/۷۱	۱۳/۲۵	۱۸/۴۰	۱۷/۳۸

**، * 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	وزن خشک ریشچه (میلی‌گرم)	وزن خشک ساقچه (میلی‌گرم)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)	درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی (بذر بر روز)	یکنواختی جوانه‌زنی (ساعت)	شاخص سرعت جوانه‌زنی (٪)	میانگین مدت جوانه‌زنی (روز)	میانگین سرعت جوانه‌زنی
پتانسیل آب (بار)									
صفر	۳۰/۶۴ a	۴۸/۵۰ a	۷۹/۱۴ a	۹۳/۰۰ a	۴/۸۹ a	-۱۰۱/۵۰ a	۱۵/۶۶ a	۶/۶۱ d	۰/۱۵ a
-۱	۲۰/۵۰ b	۳۹/۹۰ b	۶۰/۴۱ b	۸۴/۰۰ a	۳/۹۱ ab	-۱۴۶/۷۵ b	۱۲/۱۵ ab	۷/۶۳ cd	۰/۱۳ ab
-۲	۶/۸۷ c	۱۲/۲۵ c	۱۹/۱۲ c	۵۸/۰۰ b	۲/۹۸ bc	-۲۰۰/۷۵ c	۷/۲۷ bc	۸/۹۴ bc	۰/۱۱ bc
-۳	۴/۱۳ cd	۵/۷۱ d	۹/۸۵ d	۴۶/۰۰ b	۲/۱۵ cd	-۲۴۲/۵۰ d	۶/۵۱ c	۱۰/۲۷ ab	۰/۰۹ c
-۴	۱/۳۶ d	۲/۵۲ d	۳/۸۸ d	۳۷/۰۰ b	۱/۴۹ d	-۲۸۳/۰۰ e	۳/۵۶ c	۱۱/۴۴ a	۰/۰۸ c

اعدادی که حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ 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	ضریب سرعت جوانه‌زنی (٪)	شاخص میزان جوانه-زنی (٪)	شاخص وزنی بنیه گیاهچه	شاخص طولی بنیه گیاهچه	شاخص بنیه بذر	درصد کاهش وزن بذر	شاخص تحمل ریشه	شاخص تحمل ساقه
پتانسیل آب (بار)								
صفر	۱۵/۴۲ a	۰/۴۲ a	۷۳۴۶/۰ a	۲۲۱۷/۰ a	۲/۲۱ a	۹/۲۷ d	۱/۰۰ a	۱/۰۰ a
-۱	۱۳/۲۳ ab	۰/۳۸ a	۵۰۶۴/۲ b	۱۹۱۸/۸ a	۱/۹۱ a	۱۳/۸۳ d	۰/۹۸ a	۰/۹۲ a
-۲	۱۱/۳۷ bc	۰/۲۶ b	۱۱۲۲/۱ c	۹۳۱/۸ b	۰/۹۳ b	۷۲/۵۳ c	۰/۶۵ b	۰/۷۷ a
-۳	۹/۸۱ c	۰/۲۰ b	۴۵۹/۳ cd	۵۵۶/۷ bc	۰/۵۵ bc	۸۴/۲۲ b	۰/۵۱ b	۰/۴۸ b
-۴	۸/۷۵ c	۰/۱۷ b	۱۴۹/۹ d	۳۶۳/۶ c	۰/۳۶ c	۹۲/۹۷ a	۰/۳۸ b	۰/۴۱ b

اعدادی که حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

جدول ۳- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در آزمایشگاه

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
۱- وزن خشک ریشچه	۱																
۲- وزن خشک ساقچه	۰/۹۸**	۱															
۳- وزن خشک گیاهچه	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱														
۴- درصد جوانه زنی	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۱													
۵- سرعت جوانه‌زنی	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۹۶*	۰/۹۸**	۱												
۶- یکنواختی جوانه‌زنی	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱											
۷- شاخص سرعت جوانه‌زنی	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۱										
۸- میانگین مدت جوانه‌زنی	-۰/۹۴**	-۰/۹۵**	-۰/۹۵**	-۰/۹۸**	-۰/۹۹**	-۰/۹۹**	-۰/۹۷**	۱									
۹- میانگین سرعت جوانه‌زنی	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	-۰/۹۹**	۱								
۱۰- ضریب سرعت جوانه‌زنی	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	-۰/۹۸**	۰/۹۹**	۱							
۱۱- شاخص میزان جوانه‌زنی	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	-۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۱						
۱۲- شاخص وزنی بنیه گیاهچه	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۰/۹۵**	۰/۹۵**	۰/۹۷**	-۰/۹۳*	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۷**	۱					
۱۳- شاخص طولی بنیه گیاهچه	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۸**	-۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۹۷**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۱				
۱۴- شاخص بنیه بذر	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۸**	-۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۹۷**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۱			
۱۵- درصد کاهش وزن بذر	-۰/۹۶**	-۰/۹۹**	-۰/۹۸**	-۰/۹۸**	-۰/۹۵**	-۰/۹۵**	-۰/۹۶**	۰/۹۴**	-۰/۹۵**	-۰/۹۵**	-۰/۹۸**	-۰/۹۷**	-۰/۹۹**	-۰/۹۹**	۱		
۱۶- شاخص تحمل ریشه	۰/۹۴**	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۶**	-۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۹۹**	۰/۹۴**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	-۰/۹۸**	۱	
۱۷- شاخص تحمل ساقه	۰/۹۱*	۰/۹۲*	۰/۹۲*	۰/۹۶**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۲*	-۰/۹۸**	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۰*	۰/۹۵**	۰/۹۵**	-۰/۹۳*	۰/۹۶**	۱

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

منابع

Abdul-baki, A. A. and Anderson, J. D. ۱۹۷۳. Vigor determination in Soybean seed by multiplication. Crop Science, ۳: ٦۳۰-٦۳۳.

Afshar, H. ۲۰۰۷. Analysis of the effects the fungi and bacteria which accelerate plant growth on germination and on qualified characteristics of stressed soybean plants. Master thesis of agriculture. Zabol branch.

Akhondi, M., Lahoti, M., Safarnezhad, A. and Ejtehadi, H. ۲۰۰۳. Response evaluation of alfaalfa (Ci*cer arietiunm* L.) to drought stress in stages of germination and seedling. MS.C thesis, Sciences Faculty, Ferdousi Mashhad University, Iran. (In Persian)

Al-Baharany, A. M. ۲۰۰۲. Callus growth and proline accumulation in response to Poly Ethylene Glycol- induced osmotic stress in rice *Oryza sativa.* Pakistan Journal of Biological Sciences, ٥ (۱۲): ۱۲۹٤-۱۲۹٦.

Ansari, O., Choghazardi, H. R., Sharif Zadeh, F. and Nazarli, H. ۲۰۱۲. Seed reserve utilization and seedling growth of treated seeds of mountain rye (Secalemontanum) as affected by drought stress. Cercetări Agronomiceîn Moldova, ۲ (۱٥۰): ٤۳-٤۸.

Azad, F. and Tobe, A. ۱۹۹٤. The relationship of germination efficiency wheat with dry matter production and some other traits in laboratory and greenhouse cultivation. ٦th National Iranian Crop Science Congress. Mazandaran, Iran. Pp:۲۳۳.

Azarnivand, H. and Javadi, M. R. ۲۰۰۳. The effect of water stress on seed germination of two agropyron speices. Desert, ۲ (۸): ۱۹۲-۲۰٥. (In Persian)

Barzgar, A. B. and Rahmani, M. ۲۰۰٤. Study the effects of environmental stress on the stimulation of germination on Hyssop. The ۲th Conference medicinal plants, University of Shahed, Tehran, Iran. ٦۷p. (In Persian)

Beltrano, J. and M. G. Ronco. ۲۰۰۸. Improved tolerance of wheat plants (Triticum aestivum L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus Glomus claroideum: Effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Journal of Plant Physiol, ۲۰: ۲۹-۳۱.

Beromand Rezazadeh, Z. and Kocheki, A. ۲۰۰۵. Seed Germination response Ajowan, fennel and dill to osmotic and matric potentials of sodium chloride and polyethylene glycol ٦۰۰۰ at different temperatures. Iranian Journal of Field Crops Research, ۳ (۲): ۲۰۷-۲۱۷. (In Persian)

Bewley, J. D. and Black, M. ۱۹۹۸. Seeds: Physiology of development and germination second edition. Plenum press New York.

Bhatt, R. M. and Srinivasa-Rao, N. K. ۲۰۰۵. Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian Journal Plant Physiology, ۱۰: ٥٤-٥۹.

Blum, A. ۲۰۰۵. Use of PEG to induce and control plant water deficit in experimental hydroponics culture. www.plantstress.com/method/PEC.htm.

Daliri, R., Shokrpour, M., Asghari, A., Esfandiari, A. and Seyed Sharifi, R. ۲۰۱۰. Assessment of milk thistle ecotypes foe drought resistance in a hydroponic system. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, ۱ (۱): ۹-۱۷. (In Persian)

De, R. and Kar, R. K. ۱۹۹٤. Seed germination and seedling growth of mung bean (Vigna radiata) under water stress induced by PEG-٦۰۰۰. Seed Science and Technology, ۲۳: ۳۰۱-۳۰۸.

Dodd, G. L. and Donovan, L. A. ۱۹۹۹. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. American Journal of Botany, ۸٦: ۱۱٤٦-۱۱٥۳.

Ebadi, M., Azizi, T. M. and Farzaneh, A. ۲۰۱۱. Effect of Drought Stress on Germination Factors of Four Improved Cultivars of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.). Journal of Plant Production, ۱۸ (۲): ۱۱۹-۱۳۲. (In Persian)

Farhodi, R., Modhej, A. and Payande, Kh. ۲۰۱٤. Effects of end season drought stress on photosynthesis, yield and vigor of five soybean varieties. Journal of Crop Physiology, ٦ (۲٤): ٤۱-٥٥. (In Persian)

Georgieva, M. D., Djilianov, D., Konstantinova, T. and Parvanova, D. ۲۰۰٤. Screening of Bulgarian raspberry cultivars and elites for osmotic tolerance in vitro. Biotechnology Equipment, ۱۸(۲): ۹٥-۹۸.

Germ, H. ۱۹٤۹. Die feststellung der physiological bedingten triebkraft von samen. Proceeding of the international seed testing association, ۱٥: ۱-۲۳.

Ghani, A., Azizi, M. and Tehranifar, A. ۲۰۰۹. Response of Achillea species to drought stress induce by polyethylene glycol in germination stage. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, ۲٥ (۲): ۲٦۱-۲۷۱. (In Persian)

Ghorbani, M. H., Soltani, A. and Amiri, S. ۲۰۱۰. The effect of salinity and seed size on response of wheat germination and seedling growth. Journal of Agriculture and Science Naturural Resource, ۱٤ (٦): ٥٦-٦۰. (In Persian)

Haji Babaye, M., Gholdani, M., Shirani Rad, A. H. and Nezami A. ۲۰۱٥. Evaluation of traits and germination indexes effective on drought tolerance new canola lines. Journal of Crop Physiology, ۷ (۲٦): ۷۱-۸٤. (In Persian)

Hampton, J. G. ۱۹۹۲. Vigour testing within laboratories of the internation seed testing association: A survey. Seed Science and Technology, ۲۰: ۱۹۹-۲۰۳.

Hampton, J. G. and Tekrony, D. M. ۱۹۹٥. Handbook of vigour test methods (۳rd Ed). International seed testing association (ISTA). Zurich Switzerland.

Harris, D., Pathan, A. K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nyamudeze, P. ۲۰۰۱. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. Agricultural Systems, ٦۹: ۱۵۱-۱٦٤.

Hasandokht M. R. ۲۰۱۲. Vegetables Production Technology. Selsele Press. Tehran. Iran. (In Persian)

Hasani, A. ۲۰۰۵. Effects of water stress induced by polyethylene glycol on seed germination of basil. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, ۲۱(٤): ۵۳۵-۵٤۳. (In Persian)

Heidari, N. and Pooryousef, M. ۲۰۱۱. 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, ۲۷ (۳): ۵۰۹-۵۱٦. (In Persian)

Hoseini, F., Siadat, S. A., Bakhshande, A. and Ch, A. ۲۰۱۱. Evaluation effect of deficit oxygen stress on germination components and seedling growth of five wheat varities. Iranian Journal of Field Crops Research, ۹ (٤): ٦۳۱-٦۳۸.

Hoseini, H. and Rezvani Moghaddam, P. ۲۰۰٦. The effect of drought and salinity stress on germination of psyllium. Iranian Journal of Field Crops Research, ٤ (۱): ۱۵-۲۲. (In Persian)

Hunter, E. A., Glashbey, C. A. and Naylor, R. A. L. ۱۹۸٤. The analysis of data from germination tests. Journal of Agricultural Sciences, Cambridge, ۱۰۲: ۲۰۷-۲۱۳.

Jahanara, F. and Haerizadeh, M. ۲۰۰۱. Information and official use of herbal medicines. Press of Razi Daroghostar Co. ۲۰۸p. (In Persian)

Karimi, N., Soheilikhah, Z., Ghasempour, H., Zebarjadi, A. ۲۰۱۱. Effect of salinity stress on germination and early seedling growth of different Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. Journal of Ecobiotechnology, ۳ (۱۰): ۷-۱۳.

Khajeh-Hosseini, M., Powell, A. A. and Bingham, I. J. ۲۰۰۳. The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soyabean seeds. Seed Science and Technology, ۳۱: ۷۱۵- ۷۲۵. (In Persian)

Khaksar, K., Badroj, H. R., Hamidi, A. and Shirani Rad, A. H. ۲۰۱۲. Effect of drought stress and normal irrigation on the mother plant on the emergence and establishment of spring rapeseed varieties on the farm. Crop Production Under Environmental Stress, ٤ (٤): ٦۳-۷۱. (In Persian)

Khakshoor Moghaddam, Z., Lahoti, M. and Ganjali, A. ۲۰۱۱. 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, ۲۵ (۲): ۱۸۵-۱۹۳. (In Persian)

Kotowski, F. ۱۹۲٦. Temperature relation to germination of vegetable seed. Proceedings of the Society for Horticultural Science, ۲۳: ۱۷٦-۱۸٤.

Larsen, S. U., Povlsen, F. V., Eriksen, E. N. and Pedersen, H. C. ۱۹۹۸. The influence of seed vigor on field performance and the evaluation of the applicability of the controlled deterioration vigor test in oil seed rape (*Brassica napus*) and pea (*Pisum sativum*). Seed Science and Technology, ۲٦: ٦۲۷-٦٤۱

Lotfi Far, O., Akbari, Gh. A., Shiranirad, A. H., Sadat Nori, S. A. and Motaghi, S. ۲۰۰۹. Effects of planting the seed and related indices to germination in different cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, ٤۰ (۱): ٦۵-۷۵. (In Persian)

Macar, T. K., Ozlem, T. and Ekmekci, Y. ۲۰۰۹. Effect of deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arientinum* L.) cultivars and lines at early seedling stages. Gazi University Journal of Science, ۲۲ (۱): ۵-۱٤.

Madakazole, I. C., Prithiviraj, B., Madakadze, R. M., Stewart, K., Peterson, P., Coulman, B. E. and Smith, D. L., ۲۰۰۰. Effect preplant seed conditioning treatment on the germination of switchgrass (*Panicum virygatu* L.). Seed Science and Technology, ۲۸: ٤۰۳-٤۱۱.

Maguire, J. D. ۱۹٦۲. Speed of germination in selection and evaluation for seed vigour. Crop Science, ۲: ۱۷٦-۱۷۷.

Mauromicale, G. and Licandro, P. ۲۰۰۲. Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe artichoke. Agronomy Journal, ۲۲: ٤٤۳-٤٥۰.

Mayer, A. M. and Poljakoff-Mayber, A. ۱۹۸۹. The Germination of Seeds. Published by Pergamon Press.

Michel, B. E. and Kaufmann, M. R. ۱۹۷۳. The osmotic potential of polyethylene glycol ٦۰۰۰. Plant Physiology, ٥۱ (٥): ۹۱٤-۹۱٦.

Mostafavi, K. ۲۰۱۱. An evaluation of Safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.) seed germination and seedling characters in salt stress conditions. African Journal of Agricultural Research, ٦ (۷): ۱٦٦۷-۱٦۷۲.

Murillo-Amador, B., Lopez-Aguilar, R., Kaya, C., Larrinaga-Mayoral, J . and Flores-hernandez, A. ۲۰۰۲. Comparative effect of NaCl and Polyethylene Glycol on germination, emergence and seedling growth of Cowpea. Journal of Agronomy and Crop Science, ۱۸۸ (٤): ۲۳٥-۲٤۷.

Nori, A., Lahoti, M. and Nezami, A. ۲۰۰۰. Response evaluation of chickpea (*Cicer arietiunm* L.) to drought stress induced by PEG ٦۰۰۰ on seed germination and seedling. MS.C thesis, Sciences Faculty, Ferdousi Mashhad University, Iran. (In Persian)

Pasandideh, H., Seyed Sharifi, R., Hamidi, A., Mobasser, S. and Sedghi, M. ۲۰۱٤. 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, ۱ (۱): ۲۹-٥۰. (In Persian)

Rabie, B. and Bayat, M. ۲۰۰۹. Evaluation of germination seed indexes and seedling growth of rapseed cultivars (*Brassica napus* L.) using vigor seed tests. Iranian Journal of Crop Scinces, ٤۰ (۲): ۹۳-۱۰٤. (In Persian)

Scott, S. J., Jones, R. A. and Williams, W. A. ۱۹۸٤. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, ۲٤: ۱۱۹۲-۱۱۹۹.

Shamsaldin, S., Farahbakhsh, H. and Maghsoudi Mod, A. A. ۲۰۰۷. The effects of salinity stress on germination, vegetative growth and some of the physiological traits of rapseed cultivars. Journal of Water and Soil Science, ۱۱ (٤۱): ۱۹۱-۲۰۲. (In Persian)

Shokrpour, M. ۲۰۰۰. Study inheritance of drought tolerance in maize by generation mean analysis. MS.C. thesis, Tabriz University, Iran. (In Persian)

Soltani, A. and Galeshi, S. ۲۰۰۲. Importance of rapid canopy closure or wheat production in a temperate sub-humid environment: experimentation and simulation. Field Crops Research, ۷۷: ۱۷-۳۰. (In Persian)

Soltani, A., Gholipour, M. and Zeinali, E. ۲۰۰٦. Seed reserve utilizatiob and seedling growth of wheat as affected by drought salinity. Environmental and Experimental of Botany, ۵۵: ۱۹۵-۲۰۰.

Soltani, A., Galeshi, S., Zenali, E. and Latifi, N. ۲۰۰۱. Germination seed reserve utilization and growth of Chicpea as affected by salinity and seed size. Seed Science and Technology, ۳۰: ۵۱-٦۰. (In Persian)

Tabatabaei, S. A. ۲۰۱۳. The effect of priming on germination indexes and seed reserve utilization of maize seeds under salinity stress. Seed Research, ۳ (٤): ٤٤-۵۱. (In Persian)

Tajbaksh, M. and Ghiyasi, M. ۲۰۰۸. Seed ecology. Press of University Jehad. Urmia university. ۱۳٤p. (In Persian)

Throneberry, G. O. and F. G. Smith. ۱۹۵۵. Relation of respiratory enzymatic activity to corn seed viability. Plant physiol. ۳۰: ۳۳۷-۳٤۳.

Tobe, K., Zhang, L., Qiu, G.Y. and Shimizu, H. ۲۰۰۱. Characteristics of seed germination in five non-halophytic Chinese desert shrub species. Journal of Arid Environments, ٤٧: ۱۹۱-۲۰۱

Wood Stock, L. W. ۱۹٦۹. Biochemical tests for seed vigour. Proceedings of International seed testing association (ISTA), ۳٤: ۲٥۳-۲٦۳.

Effects of drought stress on germination indices and early seedling growth in medicinal plant of dill (*Anethum graveolens* L)

Esmaeil Gholinezhad

Associate Professor, Department of Agronomy, Payame Noor University, Tehran, Iran

Email: gholinezhad۱۳۵۸@yahoo.com

تلفن همراه: ۰۹۱۴۹۴۱۳۲۰۳

*Corresponding author: gholinezhad۱۳۵۸@yahoo.com

Abstract

In order to evaluation the effect of drought stress on germination indices and early seedling growth of medicinal herb dill (*Anethum graveolens* L), an experiment was conducted in the agricultural laboratory of Urmia Payam Noor university in ۲۰۱۵ as a randomized complete block design with four replications. Treatments were five levels of drought stress (۰, -۱, -۲, -۳ and -٤ bar induced by polyethylene glycol, which was considered zero bar as control). In this research were measured, root, stem and seedling dry weight, germination percent, germination rate, germination uniformity, rate germination index, mean germination time, Mean rate of germination, Coefficient of velocity of germination, Amount germination index, seedling weight vigor index, seedling length vigor index, seed vigor index, reduction percent of seed weight, root tolerance index and stem tolerance index. The results of analysis variance showed that effect of different level of drought stress on all of studied in this research had significantly at ۱٪ probability level. Mean comparison revealed that with increasing drought stress, root, stem and seedling dry weight and total germination indices exception mean germination time decreased significantly. Drought stress of -٤ and -۳ bar in compared with control treatment, seedling dry matter decreased ۹۵ and ۸۷ percent, respectively. There are high positive correlation between germination indices and tolerance indices to drought stress with morphological traits such as root, stem and seedling dry weight, and we can use these traits to assess resistance to drought stress during seed germination and seedling of dill.

Key words: *Dill, Drought stress, Polyethylene glycol, Germination.*