

بررسی اثرهای هیدروپرایمینگ و تنش خشکی

بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گونه *Cymbopogon olivieri*

- ❖ محمد پیچند*؛ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ قاسمعلی دیان‌تی تیلکی؛ دانشیار گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران.
- ❖ سید احسان ساداتی؛ استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ایران.

چکیده

به منظور بررسی اثرهای هیدروپرایمینگ و تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر *Cymbopogon olivieri* آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار و ۵۰ عدد بذر در هر تکرار مورد بررسی قرار گرفت و پارامترهای جوانه‌زنی ارزیابی شدند. عامل اول تیمار هیدروپرایمینگ در چهار سطح (۰، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) و عامل دوم محلول پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ در سطوح ۰، ۴، ۸، ۱۶- بار در شرایط آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تفاوت بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن ($P < 0.05$) مقایسه شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار زمان هیدروپرایمینگ و پلی‌اتیلن‌گلیکول سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار بر سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و وزن تر و خشک ساقه‌چه ($P < 0.01$) و شاخص قدرت ($P < 0.05$) شد ولی بر پارامترهای درصد جوانه‌زنی، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و وزن تر و خشک ریشه‌چه تأثیر معنی‌داری نداشت. تیمار ۴- بار و بدون پرایمینگ (شاهد) بالاترین درصد جوانه‌زنی و تیمار ۸- بار ۴۸ ساعت کمترین درصد جوانه‌زنی را به ترتیب ۴۹ و ۱۴ درصد را دارا بودند. تیمار ۸- بار ۴۸ ساعت پرایمینگ بالاترین سرعت جوانه‌زنی را داشت. مقایسه میانگین نتایج نشان‌دهنده عدم جوانه‌زنی تیمار ۱۶- بار در همه زمان‌های هیدروپرایمینگ بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تیمار پلی‌اتیلن‌گلیکول ۴- و ۸- بار در مدت زمان ۴۸ و ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ تأثیر مثبت بر درصد جوانه‌زنی بذر، سرعت جوانه‌زنی، شاخص قدرت و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه *Cymbopogon olivieri* داشتند.

واژگان کلیدی: پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰، قدرت بذر، رشد گیاهچه، تنش خشکی، *Cymbopogon olivieri*

۱. مقدمه

حفظ و توسعه پوشش گیاهی مراتع و مناطق بیابانی یکی از راه‌های بیولوژیکی و از راه کارهای مدیریتی مراتع به‌عنوان اکوسیستم‌های طبیعی است. از آنجایی که بخش عمده‌ای از خاک کشاورزان توسط مناطق خشک یا مناطق با خاک نامناسب پوشیده شده است، در این مناطق اغلب بارش باران ناچیز بوده و از پراکنش مناسبی نیز برخوردار نیست. به همین دلیل گیاهان نقش مهمی در تأمین علوفه مورد نیاز دام‌ها در این مناطق دارند [۴۷]. گونه گیاهی ناگرد (*Cymbopogon olivieri*) که در مناطق وسیعی از استان هرمزگان به‌عنوان یکی از گونه‌های اصلی همراه با گونه‌های مرتعی تشکیل تیپ داده است و همچنین به‌عنوان گونه همراه مشاهده می‌گردد، دارای ارزش علوفه‌ای قابل توجهی می‌باشد که گندمیان یکساله به زودی از بین می‌روند و در تأمین علوفه دام‌ها نقش به‌سزایی دارد [۶]. عدم ریزش‌های جوی و خشکسالی، چرای بی‌رویه و سنگین فشار مضاعفی را بر گونه‌های گیاهی از جمله ناگرد (*Cymbopogon olivieri*) وارد نموده و روند تخریب و نابودی این گونه را می‌توان به خوبی مشاهده نمود. آب عامل بسیار مهمی در توزیع و پراکنش گونه‌های گیاهی در سطح جهان بوده و خشکی خطری برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان است. خشکی از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک است و در این نقاط، تنش خشکی شروع جوانه‌زنی را به تعویق انداخته و میزان جوانه‌زنی را کند می‌کند. تنش خشکی اغلب جوانه‌زنی بذر را در شرایط مزرعه‌ای کاهش داده و منجر به کاهش استقرار گیاه می‌شود [۴۷]. جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین مراحل رشدی در چرخه حیات گیاه است که بر رشد گیاهچه، بقا و پویایی جمعیت گیاه تأثیر زیادی دارد [۴۷]. این مرحله آسیب‌پذیرترین و بحرانی‌ترین مرحله در طول حیات گیاه است. مطالعه درباره جوانه‌زنی بذر گونه‌های گیاهی در حفاظت بیولوژیکی بسیار حائز اهمیت است؛ زیرا ارزیابی جوانه‌زنی بذر و سبز شدن گیاهچه نه تنها به افزایش

دانش در زمینه تولید و احیاء جمعیت‌های گیاهی کمک می‌کند، بلکه این موارد به‌عنوان یک شاخص مهم در حفاظت و مدیریت گونه‌های گیاهی نیز تلقی می‌گردد [۶۲]. یکی از راه‌های بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌ها در شرایط رطوبت کم و همچنین دمای پایین پرایمینگ می‌باشد [۳۲]. مهم‌ترین کارکرد پرایمینگ همگن‌سازی جوانه‌زنی بذرها می‌باشد [۱۲]. تیمار بذر (پرایمینگ) به‌طور موفقیت‌آمیزی باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن بذر می‌گردد [۳۶]. در حال حاضر اسموپرایمینگ یکی از گسترده‌ترین تکنیک‌های پرایمینگ بذر می‌باشد که مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای ساختن محلول‌های اسمری از مواد گوناگونی از قبیل پلی‌اتیلن‌گلیکول استفاده می‌شود. مهم‌ترین مواد اسمتیک در این روش پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ و ۸۰۰۰، مانیتول، هورمون‌های گیاهی و نمک‌های معدنی می‌باشند [۳]. مزیت این نمک‌ها فراهم آوردن نیتروژن و سایر عناصر ضروری برای سنتز پروتئین در طی فرآیند جوانه‌زنی و قابلیت حل بالای آن در آب می‌باشد. این ماده به آسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، با بذر واکنش شیمیایی ندارد و اثرات سازگار و سودمندی را روی برخی از گونه‌ها می‌گذارد [۱۳]. به دلیل ناهمگون بودن خاک در مزرعه و عدم امکان کنترل عوامل محیطی در شرایط مزرعه از جمله تنش خشکی، انجام تحقیقات در زمینه تنش در شرایط آزمایشگاهی مورد توجه زیادی قرار گرفته است. از جمله این روش‌ها می‌توان به واکنش بذرها نسبت به محلول‌های حاصل از مواد اسموتیکوم نظیر پلی‌اتیلن‌گلیکول اشاره داشت [۱۴]. تحقیقات مختلفی در مورد پاسخ گیاهان در مرحله جوانه‌زنی به تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلیکول انجام شده است. در این ارتباط [۲۰] با بررسی اثر تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلیکول بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی چهار رقم اصلاح شده بابونه آلمانی بیان کردند که با افزایش تنش خشکی، پارامترهای درصد و سرعت جوانه‌زنی به طور قابل توجهی کاهش یافتند و طول ساقه‌چه نیز

صورت گرفت که امروزه کسب آگاهی در خصوص رفتار جوانه‌زنی بذر گونه‌ی مورد مطالعه تحت تنش خشکی، در انتخاب گونه و استقرار موفقیت‌آمیز آن برای مناطق خشک و نیمه‌خشک امری ضروری است.

۲. روش‌شناسی

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار و ۵۰ عدد بذر در هر تکرار (پتری دیش) انجام گرفت. پتانسیل اسمزی مورد استفاده در این پژوهش ۰، -۴، -۸ و -۱۶ بار [۵۴] و مدت زمان هیدروپرایمینگ ۲۴، ۴۸، ۷۲ ساعت و شاهد (بدون پرایم) انتخاب شد [۱۹]. از ماده پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ Kg/Kmol جهت ایجاد پتانسیل اسمزی مورد نظر استفاده شد. پلی‌اتیلن‌گلایکول به طور معمول جهت ایجاد استرس خشکی و نیز به عنوان ماده ایجاد کننده شرایط اسمزی به کار می‌رود. تمام مراحل تیمارها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد، چرا که دما بر میزان اسمزی محلول‌ها مؤثر می‌باشد. در پرایمینگ حاضر فرآیند خشکاندن بذرها نیز انجام شد و رطوبت بذرها به میزان رطوبت اولیه قبل از پرایمینگ، رسانده شد. ابتدا بذور *Cymbopogon olivieri* مورد نیاز آزمایش از مراتع اطراف شهر بندرعباس (سرچاهان) جمع‌آوری شد. سپس بذرها بوجاری و توزین شده و به مدت ۲ دقیقه با قارچ‌کش کربوکسین تیرام (۲ گرم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر) ضدعفونی شدند. برای اعمال تیمار هیدروپرایمینگ، بذرها به مدت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در آب مقطر قرار گرفتند. پس از تمام دوره پرایمینگ، پتری‌دیش‌ها از ژرمیناتور خارج و بذرها تا رسیدن به وزن اولیه در دمای اتاق و شرایط تاریکی خشک شدند [۴۶]. جهت انجام هیدروپرایمینگ از آب مقطر به میزان ۵۰۰ میلی‌لیتر استفاده شد. اثرات غلظت و دما روی پتانسیل اسمزی محلول آبی پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ دالتون متفاوت از دیگر نمک‌ها و ترکیبات می‌باشد، که به نظر می‌رسد به دلیل تغییر در

نسبت به طول ریشه‌چه کاهش بیشتری در مقابل تنش خشکی نشان داد. [۲] با بررسی تأثیر هیدروپرایمینگ بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش خشکی به این نتیجه رسیدند که با افزایش تنش خشکی طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر به طور قابل توجهی کاهش یافتند. هیدروپرایمینگ ویژگی‌های جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه گندم را بهبود داد و توانست تحمل گندم به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی را افزایش دهد. اگرچه تنها بررسی‌های آزمایشگاهی نمی‌تواند معیار بسیار دقیقی جهت غربال کردن گیاهان مختلف از نظر مقاومت یا تحمل تنش‌های غیر زنده باشد، ولی در صورتی‌که این روش‌ها با آزمایش‌های مزرعه‌ای همراه شود به طور قطع خواهد توانست معیار مناسبی برای ارزیابی اولیه فراهم سازد [۲۳]. که در این رابطه مطالعه‌ای تحت عنوان اثر تنش خشکی و هیدروپرایمینگ بذر بر برخی صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گونه *Cymbopogon olivieri* توسط [۱۹] انجام گردید و نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که تیمار هیدروپرایمینگ تحت تنش خشکی تأثیر چشمگیر و مؤثری در جوانه‌زنی بذر گونه مورد نظر در شرایط گلخانه داشت. جهت اصلاح و احیاء مناطق بیابانی، به کارگیری گونه‌های بومی نسبت به گونه‌های وارداتی از نظر نوسانات دمایی، خشکی، شوری آب و خاک، آفات و بیماری‌ها، رقابت با دیگر گونه‌های موجود در عرصه و بسیاری از موارد دیگر برتری دارند [۴۵]. با توجه به این که لازمه احیا و توسعه مراتع، کشت گونه‌های مناسب مرتعی می‌باشد، انجام تحقیقاتی پیرامون تأثیر عوامل محیطی از جمله عوامل تنش‌زا بر رشد گیاهان مرتعی ایران نظیر مرحله حساس جوانه‌زنی ضروری به نظر می‌رسد که بر روی رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد. هدف از این پژوهش، تعیین مقاومت به خشکی گونه مرتعی ناگرد در مرحله جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاهی بوده است. انجام این تحقیق با این هدف

ساختمان این پلیمر باشد. بنابراین جهت تعیین مقدار دقیق پتانسیل اسمزی مورد نظر از رابطه [۴۴] به شرح

جدول ۱ تهیه گردید.

جدول ۱. نحوه ایجاد پتانسیل‌های مختلف اسمزی

مقدار محلول	نوع محلول	مقدار PEG6000
۱۰۰۰ میلی‌لیتر	شاهد	۰
۱۰۰۰ میلی‌لیتر	-۴	۱۷/۰۲ گرم
۱۰۰۰ میلی‌لیتر	-۸	۲۵/۲۳ گرم
۱۰۰۰ میلی‌لیتر	-۱۶	۳۷/۰۵ گرم

رابطه:

$$\psi_s = -(1.18 \times 10^{-2}) \cdot C - (1.18 \times 10^{-4}) \cdot C^2 + (2.67 \times 10^{-4}) \cdot CT + (8.39 \times 10^{-7}) \cdot C^2 T$$

که در آن:

ψ_s = پتانسیل اسمزی پلی‌اتیلن‌گلايکول ۶۰۰۰ بر حسب بار،

C = مقدار گرم از پلی‌اتیلن‌گلايکول ۶۰۰۰ در یک کیلوگرم آب،

T = دمای محلول بر حسب درجه سانتی‌گراد

(بدون پرایم) در ۴ تکرار و تحت تأثیر ۴ سطح از محلول پلی‌اتیلن‌گلايکول ۶۰۰۰ روی کاغذ صافی درون پتری‌دیش قرار داده شدند. محلول‌های تهیه شده با پتانسیل آبی مختلف برای هر ظرف پتری به میزان ۵ میلی‌لیتر استفاده شد. سپس نمونه‌های پتری‌دیش در شرایط کنترل شده ژرمیناتور با دمای ۲۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۸۰٪ و تناوب نوری ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی قرار گرفتند [۳۱]. روشنایی داخل ژرمیناتور توسط لامپ‌های فلورسنت تأمین شد. یادداشت‌برداری درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی هر روز در فرم‌های مخصوص انجام گرفت. یادداشت‌برداری تا روز بیستم ادامه داشت. زمانی که طول ریشه‌چه بذرها به ۲ میلی‌متر رسید به‌عنوان بذور جوانه‌زده شمارش شدند [۲۸]. در پایان درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، شاخص بنیه، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه اندازه‌گیری شد.

۱- درصد جوانه‌زنی که با شمارش تعداد گیاهچه‌های نرمال در پایان دوره جوانه‌زنی استاندارد از رابطه زیر:

رابطه ۱: (تعداد بذرهاى جوانه‌زده به تعداد بذرهاى کشت شده $\times 100$) بدست می‌آید.

۲- سرعت جوانه‌زنی که با استفاده از اطلاعات مربوط

کیسه‌های حاوی بذور *Cymbopogon olivieri* داخل آب مقطر شناور شد. این عمل از لحاظ زمانی به گونه‌ای انجام گرفت که در پایان فرآیند پرایمینگ، همه تیمارها به‌طور هم‌زمان از آب مقطر خارج شدند. مدت زمان پرایمینگ ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بود. بعد از خروج از آب مقطر، نمونه بذرهاى تیمار شده از کیسه‌ها خارج و جهت خشک شدن روی یک سینی پخش شدند. نمونه‌ها با قارچ‌کش تیرام به نسبت ۰/۰۹ کیلوگرم برای ۲۵ کیلوگرم بذر گراس جهت جلوگیری از رشد قارچ ضدعفونی شدند. زمانی که میزان رطوبت بذرها به مقدار قبل از پرایم شدن رسید پرایمینگ بذر پایان یافت و بذرها برای بررسی‌های آزمایشگاهی آماده شدند. ۵۰ عدد بذر از هر تیمار پرایم شده (۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) و شاهد

۳. نتایج

نتایج آزمون تجزیه واریانس دوطرفه (Two-way ANOVA) برای گونه *C. olivieri* نشان داد که اثر زمان هیدروپرایمینگ سبب ایجاد اختلاف معنی دار بر درصد جوانه‌زنی ($P < 0/05$) و شاخص بنیه و طول ساقچه ($P < 0/01$) شد و بر پارامترهای سرعت جوانه‌زنی، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک ساقچه و ریشه‌چه تأثیر معنی دار نداشت. همچنین تیمار پلی اتیلن گلاکول نیز سبب ایجاد اختلاف معنی دار بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه، طول ساقچه، وزن تر و خشک ساقچه و وزن تر و خشک ریشه‌چه ($P < 0/01$) شد ولی بر پارامترهای میانگین مدت زمان جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه تأثیر معنی داری نداشت. اثر متقابل تیمار زمان هیدروپرایمینگ و پلی اتیلن گلاکول نیز سبب ایجاد اختلاف معنی دار بر سرعت جوانه‌زنی، طول ساقچه و وزن تر و خشک ساقچه-چه ($P < 0/01$) و شاخص بنیه ($P < 0/05$) شد ولی بر پارامترهای درصد جوانه‌زنی، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و وزن تر و خشک ریشه‌چه تأثیر معنی داری نداشت (جدول ۲).

مقایسه میانگین نتایج نشان‌دهنده عدم جوانه‌زنی تیمار ۱۶- بار در همه زمان‌های هیدروپرایمینگ بود. تیمار ۴- بار و بدون پرایمینگ (شاهد) بالاترین درصد جوانه‌زنی و تیمار ۸- بار ۴۸ ساعت کمترین درصد جوانه‌زنی را به ترتیب برابر ۴۹ و ۱۴ درصد دارا بودند و تیمار ۸- بار ۴۸ ساعت بالاترین سرعت جوانه‌زنی را داشت که در مقایسه با تیمار ۸- بار ۷۲ ساعت که کمترین مقدار این پارامتر را داشت ۵/۶۳ بذر در روز، بیشتر بود. کمترین میانگین مدت زمان جوانه‌زنی را تیمارهای ۸- بار ۴۸ ساعت با ۶ روز کمتر در مقایسه با تیمار تنش خشکی ۸- بار ۷۲ ساعت داشت. با افزایش تنش خشکی طول ریشه‌چه در همه سطوح زمانی هیدروپرایمینگ (۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) به جزء شاهد (بدون پرایمینگ) کاهش ولی طول ساقچه در زمان‌های

به بذور جوانه‌زده در طول دوره جوانه‌زنی بدست می‌آید:

$$GR = \sum_{i=1}^n (n/t) \quad \text{رابطه ۲}$$

که GR سرعت جوانه‌زنی، n تعداد بذور جوانه‌زده در زمان t و t تعداد روزها از زمان شروع آزمایش می‌باشد [۵۰].

۳- میانگین زمان جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۳ قابل محاسبه است:

$$MGT = \frac{\sum (Gt \times Tt)}{\sum Gt} \quad \text{رابطه ۳}$$

که MGT میانگین زمان جوانه‌زنی، Gt تعداد بذره‌های جوانه‌زده در روز t و Tt زمان مربوط به Gt در روز می‌باشد [۳۵ و ۱].

۴- طول ریشه‌چه (RL) ۵- طول ساقچه (SL)

۵- برای اندازه‌گیری وزن خشک و تر گیاهچه، ۱۰ عدد از گیاهچه‌های موجود به صورت تصادفی از طرف‌ها خارج و با ترازوی دقیق یکدهم میلی‌گرم سنجش شد. سپس با قرار دادن آنها در آن ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت، گیاهچه‌ها خشک و توزین شد [۴۲].

۶- شاخص بنیه (VI)

$$VI = (RL + SL) \times GP \quad \text{رابطه ۴}$$

که VI شاخص بنیه، RL طول ریشه‌چه، SL طول ساقچه و GP درصد جوانه‌زنی می‌باشد [۱].

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS Ver.17 و رسم نمودار با نرم افزار Excel صورت گرفت. نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov)، همگنی واریانس خطاها به وسیله آزمون لون (Levene) و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد آماری مورد بررسی قرار گرفت [۲]. پارامترهای جوانه‌زنی درون آزمایشگاه و مشخصه‌های مربوط به تنش خشکی با استفاده از آزمون (Two-Way-ANOVA) انجام شد.

پلی اتیلن گلايکول (شاهد) حاصل شد. حداقل طول ساقه‌چه نیز توسط تنش خشکی ۸- بار با مدت زمان هیدروپرایمینگ ۲۴ ساعت (۲/۱۰ سانتی‌متر) بدست آمد (شکل ۵).

هیدروپرایمینگ و همچنین شاهد با افزایش سطوح مختلف خشکی کاهش یافت. به عبارت دیگر حساسیت طول ساقه‌چه به تنش خشکی بیشتر از طول ریشه‌چه بود. بیشترین طول ساقه‌چه با مدت زمان پرایمینگ ۷۲ ساعت (۶/۶۴ سانتی‌متر) و بدون محلول

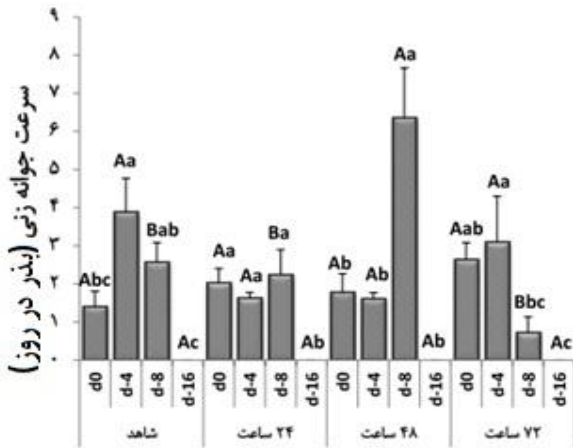
جدول ۲. تجزیه واریانس اثرات هیدروپرایمینگ و پلی اتیلن گلايکول ۶۰۰۰ بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی بذر *Cymbopogon olivieri*

میانگین مربعات											
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیه	میانگین مدت جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه
پرایمینگ	۳	۶۷۶/۵*	۲/۹۴	۹۸/۴**	۰/۰۳۷	۱۴/۱**	۰/۱۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶
خشکی	۳	۳۸۲۲/۸۳**	۲۷/۶۱**	۶۲۲/۷۵**	۰/۵۵۲	۹۰/۷**	۰/۱۸۷	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
پرایمینگ × خشکی	۹	۲۵۰	۸/۷۲**	۳۲/۱۱*	۰/۱۳۰	۳/۵۴**	۰/۱۴۲	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶
خطا	۴۸	۱۷۹/۱۶	۱/۴	۱۳/۴	۰/۲۴۲	۰/۹۶۵	۰/۰۷۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات (%)		۹۴/۶۹	۱۰۳/۷۴	۷۱/۰۹	۶۴/۸۱	۷۱/۵۵	۴۶/۱۵	۷۲/۰۳	۸۱/۰۷	۷۹/۹۶	۸۷/۲۵

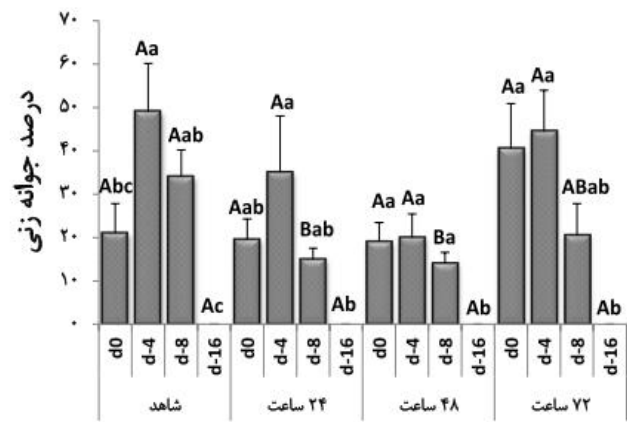
** و * نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح، ۱ و ۵ درصد

با افزایش تنش خشکی بطور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. بیشترین کاهش در وزن خشک ساقه‌چه وقتی که سطح خشکی در تیمار هیدروپرایمینگ ۴۸ ساعت از ۴- به ۸- بار افزایش یافت مشاهده شد. همچنین بیشترین وزن تر و خشک ریشه‌چه به ترتیب به تیمارهای ۸- بار بدون پرایم، ۴- بار - ۷۲ ساعت و بدون تنش خشکی ۷۲ ساعت و کمترین مقدار این پارامترها به تیمار ۸- بار - ۴۸ ساعت تعلق داشت. وزن خشک ریشه‌چه نیز با افزایش سطوح تنش خشکی در هر سطح زمانی هیدروپرایمینگ کاهش ولی در شاهد (بدون پرایمینگ) افزایش پیدا کرد. بیشترین کاهش در وزن خشک ریشه‌چه وقتی که سطح خشکی در تیمار هیدروپرایمینگ ۷۲ ساعت از ۴- به ۸- بار افزایش یافت مشاهده شد (شکل‌های ۱ تا ۱۰).

بیشترین طول ریشه‌چه مربوط به تیمار بدون پلی اتیلن گلايکول (شاهد) با مدت ۲۴ ساعت (۲/۰۶ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به پلی اتیلن گلايکول ۸- بار با مدت ۲۴ ساعت (۱/۳۲ سانتی‌متر) حاصل شد (شکل ۴-۶). بالاترین مقدار شاخص بنیه را تیمار غلظت ۴- بار بدون پرایمینگ داشت و کمترین مقدار این شاخص را تیمار ۸- بار - ۲۴ ساعت دارا بود. بیشترین وزن تر ساقه‌چه را تیمار بدون تنش خشکی ۲۴ و ۷۲ ساعت پرایمینگ و کمترین مقدار این پارامتر را نیز تیمار ۸- بار - ۲۴ ساعت بطور میانگین ۰/۰۴ میلی‌گرم کمتر دارد. همچنین متعاقب آن بالاترین میانگین وزن خشک ساقه‌چه را نیز تیمار ۸- بار - بدون پرایمینگ داشت که در مقایسه با تیمار شاهد که کمترین مقدار این پارامتر را داراست ۰/۰۱۶ میلی‌گرم بیشتر بود. وزن خشک ساقه‌چه

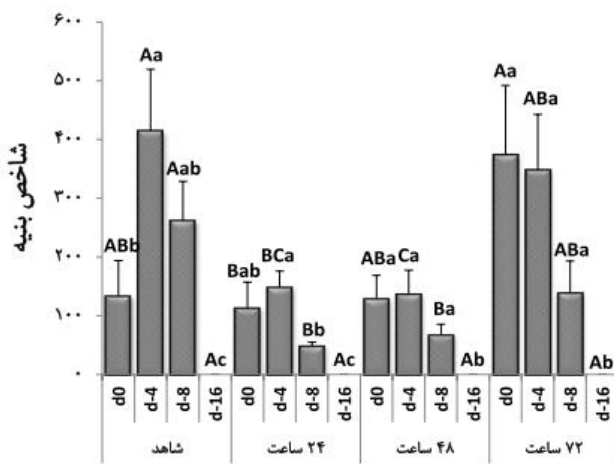


شکل (۲)

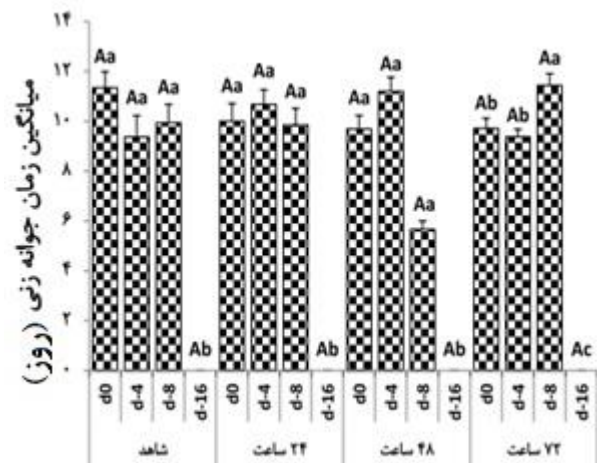


شکل (۱)

شکل ۱ و ۲. مقایسه میانگین‌های درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در زمان‌های مختلف هیدروپرایمینگ و تحت تأثیر محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول. حروف کوچک سطوح مختلف پلی‌اتیلن‌گلایکول در هر سطح زمان هیدروپرایمینگ، حروف بزرگ مختلف نشان از تفاوت معنی‌دار سطوح مختلف زمان هیدروپرایمینگ در هر سطح از پلی‌اتیلن‌گلایکول

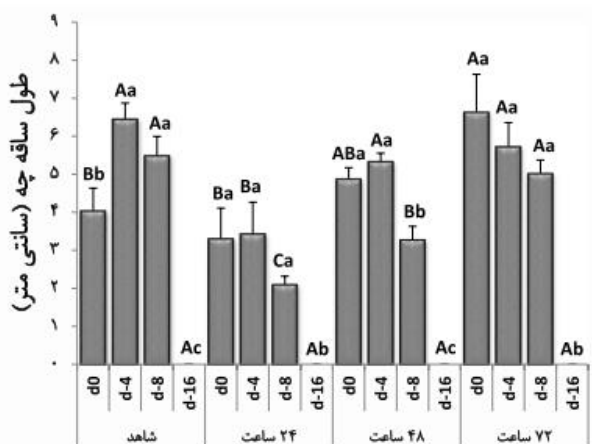


شکل (۴)

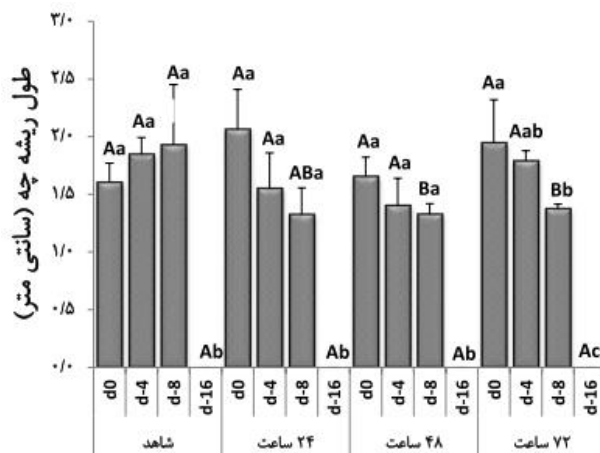


شکل (۳)

شکل ۳ و ۴. مقایسه میانگین‌های مدت زمان جوانه‌زنی و شاخص بنیه در زمان‌های مختلف هیدروپرایمینگ و تحت تأثیر محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول. حروف کوچک سطوح مختلف پلی‌اتیلن‌گلایکول در هر سطح زمان هیدروپرایمینگ، حروف بزرگ مختلف نشان از تفاوت معنی‌دار سطوح مختلف زمان هیدروپرایمینگ در هر سطح از پلی‌اتیلن‌گلایکول

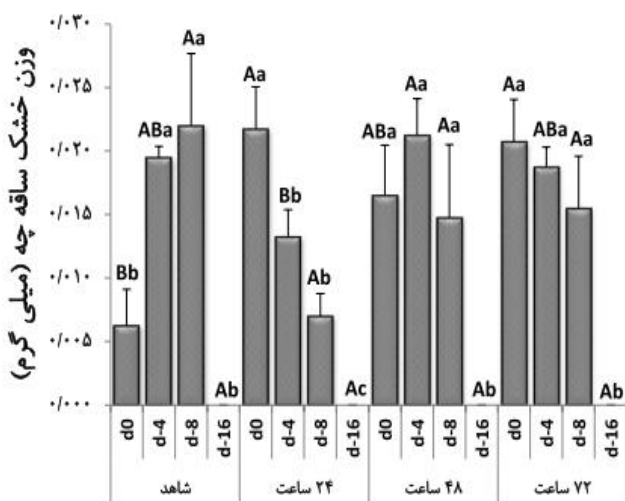


شکل (۶)

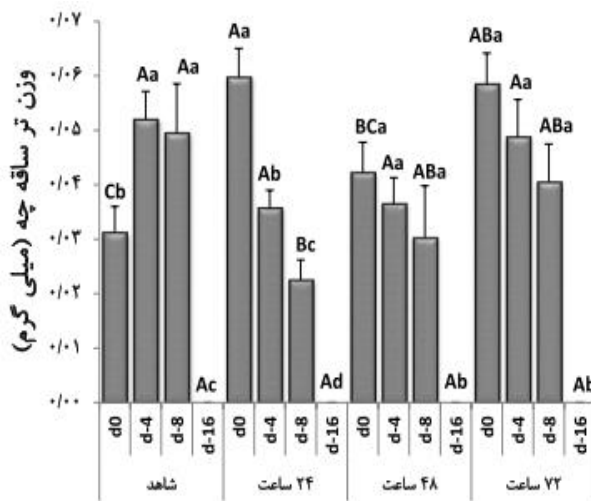


شکل (۵)

شکل ۵ و ۶: مقایسه میانگین‌های طول ریشه چه و طول ساقه چه در زمان‌های مختلف هیدروپرایمینگ و تحت تأثیر محلول پلی اتیلن گلیکول. حروف کوچک سطوح مختلف پلی اتیلن گلیکول در هر سطح زمان هیدروپرایمینگ، حروف بزرگ مختلف نشان از تفاوت معنی دار سطوح مختلف زمان هیدروپرایمینگ در هر سطح از پلی اتیلن گلیکول

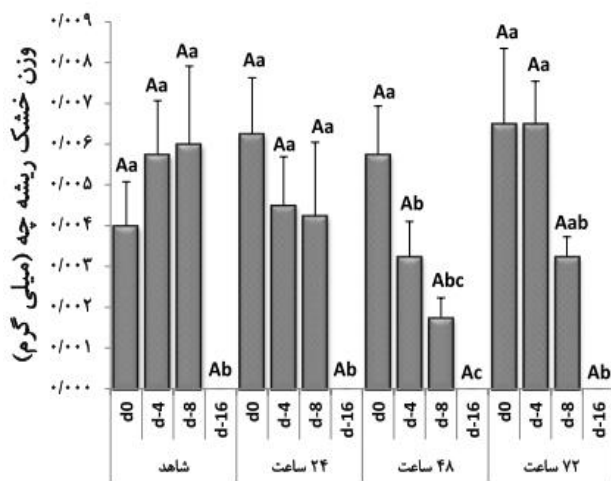


شکل (۸)

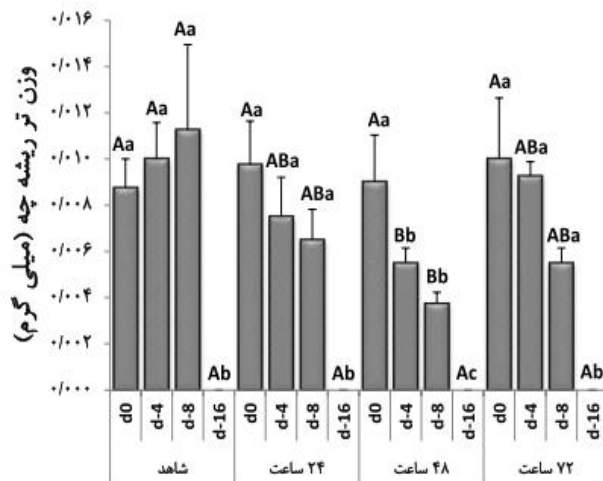


شکل (۷)

شکل ۷ و ۸: مقایسه میانگین‌های وزن تر ساقه چه و وزن خشک ساقه چه در زمان‌های مختلف هیدروپرایمینگ و تحت تأثیر محلول پلی اتیلن گلیکول. حروف کوچک سطوح مختلف پلی اتیلن گلیکول در هر سطح زمان هیدروپرایمینگ، حروف بزرگ مختلف نشان از تفاوت معنی دار سطوح مختلف زمان هیدروپرایمینگ در هر سطح از پلی اتیلن گلیکول



شکل (۱۰)



شکل (۹)

شکل ۹ و ۱۰. مقایسه میانگین‌های وزن تر ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه در زمان‌های مختلف هیدروپرایمینگ و تحت تأثیر محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول. حروف کوچک سطوح مختلف پلی‌اتیلن‌گلایکول در هر سطح زمان هیدروپرایمینگ، حروف بزرگ مختلف نشان از تفاوت معنی‌دار سطوح مختلف زمان هیدروپرایمینگ در هر سطح از پلی‌اتیلن‌گلایکول

نداده است. با افزایش پتانسیل اسمزی یا منفی تر شدن پتانسیل اسمزی درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. کاهش فرآیند جوانه‌زنی در اثر تنش خشکی می‌تواند به کاهش جذب آب توسط بذرها ارتباط داشته باشد. استفاده از محلول PEG جهت اعمال تیمار تنش خشکی به جهت ویسکوزیته بالای محلول می‌تواند به عنوان یک مانع برای تبادل گازها (محدودیت اکسیژن) عمل کند و همانند کمبود آب منجر به کاهش جوانه‌زنی شود. بر اساس نتایج تحقیقات [۵۹] بر روی پنبه، [۵۱] بر روی کاهو و [۱۵] بر روی گوجه‌فرنگی تنش خشکی ناشی از محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول سبب کاهش درصد جوانه‌زنی شد که با نتایج مربوط به گونه *Cymbopogon olivieri* در این آزمایش مطابقت دارد. در مطالعاتی که توسط [۱۶] انجام گرفت کاهش جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش خشکی به کاهش رطوبت سلول و تأثیر آن بر ساخت پروتئین‌ها و ترشح هورمون‌ها نسبت داده شد. بطور کلی بدلیل کاهش پتانسیل آب سلول‌های در حال رشد درصد جوانه‌زنی

۴. بحث و نتیجه‌گیری

درصد جوانه‌زنی

نتایج نشان داد غلظت تیمار تنش خشکی پلی‌اتیلن‌گلایکول سبب بهبود درصد جوانه‌زنی بذره‌های *Cymbopogon olivieri* در شرایط آزمایشگاه شد. در همه زمان‌های هیدروپرایمینگ (شاهد، ۲۴، ۴۸، ۷۲ ساعت)، تیمار پلی‌اتیلن‌گلایکول ۴- بار بالاترین درصد جوانه‌زنی را داشته است، به طوری که بالاترین درصد جوانه‌زنی را تیمار تنش خشکی ۴- بار در زمان بدون پرایم (شاهد) و کمترین جوانه‌زنی را تیمار تنش خشکی ۸- بار در مدت زمان ۴۸ ساعت هیدروپرایمینگ نشان داد. در این مطالعه استفاده از محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول ۴- بار باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شده است که علت افزایش درصد جوانه‌زنی در تیمار ۴- بار نسبت به شاهد، اثر تحریک‌کنندگی مقادیر پایین تنش خشکی بر فعالیت آنزیم‌های درونی بذر می‌باشد. ولی در تمامی مدت زمان پرایمینگ، در تنش خشکی ۱۶- بار هیچ جوانه‌زنی رخ

کرده‌اند، مطابقت دارد. [۴۴] با بررسی پتانسیل‌های اسمزی محلول پلی‌اتیلن‌گلیکول روی بذرهای مختلف به این نتیجه رسیدند که پرایمینگ بذر در محلول اسمزی باعث افزایش مقدار آب جذب شده توسط بذر می‌شود که در نهایت سرعت جوانه‌زنی بذر را افزایش می‌دهد. سرعت جوانه‌زنی بذر با افزایش تنش خشکی کاهش یافت. بذوری که تحت تنش پتانسیل ۱۶- بار قرار گرفته بودند کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند. [۵۲] گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. نتایج مشابهی نیز توسط [۱۱] گزارش شده است. اثرات منفی تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی توسط محققین در گیاهان مختلف گزارش شده است. در این زمینه تحقیقاتی توسط [۳۹] در مورد جوانه‌زنی و رشد جوانه‌های اولیه بذر *Pennisetum glaucum* پرایم شده صورت گرفت که نتایج مشابهی را داشتند. علت کاهش سرعت جوانه‌زنی را می‌توان به حضور بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها در محیط کشت نسبت داد طوری که ظرفیت واکنش آن‌ها در اشغال یون‌های موجود در محیط قرار می‌گیرد و بنابراین گیاه قادر به جذب آب نیست و با نوعی کمبود آب مواجه می‌شود. کاهش جذب آب و متعاقب آن کاهش فعالیت‌های آنزیمی مربوط به فرآیندهای بیوشیمیایی جوانه‌زنی، علت اصلی کاهش سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی است [۴۱]. در سطوح بالای تنش خشکی، آسیب‌های احتمالی ناشی از تخریب ساختمان سه بعدی آنزیم‌ها می‌تواند یکی از دلایل اصلی کاهش سرعت جوانه‌زنی باشد [۱۰]. کاهش ورود آب به بذر در اثر افزایش تنش خشکی باعث کاهش هدایت هیدرولیکی گردیده و در نتیجه فرآیندهای فیزیولوژیک و متابولیک جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار گرفته و میزان و یا سرعت انجام آن‌ها کاهش می‌یابد. اگر جذب آب توسط بذر مختل و یا به کندی صورت گیرد، سرعت انجام فرآیندهای متابولیکی در داخل بذر کاهش یافته و در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه و متعاقباً سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد [۴۳]. [۵۷] معتقدند سرعت جوانه‌زنی یکی

کاهش می‌یابد. [۱۷] با مطالعه تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر روی بذور گل ختمی به کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش سطوح خشکی اشاره کردند. علاوه بر این سایر محققان [۲۶ و ۲۹ و ۵۳] نیز با بررسی تأثیر سطوح مختلف خشکی به کاهش درصد جوانه‌زنی اشاره کردند. [۷] در ارقام مختلف گندم گزارش نمودند که با افزایش سطوح خشکی درصد جوانه‌زنی بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد. در تحقیقاتی که [۵۵] در گیاه جارو انجام دادند بیان داشتند که با افزایش سطوح خشکی درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. تنش خشکی موجب کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شد که می‌تواند ناشی از تأثیر مستقیم تجزیه کندتر مواد آندوسپرم لپه‌ها با انتقال کندتر مواد تجزیه شده به گیاهچه باشد. [۲۴] بیان کردند که بذرهای پرایم شده دارای درصد جوانه‌زنی بیشتری نسبت به بذرهای پرایم نشده هستند که دلیل آن را می‌توان به افزایش RNA و سنتز پروتئین در بذرهای پرایم شده دانست. به طور کلی مطالعات نشان می‌دهد که پرایمینگ سبب بهبود کیفیت جوانه‌زنی بذر از طریق آغاز رویدادهای اولیه جوانه‌زنی بدون وقوع تقسیم سلولی در بذر می‌شود. برخی از محققین نیز واکنش متفاوت گیاهان نسبت به تنش خشکی را به عوامل مختلفی از جمله جذب کمتر آب توسط بذر نسبت داده‌اند [۱۸]. بنابراین، کاهش جذب آب توسط بذر در اثر تنش خشکی می‌تواند منجر به کاهش فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی بذر شده و در نتیجه مواد مورد نیاز برای رشد بذر را با مشکل روبرو کند.

سرعت جوانه‌زنی

در بذرهای هیدروپرایم شده با غلظت ۸- بار در مدت زمان ۴۸ ساعت در مقایسه با بذرهای بدون پرایم (شاهد) سطح ۸- بار سرعت جوانه‌زنی ۲۴۷ درصد افزایش یافت. نتایج نشان داد که بذور پرایم شده سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشتند و این نتایج با تحقیقات [۱۳ و ۲۲ و ۴۸ و ۵۸] که تأثیر پرایمینگ را بر روی سرعت جوانه‌زنی تأیید

نسبت به تیمار بدون پرایمینگ (شاهد) داشته است که با نتایج [۳۴] روی بذرهای نخود مطابقت دارد. طول ساقچه در تنش خشکی از خود واکنش نشان داده و نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. کاهش طول ساقچه را می‌توان به تأثیر منفی پلی‌اتیلن‌گلایکول که مانع طویل شدن هیپوکوتیل شده ربط داد. علت کاهش رشد طولی ساقچه و ریشه‌چه در اثر تنش خشکی ممکن است مربوط به تحت تأثیر قرار گرفتن سلول‌های مریستمی ریشه‌چه و ساقچه و اختلال در فرآیند تقسیم و طویل شدن سلولی باشد. به نظر می‌رسد طویل شدن سلول بیشتر از تقسیم سلولی تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد، زیرا شرایط کم‌آبی و پتانسیل منفی محیط بر روی جذب آب سلول‌ها تأثیر گذاشته و در نتیجه فشار تورژسانس لازم جهت بزرگ شدن سلول‌ها کاهش یافته و توقف و کند شدن رشد را سریع می‌کند. [۵۶] در بررسی اثر تنش کمبود آب ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول (PEG) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های ۷ گونه یونجه، مشاهده نمود که افزایش پتانسیل آب باعث کاهش طول ریشه‌چه گردید. طول ریشه‌چه و ساقچه در پاسخ به افزایش سطوح خشکی کاهش یافت و حساسیت طول ساقچه به تنش خشکی بیشتر از طول ریشه‌چه بود و درصد کاهش آن بیشتر از طول ریشه‌چه بود. آزمایش‌های مختلف نشان دهنده‌ی افزایش طول ریشه‌چه در تنش‌های جزئی و کم است چرا که اولین تغییرات جهت مقابله با تنش خشکی افزایش رشد ریشه‌چه می‌باشد که به منظور جذب حداکثر رطوبت صورت می‌گیرد [۸]. نتایج آزمایش‌های مختلف بیانگر این مطلب است که در اثر تنش خشکی طول ریشه‌چه و ساقچه هر دو کاهش می‌یابند، ولی نسبت کاهش طول ساقچه بیشتر از طول ریشه‌چه می‌باشد. تفاوت معنی‌دار طول ریشه‌چه در ژنوتیپ‌های مختلف نخود در بررسی‌های انجام شده توسط [۹] گزارش شده است. در بررسی حاضر، کاهش رشد بخش ساقچه‌ای بسیار محسوس‌تر از بخش ریشه بود و در بخش ریشه با افزایش میزان تنش خشکی، کاهش کمتری

از شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی است، بطوریکه ارقام دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتر، تحت شرایط تنش خشکی از شانس بیشتری برای سبز شدن برخوردارند. [۶۱] اظهار داشتند افزایش سطح خشکی از صفر به ۴- مگاپاسکال منتهی به کاهش معنی‌دار میزان و سرعت جوانه‌زنی یولاف (*Avena sativa* L.) گردید.

میانگین مدت زمان جوانه‌زنی

نتایج تحقیقات پیش رو نشان داد که تیمار ۴۸ ساعت هیدروپرایمینگ تحت تنش خشکی ۸- بار پلی‌اتیلن‌گلایکول نسبت به سایر تیمارها دارای کمترین مدت زمان جوانه‌زنی و بذرهای با غلظت ۸- بار پلی‌اتیلن‌گلایکول با ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ بالاترین میانگین مدت زمان جوانه‌زنی را در مقایسه با سایر بذرهای از خود نشان دادند، این امر ناشی از ضعیف شدن جنین بذر برای جذب آب و کاهش سرعت جوانه‌زنی در بذر این تیمار است. با افزایش پتانسیل آب ناشی از افزایش فشار اسمزی، سرعت جذب آب بوسیله بذر کاهش یافته که این امر منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌ها و هورمون‌های رشد شده و این امر کاهش سرعت جوانه‌زنی و افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی را بدنبال دارد [۳۷]. [۴] با بررسی عکس‌العمل تعدادی از لاین‌های آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) نسبت به تنش خشکی بیان کردند که با افزایش پتانسیل اسمزی، متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش یافت.

طول ریشه‌چه و ساقچه

بزرگترین اندازه طول ساقچه را بذرهای تیمار ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ و بدون محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول و بزرگترین اندازه طول ریشه‌چه را به ترتیب تیمار ۲۴ و ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ و بدون محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول (شاهد) نشان دادند. هیدروپرایمینگ بذر باعث بهبود رشد ریشه‌چه و افزایش طول ریشه‌چه و ساقچه در شرایط بدون تنش گردید. تیمار هیدروپرایمینگ طول ساقچه و ریشه‌چه بیشتری را

نیز کاهش طول ریشه‌چه را در اثر اعمال تنش خشکی گزارش کرده‌اند [۳۳]. اعمال پتانسیل آب و در نتیجه بروز تنش خشکی باعث کاهش جذب آب بوسیله بذر شده که این امر باعث اختلال در ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌های موثر در جوانه‌زنی و رشد بذر شده که در نهایت منجر به کاهش طول ریشه‌چه می‌گردد. نتایج برخی آزمایشات نیز کاهش طول ساقه‌چه را به دلیل اختلال در فعالیت‌های مؤثر در رشد بذر و همچنین کاهش سرعت جوانه‌زنی در اثر اعمال پتانسیل اسمزی نشان داده است. علاوه بر آن، کاهش جذب آب توسط بذر به دلیل کاهش ترشح هورمون‌های مؤثر در تنظیم رشد و نمو گیاهچه باعث اختلال در رشد و در نتیجه کاهش طول ساقه‌چه می‌گردد [۳۳]. [۵] اثر غلظت‌های پلی‌اتیلن‌گلایکول را بر روی جوانه‌زنی گندم و جو مورد بررسی قرار داد و مشاهده نمود که با کاهش پتانسیل آب طول ریشه‌چه نیز کاهش می‌یابد.

شاخص بنیه بذر

افزایش شاخص بنیه بذر در تیمار بدون پرایم (شاهد) در تنش خشکی ۴- بار مربوط به افزایش معنی‌دار شاخص درصد جوانه‌زنی می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که هیدروپرایمینگ ۷۲ ساعت بدون تنش خشکی (شاهد) و همچنین هیدروپرایمینگ ۷۲ ساعت با تنش خشکی ۴- بار از شاخص بنیه بالایی برخوردار بودند، طوریکه سطوح زمانی ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ بدون تنش با شاهد (بدون پرایم) با تنش خشکی ۴- بار تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴). از بین سطوح مختلف زمان‌های هیدروپرایمینگ، تیمار ۷۲ ساعت بالاترین شاخص بنیه را دارا بود. با افزایش تنش خشکی، شاخص بنیه بذر کاهش یافت. این شاخص تابعی از دو پارامتر درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه می‌باشد و با توجه به کاهش این دو پارامتر در اثر تنش، بنیه بذر نیز کاهش می‌یابد. این نتیجه با یافته‌های [۶۳] مطابقت دارد.

نسبت به بخش ساقه مشاهده گردید. این مطلب مؤید نقش سیستم ریشه‌ای در جذب حداکثر رطوبت، تحمل تنش خشکی و ایجاد مقاومت نسبت به تنش است [۱۰]. کاهش رشد بخش ساقه‌چه و ریشه‌چه در اثر تنش خشکی، به دلیل کاهش جذب آب توسط بذر و متعاقباً کاهش انتقال مواد غذایی مورد نیاز برای رشد، به محور زیر لپه می‌باشد [۴۳]. سیستم ریشه‌ای از نظر نزدیکی به آب، به عنوان اولین حس‌گر تنش خشکی محسوب می‌شود، بنابراین در ایجاد تحمل به خشکی نقش مهمی دارد [۲۷]. افزایش رشد سیستم ریشه‌ای در شرایط تنش خشکی در برخی از گونه‌ها مکانیسمی جهت افزایش تحمل این گونه‌ها در برابر تنش خشکی محسوب می‌گردد [۹]. کاهش طول ساقه و ریشه در شرایط تنش خشکی در سایر گیاهان از جمله نخودفرنگی و گندم گزارش شده است [۹ و ۲۷]. مطابق با نتایج این آزمایش [۲۹] نیز با مطالعه سطوح تنش آبی بر گیاه دارویی ریحان عنوان داشت که ریشه‌چه‌ها نسبت به شرایط تنش خشکی کمتر از ساقه‌چه‌ها تحت تأثیر قرار گرفتند. [۲۶ و ۳۰] با بررسی اثر سطوح تنش خشکی به کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اشاره کردند که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. در واقع با افزایش تنش خشکی، آب قابل دسترس بذور جهت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد و در نتیجه با کاهش سرعت فعالیت‌های متابولیکی طول ریشه‌چه کاهش می‌یابد [۳۸]. کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی امری طبیعی بوده و عدم انتقال یا کاهش مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین می‌تواند یکی از علل آن باشد. [۶۰] نیز بیان می‌دارند که رشد ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه به تنش حساسیت بیشتری دارد. [۲۵] در مطالعات خود به بررسی عکس‌العمل گونه‌های مختلف جنس بومادران (*Achillea*) به تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول در مرحله جوانه‌زنی پرداختند. نتایج حاکی از آن است که در گونه‌های بومادران طول ریشه‌چه کمتر تحت تأثیر پتانسیل خشکی قرار گرفته است. بسیاری از آزمایشات

وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه

کاهش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه یکی از رخدادهای رایجی است که در اکثر گیاهان در شرایط تنش خشکی اتفاق می‌افتد، ولی شدت این کاهش وابسته به ژنوتیپ و میزان مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی است. در شرایط تنش خشکی، یکی از دلایل کاهش رشد بخش ریشه‌ای، تأخیر در انتقال پروتئین از لپه عنوان شده است. متعاقباً انتقال سریع‌تر پروتئین، سبب رشد بهتر سیستم ریشه‌ای آن‌ها می‌گردد [۹]. بنا به نتایج بدست آمده وزن تر گیاهچه تحت تأثیر خشکی قرار گرفته و با افزایش تنش کاهش نشان داد. علت این امر ناشی از وجود مولکول‌های بزرگ پلی‌اتیلن‌گلایکول است که جذب آب را توسط ریشه کاهش می‌دهند و سبب خشک شدن گیاه می‌گردد. که این امر احتمالاً به علت بسته شدن مسیر حرکت آب در گیاه می‌باشد [۴۰].

کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با افزایش تنش خشکی امر طبیعی بوده که توسط [۲۱ و ۲۶] نیز گزارش شد. [۲۶] نیز با بررسی تأثیر خشکی بر روی جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی سیاه دانه گزارش کردند که افزایش تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه شد. [۲۹] نشان داد که با کاهش پتانسیل آب از صفر تا -0.41 مگاپاسکال وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت. نتایج آزمایش [۳۳] نیز کاهش وزن خشک ریشه‌چه و طول ساقه‌چه عدس (*Lens culinaris Medik*) را در اثر اعمال تنش خشکی نشان داد. به نظر می‌رسد که یکی از دلایل کاهش وزن ساقه‌چه در پتانسیل‌های آب پایین، تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آن‌ها از لپه‌ها به محور جنینی باشد. بنابراین، عواملی که سرعت رشد محور جنینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آن‌ها از لپه به محور جنینی نیز تأثیر بگذارند. بدین ترتیب بین میزان تجمع ماده خشک و رشد ساقه‌چه گیاهان متحمل به تنش‌های مختلف از جمله خشکی، رابطه مستقیمی گزارش شده است [۴۹].

۵. نتیجه‌گیری کلی

تیمار هیدروپرایمینگ تأثیر چشمگیر و موثری در جوانه‌زنی بذر گونه *Cymbopogon olivieri* در شرایط آزمایشگاه داشت. بیشترین نتایج مثبت مربوط به تیمار ۴۸ و ۷۲ ساعت هیدروپرایمینگ بود. در رابطه با این گونه استفاده از سطوح زمانی بالاتر را می‌توان جهت استفاده کاربردی توصیه کرد. با توجه به سهولت استفاده و ارزان بودن، این روش پیش تیمار کردن می‌تواند به عنوان یک راهکار موثر جهت بهبود جوانه‌زنی مورد استفاده قرار بگیرد. این نوع از تیمارها خطر استقرار کم در رویشگاه‌های تحت تنش خشکی را کاهش و اجازه رشد یکنواخت در شرایط بارندگی نامنظم را می‌دهد. بنابراین هرگونه بهبود استقرار که از پرایمینگ حاصل شود از لحاظ اقتصادی در صنعت بذر مقرون به صرفه خواهد بود و از طرفی سبب افزایش بازده در عرصه‌های بذرکاری می‌گردد. همچنین بیشترین تأثیر مثبت در پارامترهای مورد اندازه‌گیری تحت تأثیر هیدروپرایمینگ و محلول‌های پلی‌اتیلن‌گلایکول در سطوح زمانی بالا در هیدروپرایمینگ مشاهده شد. در تیمار ۴- بار نسبت به تیمارهای دیگر تنش خشکی، بیشترین تأثیر مثبت مشاهده شد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و عدم جوانه‌زنی بذور در پتانسیل -16 بار تنش خشکی، بذور *Cymbopogon olivieri* نسبت به سطوح تنش خشکی از مقاومت پایینی برخوردار بودند. با توجه به اینکه غلظت‌های بالاتر تیمارهای پلی‌اتیلن‌گلایکول اثر منفی بر بذور به دنبال داشته بنابراین توصیه می‌شود تنها از غلظت‌های پایین‌تر این محلول استفاده گردد. با توجه به اینکه جوانه‌زنی و قدرت رویش گیاهچه شرط اصلی استقرار گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد لذا در شرایط طبیعی که خشکی از موانع عمده محدودکننده جوانه‌زنی است، برای موفقیت بیشتر عملیات احیایی بذرهایی که در رویشگاه‌های با بارندگی مناسب دسترسی به آب و شرایط مطلوب جوانه‌زنی را دارند می‌توانند به افزایش موفقیت بذرکاری در این مناطق منجر شوند.

References

- [1] Abdul-Baki, A.A. and Anderson, J.D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Journal of Crop Science*, 13 (6), 630-633.
- [2] Abdul, M. and Esfandiari, E. (2018). The effect of hydropriming on germination and growth characteristics of wheat seedling (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. *Journal of Seed Research*, 8(3), 73-82. (in Farsi).
- [3] Afzal, I., Basra, S.M.A., Ahmad, N. and Farooq, M. (2005). Optimization of hormonal priming techniques for alleviation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Caderno de Pesquisa série Biologia*, 17 (1), 95-109.
- [4] Ahmad, S., Ahmad, R., Ashraf, M.Y., Ashraf, M. and Waraich, E.A. (2009). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. *Pakistan Journal of Botany*, 41 (2), 647-654.
- [5] Al-Karaki, G.N. (1998). Response of wheat and barley during germination to seed osmopriming at different water potential. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 181 (4), 229-235.
- [6] Asadpoor, R. and Soltanipoor, M.A. (2009). Study of some ecological characteristics of *Cymbopogon olivieri* in Hormozgan province. *Journal of Watershed Researches (Research and Development)*, 82 (1), 64-59. (in Farsi).
- [7] Baalbaki, R., Zurayk, R.A., Bleik, M. and Talhouk, S. (1999). Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. *Seed Science and Technology*, 27, 291-302.
- [8] Bagheri Kazem Abad, A., Sarmedinia, Gh. and Hajj Rasool, Sh. (1988). Investigation of the effect of various sainfoin masses on the stresses of salinity and drought in the budding stage. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2 (2), 55-41. (in Farsi).
- [9] Bibi, N., Hameed, A., Ali, H., Iqbal, N., Haq, M.A., Atta, B.M., Shah, T.M. and Alam, S.S. (2009). Water stress induced variations in protein profiles of germinating cotyledons from seedlings of chickpea genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, 41(2), 731-736.
- [10] Bradford, K.J. (1995). Water relations in seed germination. *Seed Development and Germination*, 13 (1), 351-396.
- [11] Bradford, K.J., Dahal, P. and Ni, B.R. (1993). Quantitative models describing germination responses to temperature, water potential, and growth regulators. *Fourth International Workshop on Seeds: Basic and Applied Aspects of seed biology*, 1, 239-248.
- [12] Brancalion, P.H.S., Tay, D., Novembre, A.D.D.L.C., Rodrigues, R.R. and Filho, J.M. (2010). Priming of pioneer tree *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) seeds evaluated by an automated computer image analysis. *Scientia Agricola*, 67 (3), 274-279.
- [13] Brocklehurst, P.A. and Dearman, J. (1983). Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. II. Seedling emergence and plant growth. *Annals of Applied Biology*, 102 (3), 585-593.
- [14] Bukhtiar, B.A., Abdu-Shakra, S. and Kausar, A.G. (1990). Drought tolerance in lentil. II. Differential genotypic response to drought. *Journal of Agricultural Research*, 28 (2), 117-126.
- [15] Cavallaro, V., Mauromicale, G. and Di Vincenzo, G. (1996). Effects of seed osmoconditioning on germination characteristics of the tomato at different temperatures. *Advances in Horticultural Science*, 10 (4), 205-209.
- [16] Cramer, G.R., Epstein, E. and Lauchli, A. (1991). Effects of sodium, potassium and calcium on salt-stressed barley. *Physiologia Plantarum*, 81 (2), 197-202.
- [17] Dashti, M., Shirdel, M. and Zarif ketabi, H. (2007). Effect of water stress and salinity on germination and seedling growth characteristics of medicinal plant. *Third Conference of Medicinal Plants, Shahed University*, 206p. (in Farsi).
- [18] De, R. and Kar, R.K. (1995). Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna Radiate*) under water stress induced by PEG-6000. *Seed Science and Technology*, 23 (2), 301-308.
- [19] Dianatitilaki, GH., Pichand, M. and Sadati, E. (2015). Effects of drought stress and seed hydro-priming on some morphological, physiological and biochemical traits of *Cymbopogon olivieri* Boiss. *Journal of Rangeland*, 9 (4), 304-319. (in Farsi).
- [20] Ebadi, M.T., Azizi, M. and Farzane, A. (2011). Effect of Drought Stress on Germination Factors of Four Improved Cultivars of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Journal of plant production research*, 18 (2), 119-132. (in Farsi).

- [21] Ekhtiyari, R., Farbodi, M., Moraghebi, F. and khodabande, N. (2010). Study of the effect of salinity on germination of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in laboratory conditions. *Journal of Plant and Biomass*, 6 (22), 76-65. (in Farsi).
- [22] Ellis, R.H. (1988). The effects of differences in seed quality resulting from priming or deterioration on the relative growth rate of onion seedlings. *International Symposium on Seed Research in Horticulture*, 253, 203-212.
- [23] Farhangian Kashani, S., Nabizadeh, S., Majid, A. and Arashi, Y. (2007). Effects of PEG induced drought stress on germination, subcutaneous axillary length and root length of two canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Journal of Plant and Biomass*, 13 (3), 104-91. (in Farsi).
- [24] Fu, J.R., Lu, X.H., Chen, R.Z., Zhang, B.Z., Liu, Z.S., Li, Z.S. and Cai, D.Y. (1988). Osmoconditioning of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seed with PEG to improve vigour and some biochemical activities. *Seed Science and Technology*, 16 (1), 197-212.
- [25] Ghani, A., Azizi, M. and Ebadi, Mt. (2009). Investigating the effect of different levels of water Stress on Morphological Characteristics, Yield and Essential Oil content of Kishkini luvellou. Abstract of the Sixth Congress of Iranian Horticultural Sciences, Guilan University. Rasht, 1114-1116. (in Farsi).
- [26] Govahi, M., Saffari, M., Saffari, Gh. and shajie, A. (2005). Review of Drought stress and salinity on seed germination of black seed plant. Summary of Articles of the 9th Iranian Congress of Plant Breeding, 598p. (in Farsi).
- [27] Gupta, U.S. (1995). Production and improvement of crops for drylands. New Delhi: Oxford and IBH Publishing CO. PVT. LTD, 449p.
- [28] Hardegree, S.P. and Van Vactor, S.S. (2000). Germination and emergence of primed grass seeds under field and simulated-field temperature regimes. *Annals of Botany*, 85 (3), 379-390.
- [29] Hassani, A. (2005). Effect of Polyethylene Glycol Water Stress on Seed Germination Characteristics of *Ocimum Basilicum*. *Journal of Iranian Herbal Medicinal Herbs Research*, 21 (4), 543-535. (in Farsi).
- [30] Hosseini, H. and Rezvani Moghaddam, P. (2006). Effect of salinity and drought stress on germination of *Plantago oveta*. *Iranian Journal of Crop Research*, 4 (1): 22-15. (in Farsi).
- [31] ISTA. (1985). International Seed Testing Association (ISTA), Handbook on seedling evaluation, 24.
- [32] Joodi, M. and Sharif Zadeh, F. (2006). Effect of hydropriming on different barley varieties. *Journal of the Desert*, 11 (1), 109-99. (in Farsi).
- [33] Kafi, M., Nezami, A., Hosseini, H. and Masoumi, A. (2005). Physiological effects of drought stress caused by polyethylene glycol on germination of lentil genotypes. *Journal of Iranian Crop Research*, 3 (1), 69-80. (in Farsi).
- [34] Kaur, S., Gupta, A.K. and Kaur, N. (2003). Priming of chickpea seeds with water and Mannitol overcomes the effect of salt stress on seedling growth. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter*, 10, 18-20.
- [35] Kaya, M., Kaya, G., Kaya, M.D., Atak, M., Saglam, S., Khawar, K.M. and Ciftci, C.Y. (2008). Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some turkish cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Zhejiang University Science B*, 9 (5), 371-377.
- [36] Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cikili, Y. and Kolsarici, O. (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24 (4), 291-295.
- [37] Khorramdel, S., Rezvani Moghadam, P., Amin Ghafouri, A. and Sirius, C. (2012). Effect of priming with salicylic acid and drought stress on germination characteristics of black currant (*Nigella sativa* L.). *Journal of Iranian Agricultural Research*, 10 (4), 725-709. (in Farsi).
- [38] Krishnamurthy, L., Ito, O., Johansen, C. and Saxena, N.P. (1998). Length to weight ratio of chickpea roots under progressively receding soil moisture conditions in a vertisol. *Field Crops Research*, 58 (3), 177-185.
- [39] Kuhad, M.S., Sheoran, I.S. and Kumari, S. (1987). Alleviation and separation of osmotic and ionic effect during germination and early seedling growth in pearl millet by presoaking the seeds with growth regulators. *Indian Journal Plant Physiology*, 30 (2), 139-142.
- [40] Lawlor, D.W. (1970). Absorption of polyethylene glycols by plants and their effects on plant growth. *New phytologist*, 69 (2), 501-513.
- [41] Malik, C.P., Gupta, K. and Sharma, S. (1986). Effect of water stress on germination and seedling metabolism of gram (*Cicer arietinum* L.). *Acta Agronomica Hungarica*, 35, 11-16.

- [42] Mansour, M.M.F., Salama, K.H.A., Ali, F.Z.M. and Abou Hadid, A.F. (2005). Cell and plant responses to NaCl in *Zea mays* L. cultivars differing in salt tolerance. *Genetic Apply Plant Physiology*, 31(1-2), 29-41.
- [43] Masoumi, A., Kafi, M. and Khazaei, H.R. (2008). Physiological effects of polyethylene glycol drought stress on germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Research*, 16 (2), 453-462. (in Farsi).
- [44] Michel, B.E. and Kaufman, M.R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol-6000. *Plant Physiology*, 51 (5), 914-916.
- [45] Moghimi, J. (2005). Introduction of some important species suitable for development and improvement of Iranian rangelands. Aron Publications, Tehran. 669p. (in Farsi).
- [46] Moradi Dezfouli, P., Sharifzadeh, F., Bankesaz, A. and Jan Mohammadi, M. (2008). The effect of priming treatment and planting date on the synergy of development stages and performance of corn inbred lines for the production of hybrid seeds. *Electronic Journal of Crop Production*, 1 (4), 79-98. (in Farsi).
- [47] Moradi, A., Ahmadi, A. and Hossein Zadeh, A. (2008). Agronomic-physiological reactions of Mushroom (partoo variety) to severe and mild drought stress in vegetative and reproductive stages. *Journal of Soil and Water Sciences (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*, 12 (45), 671-659. (in Farsi).
- [48] Murray, G.A., Swensen, J.B. and Beaver, G. (1992). Emergence of spring-and summer-planted onions following osmotic priming. *HortScience*, 27 (5), 409-410.
- [49] Nagashiro, C.W. and Shibata, F. (1995). Influence of flooding and drought conditions on herbage yield and quality of phasey bean (*Macroptilium lathyroides*). *Japanese Journal of Grassland Science*, 41 (3), 218-225.
- [50] Panwer, p. and Bhardwaj, S.D. (2005). *HandBook of practical forestry*, 19-21 p.
- [51] Pazdera, J. and Hosnedl, V. (2002). Effect of hydration treatments on seed parameters of different lettuce (*Lactuca sativa* L.) seed lots. *Horticultural Science*, 29 (1), 12-16.
- [52] Prisco, J.T., Haddad, C.R. and Bastos, J.L.P. (1992). Hydration-dehydration seed pre-treatment and its effects on seed germination under water stress conditions. *Revista Brasileira de Botanica*, 15(1), 31-35.
- [53] Qanavati, M., Hooshmand, S. and Zeynali, H. (2006). Effect of different levels of salinity on germination of two chamomile plants. *Summary of Articles of the 9th Iranian Congress of Agricultural and Crop Sciences*, 597p. (in Farsi).
- [54] Riazi, A.S. and Sharif zade, F. (2009). Germination Response of Primed Forage Millets Species Seeds to Low Temperature, Drought and Salt Stress. *Iranian journal of field crop science*, 40 (2), 53-66. (in Farsi).
- [55] Romo, J.T. and Haferkamp, M.R. (1987). Forage kochia germination response to temperature, water stress, and specific ions. *Agronomy Journal*, 79(1), 27-30.
- [56] Sadr abadi, R. (1999). Effect of Water deficit Stress on Nitrogen Growth and Stabilization in Some Alfalfa Species and Populations. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. (in Farsi).
- [57] Sarmadnia, A. and Azizi, M. (1995). Study of the effects of storage time on quality indices of soybean seeds. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 9, 79-91. (in Farsi).
- [58] Taylor, A.G., Klein, D.E. and Whitlow, T.H. (1988). Solid matrix priming of seeds. *Scientia Horticulturae*, 37 (1-2), 1-11.
- [59] Toselli, M.E. and Casenave, E.C. (2003). Water content and the effectiveness of hydro and osmotic priming of cotton seeds. *Seed Science and Technology*, 31 (3), 727-735.
- [60] Turk, M.A., Tawaha, A.R.M. and Lee, K.D. (2004). Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3, 394-397.
- [61] Willenborg, C.J., Wildeman, J.C., Miller, A.K., Rosnagel, B.G. and Shirliffe, S.J. (2005). Oat germination characteristics differ among genotypes, seed sizes, and osmotic potentials. *Crop Science*, 45 (5), 2023-2029.
- [62] Yang, QH., Wei, X., Zeng, XL., Ye, WH., Yin, XJ., Zhang-Ming, W. and Jing, YSH. (2008). Seed biology and germination ecophysiology of *Camellia nitidissima*. *Forest Ecology and Management*, 255 (1), 113-118.
- [63] Zia, S. and Khan, M.A. (2004). Effect of light, salinity, and temperature on seed germination of (*Limonium stocksii*). *Canadian Journal of Botany*, 82 (2), 151-157.