اثر اسموپرایمینگ و تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذور گل جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

محمد رفیعی الحسینی[1*] و سمیه اسماعیلی [2]

*۱. استادیار گروه زراعت دانشگاه شهرکرد

۲. فارغ التحصیل کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه شهرکرد

m_rafiee_۱۹۹۹@yahoo.com

somaye.esmaili@gmail.com

چکیده

به منظور ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی بذور گل جعفری (*Tagetes erecta*) تحت تاثیر تیمارهای اسموپرایمینگ و تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد اجرا شد. بدین منظور تنش خشکی در سطوح ۰، ٤-، ۸- و ۱۲- بار و پرایمینگ بذور در سطوح ۰، ۲-، ٤-، ٦- و ۸- بار با استفاده از PEG٦۰۰۰ اعمال شد. در این آزمایش صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و میانگین زمان جوانه زنی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد با افزایش تنش خشکی از صفر تا ٤- بار به طور معنی‌داری سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر کاهش و میانگین زمان جوانه‌زنی افزایش یافت و در پتانسیل‌های ۸- و ۱۲- جوانه‌زنی به صفر رسید. بالاترین میزان سرعت جوانه‌زنی در پرایم ۲- بار مشاهده شد به‌طوری که نسبت به شاهد ۲٤/۹۱ درصد افزایش نشان داد. همچنین مشخص شد با افزایش تنش خشکی، در سطح ٤- بار بیشترین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر و کمترین میانگین جوانه‌زنی در پرایم ۲- بار بدست آمد. به طور کلی، اسموپرایمینگ توانست تحمل بذور گل جعفری را در مقابل تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی افزایش دهد و ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور گل جعفری را بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: پرایمینگ، پلی اتیلن گلیکول، تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، گل جعفری آفریقایی

مقدمه

گل جعفری (جعفری ارکتا) گیاهی زینتی موجود در بسیاری از نقاط جهان است (Ma *et al.*, ۲۰۰۸). جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*) گیاهی یکساله، بومی مکزیک و جنوب آمریکا، و متعلق به خانواده کاسنی است. این گیاه در طب سنتی و همچنین به عنوان یک گیاه زینتی استفاده می‌شود. همچنین دارای ترکیبات فعال زیستی است که به طور گسترده به عنوان حشره‌کش، قارچ‌کش و نماتدکش مورد استفاده قرار می‌گیرد (Vasudevan *et al.*, ۱۹۹۷). گل های آن به صورت تجاری برداشت شده و در مقیاس صنعتی به عنوان منبع کارتنوئیدی رنگدانه‌های نارنجی-زرد فرآوری شده است. عصاره‌های خام گل عمدتا به شکل یک جز ترکیبی غذایی برای طیور در افزایش رنگ زرد پوسته و زرده تخم‌مرغ استفاده می‌شود. کارتنوئید اصلی درگل جعفری لوتئین است (Delgado-Vargas *et al.*, ۲۰۰۰). رنگدانه کارتنوئید نقش مفیدی برای درمان تومور پوست، بیماری‌های پوستی و سرطان در انسان داشته است (Bosma *et al.*, ۲۰۰۳). کشت گل جعفری به عنوان یک کشت جایگزین در حال کسب محبوبیت روز افزون در کسب و کار کشاورزی به دلیل استفاده تجاری از کارتنوئید در صنایع داروسازی و طیور است (Bosma *et al.*, ۲۰۰۳).

کمبود آب یکی از اساسی‌ترین عوامل محیطی محدود کننده‌ی تولیدات کشاورزی است. گیاهان زراعی در طی دوره‌ی زندگی خود به‌طور مکرر با تنش رطوبتی مواجه می‌شوند، لیکن مراحل معینی از رشد از قبیل جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و گل‌دهی از بحرانی‌ترین مراحل مواجهه با خسارت‌های ناشی از تنش رطوبتی به شمار می‌آیند (معصومی و همکاران، ۱۳۸۷). تنش آب مهمترین عامل ناتوانی بذور برای جوانه‌زنی در شرایط مزرعه می‌باشد زیرا این تنش سرعت و درصد جوانه‌زنی را کاهش داده و در نهایت استقرار گیاهچه را به تاخیر می‌اندازد. کاهش پتانسیل اسمزی و ماتریک باعث کاهش دسترسی بذر به آب می‌شود. بنابراین، پتانسیل آب محیط، تاثیرمستقیمی بر سرعت جذب آب و جوانه‌زنی دارد (رحیمیان و همکاران، ۱۳۷۰). به‌علاوه در

محیط‌های گرم که بیشتر در معرض تغییرات آب و هوایی است تحمل به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی اهمیت خاصی دارد (IPCC, ۲۰۰۷).

بررسی تاثیر خشکی با استفاده از راه‌های اسمزی یکی از روش‌های ارزیابی مقاومت در مرحله جوانه‌زنی است. استفاده از پلی اتیلن گلایکول (PEG-٦٠٠٠) به تقلید از تنش خشکی با تداخل متابولیکی محدود روشی موثر بوده به جای کاربرد موادی مشابه با وزن مولکولی کم که جذب گیاه می‌شوند (Hohl and Schopfer, ۱۹۹۱).

کاشت مستقیم برای تولیدکننده نسبت به استفاده از نشا مقرون به صرفه‌تر است. هزینه کار کاهش می‌یابد بخصوص اگر بذر افشان دقیق استفاده شده باشد و هیچ هزینه تکثیر و تولید نشا وجود ندارد (Bosma *et al.*, ۲۰۰۳). اگر چه کاشت مستقیم منجر به جوانه‌زنی غیر یکنواخت، کندی سبز شدن و استقرار ضعیف می‌شود اما هنوز ارزان‌تر است و بنابراین به طور گسترده در عملیات زراعی استفاده می‌شود. پرایمینگ دانه ساده و مقرون به صرفه است می تواند باعث بهبود، جوانه‌زنی زودتر و استقرار قوی در محصولات کشاورزی و باغی شود (Mirshekari, ۲۰۱۲). علاوه بر این بذور پرایم شده در دامنه وسیع‌تری از دما جوانه‌زده و حساسیت کمتری به کمبود اکسیژن نسبت به یذور پرایم نشده دارند (Corbineau *et al.*, ۱۹۹۳). تحقیقات Murungu *et al.* (۲۰۰۳) بر گیاه ذرت و پنبه نشان داد که با افزایش شدت خشکی، درصد سبز شدن و رشد گیاهچه کاهش یافت. اما در سطوح تنش خشکی، پرایمینگ باعث افزایش این دو صفت نسبت به بذرهای پرایم نشده گردید. محلول‌های پلی‌اتیلن گلایکول (PEG) به دلیل جرم مولکولی بالا نمی‌توانند از دیواره سلولی گیاهی عبور کنند بنابراین برای کنترل پتانسیل آب در مطالعات جوانه‌زنی بذر مورد استفاده‌اند (Eemmerich and Hardegree, ۱۹۹۰).

از آنجاییکه استقرار موفقیت‌آمیز محصول در مناطق نیمه خشک بستگی به جوانه‌زنی سریع و یکنواخت بذر دارد که به شدت وابسته به قابلیت جوانه‌زنی بذر تحت شرایط کمی آب در دسترس می‌باشد (Arjenaki *et al.*, ۲۰۱۱)، این آزمایش به

منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر بر بهبود جوانه‌زنی، افزایش یکنواختی سبز شدن گیاهچه تحت شرایط نامطلوب محیطی و توان رشد گل جعفری ارکتا در شرایط تنش خشکی ایجاد شده با پلی اتیلن گلایکول ٦۰۰۰ انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی بذور گل جعفری (*Tagetes erecta*) تحت تاثیر تیمارهای اسموپرایمینگ و تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد اجرا شد. بدین منظور تنش خشکی در سطوح ۰، ٤-، ۸- و ۱۲- بار و پرایمینگ بذور در سطوح ۰، ۲-، ٤-، ٦- و ۸- بار با استفاده از PEG٦۰۰۰ طبق فرمول (Michel and Kaufmann, ۱۹۷۳) اعمال شد. بذور گل جعفری به مدت ۲٤ ساعت در محلول‌های آماده شده جهت پرایم غوطه ور شدند و سپس بذور با آب مقطر شستشو شده و تا رسیدن به وزن اولیه در محیط آزمایشگاه خشک شدند. قبل از کشت بذور با الکل به مدت ۱۰ ثانیه و پس از شستشو با آب مقطر، در هیپوکلرید٤۰ درصد به مدت ۱۰ دقیقه ضد عفونی گردیدند. کشت در پتری دیش‌هایی به قطر ۹ سانتیمتر و ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر بعد از قرار دادن کاغذ صافی انجام شد. تعداد ۲۵ عدد بذر از بذور مورد نظر در هر پتری کشت و سپس متناسب با شرایط آزمایش با محلول مورد نظر آبیاری و در ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد در معرض نور قرار داده شدند. شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی (Camberato and Mccarty, ۱۹۹۹)، سرعت جوانه‌زنی (Verma *et al*., ۲۰۰۵)، شاخص بنیه (Islam *et al*., ۲۰۰۵) و متوسط زمان جوانه‌زنی (Ellis and Robert, ۱۹۸۱) با توجه به روابط زیر محاسبه گردیدند.

رابطه (۱) $\text{درصد جوانه‌زنی} = \frac{\sum Ni}{N} \times 100$

رابطه (۲) $\text{سرعت جوانه‌زنی} = \sum \frac{Ni}{Ti}$

رابطه (۳) $\text{بنیه بذر} = (mm)\text{میانگین طول گیاهچه} \times \text{درصد جوانه‌زنی}/100$

رابطه (٤) $\text{متوسط زمان جوانه‌زنی} = \frac{\sum Ni\ Ti}{Nt}$

که:

Ni: تعداد بذور جوانه زده در روز i ام

Ti: تعداد روز پس از شروع آزمایش

Nt: تعداد کل بذور جوانه زده

و N: تعداد بذور کشت شده در هر پتری می‌باشد.

داده‌های آزمایش توسط نرم‌افزار SAS مورد آنالیز قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل توسط نرم افزار MSTATC در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نمودارها با نرم افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

تجزیه واریانس (جدول ۱-) نشان داد تاثیر پرایمینگ (P<۰/۰۵)، تنش خشکی (P<۰/۰۱) و برهمکنش آنها (P<۰/۰۱) بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار شد. همانطور که مشاهده می‌شود (شکل ۱) با کاهش پتانسیل آب درصد جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوریکه در پتانسیل ۸- و ۱۲- بار جوانه‌زنی به صفر رسید. احتمالا کاهش فرآیند جوانه‌زنی در اثر تنش خشکی به دلیل کاهش جذب آب توسط بذور می‌باشد. حسینی و رضوانی مقدم (۱۳۸۵) گزارش کردند که در گیاه

دارویی اسفرزه درصد جوانه‌زنی با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت به طوری‌که درصد جوانه‌زنی در پتانسیل ۱۲- به صفر می‌رسد. نتایج نشان داد در تنش خشکی ٤- بار بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به پرایم ۲- بار (۷۷/۳۳ درصد) و کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به پرایم صفر (٤۸ درصد) بود. به نظر می‌رسد پرایمینگ باعث بهبود مقاومت به خشکی در مرحله جوانه‌زنی می‌شود. در تحقیقات Demir *et al.* (۲۰۰٦) بر گیاه آفتابگردان مشخص شد پرایمینگ باعث افزایش سرعت و درصد جوانه زنی و کاهش گیاهچه های غیر نرمال آفتابگردان در شرایط تنش خشکی شده است.

سرعت جوانه‌زنی

با توجه به جدول ۱- اثر پرایمینگ (P<۰/۰۱)، تنش خشکی (P<۰/۰۱) و برهمکنش آنها (P<۰/۰۱) بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که در سطوح مختلف پرایمینگ با افزایش سطح تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی به صورت معنی‌داری کاهش یافته و در سطوح ۸- و ۱۲- به صفر می‌رسد. کاهش فرآیند سرعت جوانه‌زنی در اثر تنش خشکی می‌تواند به کاهش جذب آب توسط بذرها ارتباط داشته باشد. اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال شود و یا جذب آب به کندی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی صورت خواهد گرفت، در نتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و از این‌رو سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد (حسینی و رضوانی مقدم، ۱۳۸۵). همچنین بذور پرایم شده در سطح ۲- بیشترین سرعت جوانه‌زنی را در پتانسیل‌های صفر (۸/٤۳ بذر در روز) و ٤- بار (۳/۷۱ بذر در روز) داشتند. استفاده از تیمارهای مختلف پرایمینگ بذور برای تسریع در جوانه‌زنی، رشد و عملکرد بذر تحت شرایط نرمال و تنش به کار گرفته شده است (Mohammadi, ۲۰۰۹). اگر چه مکانیسم تیمارهای پرایمینگ بذور به طور کامل مشخص نشده است اما تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در طول تیمار بذور مشاهده شده که قبل از کاشت بذر باعث شروع توالی جوانه‌زنی می‌شود (Ghiyasi *et al.*, ۲۰۰۸).

میانگین زمان جوانه‌زنی

بررسی جدول تجزیه واریانس (جدول **۱**- نشان داد که میانگین زمان جوانه‌زنی تحت تاثیر پرایمینگ (P<۰/۰۱) و تنش خشکی (P<۰/۰۱) و اثر متقابل آنها (P<۰/۰۱) قرار گرفت و معنی‌دار شد. به نظر می‌رشد تنش خشکی با اختلال در جذب و یا جذب کند آب باعث کندی فعالیت‌های متابولیکی در داخل بذر شد که در نتیجه آن مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و متعاقبا سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت (Marchner, ۱۹۹۵). نتایج نشان داد هر چند با افزایش سطح تنش خشکی میانگین زمان لازم برای جوانه‌زنی افزایش یافت (شکل) اما تمام بذور پیش تیمار شده نسبت به شاهد دارای کمترین میانگین زمانی لازم برای سبز شدن بودند و اختلاف معنی‌داری را با شاهد نشان دادند به طوری که کمترین زمان جوانه‌زنی مربوط به پرایم ۲- بار و بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی مربوط به پرایم صفر بود.

بنیه بذر

با توجه به جدول ۱- پیش تیمار با پلی اتیلن گلایکول، سطوح تنش خشکی و اثر متقابل آنها تاثیر معنی‌داری بر شاخص بنیه بذر داشت. نتایج نشان داد افزایش سطح تنش خشکی شاخص بنیه بذر را به صورت معنی‌داری کاهش نشان داد (شکل) و با افزایش سطح کم آبی پرایمینگ بذور در بهبود بنیه جوانه‌زنی تاثیر معنی‌داری داشت به طوریکه در تنش خشکی ٤- بار تمام بذور پرایم شده نسبت به شاهد (صفر) شاخص بنیه بیشتری داشتند. سعیدی (۱۳۸٤) گزارش کرد که با کاهش پتانسیل اسمزی برخلاف درصد و سرعت جوانه‌زنی، بنیه جوانه‌زنی با سرعت و شیب زیاد در ژنوتیپ‌های مختلف شروع به کاهش می‌کند. Ghasemi Golazani *et al.* (۲۰۰۹) در تحقیقات روی لوبیای پینتو گزارش کردند پرایم بذور باعث افزایش شاخص بنیه بذر می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی و پرایمینگ با پلی اتیلن گلایکول ٦۰۰۰ بر تمامی شاخص‌های مورد ارزیابی جوانه‌زنی اثر معنی‌داری داشت. با اینکه تنش خشکی صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی و بنیه جوانه‌زنی را کاهش و مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی را افزایش داد ولی مقدار این کاهش در بذور پرایم شده نسبت به بذور شاهد کمتر بود. همچنین مشاهدات حاکی از آن است که پرایمینگ در سطح ۲- به طور قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های جوانه‌زنی تاثیر داشت. تمامی بذور در سطوح تیمارهای تنش خشکی ۸- و ۱۲- بار قادر به جوانه‌زنی نبودند. به طور کلی اسموپرایمینگ به عنوان روشی آسان و کم هزینه سبب بهبود تمام صفات جوانه‌زنی و رشد اولیه بذور گل جعفری در شرایط کم آبی شد.

منابع

۱. حسینی ، ح. و رضوانی مقدم پ.، ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی اسفرزه. پژوهش‌های زراعی ایران. ٤ (۱): ۱۵-۲۳.

۲. رحیمیان مشهدی، ح. باقری، ع. و پاریاب، ا.، ۱۳۷۰. اثر پتانسیل‌های مختلف حاصل از پلی اتیلن گلایکول و کلرور سدیم توام با درجه حرارت بر جوانه‌زنی در توده‌های گندم دیم. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۵ (۱): ٤۵-۳٦.

۳. سعیدی م. ۱۳۸٤. اثر عمق کاشت و تنش خشکی کوتاه مدت بر سرعت سبز شدن و قابلیت ترمیم گیاهچه‌های گندم و ارتباط آنها با بنیه جوانه‌زنی و مقاومت به خشکی. پژوهش و سازندگی. ۱۸ (٤): ۷۷-۸٦.

٤. معصومی کافی، م. و خزاعی، و. ح. ر.، ۱۳۸۷. اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر جوانه‌زنی نخود. پژوهش‌های زراعی ایران. ٦ (۲): ٤۵۳-٤٦۲.

۵. Arjenaki, FG., Dehaghi, MA., and Jabbari, R. ۲۰۱۱. Effects of priming on seed germination of Marigold (*Calendula officinalis*). Advances in Environmental Biology. ۵ (۲): ۲۷٦-۲۸۰.

٦. Bosma, T.L., Dole, J.M., and Maness, N.O. ۲۰۰۳. Optimizing marigold (*Tagetes erecta* L.) petal and pigment yield. Crop Science. ٤۳ (٦): ۲۱۱۸–۲۱۲٤.

۷. Camberato, J., and Mccarty, B. ۱۹۹۹. Irrigation Water quality: part I. Salinity, South Carolina Turf grass Foundation New. ٦ (۲): ٦-۸.

۸. Corbineau, F., Picard, M.A., and Côme, D. ۱۹۹۳. Germinability of some vegetable seeds in relation to temperature and oxygen. In: Côme D, Corbineau F, (Eds.). Fourth International Workshop on Seeds. Basic and applied aspects of seed biology. ASFIS Paris ۳. ۱۰۲۷–۱۰۳۲.

۹. Delgado-Vargas, F., Jimenez, AR., and Paredes-Lopez, O. ۲۰۰۰. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains‑characteristics, biosintesis, processing and stability. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. ٤۰ (۳): ۱۷۳-۲۸۹.

۱۰. Demir Kaya, M., GamzeOkc, U., Atak, M., and Yakup, C. ۲۰۰٦. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Europian Journal Agronomy ۲٤ (٤): ۲۹۱–۲۹٥.

۱۱. Eemmerich, W.E., and Hardegree, S.P. ۱۹۹۰. Polyethylene glycol solution contact effect on seed germination. Agronomy Journal. ۸۲ (۱), ۱۱۰۳-۱۱۰۷.

۱۲. Ellis, R.A., and Robert, E.H. ۱۹۸۱. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology. ۹ (۲): ۷۳۷-٤۰۹.

۱۳. Ghasemi Golazani, K.A., Chadordooz Jeddi, S., Nasrolahzadeh and Moghadam, M. ۲۰۱۰. Effects of Hydro-Priming Duration on Seedling Vigour and Grain Yield of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici. ۳۸ (۱): ۱۰۹-۱۱۳.

١٤. Ghiyasi, M., Abbasi, A.S., Tajbakhsh, M., Amirnia, R., and Salehzade, H. ٢٠٠٨. Effect of osmopriming with poly ethylene glycol ٨٠٠٠ (PEG٨٠٠٠) on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds under salt stress. Research Journal of Biologival Science. ٣(١٠): ١٢٤٩–١٢٥١.

١٥. Hohl, M., and Schopfer, P. ١٩٩١. Water relations of growing maize coleoptiles. Comparison between mannitol and polyethylene glycol ٦٠٠٠ as external osmotica for adjusting turgor pressure. Plant Physiol. ٩٥ (٣): ٧١٦-٧٢٢.

١٦. IPCC. ٢٠٠٧. Climate change ٢٠٠٧: synthesis report, contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In: Pachauri RK. Reisinger A. editors. Core writing team. Geneva: IPCC; ١٠٤ p.

١٧. Islam, A.K., Anuar, N., and Yaakob, Z. ٢٠٠٩. Effect of genotypes and pre-sowing treatments on seed germination behavior of Jatropha. Asian Journal of Plant Sciences. ٨ (٦): ٤٣٣-٤٣٩.

١٨. Ma, Q., Xu, X., Gao, Y., Wang, Q., and Zhao, J. ٢٠٠٨. Optimisation of supercritical carbon dioxide extraction of lutein esters from marigold (*Tagetes erect* L.) with soybean oil as a cosolvent. International Journal of Food Science Technology. ٤٣ (١٠): ١٧٦٣-١٧٦٩.

۱۹. Marchner, H. ۱۹۹۵. Mineral Nutrition of Higher Plants .Second reprint. Academic Press. ۸۸۹ pp.

۲۰. Michel, BE., and Kaufmann, MR. ۱۹۷۳. The osmotic potential of polyethylene glycol ٦۰۰۰. Plant Physiology. ٥۱ (۱): ۹۱٤-۹۱٦.

۲۱. Mirshekari, B. ۲۰۱۲. Seed priming with iron and boron enhances germination and yield of dill (*Anethum graveolens*). Turkish Journal of Agriculture and Forestry. ۳٦ (۱): ۲۷–۳۳.

۲۲. Mohammadi, G.R. ۲۰۰۹. The influence of NaCl priming on seed germination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.) under salinity conditions. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science. ٥(٥): ٦۹٦–۷۰۰.

۲۳. Murungu, F.S., Nyamugafata, P., Chiduza, C., Clark, L.J., and Whalley, W.R. ۲۰۰۳. Effects of seed priming aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). Soil and Tillage Research. ۷٤ (۲): ۱٦۱- ۱٦۸.

۲٤. Vasudevan, P., Kashyap, S., and Sharma, S. ۱۹۹۷. Tagetes: a multipurpose plant. Bioresource Technology. ٦۲ (۱): ۲۹-۳٥.

۲٥. Verma, S.k., Bajpai, G.C., Tewari, S.K., and Singh, J. ۲۰۰٥. Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeon pea. Legume Res. ۲۸ (۲): ۱٤۳-۱٤٥.

Effect of osmopriming and drought stress on seed germination of *Tagetes erecta*

Abstract

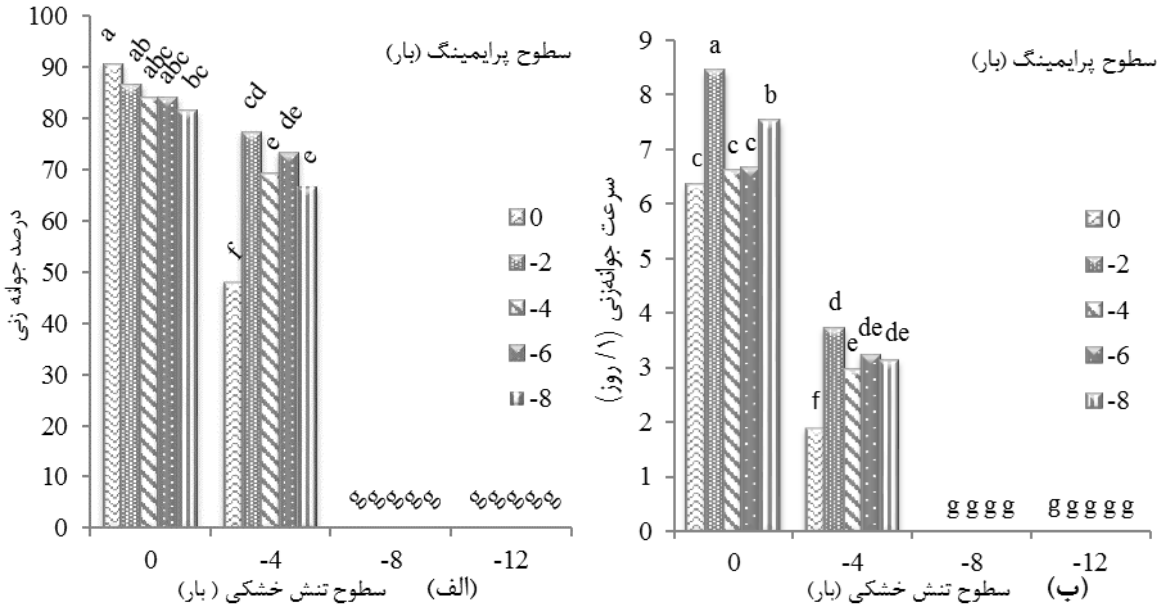
In order to evaluate the seed germination indices of Tagetes (*Tagetes erecta*) under smopriming and drought stress treatments, an experiment was conducted as factorial in a randomized complete block design with three replications at the agronomy laboratory, faculty of agriculture, Shahrekord University. For this purpose, drought stress in levels of ۰, -٤, -۸ and -۱۲ bar and priming of seeds in levels of ۰, -۲, -٤, -٦ and -۸ bar were applied using PEG٦۰۰۰. In this experiment, characteristics of germination percentage, germination rate, seed vigor index and mean germination time were evaluated. The results showed that by increasing drought stress from ۰ to -٤ bar, germination percentage, germination rate and seed vigor index significantly decreased while mean germination time increased and reached to ۰ at the potentials of -۸ and -۱۲ bar. The maximum germination rate was observed at -۲ bar priming whereas the increasing percentage was ۲٤,۹۱ compared to control. Also, it was found that by increasing drought stress, at the level of -٤ bar, the maximum germination percentage, germination rate and seed vigor index obtained and the minimum of mean germination time was at -۲ bar priming. In general, the osmopriming was able to increase the tolerance of Tagetes seeds against drought stress during germination and improve the properties of Tagetes seed germination.

Key words: drought stress, germination percentage, germination rate, PEG٦۰۰۰, priming, Tagetes (*Tagetes erecta*).

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی گل جعفری تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی و پرایم با پلی اتیلن گلایکول

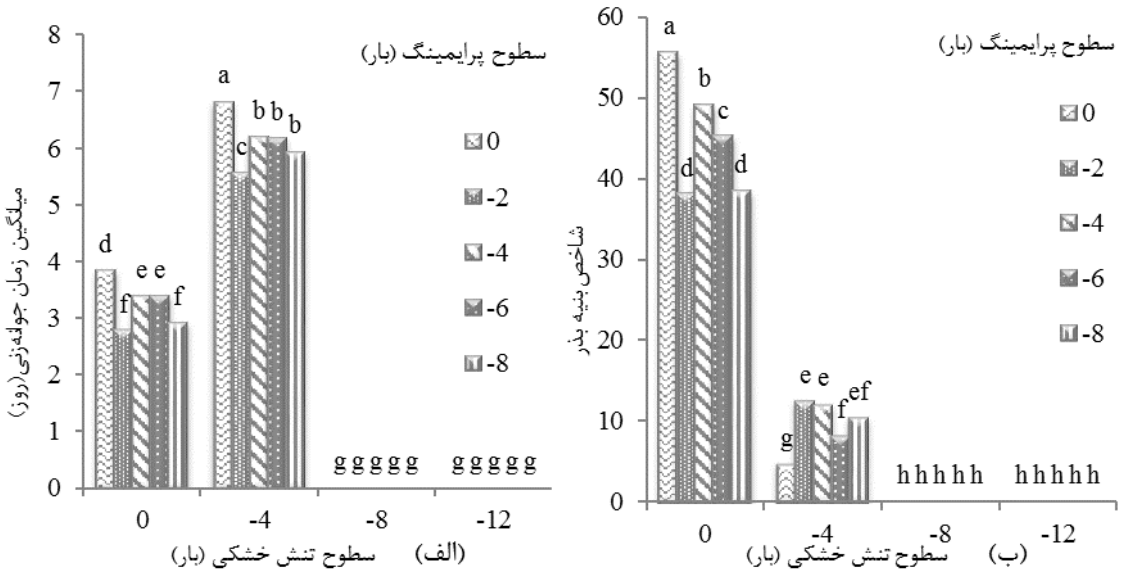
منبع تغییرات	درجه‌آزادی	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	بنیه بذر
تکرار	۲	۲٤/۰٦ ns	۰/۰۹ns	۰/۰۲ ns	٦/۸۲ns
پرایم	٤	٦۸/۹۳*	۱/۵٦**	۰/۵۸**	۲۳/٤۸**
تنش خشکی	۳	۲۹۸۲۷/۸۲**	۱٦۹/۵۱**	۱۳۰/۷۸**	٦۹۳٤/۳٦**
اثر متقابل	۱۲	۱۱۷/۸۲**	۰/٦۸**	۰/۲**	۵۷/۲٦**
خطا	۳۸	۲۱/۱۱	۰/۱۳	۰/۰٤	۳/۰۹
درصد تغییرات (٪)		۱۲/۰۷	۱٤/۵۳	۸/۵٤	۱۲/۸۵

ns عدم معنی‌داری، * و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۱- اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی بذور (الف) و سرعت جوانه‌زنی (ب) گل جعفری

(ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.)



شکل ۲- اثر سطوح مختلف تنش خشکی و پرایمینگ بر میانگین زمان جوانه‌زنی (الف) و شاخص بنیه بذور (ب) گل جعفری

(ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.)