تأثیر تنش‌های خشکی و شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه شاهی (*Lepidium sativum* L.)

محمد حسین امینی‌فرد*[۱]، حسن بیات[۲]

[۱]استادیار، گروه علوم باغبانی و مرکز پژوهشی گیاهان ویژه منطقه دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

[۲]استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۰۶/۱۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش‌های خشکی و شوری بر جوانه‌زنی بذور گیاه شاهی، دو آزمایش مجزا در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش‌های خشکی و شوری شامل هفت سطح فشار اسمزی صفر، ۲-، ٤-، ٦-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار بود که به‌ترتیب با استفاده از محلول پلی اتیلن گلیکول (PEG) و کلرید سدیم (NaCl) اعمال شد. نتایج نشان داد که تنش شوری بر شاخص‌های درصد و سرعت جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری نداشت اما تنش خشکی از ۸- بار به بالا سبب کاهش معنی‌دار این صفات گردید بطوریکه سطوح ۱۰- و ۱۲- بار تنش خشکی به‌ترتیب سبب کاهش ۲۵/٤ و ۵۰/٦ درصدی سرعت جوانه‌زنی و ۲۹/۳ و ۵۰/٦ درصد جوانه‌زنی شاهی نسبت به شاهد گردید. طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و کل با افزایش تنش خشکی از صفر به ۱۲- بار به‌ترتیب ۹۷/۹، ۹۵/۲، ۹٦/٤، ۹۸/۲، ۹٤/۸ و ۹۲/۲ درصد کاهش یافتند. افزایش سطح تنش شوری از صفر به ٤- بار، به‌ترتیب ۲/۸، ۱۱/٤، ٦/۹، ۳/٦، ۹/۸ و ۷/۲ درصد افزایش در این صفات مشاهده گردید اما با افزایش تنش به بالاترین سطح (۱۲- بار)، به‌ترتیب ۹۷/٤، ۹۵/۳، ۹٦/۵، ۹٦/٤، ۹٦/۳ و ۹٦/۳ درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافتند. شاخص بنیه بذر در هر دو تنش کاهش یافت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که گیاه شاهی در مرحله جوانه‌زنی و در مواجهه با تنش‌های شوری و خشکی در بازه تیمارهای اعمال شده در این آزمایش، به‌ترتیب متحمل و نیمه متحمل است.

واژه‌های کلیدی: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاهی، پلی اتیلن گلیکول، NaCl

*نویسنده مسئول: mh.aminifard@birjand.ac.ir

مقدمه

شاهی گیاهی یکساله از خانواده Brassicaceae با نام علمی *Lepidium sativum* و بومی مدیترانه است. برگ‌های آن سبزرنگ، ارتفاع بوته در حدود ۲۰ سانتی‌متر، گل‌های آن به رنگ سفید یا قرمز ارغوانی کوچک، که به طور گروهی در انتهای شاخه گل‌دهنده ظاهر می‌شود. مصرف شاهی در ایران به عنوان یک سبزی خوراکی رایج است. این سبزی بین محصولات تازه باغبانی دارای بیشترین مقدار چربی، پتاسیم و ویتامین‌های A و B_2 است و از نظر پروتئین، سایر املاح و ویتامین‌ها نیز مقام‌های دوم و سوم را دارا است (Radwan et al., 2007).

رشد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا تحت تاثیر تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده است. جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس در چرخه رشدی گیاهان محسوب می‌شود، زیرا جوانه‌زنی نقش عمده ای را در تعیین تراکم نهایی گیاه از خود بجا می‌گذارد (Ulfat et al., 2007). جوانه‌زنی و سبز شدن بذر به شدت تحت تأثیر تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی قرار می‌گیرد بطوریکه استقرار ضعیف گیاه یکی از مشکلات اصلی در مناطق خشک و شور می‌باشد (Dolatabadian et al., 2009). خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه تأثیر گذاشته و موجب کاهش و به تاخیر انداختن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد. کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل کل آب، همواره با از بین رفتن آماس، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش رشد از علائم مخصوص تنش آب است. درصورتی که تنش آبی شدید باشد، موجب کاهش شدید فتوسنتز و مختل شدن فرایندهای فیزیولوژیکی، توقف رشد و سرانجام مرگ گیاه می‌گردد (Farooq et al., 2009). آب یکی از عوامل اصلی فعال‌کننده جوانه‌زنی است و قابلیت دسترسی به آب با کاهش پتانسیل اسمزی خاک کاهش می‌یابد. پتانسیل اسمزی، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و در نتیجه سرعت جوانه‌زنی گیاه دارد (Bagheri et al., 2011). علاوه بر تنش خشکی، تنش شوری نیز به عنوان یکی از تنش‌های غیرزیستی مهم است که نقش مهمی در کاهش تولید محصولات زراعی و باغی دارد (Omidi, 2010). رشد گیاهان در شرایط تنش شوری ممکن است از طریق تغییرات پتانسیل اسمزی بر اثر پایین رفتن پتانسیل آب در محیط ریشه، یا بر اثر تأثیرات ویژه یون‌ها در فرایندهای متابولیکی کاهش یابد (Greenway and Munns, 1980; Nafees et al., 2010). در اکثر تحقیقاتی که بر روی جوانه‌زنی گیاهان انجام شده است با افزایش شوری و خشکی، درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن گیاهچه کاهش می‌یابد (Tamartash et al., 2010; Tavili et al., 2015). در مطالعه‌ای بر روی جوانه زنی بذر خیار سبز در واکنش به سطوح مختلف شوری گزارش شد که درصد جوانه‌زنی تحت تاثیر تنش شوری و خشکی در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت (Khoshkam, S. 2009). زیره‌زاد و همکاران (Zirehzad et al., 2009) با بررسی تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی آویشن اظهار داشتند که تنش شوری و خشکی به طور معنی‌داری سبب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، ضریب آلومتری و وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه گردید. شرفی (Sharafi, 2010) در آزمایشی با بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی (صفر ،۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال) بر جوانه‌زنی ماریتیغال نشان داد که کلیه صفات مورد بررسی از جمله رشد گیاهچه و یکنواختی جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش های شوری و خشکی قرار گرفتند. علاوه بر پاسخ‌های رشدی به تنش‌های خشکی و شوری، تنظیم اسمزی نیز در پاسخ به تنش در داخل سلول‌ها و بافت‌های گیاه اتفاق می‌افتد. تنظیم اسمزی یکی از مکانیسم های تحمل است که در آن گیاهان متابولیت های با وزن مولکولی کم مانند قندها، اسیدهای ارگانیک و آمینو اسیدها را تجمع می‌دهند تا پتانسیل اسمزی سلول برای حفظ آب و نگهداری فشار تورژسانس کاهش یابد (Manaa et al., 2014). پرولین جزء اسمولیت های اولیه مهم مشارکت کننده در تنظیم اسمزی

گیاهان است و سلول‌ها را از طریق تثبیت پروتئین ها و غشاهای سلولی محافظت می‌کند (Wang and Han, 2009). گزارش شده است که تنش شوری باعث کاهش رشد گیاه و افزایش تنظیم کننده‌های اسمزی پرولین و کربوهیدرات در گیاه شاهی گردید (Manaa et al., 2014). مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که تاکنون تحقیق جامعی مبنی بر تاثیر سطوح مختلف تنش‌های شوری و خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های شاهی وجود ندارد. لیکن تحقیق حاضر با هدف بررسی سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی بذر، محتوای پرولین و رشد گیاهچه شاهی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش‌های خشکی و شوری بر جوانه‌زنی بذر گیاه شاهی، دو آزمایش مجزا در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۵ و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای تنش خشکی شامل هفت سطح پتانسیل اسمزی صفر، ۲-، ٤-، ٦-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار بود که با استفاده از محلول پلی‌اتیلن گلیکول (PEG) ٦۰۰۰ و به‌ترتیب با غلظت‌های صفر، ۱۱۹/۵۷، ۱۷۸/۳٤، ۲۲۳/٦٦، ۲٦۱/۹٤، ۲۹۵/۷۱ و ۳۲٦/۲٦ گرم در لیتر آب در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد محیط اعمال شد (Michel and Kaufman, 1973). تیمارهای تنش شوری نیز مشابه سطوح خشکی بود که شامل هفت سطح پتانسیل اسمزی صفر، ۲-، ٤-، ٦-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار بود که با استفاده از کلرید سدیم (NaCl) و به‌ترتیب با غلظت‌های صفر، ۲/٦۲، ۵/۲۵، ۷/۸۷، ۱۰/۵۰، ۱۳/۵۰ و ۱۵/۷۰ گرم در لیتر اعمال گردید. قبل از کاشت، بذور با محلول هیپوکلریدسدیم پنج درصد به مدت یک دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند. محیط کشت، پتری دیش‌هایی با قطر نه و ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر بود و در هر کدام ۲۵ عدد بذر بر روی کاغذ صافی قرار داده شد و سپس به ژرمیناتورهای تنظیم شده با دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی گراد با طول روز ۱٦ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی منتقل شدند (Muller et al., 2010). بذرهایی که حداقل دارای دو میلی‌متر طول ریشه‌چه بودند به‌عنوان بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شدند. طول دوره آزمایش هشت روز بود (Manaa et al., 2014). در پایان آزمایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه (انتخاب شش گیاهچه به‌طور تصادفی از داخل هر پتری‌دیش) با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه محاسبه شد. سپس ریشه‌چه‌ها و ساقه‌چه‌ها در داخل آون با دمای۷۰ درجه‌سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه شد (Pace et al., 1999). در پایان آزمایش درصد جوانه‌زنی بذور محاسبه شد. سرعت جوانه‌زنی نیز از طریق معادله زیر محاسبه شد (Bajji et al., 2002):

$$GR= \sum Ni / Di$$

که در این معادله GR سرعت جوانه‌زنی، Ni تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز و Di روز شمارش بذر (هشت روز) می‌باشد.

میانگین زمان جوانه‌زنی بر اساس معادله زیر محاسبه شد (Ruan, 2002):

$$MGT= \Sigma (D\times N)/ \Sigma N$$

که در این معادله MGT میانگین زمان جوانه‌زنی، N تعداد بذرهایی که در روز D ام جوانه زدند و D تعداد روزهایی که از آغاز زمان جوانه‌زنی گذشته می باشند. شاخص بنیه بذر نیز از حاصل ضرب درصد جوانه‌زنی نهایی در طول گیاهچه محاسبه شد (Elias and Copeland, 2001). به‌منظور اندازه‌گیری پرولین گیاه، ۰/۱ گرم برگ تازه را در

هاون چینی همراه با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳/۳ درصد ابتدا به خوبی سائیده و در مرحله بعد دو میلی‌لیتر از معرف نین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلایسیال (خالص) به هر یک از لوله‌های محتوی عصاره و یا استاندارد افزوده شد. قبلا معرف نین هیدرین با مخلوط نمودن ۱/۲۵ گرم نین‌هیدرین به اضافه ۲۰ میلی لیتر اسید فسفریک ٦ مولار و همچنین ۳۰ میلی‌لیتر اسیداستیک خالص و سپس حل نمودن آن‌ها در حمام آب گرم آماده شد. لوله‌ها به مدت یک ساعت در حمام آب جوش (بن ماری) در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس به منظور خنک شدن به داخل مخلوط آب و یخ منتقل شدند. در این مرحله و در زیر هود، ٦ میلی‌لیتر تولوئن به هر یک از لوله‌های آزمایش افزوده و به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه شدیدا تکان داده شدند. در نهایت میزان جذب نور در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Bates et al., 1973).

برای تجزیه واریانس و محاسبات آماری از برنامه ماکرو DSAASTAT Ver. 1.022 در نرم‌افزار Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی بر همه صفات مورد بررسی (جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهچه و محتوای پرولین) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر تنش شوری نیز بر همه صفات مورد بررسی به غیر از صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جداول ۱ و ۲).

درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی: بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین، خشکی شدیدتر از ۸- بار باعث کاهش شدید درصد جوانه‌زنی بذور شاهی گردید بطوریکه در سطوح تنش‌های خشکی ۱۰- و ۱۲- بار، درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب ۲۹/۳۳ و ۵۰/٦۷ درصد نسبت به شاهد (سطح صفر بار) کاهش یافت. اما افزایش سطوح تنش شوری، سبب کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی بذور شاهی نگردید و در نتیجه می‌توان بیان کرد که شاهی به تنش شوری نسبت به خشکی مقاوم‌تر است (شکل۱). افزایش غلظت شوری بر سرعت جوانه‌زنی بذور شاهی تأثیر معنی-داری نداشت و سرعت جوانه‌زنی در تمامی سطوح بالاتر از ۱۲ بذر در روز بود. اما سطوح ۱۰- و ۱۲- بار تنش خشکی به‌ترتیب سبب کاهش ۲۵/۰٤ و ۵۰/٦٤ درصدی سرعت جوانه‌زنی بذور شاهی گردید (شکل۲). پتانسیل کم آب، به ویژه در ابتدای فرآیند جوانه‌زنی، باعث اختلال در جذب آب توسط بذر شده و جوانه‌زنی گیاه را به تأخیر می‌اندازد (Serrano et al., 1999; Bagheri et al., 2011). اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا جذب آب به کندی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی صورت خواهد گرفت، در نتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و از این رو سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد (Marchner, 1995). حسینی و رضوانی مقدم (Hosseini and Rezvani Moghadam, 2006) بیان نمودند که با افزایش میزان تنش خشکی به طور خطی از درصد جوانه‌زنی بذرهای اسفرزه کاسته شد به گونه‌ای که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به شرایط عدم تنش و کمترین مقدار آن که برابر صفر بود مربوط به پتانسیل ۱۲- بار بود. آل ابراهیم و همکاران (Alebrahim et al., 2005) در بررسی اثر تنش شوری بر گیاه آویشن نتایج مشابهی را بیان نمودند. مرحله جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس گیاهان به تنش شوری است (Ungar, 1995). اثر بازدارنده تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی یا سمیت یونی است (Tobe et al., 2004).

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر تنش خشکی (PEG) بر صفات مورد بررسی گیاه شاهی.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول گیاهچه	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک کل	بنیه جوانه زنی	محتوای پرولین
تیمار	۶	۱۲۴۲**	۱۸/۳۵**	۶۵۱/۴۵**	۸۰۹/۷**	۲۸۹۵/۸**	۰/۱۱۲**	۰/۰۰۱۲**	۰/۰۰۱۸**	۰/۰۰۶**	۳۲۸۲/۴**	۵۳۶/۰۲**
خطا	۱۴	۲۲/۸۵	۰/۳۹۹	۱۵/۷۵	۵۷/۰۴	۹۱/۴۵	۰/۰۲۹۷	۰/۰۰۰۰۲۸	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۱۹	۹۲/۵۷	۰/۵۰۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۵/۴۱	۵/۶۸	۱۴/۴۸	۲۱/۹۱	۱۵/۴۵	۲۳/۱۸	۱۴/۴۸	۲۱/۹۱	۱۵/۷۴	۱۶/۱۱	۴/۲۹

^{ns},*,**: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر تنش شوری (NaCl) بر صفات مورد بررسی گیاه شاهی.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول گیاهچه	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک کل	بنیه جوانه‌زنی	میزان پرولین
تیمار	۶	۰/۷۶^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}	۷۹۴/۶۱**	۱۱۰۴/۱**	۳۷۵۹/۸**	۰/۰۵۲**	۰/۰۰۱۴**	۰/۰۰۲۵**	۰/۰۰۸**	۳۶۷۸/۸**	۴۷۶/۲۹**
خطا	۱۴	۴/۵۷	۰/۰۷۱	۶/۰۵	۲/۷۶	۱۰/۱۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۲	۱۸/۸۶	۰/۳۳۷
ضریب تغییرات (٪)	–	۲/۱۶	۲/۱۶	۸/۵۱	۴/۴۴	۴/۸۱	۱۱/۰۲	۸/۵۱	۴/۴۵	۴/۶۹	۶/۶۲	۳/۸

^{ns},*,**: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و بالطبع کاهش جذب آب توسط بذر و همچنین از طریق اثرات سمی یون-های سدیم و کلر، جوانه‌زنی بذرها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Zeinali et al., 2004). علت کم شدن درصدجوانه‌زنی در تنش شوری، فشار اسمزی محلول است که باعث بهمخوردن تعادل یونی می‌شود و در نتیجه روی کنش‌ها و واکنش زیستی بذر تأثیر می‌گذارد؛ در نتیجه، فعالیت آنزیم‌های موجود در بذر و یا آنزیم‌هایی که جهت رشد ساخته می‌شوند، متوقف شده، لذا انرژی لازم برای جوانه‌زنی و سایر فعالیت‌های رشد فراهم نمی‌شود (Bajji et al., 2002). براساس نتایج حسینی و رضوانی مقدم (Hosseini and Rezvani Moghadam, 2006) سرعت جوانه‌زنی بذور اسفرزه نیز به شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و با افزایش سطوح تنش مقدار آن کاهش یافت. منصوری شوازی و همکاران (Mansoori Shavazi et al., 2010) در بررسی اثر تنش شوری و خشکی برجوانه زنی درختچه مرتعی گونه-ی آسمانی گچ‌دوست (*Anabasis calcarea*) بیان کردند که سرعت جوانه‌زنی با افزایش میزان تنش خشکی تا سطح ۷- بار تغییر قابل توجهی نداشت و در سطح شدیدتر تنش (۱۱- و ۱۸- بار) از سرعت جوانه‌زنی کاسته شد به طوری که در سطح ۱۸- بار، ٤/۷۳ درصد کاهش یافت و همچنین با افزایش میزان شوری، سرعت جوانه‌زنی روند کاهشی داشت، به طوری که بیشترین سرعت جوانه‌زنی در سطح شاهد (۱۰۰ جوانه در روز) و کمترین آن در سطح ۳٦- بار (عدم جوانه‌زنی) بود. بهبود سرعت جوانه‌زنی بذر می‌تواند باعث استقرار بهتر گیاهچه به ویژه در شرایط تنش شوری و خشکی شود (He et al., 2003).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و طول گیاهچه: با افزایش سطوح تنش خشکی و شوری، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌طور نزولی کاهش یافت به‌طوری‌که با افزایش سطوح تنش خشکی از پتانسیل اسمزی صفر به ۲-، ٤-، ٦-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار، طول ریشه‌چه گیاه شاهی به‌ترتیب ۷/۲۹، ۱٤/۳۵، ۲۸/٤۷، ۳۷/۵۳، ٦۲/۹۹ و ۹۷/۹۵ درصد و طول ساقه‌چه به‌ترتیب ۸/۹۷، ۱۹/٤۵، ۲۳/۹، ۳۹/۹۱، ٤۹/۳۹ و ۹۵/۲٤ درصد در مقایسه با بذور شاهد کاهش یافت (جدول ۳). اما با افزایش شدت تنش شوری از پتانسیل اسمزی صفر به ۲- و ٤- بار، طول ریشه‌چه به‌ترتیب ۰/۵۹ و ۲/۸ درصد و طول ساقه‌چه به‌ترتیب ٦/۸۳ و ۱۱/٤۵ درصد افزایش یافت ولی از صفر به ٦-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار، طول ریشه‌چه به‌ترتیب ۱۳/۲۲، ۳٤/۰۸، ٦۰/۲ و ۹۷/٤۱ درصد و طول ساقه‌چه به‌ترتیب ۷/۸۹، ۲۳/۰۱، ۵٦/۹۸ و ۹۵/۳٦ درصد کاهش یافت (جدول ٤). نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه نیز در هر دو تنش خشکی و شوری، با افزایش سطح تنش، کاهش یافت بطوریکه در تنش خشکی، بین سطوح شاهد با خشکی ۱۰- بار و در شرایط تنش شوری، با افزایش تنش از سطح شاهد تا شوری ۸- بار، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جداول ۳ و ٤). در شرایط تنش خشکی بیشترین طول گیاهچه در تیمار شاهد آب مقطر (۹٤/٤۳ میلی‌متر) و کمترین آن در تیمار با سطح خشکی ۱۲- بار (۳/۳۳ میلی‌متر) مشاهده شد اما در شرایط تنش شوری، بیشترین طول گیاهچه در تیمار ٤- بار (۹۷/۰۷ میلی‌متر) و کمترین آن در تیمار با شوری ۱۲- بار (۳/۳۳ میلی‌متر) بود. آل ابراهیم و همکاران (Alebrahim et al., 2005) بیان کردند که در گیاه آویشن اختلافات بین سطوح مختلف شوری و خشکی برای صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و با افزایش سطح تنش کاهش یافتند. یکی از علل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین ذکر شده است (Trautwein et al., 1997). کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش خشکی باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و آنزیم‌ها و در نتیجه آن اختلال در رشد گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) می‌گردد (Bagheri et al., 2011). کاهش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در اثر تنش شوری می‌تواند به تجمع ماده خشک در بافت‌های ذخیره‌ای مرتبط باشد (Keshavarz Afshar et

al., 2013). همچنین تنش شوری با کاهش جذب آب و با ایجاد اختلال در ترشح آنزیم‌هایی از جمله آمیلاز و لیپاز مانع از تجزیه مواد اندوخته بذر شده و در نتیجه انرژی لازم جهت خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه و رشد آن‌ها فراهم نمی‌شود (Niu et al., 1995) بنابراین با افزایش سطح شوری، میزان رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافته است.

وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و کل: وزن خشک ریشه، هوایی و کل گیاه نیز با افزایش تنش شوری و خشکی کاهش یافت (جدول‌های ۳ و ٤) به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی با افزایش سطح تنش از صفر به ۱۲- بار، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه به‌ترتیب ۹۸/۲۵، ۹٤/۸۷ و ۹٦/۲۷ درصد کاهش یافت اما میزان این کاهش در تنش شوری به‌ترتیب ۹٦/۳٦، ۹۵/۸۹ و ۹٦/۰۹ درصد بود. یزدانی بیوکی و همکاران (Yazdani Biuki et al., 2010) با بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه مارتیغال بیان کردند که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک ریشه‌چه به تدریج کاهش یافت. بیشترین وزن خشک ریشه‌چه مربوط به سطح تنش ۱- بار بود. آنها همچنین بیان کردند که وزن خشک ساقه‌چه با افزایش تنش خشکی از سطح پتانسیل ۳- بار به پایین، به طور معنی‌داری کم شد و میزان آن در همین سطح در مقایسه با تیمار شاهد ۵۰٪ کاهش یافت. ام البنین و همکاران (Ommolbanin *et al.*, 2012) نیز در بررسی اثر تنش شوری و خشکی بر دو گیاه مرتعی *Agropyron elongatum* و *Agropyron desertorum* به نتایج مشابهی دست یافتند. در شرایط تنش خشکی و شوری، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه کاهش می یابد که در نهایت منجر به کاهش وزن خشک ریشه‌چه ساقه‌چه و کل می‌شود.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر تنش خشکی (PEG) بر برخی صفات مورد بررسی شاهی.

پتانسیل (بار)	طول ریشه‌چه (mm)	طول ساقه‌چه (mm)	طول گیاهچه (mm)	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه (gr)	وزن خشک ساقه‌چه (gr)	وزن خشک کل (gr)
۰	٤۲/۵۰ a	۵۱/۹۳ a	۹٤/٤۳ a	۰/۸٦۲ a	۰/۰۵۷ a	۰/۰۷۸ a	۰/۱۳٤ a
-۲	۳۹/٤۰ a	٤۷/۲۷ ab	۸٦/٦۷ a	۰/۸۷۷ a	۰/۰۵۳ a	۰/۰۷۱ ab	۰/۱۲۳ a
-٤	۳٦/٤۰ ab	٤۱/۸۳ ab	۷۸/۲۳ ab	۰/۸۷۰ a	۰/۰٤۹ ab	۰/۰٦۲ ab	۰/۱۱۱ ab
-٦	۳۰/٤۰ bc	۳٦/۷۰ bc	٦۷/۱۰ bc	۰/۸۲۹ a	۰/۰٤۱ bc	۰/۰۵۵ bc	۰/۰۹٦ b
-۸	۲٦/۵۳ c	۳٤/۸٤ bc	٦۱/۳۷ c	۰/۸۰۳ a	۰/۰۳٦ c	۰/۰۵۲ bc	۰/۰۸۸ b
-۱۰	۱۵/۷۳ d	۲٦/۲۸ c	٤۲/۰۱ d	۰/۵۹۹ ab	۰/۰۲۱ d	۰/۰۳۹ c	۰/۰٦۰ c
-۱۲	۰/۸۷ e	۲/٤۷ d	۳/۳۳ e	۰/۳٦۳ b	۰/۰۰۱ e	۰/۰۰٤ d	۰/۰۰۵ d

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون FLSD می‌باشند.

شاخص بنیه بذر: با افزایش سطوح تنش شوری و خشکی، شاخص بنیه بذر کاهش یافت. در شرایط تنش شوری از پتانسیل صفر به ٤- بار، میزان این شاخص افزایش یافت اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود و با افزایش تنش شوری از ٤- به ۱۲-، شاخص بنیه بذر به صورت معنی‌داری کاهش یافت. همچنین با افزایش سطوح تنش خشکی از پتانسل اسمزی صفر به ۲-، ٤-، ٦-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار، شاخص بنیه بذر شاهی به‌ترتیب ۸/۲۲، ۱۸/۲٤، ۲۸/۹٤، ۳۵/۰۱، ٦۸/۵۵ و ۹۸/۲۲ درصد کاهش یافت (شکل۳). براساس نتایج کشاورز افشار و همکاران (Keshavarz Afshar et al., 2013) تنش شوری و خشکی سبب کاهش معنی‌دار بنیه گیاهچه شلغم گردید. این شاخص تابعی از دو پارامتر

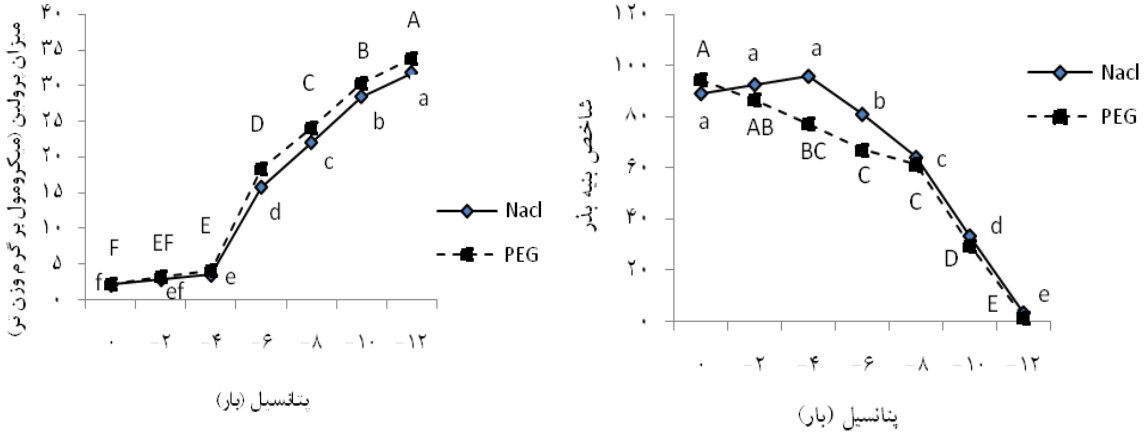
درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه می‌باشد و با توجه به کاهش این دو پارامتر در اثر تنش، بنابراین بنیه بذر نیز کاهش می‌یابد.

جدول ٤: مقایسه میانگین اثر تنش شوری (Nacl) بر برخی صفات مورد بررسی شاهی.

پتانسیل (بار)	طول ریشه‌چه (mm)	طول ساقه‌چه (mm)	طول گیاهچه (mm)	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه (gr)	وزن خشک ساقه‌چه (gr)	وزن خشک کل (gr)
۰	٤١/٣٧ a	٤٨/٩٣ b	٩٠/٣ b	۰/٨٤٦ a	۰/۰٥٥ a	۰/۰٧٣ b	۰/۱۲۸ b
-۲	٤١/٥٧ a	٥٢/٢٧ a	٩٣/٨٤ ab	۰/٧٩٥ a	۰/۰٥٦ a	۰/۰٧٨ a	۰/۱۳٤ ab
-٤	٤٢/٥٣ a	٥٤/٥٣ a	٩٧/۰٧ a	۰/٧٨١ a	۰/۰٥٧ a	۰/۰٨١ a	۰/۱۳٨ a
-٦	٣٥/٩۰ b	٤٥/۰٧ c	٨۰/٩٧ c	۰/٧٩٨ a	۰/۰٤٨ b	۰/۰٦٧ c	۰/۱۱٥ c
-٨	٢٧/٢٧ c	٣٧/٦٧ d	٦٤/٩٣ d	۰/٧٢٣ ab	۰/۰٣٧ c	۰/۰٥٦ d	۰/۰٩٣ d
-۱۰	۱۲/٧٤ d	۲۱/۰٥ e	٣٣/٧٩ e	۰/٦۰٥ bc	۰/۰۱٧ d	۰/۰۳۱ e	۰/۰٤٨ e
-۱۲	۱/۰٧ e	۲/٢٧ f	٣/٣٣ f	۰/٤٧٦ c	۰/۰۰۲ b	۰/۰۰۳ f	۰/۰۰٥ f

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ٥ درصد بر طبق آزمون FLSD می‌باشند.

میزان پرولین: با افزایش هر دو تنش شوری و خشکی، میزان پرولین برگ گیاه شاهی افزایش یافت اما براساس شکل ٤، میزان افزایش مقدار این اسیدآمینه در تنش خشکی بیشتر از تنش شوری بود و به عبارت دیگر با افزایش سطح تنش شوری و خشکی از صفر به ۱۲- بار، میزان پرولین برگ گیاه به‌ترتیب ۹۲/۷۷ و ۹۳/۱۸ درصد افزایش نشان داد. شیب افزایش پرولین در هر دو شرایط تنش از ٤- به ٦- بار بیشترین میزان بود به طوری که اختلاف معنی‌داری بین سطوح صفر تا ٤- در هر دو تنش مشاهده نشد اما از سطح ٦- به بعد با افزایش سطوح تنش‌ها، میزان پرولین به صورت معنی‌داری افزایش یافت. یکی از شاخص‌های موثر در تحمل به شوری گیاهان، تنظیم اسمزی سلول و حفظ آماس سلولی است که با ساخت مواد آلی نظیر بتائین، گلایسین، پرولین، سوربیتول و مانیتول انجام می‌شود (Penuelas et al., 1997). پرولین از جمله موادی است که غلظت آن در سلول در پاسخ به تنش خشکی افزایش می یابد و باعث انتقال آب سلول های برگ و افزایش فشار تورژسانس می شود. تجمع پرولین در بافت های گیاهی، ناشی از بیوسنتز آن، ممانعت از اکسایش و جلوگیری از مشارکت آن در ساخت پروتئین‌ها می باشد(Manaa et al., 2014).



شکل ۳: تاثیر سطوح مختلف تنش شوری و خشکی بر شاخص بنیه بذر شاهی

شکل ۳: تاثیر سطوح مختلف تنش شوری و خشکی بر میزان پرولین شاهی

نتیجه‌گیری نهایی

تنش شوری بر شاخص‌های درصد و سرعت جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری نداشت اما تنش خشکی ۸- بار یا شدیدتر از آن سبب کاهش معنی‌دار مقدار این صفات گردید بطوریکه سطح ۱۲- بار تنش خشکی، سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی شاهی را نسبت به شاهد کاهش دادند. طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، مجموع آنها، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه با افزایش تنش خشکی از صفر به ۱۲- بار کاهش یافتند در حالی که در تنش شوری با افزایش پتانسیل اسمزی از سطح صفر به ٤- روند صعودی و با افزایش آن تا سطح ۱۲- بار روند نزولی پیدا کرد. شاخص بنیه بذر در هر دو تنش کاهش یافت اما میزان پرولین برگ روند افزایشی داشت. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان بیان نمود که گیاه شاهی در مرحله جوانه‌زنی در بازه تیمارهای اعمال شده، نسبت به تنش‌های شوری و خشکی به‌ترتیب متحمل و نیمه متحمل است. لذا برای ارزیابی دقیق تر نیاز به انجام آزمایشات تکمیلی در مزرعه و گلخانه می باشد تا بتوان کشت این گیاه را در مناطق تحت تنش خشکی و شوری توصیه نمود.

Reference

Alebrahim, M.T., Sabaghnia, N., Ebadi, A. and Moheboldini, M. 2005. Study of drought and salinity stress on germination of common thyme (*Thymus vulgaris*). Journal of Research in Agricultural Science, 1: 13-19.

Bagheri, M., Yeganeh, H., Esfahan, E.Z. and Savadroodbari, M.B. 2011. Effects of water stress on seed germination of *Thymus koteschanus* Boiss. and *Thymus daenensis* Celak. Middle-East Journal of Scientific Research, 8: 726-731.

Bajji, M., Kine, J.M. and lutts, S. 2002. Osmotic and ionic effects of Nacl on germination early seeding growth, and ion content of *Atripelex halimus*. Canadian Journal of Botany, 80: 297-304.

Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water–stress studies. Plant and Soil, 39(1): 205–207.

Dolatabadian, A., Sanavy, S.A.M.M. and Chashmi, N.A. 2008. The effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. Journal of Agronomy and Crop Science, 194: 206-213.

Elias, S.G. and Copeland, L.O. 2001. Physiological and harvest maturity of canola in relation to seed quality. Agronomy Journal, 93: 1054-1058.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185–212.

Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology, 31: 141-190.

He, Y.L., Liu, Y.L., Chen, Q. and Bian, A.H. 2002. Thermotorerance related to antioxidation induced by salicylic acid and heat hardening in tall fescue seedlings. Journal of Plant Physiology, Molecular and Biology, 28(2): 89-95.

Hosseini, H. and Rezvani Moghadam, P. 2006. Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovata*). Iranian Journal of Field Crops Research, 4: 15-22.

Keshavarz Afshar, R., Keykhah, M., Chaeichi, M.R. and Ansari, M. 2013. Effect of different levels of salinity and drought stress on seed germination characteristics and seedling growth of forage turnip (*Brassica rapa* L.). Iranian Journal of Field crop Science, 43: 661-671.

Khoshkam, S. 2009. The effect of salinity and draught stresses on germination, seed performance and seed priming and use of chemicals to improve germination in Cucumis sativous. Fourth Conference on New Ideas in Agriculture, 29–30 June 2009. Islamic Azad University Isfahan (Khorasgan) Branch.

Manaa, A., Mimouni, H., Terras, A., Chebil, F., Wasti, S., Gharbi, E. and Ahmed, H. 2014. Superoxide dismutase isozyme activity and antioxidant responses of hydroponically cultured *Lepidium sativum* L. to NaCl stress. Journal of Plant Interactions, 9: 440-449.

Mansoori Shavazi, M., Hakim Zade, M.A., Zare Ernani, M., Zare Chahouki, M.A. and Mosleh Arany, A. 2010. Study of effect of drought and salt stress on seed germination of *Anabasis calcarea*. Arid Biome, 1: 75-82.

Marchner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second reprint, Academic Press, pp: 6-73.

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

Muller, K., Job, C., Belghazi, M., Job, D. and Leubner-Metzger, G. 2010. Proteomics reveal tissue-specific features of the cress (*Lepidium sativum* L.) endosperm cap proteome and its hormone-induced changes during seed germination. Proteomics, 10: 406-416.

Nafees, A., Shabina, S., Asim, M., Rahat, N. and Noushina, I. 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. International Journal of Plant Biology, 1: 235-241

Niu, X., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M. and Pardo, J.M. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environment. Plant Physiology, 109: 735- 742.

Omidi, H. 2010. Changes of proline content and activity of antioxidative enzymes in two canola genotype under drought stress. American Journal of Plant Physiology, 5: 338-349.

Ommolbanin, E., Mohammad Esmaili, M., Sabouri, H. and Tahmasbi, A. 2012. Effects of salinity and drought stress on germination two spices of (*Agropyron elongatum*, *Agropyron desertrum*). Desert Ecosystem Engineering Journal, 1: 31-38.

Pace, F., Cralle, H.T., El-Halawany, S.H.M., Cothren, J.T. and Senseman, S.A. 1999. Drought-induced changes in shoot and root growth of young cotton plants. The Journal of Cotton Science, 3: 183-187.

Penuelas, J., Isla, R., Fillela, I. and Araus, J.L. 1997. Visible and near-infrared reflectance assessment of salinity effects on barley. Crop Science, 37: 198- 202.

Radwan, H.M., EL-Missiry, M.M., Al-Said, W.M., Ismail, A.S., Abdel Shafeek, K.A. and Seif-El-Nasr, M.M. 2007. Investigation of the glacosinolates of *Lepidium sativum* growing in Egypt and their biological activity. Journal of Medicine and Medical Sciences, 2(2): 127-132.

Ruan, S. 2002. The influence of priming on germination of rice seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. Seed Science Technology, 30: 61-67.

Serrano, R., Macia, F.C. and Moreno, V. 1999. Genetic engineering of salt and drought tolerance with yeast regulatory genes. Scientia Horticulture., 78: 261-269.

Sharafi, S. 2007. Assessing the impact of drought and salinity levels on some traits of milk thistle (*Silybum marianum*) seedling. Third Symposium of Medicinal Plants, Tehran, Shahed University. p. 214.

Tamartash, R., Shokrian, F. and Kargar, M. 2010. Effects of salinity and drought stress on *Trifolium alexanderium* L. seed germination properties. Rangeland, 4: 288-297.

Tavili, A., Ghanbari, N. and Yazdanshenas, H. 2015. The effect of drought and salinity stress on seed germination characteristic and seedling growth of *Salsola crassa* under laboratory and greenhouse conditions. Iranian Journal of Seed Science and Research, 2: 15-25.

Tobe, K., Li, M.X. and Omasa, K. 2004. Effects of five different salts on seed germination and seedling growth of *Haloxylonam modendron* (Chenopodiaceae). Seed Science Research, 14: 345-353.

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

Ulfat, M., Athar, H., Ashraf, M., Akram, N.A. and Jamil, A. 2007. Appraisal of physiological and biochemical selection criteria for evaluation of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany, 39(5): 1593-1608.

Ungar, I.A. 1995. Seed germination and seed bank ecology in halophytes in seed development and germination. (Eds, J. Kigel and G. Galili). pp: 599- 628, Marcel Dekker Inc. New York.

Wang, X.S. and Han, J.G. 2009. Changes in proline content, activity, and active isoforms of antioxidative enzymes in two alfalfa cultivars under salt stress. Agricultural Sciences in China, 8: 431-440.

Yazdani Biuki, R.R., Rezvani Moghaddam, P., Khazaie, H.R., Ghorbani, R. and Astaraei, A.R. 2010. Effects of salinity and drought stresses on germination characteristics of milk thistle (*Silybum marianum*). Iranian Journal of Field Crops Research, 1: 12-19.

Zeinali, E., Soltani, A. and Galeshi, S. 2002. Response of germination components to salinity stress in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Agricultural Science, 33: 137-145.

Zirehzad, M., Shahin, M. and Tohidi, M. 2009. The effect of salt and drought stresses on germination of Thyme. Iranian Journal of Field Crops Research, 1: 61-70.