نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۹، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۰، ص ۲۷-۱۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 9, No. 1, Mar. – Apr. 2011, p. 19-27

تأثیر تنش شوری کلرید سدیم با سه روش آزمایشگاهی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

سمانه لاله[۱]* - مجید جامی الاحمدی[۲]- زهرا شریفی[۳]- سید وحید اسلامی[٤]

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۳
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۱۵

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف شوری کلرید سدیم بر جوانه‌زنی بذور گلرنگ (رقم اصفهان ۲۴) تحت سه روش مختلف آزمایشگاهی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با ۳ تکرار انجام گرفت. تیمارهای شوری شامل صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر (کلرید سدیم) و روش‌های آزمایشگاهی شامل روش ساندویچی، پتری دیش با درب بسته و پتری دیش با درب باز بودند. نتایج نشان داد که از میان صفات مورد اندازه گیری شامل: درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، شوری بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار را با درصد جوانه‌زنی داشت. درصد جوانه‌زنی در شوری ۵ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد، اما در سطوح شوری ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۳، ۲۳/۵ و ۳۹/۷ درصد کاهش یافت ($P<0/01$). طول ریشه‌چه‌ی گلرنگ در مقایسه با طول ساقه‌چه‌ی آن در برابر شوری حساس تر بود. افزایش طول، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در روش ساندویچی در مقایسه با روش پتری دیش درب بسته و درب باز، ناشی از عدم محدودیت فضا جهت رشد گیاهچه و بالا بودن سرعت جوانه‌زنی بود. در سطوح شوری بالا در روش پتری دیش با درب باز در مقایسه با روش پتری دیش با درب بسته کاهش طول ریشه‌چه کمتر بود. بنظر می‌رسد در محیط پتری دیش با درب بسته افزایش تنفس گیاهچه در پاسخ به فشار اسمزی موجود موجب می‌شود تا این روش برای بررسی سطوح شوری در گلرنگ مناسب نباشد.

واژه های کلیدی: گلرنگ، شوری، جوانه‌زنی، رشد گیاهچه

مقدمه

رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا تحت تأثیر تنش‌های محیطی زنده و غیر زنده متعدد، محدود می‌شود (۴). شوری در آب یا در خاک، یکی از تنش‌های مهم در نواحی خشک و نیمه خشک است (۹). در ایران نیز که دارای اقلیم خشک و نیمه خشکی است، تنش شوری یکی از موانع تولید در کشاورزی محسوب می‌شود. جوانه‌زنی بذور، مرحله‌ای حساس و بحرانی در طول زندگی هر گیاه زراعی است (۱۲)، که تحمل به شوری در این مرحله به ویژه در خاک‌های شور در تعیین عملکرد محصول تأثیر گذار خواهد بود (۱۳). تجمع نمک در محل کاشت بذر به دلیل تبخیر آب از سطح خاک و حرکت رو به بالای نمک ممکن است جوانه‌زنی بذر را دچار مشکل نماید. بنابراین بذور و ریشه‌چه گیاه ممکن است در مرحله‌ی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، نسبت به مراحل بعدی رشد در معرض سطوح بیشتری از شوری قرار گیرند (۵).

شوری از طریق ایجاد تنش اسمزی و به ویژه سمیت یون‌ها، مانع جوانه‌زنی بذور می‌شود (۸). همچنین شوری به علت افزایش فشار اسمزی محیط اطراف بذر یا ریشه گیاه، جذب آب به وسیله بذر یا ریشه را با اشکال مواجه می‌سازد. بررسی تنش شوری و ارزیابی آستانه شوری[5] که باعث اختلال در جوانه‌زدن بذر می‌شود، به علت تغییرات دائم رطوبت خاک به سبب تبخیر آب از سطح خاک، جذب آب به وسیله ریشه و حرکت موئینه ای آب در خاک، مشکل است. بنابراین این گونه بررسی ها باید در محیط‌های کنترل شده‌ای که پتانسیل آب اطراف ریشه به دقت مشخص باشد، انجام گیرد (۱).

محققین مطالعات متعددی را در گیاهان زراعی تحت شرایط تنش شوری انجام داده اند. محققان در بررسی جوانه‌زنی و رشد اولیه‌ی

۱ و ۳- دانشجویان کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: Sl.1385@ gmail.com)
۲و۴- استادیاران دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه بیرجند

5- Salinity threshold value

گیاهچه‌های چهار گیاه چغندر رقند (*Beta vulgaris*)، کلم پیچ (*Brassica oleracea capitata* L.)، تاج خروس (*Amaranthus paniculatus*) و کلم صحرایی (*Brassica compestris*) تحت تأثیر شوری، کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه را گزارش کردند (۹). آن‌ها همچنین به وجود یک رابطه‌ی خطی منفی بین تنش شوری و رشد گیاه اشاره نموده اند. محققان دیگری در بررسی ارقام کلزای پاییزه تحت تأثیر پنج سطح شوری (صفر، ۴، ۸، ۱۰ و ۱۲ میلی موس بر سانتی متر کلرید سدیم)، کاهش تمامی صفات اندازه گیری از جمله درصد جوانه‌زنی، طول و وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه را گزارش کردند (۷). برخی از محققان، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های ارقام خاردار و بی خار گلرنگ را تحت تأثیر سطوح مختلف شوری (صفر، ۰/۸، ۲/۵، ۵/۱، ۸/۷، ۱۳، ۱۵/۲ و ۲۳ دسی زیمنس بر متر) مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها حتی در یک رقم خاردار گلرنگ در سطح شوری ۲۳ دسی زیمنس بر متر، کاهش شدید درصد جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و نسبت ماده خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه را مشاهده کردند (۱۱). در بررسی جوانه‌زنی ۱۰ لاین گلرنگ تحت تأثیر پنج سطح شوری (صفر، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و۲۴۰ میلی مولار کلرید سدیم)، در سطوح شوری ۱۸۰ و ۲۴۰ میلی مولار کلرید سدیم بیشترین کاهش درصد جوانه‌زنی و وزن خشک ساقه‌چه گزارش شد و همچنین به تفاوت ارقام گلرنگ در پاسخ به سطوح شوری اشاره گردیده است (۱۵).

تا کنون تحقیقی در زمینه‌ی مقایسه‌ی جوانه‌زنی بذور گلرنگ با روش‌های مختلف آزمایشگاهی تحت تأثیر شوری انجام نگرفته است، هدف از انجام این آزمایش مقایسه سه روش آزمایشگاهی ساندویچی، پتری دیش با درب بسته و پتری دیش بادرب باز، تحت شرایط شوری و اثرات این تیمارها در مرحله‌ی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گلرنگ بود.

مواد و روش ها

در این آزمایش از سه روش مختلف برای جوانه‌زنی (ساندویچی، پتری دیش با درب بسته و پتری دیش با درب باز) و پنج سطح شوری (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر) در گلرنگ (رقم اصفهان ۲۸)، استفاده گردید. بذور گلرنگ از موسسه‌ی تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار اجرا گردید. برای محاسبه غلظت محلول‌های نمک کلرید سدیم از معادله‌ی ۱ استفاده گردید (۳)

$$TDS= EC \times ۰/۶۴ \quad (۱)$$

که در آن EC هدایت الکتریکی برحسب دسی زیمنس بر متر و TDS میزان نمک مورد استفاده برحسب گرم در لیتر می‌باشد. جهت اطمینان از EC بدست آمده از معادله با استفاده از EC متر هدایت الکتریکی تمامی محلول‌ها مورد اندازه گیری قرار گرفتند.

قبل از آزمایش، جهت ضد عفونی بذور از هیپوکلرید سدیم ۱۰٪ به مدت ۳۰ ثانیه استفاده گردید و پس از گذشت این مدت، بذور دو مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند (۳). برای ضدعفونی کاغذهای صافی (واتمن شماره نه) مورد استفاده، پس از برش تمامی آن‌ها با کاغذهای آلومینیومی پوشش دهی شدند و در اتوکلاو با فشار ۱۵ اتمسفر و درجه حرارت ۱۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند.

جهت تهیه‌ی محیط پتری دیش با درب بسته و پتری دیش با درب باز، تعداد ۲۵ عدد بذر ضد عفونی شده بین دو عدد کاغذ صافی در پتری دیش قرار گرفت و سپس شش میلی لیتر از محلول کلرید سدیم تهیه شده به محیط کشت اضافه گردید. تفاوت روش پتری دیش با درب بسته و پتری دیش با درب باز در استفاده و عدم استفاده از پارافیلم بود. در روش پتری دیش با درب بسته، پس از قرار دادن درب پتری دیش‌ها از پارافیلم به منظور جلوگیری از تبخیر آب استفاده شد، اما در روش پتری دیش با درب باز پس از قرار دادن درب پتری دیش‌ها از پارافیلم جهت درزگیری استفاده نشد. برای تهیه‌ی محیط روش ساندویچی، تعداد ۲۵ عدد بذر ضد عفونی شده بر روی کاغذهای صافی (ابعاد ۲۰×۳۰ سانتی متر مربع)، که قبلاً با محلول-های شوری تهیه شده اشباع شده بودند، قرار داده شدند و سپس کاغذهای صافی محتوی بذر، پیچانده شدند. برای یکنواختی بیشتر در آزمایش در دو دور اول و دو دور آخر کاغذ صافی، هیچ بذری قرار نگرفت. پس از انجام این مرحله، ساندویچ‌های کاغذی تهیه شده توسط یک محلول نمک، به طور عمودی در لیوان قرار داده شدند. در صورت خشک شدن کاغذهای صافی در طول آزمایش، به لیوان‌ها آب مقطر اضافه شد. تمامی محیط‌های تهیه شده (ساندویچی، پتری دیش با درب بسته و پتری دیش با درب باز) در ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه سانتی گراد در روز و ۱۵ درجه سانتی گراد در شب با فتوپریود ۱۲/۱۲ ساعت روشنایی و تاریکی و رطوبت ۵۰ درصد قرار گرفتند. هر روز تعداد بذور جوانه زده شمارش می‌شدند و به هنگام شمارش نیز بذوری جوانه زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها حداقل دو میلی متر بود. شمارش تا هنگامی که افزایشی در تعداد بذور جوانه زده مشاهده نشد، ادامه یافت و پس از هشت روز درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه از کولیس با دقت یک دهم میلی متر و برای توزین وزن تر و خشک گیاهچه‌ها از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم استفاده گردید.

برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی از معادلات ۲ و ۳ استفاده شد (۴).

(۲) درصد جوانه‌زنی = (تعداد بذور جوانه زده تا روز D / تعداد کل بذور) ×۱۰۰

(۳) سرعت جوانه‌زنی = (تعداد بذور جوانه زده تا روز D) / D ×۱۰۰

که در این معادلات D شماره روزهای مورد نظر پس از شروع آزمایش می‌باشد.

ارزیابی درصد جوانه‌زنی بر مبنای سطوح شوری که منجر به ۵۰٪ کاهش در جوانه‌زنی نهایی شد، با استفاده از مدل لجستیک سه پارامتری ۴ توسط نرم افزار Sigma Plot برازش داده شدند. مدل مذکور عبارت بود از:

$$G(\%) = G_{\max} / \left[1 + \left(X / X_{50}\right)^{b}\right] \qquad (۴)$$

در این مدل G درصد جوانه‌زنی در سطح شوری X، G_{max} حداکثر درصد جوانه‌زنی، X_{50} سطح شوری لازم جهت ۵۰٪ بازدارندگی حداکثر جوانه‌زنی و b نشانگر شیب مدل می‌باشد.

جهت بررسی نرمال بودن داده ها و در صورت لزوم عملیات نرمال کردن داده ها و همچنین تعیین ضرایب همبستگی بین صفات از نرم افزار SPSS (Ver. 16) استفاده گردید. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین آن‌ها توسط آزمون LSD، با ترم افزار Sigma Plot انجام گرفت.

نتایج و بحث

جوانه‌زنی

سطوح شوری و روش جوانه‌زنی، هر دو اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی گلرنگ داشتند (P<۰/۰۱) (جدول۱). شوری همبستگی منفی و قوی با درصد جوانه‌زنی داشت (جدول۲). درصد جوانه‌زنی بذور گلرنگ، تنها در سطح شوری ۵ دسی زینمس بر متر با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد، اما در سطوح شوری ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زینمس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۳، ۲۳/۵۰ و ۳۹/۷۴ درصد کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی مشاهده گردید (جدول۳). نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سطوح شوری، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. محققان در بررسی جوانه‌زنی سه رقم گلرنگ تحت تأثیر سطوح مختلف شوری خاک، با افزایش سطوح شوری کاهش درصد ظهور گیاهچه را گزارش کردند. در یک آزمایش، در سطح شوری ۱۵/۲ دسی زینمس بر متر به طور متوسط۴۲/۵۲ درصد کاهش ظهور گیاهچه مشاهده شده، در حالی که در سطوح شوری ۲/۵ و ۵/۱ دسی زینمس بر متر در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است (۱۱). محققان دیگری کاهش درصد جوانه‌زنی ارقام آفتابگردان را تحت تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم مشاهده کردند و دلیل آن را کاهش جریان آب جهت انجام واکنش‌های متابولیکی مرتبط با جوانه-زنی بذور ذکر کردند (۱۴). محققان دلیل کاهش درصد جوانه‌زنی بذور تحت تأثیر سطوح بالای شوری را ناشی از کاهش پتانسیل آب و اثر شوری بر کاهش شدید جذب آب و فرایندهای متابولیکی دانستند. آن‌ها همچنین معتقد بودند که اثر اسمزی در جوانه‌زنی بذور موثر بود و تنش شوری باعث کاهش حرکت آب به بذور و در نتیجه کاهش تورم بذور شد (۹).

در مقایسه میانگین روش‌های مختلف جوانه‌زنی، بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی در روش ساندویچی مشاهده شد.

کمترین درصد جوانه‌زنی نیز در روش استفاده از پتری دیش با درب باز بود که با روش استفاده از پتری دیش با درب بسته به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول۴). مدل لجستیک سه پارامتری برازش شده برای سه روش آزمایشگاهی پتری دیش با درب بسته، پتری دیش با درب باز و ساندویچی تحت تأثیر شوری نشان داد که درصد جوانه‌زنی در این سه روش متفاوت بود، به طوری که در روش‌های پتری دیش با درب بسته، پتری دیش با درب باز و ساندویچی به ترتیب سطوح شوری ۲۸/۵، ۲۴/۵ و ۲۲/۹ دسی زیمنس بر متر منجر به کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی شدند (شکل۱).

شوری، روش‌ها و بر همکنش آن‌ها به طور معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی اثر داشت (P<۰/۰۱) (جدول ۱). در روش‌های ساندویچی و پتری دیش با درب باز به ترتیب بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد. سرعت جوانه‌زنی در روش ساندویچی در سطوح شوری ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب به میزان ۹/۲۵، ۱۲/۴۷، ۱۴/۶۵ و ۲۵/۹۵ درصد کاهش یافت. در روش پتری دیش با درب بسته در سطوح شوری ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب ۹/۶۸، ۱۴/۷۳، ۲۹/۹ و ۵۳/۶۸ درصد کاهش سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد. در روش پتری دیش با درب باز کاهش سرعت جوانه‌زنی در سطوح شوری مذکور به ترتیب ۱۱/۱۱، ۳۱/۴۸، ۴۳/۲۸ و ۵۶/۱۶ درصد بود (شکل۲). نتایج نشان می‌دهد که در هر سه روش جوانه‌زنی آزمایشگاهی با افزایش سطوح شوری سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت، اما این کاهش در روش ساندویچی کمتر از دو روش دیگر بود.

رشد گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح شوری، روش‌های جوانه‌زنی آزمایشگاهی و اثرات متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۱) (جدول۱). در تمامی سطوح شوری، بیشترین میزان طول ریشه‌چه در روش ساندویچی مشاهده شد. در سطوح شوری ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر در روش استفاده از پتری دیش درب بسته، ۴۵/۹۰، ۵۰/۵۸ و ۶۴/۸ درصد، در روش استفاده از پتری دیش درب باز ۲۶/۵۵، ۲۸/۹۸ و ۴۰ درصد و در روش ساندویچی ۲۷/۴۷، ۵۲/۵۲ و ۵۸/۱ درصد کاهش طول ریشه‌چه در مقایسه با شاهد، مشاهده شد (شکل۳).

جدول ۲- ضرایب همبستگی برای صفات مورد اندازه گیری در گلرنگ تحت تأثیر شوری

	شوری	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه
شوری	۱								
درصد جوانه‌زنی	-۰/۹۰ **	۱							
سرعت جوانه‌زنی	-۰/۶۵ **	۰/۷۲ **	۱						
طول ریشه‌چه	-۰/۵۴ **	۰/۶۲ **	۰/۷۱ **	۱					
وزن تر ریشه‌چه	-۰/۳۸ *	۰/۵۰ **	۰/۷۱ **	۰/۹۱ **	۱				
وزن خشک ریشه‌چه	-۰/۷۴ **	۰/۷۶ **	۰/۸۰ **	۰/۶۹ **	۰/۶۳ **	۱			
طول ساقه‌چه	-۰/۲۵ ns	۰/۴۲ **	۰/۶۵ **	۰/۸۲ **	۰/۹۰ **	۰/۵۴ **	۱		
وزن تر ساقه‌چه	-۰/۴۲۱ **	۰/۵۴ **	۰/۷۵ **	۰/۸۹ **	۰/۹۲ **	۰/۶۲ **	۰/۸۹ **	۱	
وزن خشک ساقه‌چه	-۰/۷۱ **	۰/۶۹ **	۰/۷۶ **	۰/۷۱ **	۰/۶۵ **	۰/۶۹ **	۰/۶۲ **	۰/۶۴ **	۱

*و** به ترتیب نشانگرمعنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪ بوده و ns عدم معنی‌دار شدن را نشان می‌دهند.

جدول ۱- میانگین مربعات صفات مورد اندازه گیری برای گلرنگ تحت تأثیر شوری

منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه
شوری	۴	۲۰۴۴/۹۲ **	۰/۰۵۶۸ **	۵۱/۹۶ **	۰/۰۸۴۵ **	۵/۴۲۸۸E-۰۵ **	۲۴/۲۶ **	۰/۴۶۱۳ **	۰/۰۰۰۲ **
روش جوانه‌زنی	۲	۲۰۷/۳۵ *	۰/۰۵۷۵ **	۱۴/۳۶ **	۰/۰۰۸۲ **	۱/۰۳۰۷E-۰۴ **	۰/۹۶ **	۰/۰۶۲۶ **	۰/۰۰۰۳ **
روش جوانه‌زنی×شوری	۸	۱۹/۵۲ ns	۰/۰۰۳۷ **	۲/۳۵ **	۰/۰۰۱ ns	۱/۵۱۱۱E-۰۶ ns	۰/۱۱ ns	۰/۰۰۸۷ ns	۱/۰۵۶۱E-۰۵ ns
خطا	۳۰	۲۷/۴۸	۰/۰۰۰۳	۰/۲۷	۰/۰۰۰۵	۴/۸E-۰۴	۰/۱۵	۰/۰۰۴۱	۲/۱۳۵۵E-۰۵
کل	۴۴								
ضریب تغییرات (٪)		۶/۵	۵/۱۶	۱۴/۴	۱۶/۱۸	۱۵	۲۱/۲۰	۱۴	۶/۵۰

*و** به ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح ۵٪،۱٪ بوده و ns عدم معنی‌دار شدن را نشان می دهند.

جدول ٤- میانگین صفات برای روش‌های مختلف جوانه‌زنی در گلرنگ

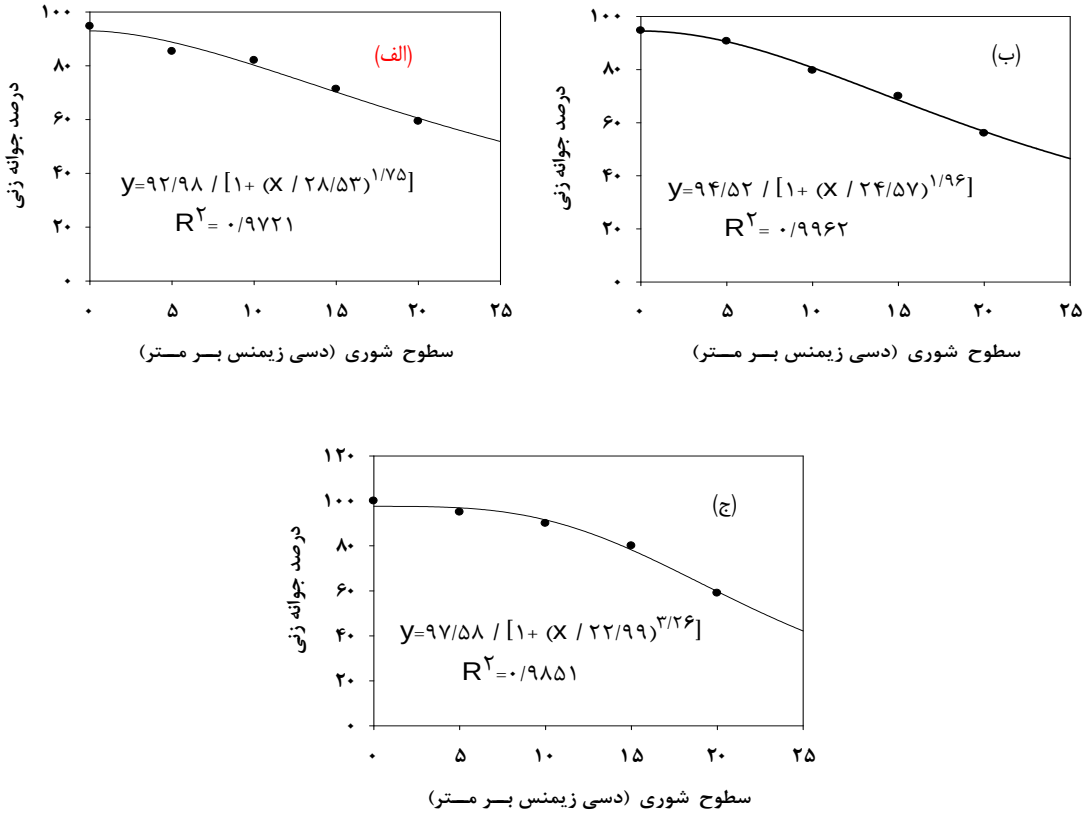
روش‌های جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی (تعداد بر روز)	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	وزن تر ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	وزن تر ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)
پتری دیش با درب بسته	۷۸/۵۳۳^{b}	۰/۳۷۲^{b}	۲/۷۴۰^{b}	۰/۱۰۶^{b}	۰/۰۱۴^{ab}	۱/۱۸۶^{b}	۰/۳۹۸^{b}	۰/۰۶۸^{b}
پتری دیش با درب باز	۷۸/۲^{b}	۰/۳۱۱^{c}	۲/۳۵۸^{b}	۰/۰۸۷^{b}	۰/۰۱۲^{b}	۱/۰۰۸^{b}	۰/۳۲۲^{c}	۰/۰۶۷^{b}
کاغذ صافی ساندویچی	۸۱/۸^{a}	۰/۴۳۵^{a}	۵/۷۵۶^{a}	۰/۲۲۶^{a}	۰/۰۱۶^{a}	۳/۲۹۴^{a}	۰/۶۵۶^{a}	۰/۰۷۵^{a}
LSD(۰/۰۱)	۵/۲۴۶	۰/۰۱۹	۰/۵۳۴	۰/۰۲۲۸	۰/۰۰۲۲	۰/۳۸۹	۰/۰۶۴۷	۰/۰۰۴۶

اعدادی که حداقل یک حروف مشابه دارند، فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

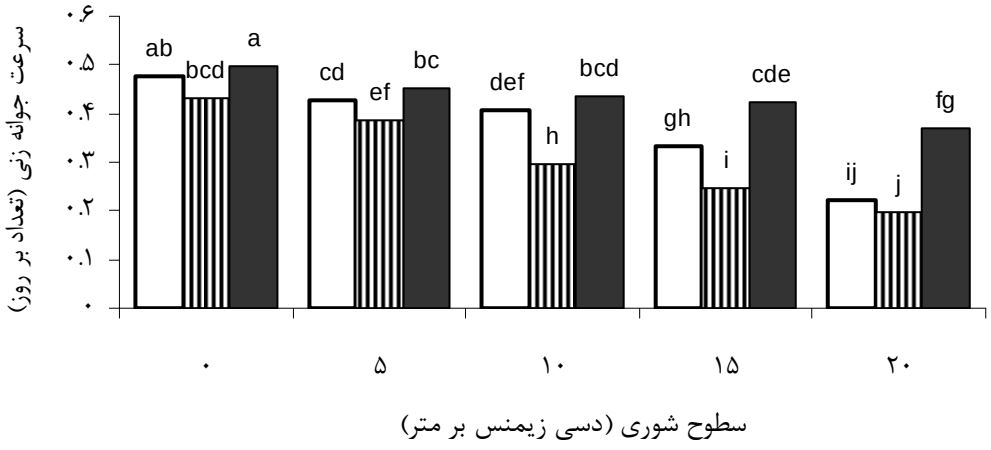
جدول ۳- میانگین صفات برای سطوح مختلف شوری در گلرنگ

سطوح شوری (دسی زیمنس بر متر)	درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی (تعداد بر روز)	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	وزن تر ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	وزن تر ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)
۰	۹۶/۴۴۴^{a}	۰/۴۶۸^{a}	۵/۰۳۱^{a}	۰/۱۷۶^{a}	۰/۰۱۷^{a}	۲/۲۳^{a}	۰/۵۵۰^{a}	۰/۰۷۸^{a}
۵	۹۰/۳۳۳^{ab}	۰/۴۲۱^{b}	۴/۸۰۳^{a}	۰/۱۶۴^{ab}	۰/۰۱۷^{a}	۲/۰۹۳^{ab}	۰/۵۳۶^{a}	۰/۰۷۳^{ab}
۱۰	۸۳/۸۸۸^{b}	۰/۳۷۹^{c}	۳/۳۹۴^{b}	۰/۱۳۶^{bc}	۰/۰۱۵^{a}	۱/۷۵۶^{abc}	۰/۴۴۷^{b}	۰/۰۷۰^{bc}
۱۵	۷۳/۷۷۷^{c}	۰/۳۳۴^{d}	۲/۶۷۳^{c}	۰/۱۱۸^{cd}	۰/۰۱۲^{b}	۱/۶۳۵^{bc}	۰/۴۰۶^{bc}	۰/۰۶۶^{cd}
۲۰	۵۸/۱۱۱^{d}	۰/۲۶۲^{e}	۲/۱۸۸^{c}	۰/۱۰۵^{d}	۰/۰۰۹^{b}	۱/۴۳۳^{c}	۰/۳۵۵^{c}	۰/۰۶۲^{d}
LSD(۰/۰۱)	۶/۷۹۶	۰/۰۲۵	۰/۶۷۵	۰/۰۲۹۵	۰/۰۰۲۸	۰/۵۰۲	۰/۰۸۳۵	۰/۰۰۶

اعدادی که حداقل یک حروف مشابه دارند، فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

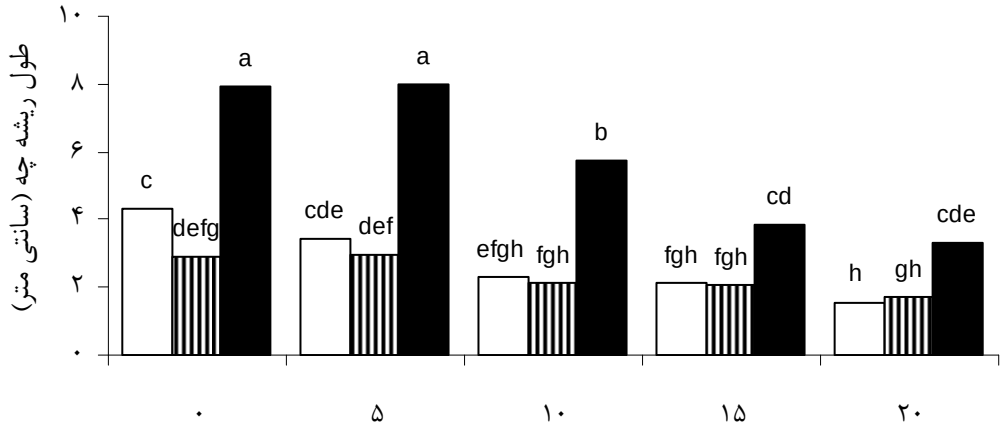


شکل۱- مقایسه‌ی درصد جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری (دسی زیمنس بر متر) برای سه روش جوانه‌زنی آزمایشگاهی پتری دیش با درب بسته (الف)، پتری دیش با درب باز (ب) و ساندویچی (ج) در گلرنگ



شکل۲- مقایسه‌ی سرعت جوانه‌زنی (تعداد بر روز) در سطوح مختلف شوری (دسی زیمنس بر متر) تحت سه روش جوانه‌زنی آزمایشگاهی، پتری دیش با درب بسته (ستون‌های روشن)، پتری دیش با درب باز (ستون‌های خط دار) و ساندویچی (ستون‌های تیره) در گلرنگ

ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.



شکل۳- مقایسه‌ی طول ریشه‌چه (سانتی متر) در سطوح مختلف شوری (دسی زیمنس بر متر) تحت سه روش جوانه‌زنی آزمایشگاهی، پتری دیش با درب بسته (ستون‌های روشن)، پتری دیش با درب باز (ستون‌های خط دار) و ساندویچی(ستون‌های تیره) در گلرنگ

ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

نتایج نشان داد که اگرچه گیاهچه‌های تولیدی در روش باز در مقایسه با دو روش دیگر طول ریشه‌چه‌ی کوتاه تری داشتند؛ اما در سطوح بالای شوری درصد کاهش طول ریشه‌چه در این روش در مقایسه با دو روش دیگر کمتر بود. کاهش شدید طول ریشه‌چه گیاهچه‌های روش پتری دیش با درب بسته را می‌توان ناشی از کاهش اکسیژن و افزایش اثرات منفی شوری بر رشد گیاهچه دانست. طی جوانه‌زنی به علت تغییر فرآیندهای هیدرولیز و سنتز شیمیایی درون بذر، تنفس گیاهچه‌ی موجود در بذر، افزایش یافت (۶) بنابراین به نظر می‌رسد دو عامل شوری و کمبود اکسیژن در محیط پتری دیش با درب بسته، موجب آن شده تا گونه‌های اکسیژن فعال[1] به غشاء سلول‌های گیاهچه آسیب بیشتری وارد کنند. تنش اکسیداتیو، تنش ثانویه‌ی حاصل از تنش شوری است که با تولید رادیکال‌های سوپر اکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل همراه است (۱۰).

بین طول ریشه‌چه و سرعت جوانه‌زنی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت ($P<0/01$) (جدول۲). در روش ساندویچی با توجه به افزایش سرعت جوانه‌زنی (شکل۲) می‌توان بیان کرد که احتمالاً ظهور سریع تر ریشه‌چه، موجب آن شده تا گیاهچه‌های این روش در مقایسه با روش پتری دیش با درب باز، برای مدت طولانی تری در معرض شوری قرار گیرند و این عامل موجب کاهش شدید طول ریشه‌چه در سطوح شوری در روش ساندویچی شد.

تغییرات وزن تر و خشک ریشه‌چه تحت تأثیر اثرات اصلی شوری و روش جوانه‌زنی معنی‌دار بود ($P<0/01$) (جدول۱). کاهش معنی‌دار وزن تر ریشه‌چه در سطوح شوری ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب ۲۲/۷۲، ۳۲/۹۵ و ۴۰/۳۴ درصد محاسبه شد. وزن خشک ریشه‌چه در سطوح شوری ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب ۲۹/۴۱ و ۴۷ درصد کاهش یافت (جدول۳). بیشترین میزان وزن تر و خشک ریشه‌چه در روش ساندویچی مشاهده گردید. افزایش وزن تر ریشه‌چه در روش ساندویچی در مقایسه با روش پتری دیش با درب بسته و باز به ترتیب ۵۳/۱ و ۶۱/۵ درصد و برای وزن خشک ریشه‌چه به ترتیب ۱۲/۵ و ۲۵ درصد محاسبه گردید (جدول۴).

نتایج تجزیه واریانس طول ساقه‌چه برای اثرات اصلی شوری و روش جوانه‌زنی آزمایشگاهی معنی‌دار بود ($P<0/01$) (جدول۱). با افزایش سطوح شوری کاهش طول ساقه‌چه مشاهده شد. محققان با افزایش شوری کاهش خطی ارتفاع ساقه پنبه را گزارش کردند (۱۶). سطوح شوری ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب باعث کاهش معنی‌دار ۲۶/۷۴ و ۳۵/۷۳ درصد طول ساقه‌چه شدند (جدول۳). در مقایسه میانگین طول ساقه‌چه، روش ساندویچی در مقایسه با دو روش پتری دیش با درب بسته و پتری دیش با درب باز، به طور معنی‌داری بیشترین میزان طول ساقه‌چه را داشت و اختلاف معنی‌داری بین دو روش پتری دیش با درب بسته و پتری دیش با درب باز مشاهده نشد (جدول۴).

بین طول ریشه‌چه و شوری همبستگی منفی و قوی تری در مقایسه با همبستگی طول ساقه‌چه و شوری وجود داشت (جدول۲). لذا به نظر می‌رسد در گلرنگ، شوری تأثیر منفی تری بر طول ریشه‌چه در مقایسه با طول ساقه‌چه دارد. نتایج این مطالعه مطابق نظر سایر محققان در گلرنگ بود (۱۱)، برخی از محققان کاهش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تأثیر شوری را ناشی از تأخیر جوانه‌زنی بذور

1- Reactive oxygen species

و اثرات سمیت ناشی از تجمع یون‌های کلرید سدیم و اثرات اسمزی ذکر کردند (۹).

وزن تر و خشک ساقه‌چه برای اثرات اصلی شوری و روش جوانه‌زنی معنی‌دار بودند (P<۰/۰۱) (جدول۱). وزن تر ساقه‌چه در سطوح شوری ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۸/۷۲، ۲۶/۱۸ و ۵۳/۶۳ درصد کاهش یافت. اما وزن خشک ساقه‌چه در سطوح شوری ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۰/۲۵، ۱۵/۳۸ و ۲۰/۵۱ درصد، کاهش داشت (جدول۱). در روش ساندویچی، وزن تر و خشک ساقه‌چه در مقایسه با روش‌های پتری دیش با درب بسته و پتری دیش با درب باز افزایش معنی‌داری را نشان داد. افزایش وزن تر ساقه‌چه در روش ساندویچی در مقایسه با روش‌های پتری دیش با درب بسته و پتری دیش با درب باز به ترتیب ۳۹/۳۲ و ۵۰/۹ درصد بود. در حالی که افزایش وزن خشک ساقه‌چه در روش ساندویچی در مقایسه با روش‌های پتری دیش با درب بسته و پتری دیش با درب باز به ترتیب ۹/۳۳ و ۱۰/۶۶ درصد محاسبه گردید (جدول۲).

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی گلرنگ به شدت تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد و تأثیر منفی شوری بر طول ریشه‌چه‌ی این گیاه بیشتر از طول ساقه‌چه‌ی آن می‌باشد. درصد و سرعت جوانه‌زنی در روش ساندویچی در مقایسه با روش پتری دیش با درب بسته و پتری دیش با درب باز، بیشتر بود. دلیل این موضوع، احتمالاً ناشی از افزایش تعداد لایه‌های کاغذ صافی اشباع از محلول، در اطراف بذر بود که موجب شد تا محتوای آب بیشتری در اختیار بذور قرار گیرد، لذا تورم بذور جهت جوانه‌زنی، زودتر اتفاق افتاد. در روش ساندویچی از یک طرف به علت افزایش سرعت جوانه‌زنی و از طرف دیگر در اختیار داشتن فضای بیشتر جهت رشد گیاهچه، در مقایسه با دو روش دیگر، افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه مشاهده گردید که این عامل موجب افزایش وزن خشک و تر ریشه‌چه و ساقه‌چه گردید. با توجه به این‌که در آزمایشات شوری علاوه بر درصد جوانه‌زنی، رشد گیاهچه (اعم از رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه) مدنظر می‌باشد، مطابق نتایج این تحقیق، بهتر است برای بررسی جوانه‌زنی گلرنگ تحت تأثیر شوری از روش پتری دیش با درب بسته استفاده نشود. چراکه این روش در سطوح بالای شوری موجب کاهش شدید رشد ریشه‌چه می‌گردد. در روش بسته احتمالاً کاهش اکسیژن محیط در اثر افزایش تنفس گیاهچه تحت تأثیر شوری موجب شد تا اثر منفی شوری بر طول ریشه‌چه افزایش یابد. احتمالاً در روش پتری دیش با درب باز در مقایسه با روش پتری دیش با درب بسته، عدم محدودیت اکسیژن محیط، موجب شد تا در سطوح بالای شوری طول ریشه‌چه، کاهش کمتری داشته باشد. با توجه به یکسان نبودن روش‌های جوانه‌زنی آزمایشگاهی، دقت در انتخاب روشی مناسب برای جوانه‌زنی بذور تحت تیمارهای شوری در شرایط آزمایشگاه یکی از ضروریات می‌باشد، چراکه نتیجه‌ی آزمایش تحت تأثیر روش آزمایش نیز قرار خواهد گرفت.

قدردانی

بدین وسیله از موسسه‌ی تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی بیرجند، آقای مهندس ابوالفضل ناصری و آقای مهندس مسعود خزاعی تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

۱- باقری کاظم آباد، ع. ر.، سرمدنیا، غ. ح.، حاج رسولی‌ها، ش. ۱۳۶۷. بررسی عکس العمل توده‌های مختلف اسپرس نسبت به تنش‌های شوری و خشکی در مرحله جوانه زدن، مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۲(۲):۴۱-۴۵.

۲- جعفری حقیقی، م. ۱۳۸۲. روش‌های تجزیه خاک نمونه برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی با تاکید بر اصول تئوری و کاربرد ی. انتشارات ندای ضحی. ص. ۱۲۴- ۱۲۵.

۳- زینلی، ا.، سلطانی، ا.، و گالشی، س. ۱۳۸۱. واکنش اجزای جوانه‌زنی بذر به تنش شوری در کلزا (*Brassica napus* L.). مجله ی علوم کشاورزی ایران. ۳۳(۱): ۱۳۷-۱۴۵.

۴- کافی، م.، مهدوی دامغانی، ع. م. ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت به تنش‌های محیطی (ترجمه). موسسه ی چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی. ص. ۱۱-۱۳۰.

۵- کرنژادی، ع. ص.، گالشی، س. ا.، زینلی، ا.، زنگی، م. ر. ۱۳۸۳. بررسی تحمل به شوری سی ژنوتیپ پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در مرحله جوانه‌زنی. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۱۸ (۱):۱۰۹-۱۲۴.

۶- کوچکی، ع.، سرمدنیا، غ. ح. ۱۳۸۴. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص. ۲۷۳-۲۷۴.

۷- ولدیانی، ع. ر.، حسن زاده قورت تپه، ع. ا.، تاج بخش، م. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام جدید و پر محصول کلزای پائیزه (*Brassica napus* L.). فصلنامه پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی.۶۶: ۲۳-۳۲.

8- Huang, J., and R. E. Redman. 1995. Salt tolerance of hordeum and brassica species during germination and early seedling growth. Canadian Journal of Plant Science. 75: 815-819.

9- Jamil, M., D. B. Lee, K. Y. Jung, M. Ashraf, S. C. Lee, and E. S. Rha. 2006. Effec of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. Journal of Central European Agriculture. 7(2): 273-282.

10- Janks M. A., and P. M. Hasegawa. 2007. Plant Abiotic Stresses. Third Published. Purdue University Indiana, USA. pp: 37-44.

11- Kaya, M. D., and A. Ipek. 2003. Effects of soil salinity levels on germination and seedling growth of Safflower (*Carthamus tinctorius*). Turkish Journal of Agriculture and Forestry.27: 221-227.

12- Li, Y. 2008. Effect of salt stress on seed germination and seedling growth of three salinity Plants. Pakistan Journal of Biological Sciences. 11(9): 1268- 1272.

13- Maghsoudi Moud, A., and K. Maghsoudi. 2008. Salt stress effects on respiration and growth of germinated seeds of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. World Journal of Agricultural Sciences. 4 (3): 351-358.

14- Mohammed, E. M., M. Benbella, and A. Talouizeta. 2002. Effect of sodium chloride on sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed germination. Helia. 25(37): 51-58.

15- Siddiqi, E. H., M. Ashraf, and N. A. Akram. 2007. Variation in seed germination and seedling growth in some diverse lines of safflower (*Carthamus tinctorius L.*) under salt stress. Pakistan Journal of Botany. 39(6): 1937-1944.

16- Valkan- Levy, R., I. Ravina, A. Mantell, and H. Frenkel. 1998. Effect of water supply and salinity on pima cotton. Agriculture Water Management. 37: 121-132.