نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۳۴۵-۳۳۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 2, Summer. 2012, p. 335-345

اثرات دما و شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه توده‌های کنجد (*Sesamum indicum*)

ابراهیم ایزدی دربندی [۱*]- مهدی محمدیان[۲]- عبدالجلیل یانق[۳]- هادی زرقانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۶/۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۲۵

چکیده

جوانه‌زنی بذر یک مرحله بحرانی در طول دوره رشد و نمو گیاه است و تحمل به شوری در این مرحله از رشد، به جهت استقرار گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند از اهمیت خاصی برخوردار است. به منظور ارزیابی پاسخ خصوصیات جوانه‌زنی و سبزشدن گیاهچه کنجد به تنش شوری و دما، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در دانشکده‌کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در این آزمایش تاثیر هفت سطح شوری با پتانسیل های صفر (شاهد)، ۲-، ۳-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار و سه سطح دما (۱۵، ۲۰ ، ۲۵ درجه سانتی‌گراد) بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و سبزشدن سه توده کنجد (توده سبزوار، توده کلات، رقم اولتان) بررسی شد. نتایج نشان دادند که دما و شوری بر روی تمامی صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه (درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه) توده‌های کنجد تاثیر معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) داشتند. بر اساس نتایج آزمایش، افزایش تنش شوری به‌طور معنی‌داری باعث کاهش همه صفات مورد مطالعه در توده‌های کنجد شد. بیشترین درصد جوانه‌زنی توده‌های کنجد در پتانسیل‌های شوری صفر تا ۴- بار و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد، که با کاهش دما از مقدار این صفت به طور معنی‌داری کاسته شد، به‌طوری‌که بیشترین تحمل به شوری در توده‌های کنجد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد و افزایش دما به بیشتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری اثرات منفی ناشی از شوری را کاهش داد. در بین توده‌های مورد مطالعه کنجد، توده سبزوار در بیشتر شاخص‌های مورد مطالعه، در پتانسیل‌های شوری مشابه و دماهای مختلف، تاثیر نسبتاً کمتر و رقم اولتان از این نظر بیشترین تاثیرپذیری را داشت. با توجه به نتایج این آزمایش در شرایط تنش شوری و وجود نوسانات دمایی توده سبزوار کنجد جهت کشت و استقرار بهینه آن، مناسب‌تر به‌نظر می‌رسد.

واژه های کلیدی: سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه

مقدمه

شوری یکی از تنش‌های اصلی و شایع در جهان است که سبب کاهش تولیدات کشاورزی و نقصان رستنی‌های طبیعی در نواحی وسیعی از سطح زمین می‌شود (۱). بر اساس مطالعات انجام شده سطح کلی خاک‌های شور در ایران در حدود ۲۵ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود که این مقدار اراضی، حدود ۱۵ درصد سطح کل ایران، ۳۰ درصد دشت‌ها و متجاوز از ۵۰ درصد اراضی تحت کشت آبی است (۷). گیاهان در محیط شور با دو عامل اصلی مواجه هستند، یکی املاح زیاد موجود در محلول خاک که پتانسیل اسمزی خاک را پایین می‌آورد و باعث کاهش جذب و کمبود آب در گیاه می‌شود که این امر موجب اختلال در تقسیم سلول و بزرگ‌شدن سلول‌ها شده و تمام واکنش‌های متابولیکی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد، دوم بالابودن غلظت یون‌ها، به‌خصوص سدیم و کلر که موجب کاهش جذب یون‌های ضروری از جمله یون‌های پتاسیم، کلسیم، آمونیم و نیترات شده و فعالیت آنزیم‌ها را نیز کاهش داده و ساختار غشاء را به هم می‌زند (۱۶ و ۲۳). این اثرات سبب کاهش فعالیت های متابولیکی گیاه از جمله فتوسنتز شده و از رشد گیاهان در محیط های شور می‌کاهد (۱۶). مهمترین شاخص در تعیین اثرات تنش شوری برروی بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی آن می باشد. تنش شوری عموماً باعث کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی و کاهش رشد گیاهچه و همچنین سبب تاخیر در ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه بذرهای در حال جوانه‌زدن می‌شود. شوری کلرید سدیم نسبت به شوری‌هایی که توسط یون‌های

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب استادیار، دانشجوی‌کارشناسی‌ارشد و دانشجویان دکتری زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email : eizadi2000@yahoo.com)

دیگر ایجاد می‌شود، با شدت بیشتری بر روی رویش بافت‌های جوان تاثیر می‌گذارد (۳۲). خاک‌های شور به‌دلیل وجود پتانسیل اسمزی بالا از طرفی مانع از جذب آب شده و از سوی دیگر به سبب وجود یون‌های غالب Na^+ و Cl^- برروی جوانه‌زنی بذور گیاهی موثرند (۲۱). جوانه‌زنی بالا نشان‌دهنده این است که بذرها به‌طور نسبی قادر به تحمل شرایط نامطلوب تنش‌های محیطی می باشند (۱۴). کشاورزی و همکاران (۵) با بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی هفت رقم کنجد گزارش کردند که با افزایش تنش شوری به‌طور معنی‌داری از درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه همه ارقام به‌طور معنی‌داری کاسته شد. زینلی و همکاران (۳۳) نیز با بررسی واکنش اجزای جوانه‌زنی بذور کلزا به تنش شوری کاهش معنی‌دار همه صفات جوانه‌زنی (درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه) را با افزایش تنش شوری گزارش کردند.

از آنجا که جوانه‌زنی شامل فرآیندهای پیچیده و متعدد آنزیمی است و عمدتاً وابسته به شرایط رطوبتی، دما و برهم‌کنش این دو عامل می باشد (۲۶). لذا تمامی گونه‌های گیاهی و از جمله کنجد برای جوانه‌زنی نیاز به دمای مطلوب برای جوانه‌زنی و سبزشدن در طی مراحل نمو دارند (۲۷). درجه حرارت مطلوب برای جوانه‌زنی در زمان کاشت در استقرار موفق گیاه و کنترل علف‌های هرز بسیار مهم است (۱۳). واکنش جوانه‌زنی به دما به عواملی نظیر گونه، رقم، ناحیه رشد، کیفیت بذر و مدت زمان سپری‌شده از مرحله برداشت بستگی دارد. گزارش شده که بذرهای با کیفیت بالا می‌توانند در مقایسه با بذرهای با کیفیت پایین در دامنه بیشتری از تغییرات دما جوانه بزنند. بر اساس مطالعات انجام شده دمای مطلوب جوانه‌زنی بیشتر بذرها بین ۱۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و دمای بحرانی برای جوانه‌زنی بیشتر گونه‌ها بین ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، با وجود این برخی از گونه‌ها در دمای نزدیک به نقطه انجماد نیز جوانه می‌زنند (۴). گرین و همکاران (۱۵) اثر دمای خاک در محدوده ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد را بر غلات و کلزا بررسی کرده و اظهار داشتند که جوانه‌زنی و رشد گیاهچه این گیاهان در دماهای پایین بسیار متغیر و کند بود و با افزایش دما، جوانه‌زنی و زمان سبزشدن بسیار سریعتر و یکنواخت‌تر شد. ایشان هم‌چنین مشاهده کردند که درصد سبزشدن در دماهای بالاتر در مقایسه با دماهای پایین‌تر بیشتر بود.

با این توصیف به نظر می‌رسد شناخت فرآیندهای موثر بر جوانه‌زنی از جمله شوری آب و برهم‌کنش آن با سایر عوامل محیطی از جمله دما در تصمیم‌گیری دقیق زمان کاشت، اهمیت زیادی دارد. از سوی دیگر با استفاده از پاسخ‌های متفاوت گیاهی به تغییرات دمایی و کیفیت آب خاک، تعیین محدوده‌های جغرافیایی برای کشت یک گونه یا یک ژنوتیپ تسهیل می‌شود (۱۸). لذا هدف از این تحقیق، بررسی و مطالعه واکنش صفات و شاخص‌های مربوط به جوانه‌زنی و رشد گیاهچه توده‌های کنجد، به تنش شوری و پیش بینی زمان کاشت مطلوب به منظور حداکثر جوانه‌زنی و استقرار مطلوب بذر در شرایط تنش‌شوری بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی واکنش ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه کنجد در دماهای مختلف، به تنش‌شوری آزمایشی در سال ۱۳۸۸ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده‌کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل سه توده کنجد (توده سبزوار، توده کلات، رقم اصلاح شده اولتان)، سطوح مختلف شوری (۰، ۲-، ۳-، ۴-، ۶-، ۸- ، ۱۰- و۱۲- بار) و سه دما (۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) بودند. برای اعمال سطوح شوری مورد نظر از نمک کلریدسدیم خالص در آب‌مقطر استفاده شد. پیش از شروع آزمایش بذور سالم توده‌ها ضدعفونی شده که بدین منظور، بذور به مدت ۳۰ ثانیه در محلول ده درصد هیپوکلرید سدیم غوطه‌ور و ضد عفونی و سپس با آب فراوان شسته شدند. تعداد ۲۵ عدد از بذور ژنوتیپ‌های کنجد به پتری دیش‌های شیشه‌ای استریل شده‌ای (با قطر ۱۰ سانتی‌متر) که در کف آن‌ها یک کاغذ صافی واتمن قرار گرفته بود، منتقل شدند و برای جلوگیری از تبخیر احتمالی محلول، پتری دیش‌ها را داخل کیسه‌های پلاستیکی سیاه رنگ قرار داده و سر کیسه‌ها به‌طور کامل بسته شدند. برای اعمال تیمارهای مورد نظر ۲ میلی‌لیتر از محلول‌های تهیه شده به پتری دیش‌ها اضافه شد و پس از آن پتری دیش‌ها به مدت ۱۰ روز (پایان جوانه‌زنی بذور کنجد)، در ژرمیناتور و در دمای مورد نظر قرار داده شدند. شمارش بذور جوانه زده به‌صورت روزانه (هر ۲۴ ساعت) انجام شد. بذور جوانه‌زده به بذوری تلقی شدند که طول ریشه‌چه آنها ۲ میلی‌متر یا بیشتر بودند. پس از گذشت ۱۰ روز صفاتی نظیر درصد و سرعت جوانه‌زنی، محاسبه و سپس با انتخاب ۱۰ بذر نمونه از داخل هر پتری دیش صفاتی نظیر طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه توده‌های مورد مطالعه محاسبه شدند. به‌منظور محاسبه سرعت جوانه‌زنی از معادله زیر استفاده شد (۲۲).

$$GR = \sum_{i=1}^{n} \frac{Si}{Di}$$

که در آن: GR سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر جوانه‌زده در روز)، Si تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر شمارش، Di تعداد روز تا شمارش n ام و n تعداد دفعات شمارش می‌باشد. در این آزمایش برخی از شاخص‌های مرتبط با بنیه بذر از قبیل سرعت جوانه‌زنی روزانه[1] (DGS) بر اساس فرمول ماگویر اندازه‌گیری شدند. سرعت جوانه‌زنی

1- Daily Germination Speed

روزانه که عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه[1] (MDG) می‌باشد از روابط زیر تعیین گردیدند:

$$MDG= FGP/d \qquad DGS= 1/MDG$$

که در آن، FGD و d به‌ترتیب درصد جوانه‌زنی نهایی و تعداد روز تا رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی نهایی می‌باشند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها توسط نرم‌افزار MSTATC انجام شد و برای رسم نمودارها و محاسبه حداکثر پتانسیل شوری برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی (LS50) توده‌های کنجد (۲) از نرم افزار Sigma plot 7 استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: بر اساس نتایج آزمایش، اختلاف درصد جوانه‌زنی توده‌های کنجد در پاسخ به سطوح شوری در دماهای مختلف، معنی‌دار بود (جدول ۱)، به‌طوری‌که با کاهش (منفی‌تر شدن) پتانسیل شوری به کمتر از ۴- بار، حداکثر درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر دماها در همه توده‌های کنجد به‌دست آمد، به‌طوری‌که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در پتانسیل ۱۲- بار نیز جوانه‌زنی (متوسط ۴۰ درصد) در همه توده‌های کنجد مشاهده شد، با وجود اینکه در پتانسیل مذکور در سایر دماها و همه توده‌ها درصد جوانه‌زنی به صفر درصد کاهش یافت. در پتانسیل های بالاتر از این مقدار (صفر تا ۴- بار)، تفاوت معنی‌داری از این نظر بین دماهای مذکور وجود نداشت، همچنین در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی همه توده‌های کنجد با افزایش تنش‌شوری نسبت به دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمتر بود (شکل ۱). با توجه به شکل ۱ افزایش دما در همه توده‌های کنجد اثر سمیت شوری را کاهش داد، به‌طوری‌که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، حداکثر پتانسیل شوری برای جوانه‌زنی ۵۰ درصد (LS_{50})[2] همه توده‌های کنجد به‌دست آمد و در این دما میانگین شاخص مذکور در توده‌های کلات و سبزوار کنجد حدود ۸- بار و برای رقم اولتان حدود ۷- بار بود (شکل ۲). کمترین میزان تحمل شوری در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد و در این دما اختلاف معنی‌داری بین توده‌های کنجد مشاهده نشد. به‌طورکلی در بین توده‌های کنجد رقم اولتان و توده کلات نسبت به توده سبزوار از نظر تحمل شوری حساس‌تر بودند. با توجه به اینکه جوانه‌زنی فرایندی فیزیولوژیکی و وابسته به فعالیت آنزیم‌هاست، با افزایش دما تا حد مطلوب جوانه‌زنی، گیاه می‌تواند سرعت فرایندهای آنزیمی و به دنبال آن درصد و سرعت جوانه‌زنی را افزایش دهد (۱۵).

در شرایط بدون تنش‌شوری نیز بیشترین درصد جوانه‌زنی (۱۰۰ درصد) در دماهای مذکور، در رقم سبزوار مشاهده شد (شکل ۱). پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که در غلظت‌های متوسط نمک، کاهش پتانسیل اسمزی عامل محدود کننده جوانه‌زنی است، اما در غلظت های بالا سمیت یونی و در پی آن افزایش جذب یون ها به‌خصوص NaCl و عدم‌تعادل بین عناصر غذایی از عوامل مهم ایجاد اختلال و کاهش درصد جوانه‌زنی محسوب می شود (۸). با ورود نمک به بافت های داخلی بذر، ظرفیت آب درون آن کاهش و جذب افزایش می‌یابد. به هر حال نمک جذب‌شده به داخل بذر اثر سمی بر روی بافت‌ها دارد و قابلیت جوانه‌زدن را کاهش می‌دهد (۳۱). علت کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش شوری را می‌توان به حضور بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها نسبت داد که علاوه بر ایجاد مسمومیت با توجه به قابل انحلال آن‌ها در آب، پتانسیل آب را نیز کاهش می‌دهد. به‌طوری‌که علی‌رغم وجود آب در در محیط به‌علت اینکه ظرفیت واکنش آن‌ها در اشغال یون‌های موجود قرار می‌گیرد، گیاه قادر به جذب آب نبوده و با نوعی کمبود آب مواجه می‌شود (۲۹).

کشاورزی و همکاران (۵) با بررسی اثر تنش‌شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی هفت رقم کنجد گزارش کردند که با افزایش تنش‌شوری، درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که در بین ارقام تفاوت معنی‌داری را از نظر میزان این کاهش داشتند. زینلی و همکاران (۳۳) نیز با بررسی واکنش اجزای جوانه‌زنی بذر کلزا به تنش‌شوری کاهش معنی‌داری را در صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی با افزایش تنش‌شوری به‌دست آوردند، ولی این اجزا به‌طور یکسان تحت تاثیر شوری قرار نگرفتند. در این آزمایش نیز کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش سطوح شوری در تمامی توده‌های کنجد همراه بود و با توجه به نتایج آزمایش به‌نظر می‌رسد که با افزایش شوری، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌منظور افزایش درصد جوانه‌زنی تمام ارقام کنجد مناسب‌تر باشد.

سرعت جوانه‌زنی: موفقیت در تولید محصول خوب علاوه بر درصد بالای جوانه‌زنی بذر بستگی به یکنواختی در رویش و سرعت استقرار گیاه در بستر خاک نیز دارد. که این عامل ارتباط نزدیکی با سرعت جوانه‌زنی دارد. سرعت جوانه‌زنی مفهوم مهمی در بنیه بذر است و می‌تواند ارزیابی خوبی در استقرار محصول داشته باشد (۱۷). در این آزمایش سرعت جوانه‌زنی در پتانسیل‌های مختلف شوری، بین توده‌های کنجد در دماهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) وجود داشت (جدول ۱). سرعت جوانه‌زنی در بین توده‌های کنجد و دماهای مورد بررسی به غیر از دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در توده سبزوار، روندی مشابه داشت.

به طوری‌که در هر سه توده کنجد با کاهش پتانسیل شوری (منفی‌تر شدن) از مقدار این صفت به‌طور معنی‌داری کاسته شد. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد (پتانسیل صفر بار) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در توده سبزوار و کمترین آن در پتانسیل‌های ۶-

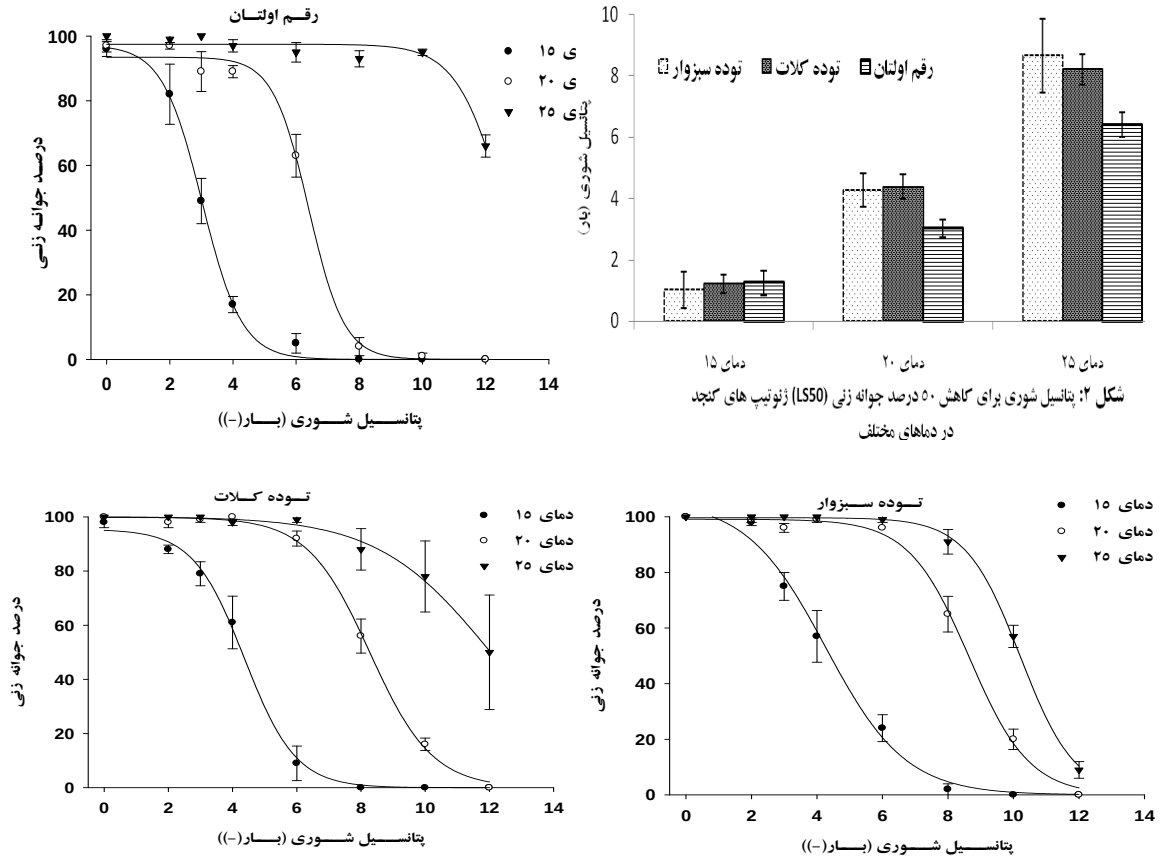
1- Medium Daily Germination
2- Lethal Salinity for 50 Percent of Germination

تا ۱۲- بار و در هر سه دما در توده‌های کنجد به‌دست آمد.

جدول ۱- میانگین مربعات اثرات شوری و دما بر صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه توده‌های کنجد.

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه
دما	۲	۵۷۵۶۱/۶**	۱۲۶۶/۶**	۴۱۳۳/۲**	۱۷۰۶۶/۲**	۷۴/۶**	۵۰۵/۲**
رقم	۲	۱۵۱۴/۴**	۸۴/۵**	۴۴/۲**	۶۵۶/۰**	۴۱/۹**	۴۴/۴**
دماXرقم	۴	۱۹۳۲/۱**	۳۸/۷**	۶۸/۴**	۲۳۰/۸**	۶/۰**	۶/۳**
شوری	۷	۳۶۵۲۸/۳**	۷۰۷/۰**	۲۴۵۲/۴**	۹۶۳۵/۳**	۱۵۵/۳**	۲۹۶/۳**
دماXشوری	۱۴	۴۸۴۲/۴**	۵۷/۹**	۳۵۲/۶**	۱۴۷۰/۳**	۸/۸**	۲۸/۷**
شوریXرقم	۱۴	۶۱۳/۸**	۱۲/۱**	۱۲/۵**	۸۴/۲**	۶/۲**	۷/۰**
دماXرقمXشوری	۲۸	۴۰۷/۷**	۳/۵**	۱۲/۴**	۴۵/۸**	۹/۷**	۴/۷**
خطا	۲۱۶	۹۹/۹	۱/۳	۱/۷	۷/۱	۰/۶	۰/۶
ضریب تغییرات	-	۱۵/۵۴	۱۶/۰	۱۴/۹	۱۴/۳	۱۷/۴	۲۳/۰

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۲: پتانسیل شوری برای کاهش ۵۰ درصد جوانه زنی (LS50) ژنوتیپ های کنجد در دماهای مختلف

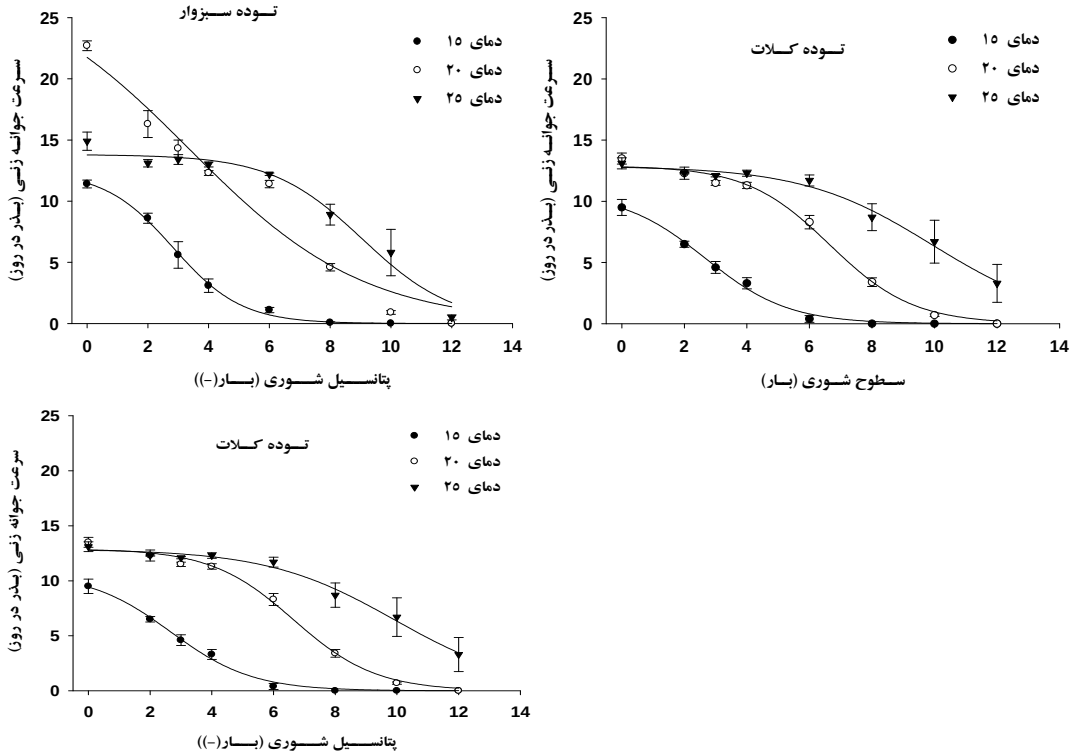
شکل ۱- درصد جوانه‌زنی توده های کنجد در پتانسیل های مختلف شوری و دماهای متفاوت

در بین دماها در پتانسیل‌های مختلف شوری نیز به‌طورکلی بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار این صفت در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در هر سه توده کنجد به‌دست آمد، اما این روند در مورد توده سبزوار تا حدودی

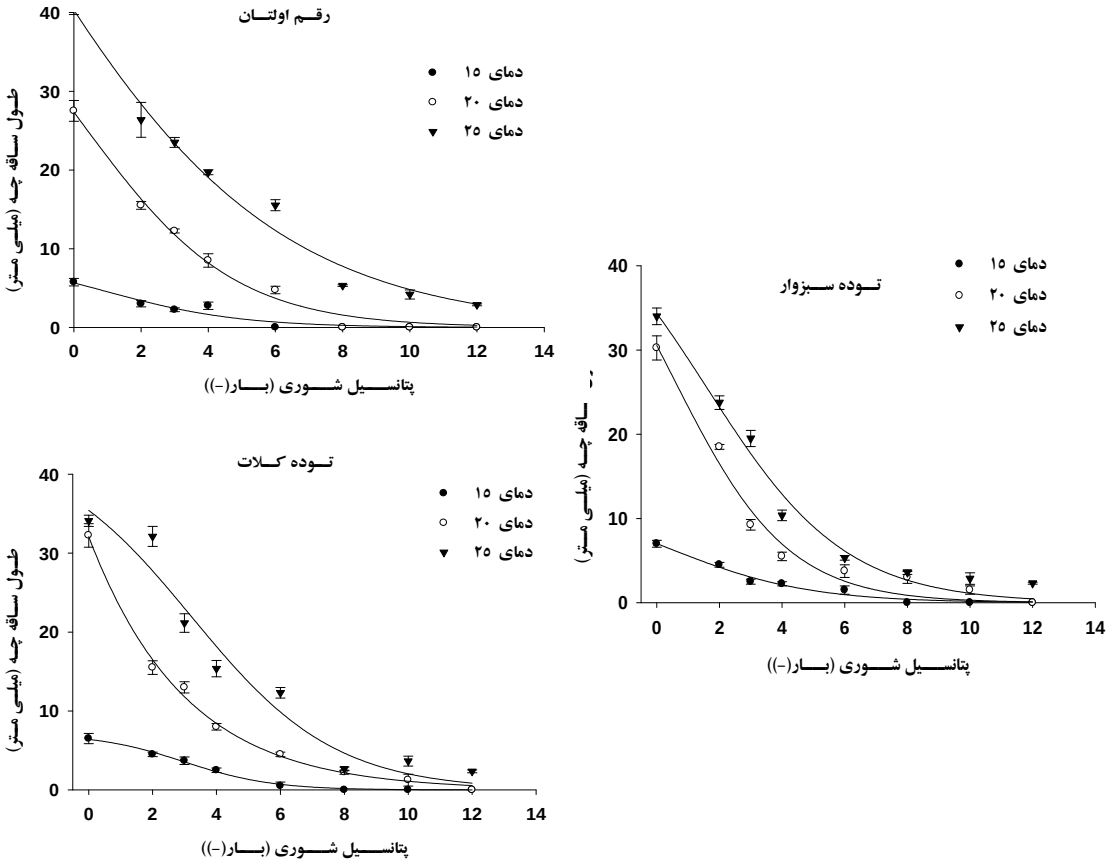
متفاوت بود به‌طوری‌که در پتانسیل صفر تا ۴- بار بیشترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در این توده مشاهده شد، ولی با افزایش تنش‌شوری به پتانسیل‌های کمتر (منفی‌تر) از ۴- بار سرعت جوانه‌زنی در این دما نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش بیشتری نشان داد و سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود، با این وجود در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش تنش‌شوری اثرات بیشتری بر سرعت جوانه‌زنی داشت (شکل ۳). آنچه مسلم است برای فعالیت‌های حیاتی و به‌دنبال آن جوانه‌زنی، بایستی آب به میزان کافی توسط بذر جذب شود. چنانچه جذب آب دچار اختلال شود و یا به کندی صورت گیرد، فعالیت های فیزیولوژیکی داخل بذر نیز به آرامی صورت گرفته و مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد و به عبارتی سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (۲۸).

با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محلول در شرایط شور، جذب آب دچار مشکل شده و سرعت جوانه‌زنی بذرها نسبت به شاهد کاهش می‌یابد. در این ارتباط کشاورزی و همکاران (۵) با بررسی اثر نمک NaCl بر روی ارقام کنجد نتایج مشابهی را گزارش کردند. دمیرکایت و همکاران (۱۱) نیز با بررسی اثر تنش‌شوری بر روی آفتابگردان گزارش کردند که با افزایش تنش شوری سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. بر اساس نتایج این آزمایش به‌طورکلی توده سبزوار نسبت به توده کلات و رقم اولتان از سرعت جوانه‌زنی بالاتری در هر سه دما برخوردار و متحمل تر از سایر توده‌ها به سطوح مختلف شوری بود (شکل ۳).

طول ساقه‌چه: نتایج نشان دادند که توده‌های کنجد در سطوح مختلف شوری و دما از نظر طول ساقه‌چه متفاوت بودند (جدول ۱) و افزایش تنش‌شوری منجر به کاهش معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) این صفت در همه توده‌ها شد، ولی با افزایش تنش‌شوری کاهش این صفت در تمام توده‌های کنجد و در دماهای مختلف مشابه بود. بر اساس نتایج آزمایش بیشترین مقدار طول ساقه‌چه در رقم اولتان در پتانسیل صفر بار و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار آن در تمام دماهای مورد بررسی در پتانسیل ۱۲- بار به‌دست آمد. با توجه به نتایج آزمایش بیشترین اختلاف بین دماها در توده‌های کنجد در تیمار شاهد مشاهده شد و با افزایش تنش‌شوری از مقدار این اختلاف به‌طور معنی‌داری کاسته شد.



شکل ۳- سرعت جوانه‌زنی توده‌های کنجد در پتانسیل های مختلف شوری و دماهای متفاوت



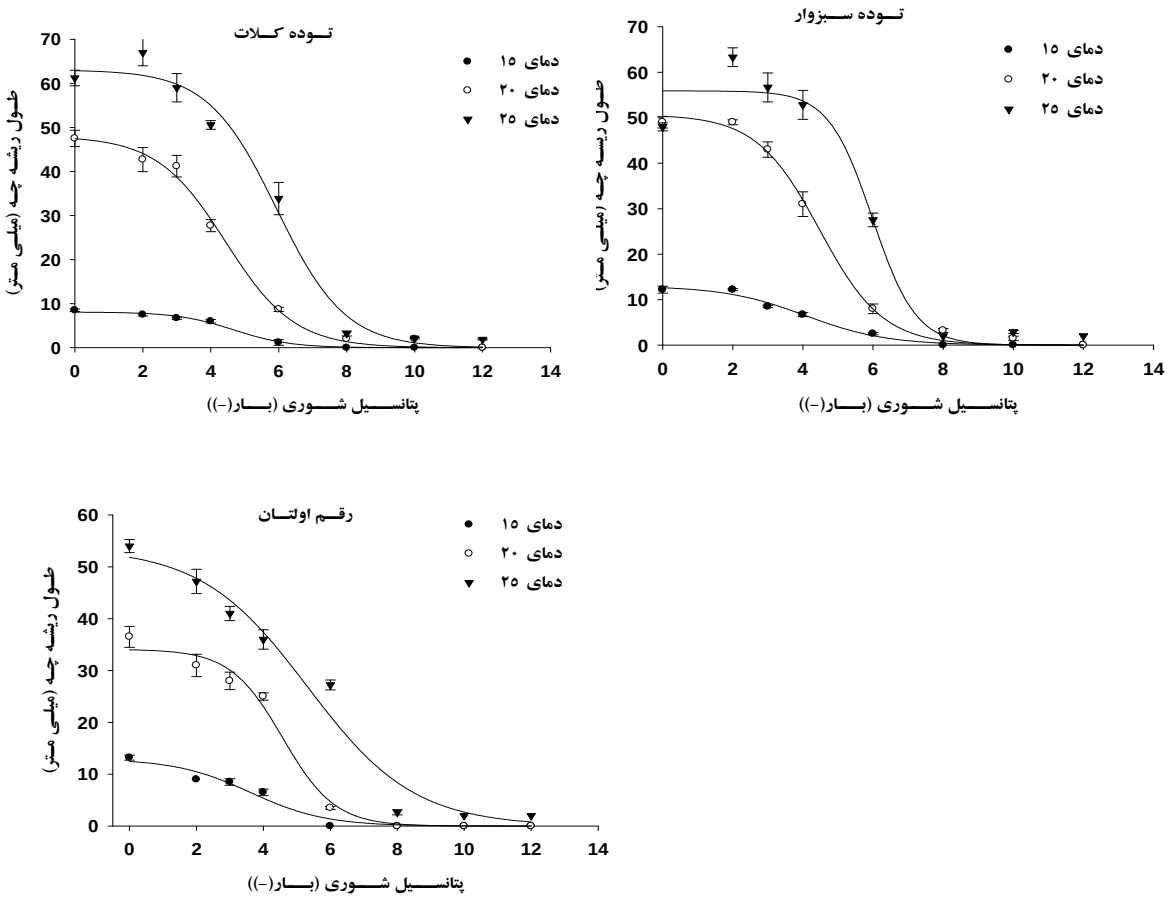
شکل ٤- طول ساقه‌چه توده‌های کنجد در پتانسیل های مختلف شوری و دماهای متفاوت

کمترین مقدار این صفت در توده‌های کنجد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (شکل ۴).

از عوامل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه ها به جنین گزارش شده است، علاوه بر آن کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش باعث کاهش ترشح هورمون ها و فعالیت آنزیم ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه (شامل ریشه‌چه وساقه‌چه) می‌شود (۶). به‌نظر می‌رسد طول ساقه‌چه با قدرت جوانه‌زنی و تغذیه کافی گیاهچه ها در ارتباط باشد. جمیل و همکاران (۱۹) در آزمایشی گزارش کردند که افزایش شوری موجب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن‌خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در کلزا گردید. با توجه به این نتایج نیز به‌نظر می‌رسد افزایش شوری از طریق اختلال در کارکرد ساقه‌چه سبب کاهش معنی‌دار طول آن در توده‌های کنجد شد.

طول ریشه‌چه: اختلاف طول ریشه‌چه در توده‌های کنجد، در دماها و سطوح مختلف شوری معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود (جدول ۱)، همچنین در شرایط بدون تنش‌شوری توده‌های کنجد از نظر طول ریشه‌چه متفاوت بودند. بیشترین و کمترین طول ریشه‌چه در پتانسیل صفر بار در هر سه توده کنجد به ترتیب در دماهای ۲۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر دماها اختلاف معنی‌داری از نظر طول ریشه‌چه وجود داشت، اما با افزایش تنش شوری از مقدار این اختلاف کاسته شد تا جایی که در سطوح ۸- تا ۱۲- بار تنش‌شوری اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت در دماهای متفاوت و در توده‌های کنجد مشاهده نشد (شکل ۵).

بیشترین طول ریشه‌چه در توده‌های سبزوار و کلات در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد و با افزایش تنش‌شوری در توده‌های کنجد و دماهای مورد بررسی از مقدار این صفت به‌طور معنی‌داری کاسته شد و نکته جالب اینکه در همه توده‌های کنجد در پتانسیل‌های کمتر (منفی‌تر) از ۴- بار شوری این کاهش در دماهای مورد بررسی محسوس‌تر بود و در این محدوده از سطوح شوری تاثیرات دما بر روی مقدار طول ریشه‌چه بیشتر بود (شکل ۵).



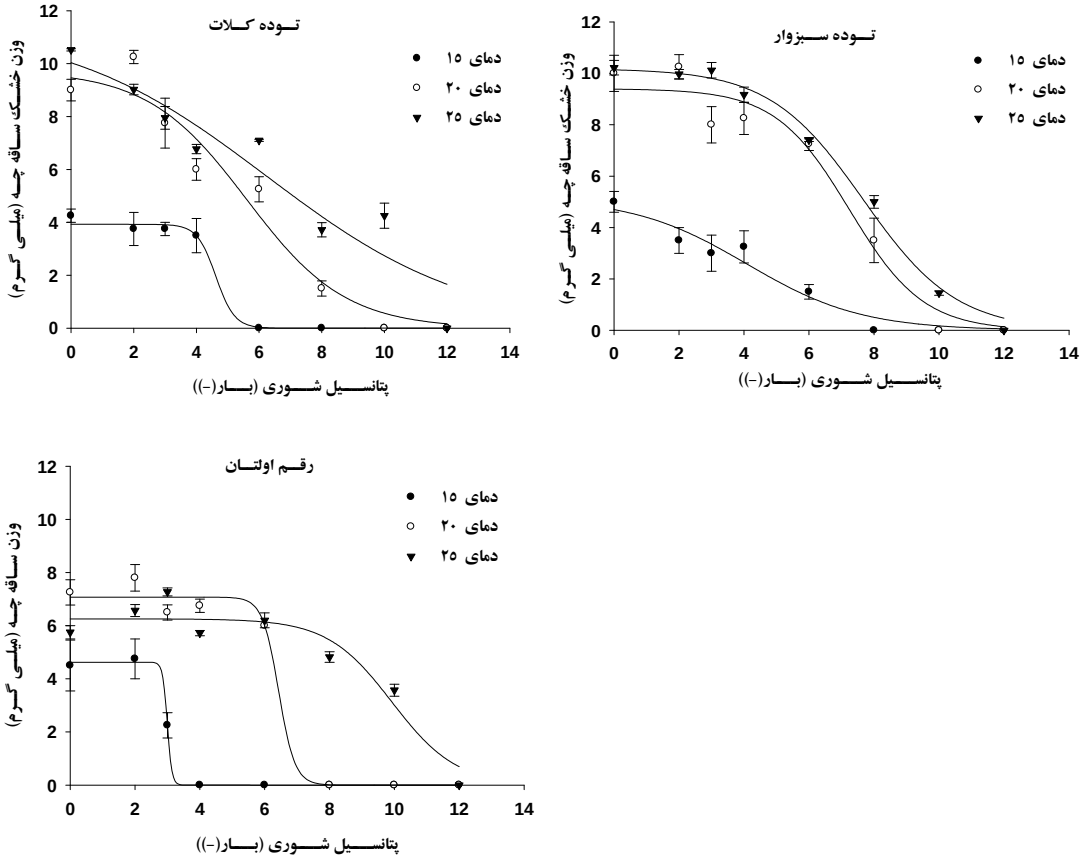
شکل ۵- طول ریشه‌چه توده‌های کنجد در پتانسیل های مختلف شوری و دماهای متفاوت

نیو و همکاران (۲۴) معتقدند که بعد از جذب آب و هم زمان با آن یکسری از هورمون‌ها و تعدادی از آنزیم‌های مهم درون بذر از جمله لیپاز، پروتئاز، آمیلاز و غیره ترشح می‌شوند، که باعث می‌شود تا موادغذایی اندوخته در بذر از جمله نشاسته تجزیه شده و در آب حل شوند و از این طریق انرژی لازم برای خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه و رشد آن‌ها فراهم گردد که در شوری های بالا، مکانیسم فعالیت درون بذر دستخوش تغییر شده و این مراحل مختل می شوند و با کاهش و یا توقف رشد به‌دلیل عدم‌انتقال موادغذایی از لپه به ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه وزن‌خشک آن‌ها کاهش می‌یابد. بازدارندگی شوری بر رشد گیاهچه توسط سایر محققان نیز گزارش شده است به‌عنوان مثال سلطانی و همکاران (۳۰) اظهار داشتند که شوری، رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه نخود را کاهش داد و با افزایش شوری بر میزان این کاهش افزوده شد. در این آزمایش نیز در هر سه دما و توده‌های کنجد با افزایش تنش‌شوری به‌طور مشابهی کاهش طول ریشه‌چه در هر سه توده کنجد مشاهده شد (شکل ۵).

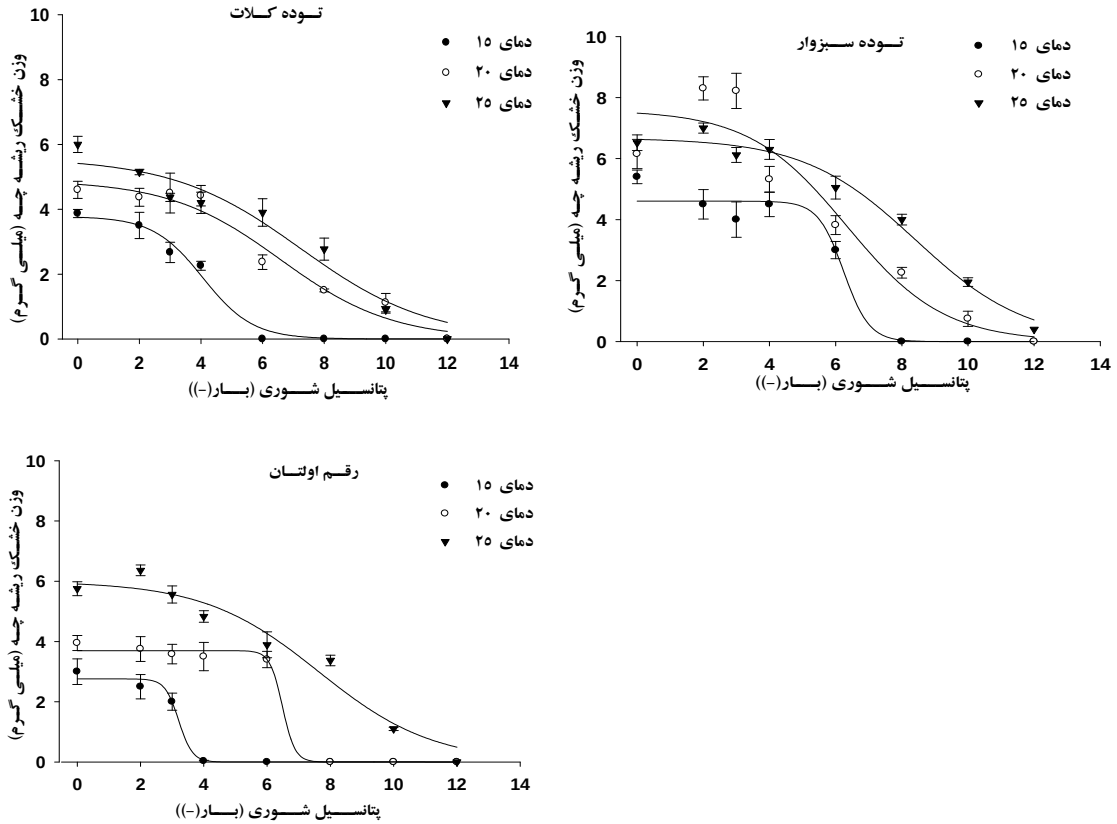
وزن‌خشک ساقه‌چه: وزن ساقه‌چه در توده‌های کنجد به‌طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) تحت تاثیر سطوح مختلف شوری و دماهای متفاوت قرار گرفت (جدول ۱) و افزایش تنش‌شوری در هر سه توده کاهش معنی‌دار این صفت را به همراه داشت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار این صفت در توده‌های کنجد در پتانسیل صفر تا ۴- بار در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار آن در دماهای مذکور در پتانسیل ۱۲- بار تنش‌شوری به‌دست آمد. لازم به ذکر است که وزن ساقه‌چه در توده‌های کنجد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر دماها در پتانسیل‌های مشابه به‌طور معنی‌داری کمتر بود، ولی در پتانسیل‌های بالا (کمتر از ۴- بار)، در این دماها این مقدار به صفر کاهش یافت (شکل ۶). با توجه به نتایج

آزمایش در رقم اولتان بیشترین وزن ساقه‌چه در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بین ۶ تا ۸ میلی‌گرم و در توده های کلات و سبزوار کنجد این مقدار بین ۸ تا ۱۰ میلی‌گرم بود. از آنجایی‌که بذر بعد از جذب آب و جوانه‌زنی و قبل از خروج برگ‌های اولیه و شروع فتوسنتز از موادغذایی اندوخته در درون خود استفاده می کنند، به‌طوری‌که بعد از جذب آب و هم‌زمان با آن یک سری از هورمون‌ها و تعدادی از آنزیم های مهم درون بذر از جمله لیپازها و پروتئازها و آمیلاز تولید شده که منجر به تجزیه موادغذایی اندوخته در بذر از جمله نشاسته و انحلال آن‌ها در آب می‌شود که از این طریق انرژی لازم برای خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه و رشد آن‌ها فراهم می‌شود. در نتیجه تنفس و مصرف اندوخته غذایی درون بذر وزن خشک کل زیست توده کاهش می یابد (۳). بنابراین جذب کمتر آب توسط بذر در محیط شور موجب کاهش رشد و نمو گیاهچه شده که این کاهش رشد را می‌توان با کاهش اندازه طول ریشه، ساقه‌چه و همچنین کاهش وزن تر و خشک آن‌ها مورد بررسی قرار داد (۲۹). اکیز و ایلماز (۱۲) با بررسی وزن خشک و طول گیاهچه های جو در شرایط شوری نتیجه گرفتند، وزن خشک گیاهچه که به‌طورکلی برای نشان دادن حساسیت به شوری معیار مناسب‌تری نسبت به طول آن است. آزمایشات کشاورزی و همکاران (۵) در بررسی اثر تنش‌شوری بر ارقام کنجد نشان داد که وزن ساقه‌چه با افزایش تنش‌شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج این آزمایش نیز نشان از تاثیر معنی‌دار تنش شوری و کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه همه توده‌های کنجد است که در بین توده‌ها، توده‌های سبزوار و کلات متحمل‌تر از رقم اولتان از نظر این صفت بودند.

وزن خشک ریشه‌چه: توده‌های کنجد در سطوح مختلف شوری و دما از نظر وزن‌خشک ریشه‌چه اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) با هم داشتند (جدول ۱) و افزایش تنش‌شوری در هر سه توده با کاهش معنی‌دار این صفت مواجه بود.



شکل ٦- وزن خشک ساقه‌چه توده‌های کنجد تحت تاثیر پتانسیل‌های مختلف شوری در دماهای متفاوت



شکل ۷- وزن خشک ریشه‌چه توده‌های کنجد تحت تاثیر پتانسیل‌های مختلف شوری در دماهای متفاوت

اگر چه در بین توده‌های کنجد، توده سبزوار در پتانسیل‌های صفر تا ۴- بار شوری نسبت به سایر توده‌های مورد بررسی برتری داشت ولی به‌طورکلی بیشترین مقدار این صفت در همه توده‌های کنجد در این سطوح از شوری و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد و بیشترین اختلاف بین دماها و توده‌های کنجد از نظر این صفت نیز در این سطوح شوری مشاهده شد.

کمترین مقدار وزن ریشه‌چه در هر سه دما، در پتانسیل ۱۲- بار تنش‌شوری به دست آمد و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت کاهش وزن‌خشک نسبت به سایر دماها بیشتر بود (شکل ۷). آزمایشات نشان داده اند که بیشترین تجمع نمک‌ها در لایه سطحی خاک می‌باشند (۱۰). بنابراین بذور بعد از کاشت در خاک در محلی واقع می‌شوند که دارای غلظت بالایی از املاح در پروفیل خاک است که در این شرایط بذوری که توانایی تولید ریشه طویل‌تر و گسترش سیستم ریشه ای را داشته باشند نسبت به بذور فاقد این قابلیت موفق‌تر خواهند بود، بنابراین بذوری که در آزمایشگاه ریشه‌های طویل تر و با وزن بیشتر تولید نمایند احتمالاً در مرحله جوانه‌زنی نیز تحمل به شوری خواهند داشت (۲۰).

نونامی و همکاران (۲۵) نتیجه گرفتند که تیمار نمودن سیستم‌های ریشه ای با پتانسیل پایین آب، شیب پتانسیل آب را میان آوندهای چوبی و سلول‌های در حال رشد ساقه از بین می‌برد، از این رو اختلاف پتانسیل آب بین آوندهای چوبی و بیرون از آن علت اصلی ممانعت از رشد و کاهش وزن گیاهچه می‌باشد. بنابراین در این آزمایش توده سبزوار با وزن‌خشک ریشه‌چه بیشتر نسبت به سایر توده‌های کنجد در سطوح مختلف دمایی و تنش‌شوری توده ای متحمل به شوری به‌نظر می رسد. کشاورزی و همکاران (۵) با بررسی اثر تنش شوری بر هفت رقم کنجد نتایج مشابه با نتایج این آزمایش را گزارش کردند، به‌طوری‌که با افزایش سطوح شوری از وزن‌خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه همه ارقام کنجد به‌طور معنی‌داری کاسته شد. در بررسی دیگر جمیل و همکاران نشان دادند که با افزایش شوری وزن‌خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در کلزا کاهش یافت (۱۹). حاتمی و گالشی (۲) نیز به‌ترتیب طی بررسی اثرات سطوح مختلف نمک NaCl بر جو و گندم، کاهش معنی‌داری را در تمامی صفات جوانه‌زنی

ازجمله وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه با افزایش سطوح شوری نسبت به محلول شاهد، گزارش نمودند. بنابراین در این آزمایش بیشترین و کمترین وزن‌خشک ریشه‌چه در توده‌های کنجد به‌ترتیب در پتانسیل‌های بالا (مثبت‌تر) و پایین (منفی‌تر) شوری مشاهده شد و توده‌های سبزوار و اولتان کنجد به‌ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین توده‌ها از این نظر بودند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی بر اساس نتایج این آزمایش در تمام توده‌های کنجد، با افزایش تنش شوری کاهش معنی‌داری در تمامی شاخص‌های مورد مطالعه مشاهده شد و در پتانسیل‌های صفر تا ۴- بار شوری درجه تحمل بیشتر این شاخص‌ها در توده‌های کنجد بالا بود و افزایش دما در پتانسیل‌های شوری مشابه به مقدار قابل‌توجهی اثرات منفی تنش‌شوری را کاهش داد. بهترین دما برای استقرار مطلوب بوته‌های کنجد دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و با توجه به نتایج حاصل انتظار بر این است که دماهای کمتر از محدوده ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش استقرار بوته‌های کنجد را در پی خواهد داشت. در بین توده‌های کنجد نیز توده سبزوار و رقم اولتان در بیشتر شاخص‌های مورد مطالعه در پتانسیل‌های شوری یکسان به ترتیب کمترین و بیشترین تاثیرپذیری را در اثر تنش شوری داشتند. لذا به‌نظر می‌رسد در شرایط شوری آب توده سبزوار نسبت به توده‌های کلات و اولتان جهت کشت و استقرار بهینه، مناسب به‌نظر می‌رسد. با توجه به اینکه افزایش دما توانسته است از اثرات منفی تنش‌شوری بکاهد به‌نظر می‌رسد کشت کنجد در دماهای بالاتر موفقیت در سبزشدن و استقرار بوته‌های کنجد را در پی خواهد داشت. از آنجایی‌که جوانه‌زنی و سبزشدن، فرآیندهای متاثر از شرایط مختلف اقلیمی و غیره هستند، از این‌رو انجام مطالعات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی بیشتری در مطالعات آینده در این ارتباط پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱- پوستینی، ک. ۱۳۷۴. واکنش‌های فیزیولوژیکی دو رقم گندم نسبت به تنش‌شوری. مجله علوم‌کشاورزی ایران، ۲۶(۲). ص. ۶۳-۵۷.

۲- حاتمی، ح و س. گالشی. ۱۳۷۸. اثر سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، (۱ و ۲). ص. ۳۵-۳۱.

۳- علیزاده، ع. ۱۳۷۹. رابطه آب و خاک گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۲۷ ص.

۴- قادری، ا.، ف. ب. کامکار و ا. سلطانی. ۱۳۸۷. علوم و تکنولوژی بذر. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۱۲ ص.

۵- کشاورزی، م.، ا. اشرفی و خ. رزمجو. ۱۳۸۷. اثرات نمک NaCl بر جوانه‌زنی بذر ۷ رقم کنجد (*Sesamum indicum* L). خلاصه اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران. ص. ۶۴-۵۴.

۶- کافی، م.، ا. نظامی.، ح. حسینی و ع. معصومی. ۱۳۸۴. اثرات فیزیولوژیک تنش‌خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول برجوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ج. ۳. ص. ۸۱-۶۹.

۷- مجموعه اطلاعات کشاورزی. ۱۳۷۴. دفتر برنامه‌ها و تولیدات فنی سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. جلد اول. ص ۱۲.

۸- مقتولی، م و م. ر. چائی چی. ۱۳۷۸ . بررسی اثر شوری و نوع نمک بر جوانه‌زنی و رشد اولیه سورگوم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ش. ۴. ص. ۴۰ -۳۳.

9- Ashraf, M and A. Waheed. 1993. Responses of some genetically diverse lines of chick pea (*Cicer arientinum* L.) to salt. Plant and Soil. 154: 257-266.

10- Assadian, N. W and S. Miyamoto. 1983. Salt effect on alfalfa seedling emergence. J. Agron. 79: 710-714.

11- Demir-Kaya, M., G. Okcu., M. Atak., Y. Cikili and O. Kolsarici. 2006. Seed treatments to overcome salt and droght stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Europ. J. Agron. 24: 291-295.

12- Ekiz , H., and A. Yilmaz. 2003. Determination of the salt tolerance of some barley genotypes and the characteristics affecting tolerance .Tturk J Agric. 27: 253-260.

13- Freeman, C. E. 1973. Germination response of Texas population of ocotillo to constant temperature, water stress, pH and salinity. The American midland Naturalist 89:252-256.

14- Grabe, D. F. 1976. Measurement of seed vigor. Seed Technol. 1: 18-32.

15- Green, B., M. Grevers and G. Lafond. 1994. Soi1 temperature and crop emergence under conventional and direct seeding. Farm Facts. Canada-Saskatchewan Agreement on Soi1 Conservation. 4 pp.

16- Greenwey, H and R. Munns. 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. Ann. Rev. Plant Physiol. 31:149-190.

17- Haastrup-Pederson, L., P. E. Jorgensen and I. Poulsen. 1993. Effect of seed vigor and dormancy on field emergence, development and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter barley (*Hodeum vulgare* L.). Seed Sci and Technol. 21: 159-178.

18- Hill, M. J and R. Luck. 1991. The effect of temperature on germination and seedling growth of temperate perennial pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 42, 175-189.

19- Jamil, M., D. Bae Lee., K. Yony Jun., M. Ashraf and S. Chin. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. J. Agric. 7: 273-282.
20- Kayani, S. A., H. Nagiv and I. P. Ting. 1990. Salinity effects on germination and mobilization of reserves injojob seed. Crop Sci. 30:704-708.
21- Khajeh-Hosseini, M., A. A. Powell and I. J. Bingham. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soybean seeds. Seed Sci and Technol. 31: 715–725.
22- Maguire, J. D. 1962. Seed of germination–aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2: 176-177.
23- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press London.
24- Niu, X., R. A. Bressan., P. M. Hasegawa and J. M. Pardo. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environment. Plant Physiol. 109: 735- 742.
25- Nonami, H., W. Yajun and J. S. Boyer. 1997. Decreased growth-induced water potential. Plant Physiol. 114: 501-509.
26- Roche, C. T., Thill, D. C and B. Shafii. 1997. Estimation of base and optimum temperatures for seed germination in common crupina (*Crupina vulgaris* L.). Weed Sci. 45: 529-533.
27- Seefeldet, S. S., Kidwell, K. K., and J. E. Waller. 2002. Base growth temperature, germination rates and growth responses of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum.* L) cultivars from the USA pacific North West. Field Crops Res. 75, 47-52.
28- Sheriff, M., A. T. R. El-beshbeshy, and C. Richter. 1998. Response of some Egyptian varieties of wheat to salt stress through potassium application. Seed Abst. 21: 470-475.
29- Smith , S. E. and A. K. Dobrenz. 1987. Seed age and salt tolerance at germination in alfalfa: Crop Sci.27: 1053-1058.
30- Soltani, A., S. Galeshi., E. Zeinali, and N. Latifi. 2001. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci and Technol. 30: 51-60.
31- Tobe, K., L. Zhang, and K. Omasa. 1999. Effects of NaCl on seed germination of five non halophytic species from a Chinese desert environment. Seed Sci and Technol. 27: 851-863.
32- Wahid, A., A. Rasule, and R. Rao. 1999. Germination of seeds and propagules under salt stress. In: Hand book of Plant and Crop Stress, 2nd ed. Pessarakli, M., pp: 153- 169.
33- Zeinali, E., A. Soltani and S. Galeshi. 2002. Reaction seed germinations components to salinity stress in canola (*Brassica nupus.* L). J. Agric. Sci. 1: 33.137-145.