

## بررسی اثرات شوری و دما بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی ارقام مختلف کلزا

\* بهنام کامکار<sup>۱</sup>، حجت غفاری<sup>۲</sup> و محمد انتصاری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup>فارغ‌التحصیل کارشناسی گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۶/۳/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۱/۱۳

### چکیده

به منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذور ۱۲ رقم کلزا در سه تیمار دمایی ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد دو سری آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. آزمایش اول در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و با هدف تعیین دامنه پاسخ به شوری ارقام مورد مطالعه در پنج پتانسیل اسمزی صفر، ۰/۵-، ۱-، ۱/۵- و ۲- مگاپاسکال و آزمایش دوم با هدف بررسی وضعیت تأثیرپذیری مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذور ارقام کلزا از شوری و دما در ۶ پتانسیل اسمزی صفر، ۰/۵-، ۱-، ۱/۲۵- و ۱/۵- مگاپاسکال (با هم‌ارز EC معادل ۰، ۸/۵۷، ۱۲/۸۶، ۱۷/۱۴، ۲۱/۴۳، ۲۵/۷۲ دسی‌زیمنس بر متر) انجام شدند. نتایج نشان داد که در تمام ارقام، کلیه صفات مورد بررسی از جمله درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، سرعت رشد ساقه‌چه و سرعت رشد ریشه‌چه تحت تأثیر معنی‌دار سطوح شوری قرار گرفتند، اما اختلاف بین ارقام در بسیاری از موارد معنی‌دار نشد. این مساله بیانگر اختلاف اندک ارقام مورد مطالعه از لحاظ تحمل به شوری بود. نتایج نشان داد که در مورد اغلب صفات نظیر سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، سرعت رشد ساقه‌چه و سرعت رشد ریشه‌چه، EC معادل ۸/۵۷ دسی‌زیمنس بر متر (پتانسیل ۰/۵- مگاپاسکال) به عنوان هدایت الکتریکی آستانه برای ارقام مورد مطالعه عمل می‌کند و آستانه پاسخ به شوری درصد جوانه‌زنی می‌تواند بسته به دما بین ۸/۵۷ تا ۱۷/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر (۰/۵- تا ۱- مگاپاسکال) تغییر کند. از سویی افزایش دما از یک حد مطلوب به شکل تشدیدکننده موجب تقویت اثرات مخرب شوری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی کلزا شد. همچنین نتایج نشان داد که به احتمال زیاد دمای مطلوب جوانه‌زنی ارقام کلزای مورد مطالعه بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارد و فاصله گرفتن از دمای مطلوب سبب بروز اثرات متفاوتی روی مؤلفه‌های وابسته به جوانه‌زنی کلزا می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کلزا، شوری، دما، جوانه‌زنی

### مقدمه

کاهش می‌یابد، اما گونه‌های گیاهی در تحمل به شوری باهم تفاوت دارند (مانز و ترمات، ۱۹۸۶). تحمل به شوری یک رقم ویژگی مهمی است که در انتخاب یک رقم برای کاشت در یک منطقه مواجه با تنش شوری باید مدنظر قرار گیرد. گیاهان با مکانیزم‌های مختلفی نسبت به

شوری خاک یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود (نیومن، ۱۹۹۵). رشد گیاه در نهایت به واسطه شوری

شرایط شور سازگار می‌شوند که از این جمله می‌توان به تغییرات مورفولوژیکی و نمو و فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی اشاره کرد (ژو، ۲۰۰۱).

سطوح بالای شوری می‌تواند به واسطه بروز اثرات تلفیقی ناشی از پتانسیل اسمزی بالا و سمیت ویژه یونی از جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ممانعت کند (گریو و سوارز، ۱۹۹۷). به‌ویژه جوانه‌زنی بذر، سبز شدن گیاهچه و بقای اولیه بذر به شوری حساسیت نشان می‌دهند (ماریکو و همکاران، ۱۹۹۲؛ بالدوین و همکاران، ۱۹۹۶) و در این راستا تنش شوری جوانه‌زنی بذر را از طریق اثرات اسمزی تحت تأثیر قرار می‌دهد (ولبام و همکاران، ۱۹۹۶).

مناطق مواجه با شوری بیشتر با دماهای بالا نیز مواجهند. از سویی نشان داده شده است که تحمل گونه‌های گیاهی به شوری در مرحله جوانه‌زنی از برهمکنش بین دما و شوری تأثیر می‌پذیرد. در بسیاری از گونه‌های شورزی (دلسال و بلوم، ۱۹۹۴؛ دوپلیرز و همکاران، ۱۹۹۴؛ خان و اونگار، ۱۹۹۸؛ آیزی و همکاران، ۲۰۰۲؛ خان و همکاران، ۲۰۰۲) اثرات مخرب شوری در دماهای بالاتر و در برخی دیگر (گول و وبر، ۱۹۹۹؛ خان و همکاران، ۲۰۰۰؛ گلزار و خان، ۲۰۰۱؛ خان و اونگار، ۲۰۰۱) در دماهای پایین‌تر بروز نموده است.

لیلا و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی بر روی اثرات چهار سطح شوری (۵۰ تا ۲۰۰ مول در مترمکعب کلرید سدیم) بر روی سه رقم کلزا در سه دمای انکوباسیون ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد نشان دادند که شوری به شکل معنی‌داری سرعت و درصد جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار داده است. براساس این تحقیق بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی به ترتیب به کمترین و بیشترین دمای انکوباسیون (۱۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) تعلق داشتند، در حالی که دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد سبب بروز بالاترین سرعت جوانه‌زنی شد. در این تحقیق اختلاف ناچیز و غیرمعنی‌داری بین ارقام از نظر درصد جوانه‌زنی وجود داشت.

پوپالا و همکاران (۱۹۹۹) در ارزیابی تحمل به شوری کلزا در مرحله جوانه‌زنی به مطالعه پنج سطح شوری متغیر از ۵/۴ تا ۲۶/۴ دسی‌زیمنس در متر و دماهای متغیر از ۱۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد با فاصله ۵ درجه سانتی‌گراد پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سطح شوری از ۱۰/۱ تا ۱۶/۲ دسی‌زیمنس بر متر، جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۴۰ درصد کاهش یافت. آن‌ها نشان دادند که دمای بهینه جوانه‌زنی برای شاهد بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار دارد. این محدوده مشابه محدوده گزارش شده برای بسیاری از دانه‌های روغنی است. آن‌ها براساس نتایج به‌دست آمده، بذور کلزا را از نظر تحمل به شوری براساس رده‌بندی انجام شده توسط مٹ و هوفمن (۱۹۷۷) به گروه دارای تحمل متوسط نسبت دادند. همچنین براساس نتایج این تحقیق بیشترین مقاومت در محدوده ۱۵ تا ۲۵ درجه مشاهده شد و تحمل بذور کلزا به شوری در محدوده ۱۰ و ۳۰ درجه نسبتاً متوسط و در محدوده ۳۵ درجه سانتی‌گراد، دارای تحمل کم ارزیابی گردید.

زینلی و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه واکنش مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذور پنج رقم کلزا (رجنت، سرز، طلایه، کبرا x دلبیو ۲ و پی‌اف ۷۰۴۵/۹۱) در سه سطح شوری شاهد، ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال نشان دادند که شوری بر سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی تجمعی، یکنواختی جوانه‌زنی، طول گیاهچه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه تأثیر معنی‌داری داشته است، اما میزان تأثیرگذاری آن بر این صفات یکسان نبوده است. آن‌ها نشان دادند که رقم بر متغیرهای رشد گیاهچه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه تأثیر معنی‌داری نداشته است، اما سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و درصد تجمعی جوانه‌زنی را به شکل معنی‌داری تحت تأثیر قرار داده است.

جمیل و همکاران (۲۰۰۵) تحمل به شوری ناشی از کلرید کلسیم در سه گونه از جنس براسیکا (کلم، گل کلم و کلزا) در مرحله جوانه‌زنی و مراحل اولیه رشد گیاهچه

کلزا به سطوح مختلف شوری و دماهای مختلف و بررسی برهمکنش دما و شوری بر موفقیت بذور این ارقام در جوانه‌زنی و مؤلفه‌های مرتبط با آن در اراضی تحت تنش طراحی و اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه با هدف آزمون اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم روی مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذور ۱۲ رقم کلزا شامل آرچی اس ۰۰۳، آمیکا، ساریگل، آپشن ۵۰۰، هایولا ۴۰۱، هایولا ۶۰، هایولا ۴۲۰، هایولا ۳۳۰، هایولا ۳۰۸، کیمبرلی، آرچی اس ۳۰۶ و اس-۳ که از ارقام توصیه شده در استان گلستان هستند، انجام شد. بذور از مرکز تحقیقات کشاورزی گنبد تهیه شدند و آزمایش در سال ۱۳۸۴ در آزمایشگاه تحقیقات زراعی دانشکده‌های علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. این طرح در ابتدا برای سنجش پاسخ اولیه بذور ارقام به سطوح مختلف شوری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (دمای بهینه اغلب ارقام کلزا) و با ۵ پتانسیل اسمزی مختلف، شامل صفر، ۰/۵-، ۱-، ۱/۵- و ۲- مگاپاسکال در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل انجام شد و پس از آنالیز نتایج برای اجرای مرحله دوم آزمایش در دو دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، شش سطح شوری ۰، ۰/۵-، ۰/۷۵-، ۱-، ۱/۲۵- و ۱/۵- مگاپاسکال (با هم‌ارز EC معادل ۰، ۸/۵۷، ۱۲/۸۶، ۱۷/۱۴، ۲۱/۴۳، ۲۵/۷۲ دسی‌زیمنس برمتر) انتخاب شدند. تیمارهای دما به شکل همزمان در انکوباتورهای جداگانه و در شرایط تاریکی اعمال شدند. در هر دو سری آزمایش‌های انجام شده سه تکرار منظور شد. هر واحد آزمایشی مشتمل بر ۶۰ بذر از ارقام مورد مطالعه بود که دو لایه کاغذ واتمن در زیر و یک لایه کاغذ صافی واتمن روی آن‌ها قرار گرفت. بذور پس از ضدعفونی و قرار گرفتن در پتری‌دیش‌های ۹ میلی‌متری با محلول‌های دارای پتانسیل‌های اسمزی مختلف تیمار شده و در انکوباتورهای با دمای تنظیم شده (با دقت  $\pm 1$  درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. سپس بسته به دما و سرعت جوانه‌زنی در ساعات مشخصی از روز بذور

را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق سطوح شوری ۴/۷، ۴/۹ و ۱۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی کلزا داشت و با افزایش سطوح شوری، مؤلفه‌های مذکور کاهش یافت.

بازدارندگی شوری بر رشد اجزای گیاهیچه توسط مانز و ترمات (۱۹۸۶) نیز گزارش شده است. آن‌ها ضمن تأکید بر کاهش این مؤلفه‌ها در پاسخ به شوری بر افزایش شیب کاهش در پاسخ به افزایش شدت شوری نیز اذعان نموده‌اند.

اگرچه نتایج چنین تحقیقاتی در زمینه کلزا کلیاتی در مورد پاسخ این گیاه به شوری و دما ارایه می‌کند، اما براساس یافته‌های موجود نشان داده شده اطلاعاتی که منحصر به یک یا چند رقم باشد، نمی‌تواند معیار دقیقی برای قضاوت قطعی در مورد پاسخ یک گونه به شوری یا تعیین کلاس تحمل گیاه به شوری باشد (کافی و همکاران، ۲۰۰۳). براساس اطلاعات موجود کلزا گیاهی است که در رده گیاهان متحمل به شوری قرار دارد و آستانه تحمل آن به شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر تعیین شده و نشان داده شده است که در شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر میزان عملکرد آن تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (کافی و همکاران، ۲۰۰۳)، اما هنوز اطلاعات دقیقی از آستانه تحمل به شوری این گیاه در مرحله جوانه‌زنی منتشر نشده است. کمبود اطلاعات در این زمینه از یکسو و تنوع ارقام موجود در استان گلستان و توجه به کاشت این محصول به‌عنوان یکی از محصولات درآمدزا برای استان از سوی دیگر ضرورت مطالعه پاسخ به شوری بذر این ارقام را در مرحله جوانه‌زنی نشان می‌دهد، به‌ویژه اگر قرار باشد این محصول با توجه به تحمل قابل قبولی که به شوری دارد، جهت تبدیل اراضی حاشیه‌ای مناطق شور به اراضی قابل کاشت مد نظر قرار گیرد، داشتن حداقل اطلاعات در این زمینه کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. به همین منظور، این مطالعه با هدف بررسی پاسخ مؤلفه‌های جوانه‌زنی ۱۲ رقم

جوانه زده (با دو میلی متر رشد ریشه چه) شمارش و از پتری دیش خارج شدند. بذور مرتب پایش شده و زمان پایان جوانه زنی زمانی منظور شد که پس از ۲۴ ساعت هیچ بذری جوانه نزد. برای تعیین زمان ۵۰ درصد جوانه زنی از مدل گومپرتز برازش یافته به درصد تجمعی جوانه زنی در برابر زمان (برحسب ساعت) استفاده شد و سپس سرعت جوانه زنی به صورت عکس زمان تا ۵۰ درصد جوانه زنی محاسبه گردید. در پایان اندازه گیری رشد ساقه چه و ریشه چه از ۱۰ بذر که از قبل جدا شده و در پتری دیش های جداگانه و با شرایط تیمار مربوطه نگهداری می شدند، اندازه گیری شد و در نهایت در آنالیز داده ها از میانگین مقادیر اندازه گیری شده برای هر ۱۰ بذر در هر تیمار استفاده شد و تبدیل داده های جذری در مورد درصد جوانه زنی انجام شد. همچنین برای محاسبه وزن خشک ساقه چه و ریشه چه، از دمای ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت استفاده شد. در نهایت تجزیه واریانس داده ها با استفاده از رویه ANOVA و مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون حداقل اختلافات معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از انجام آزمایش در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد نشان داد که هیچ کدام از ارقام نتوانستند در

پتانسیل اسمزی ۲- مگاپاسکال جوانه بزنند. همچنین اثر شوری بر تمام مؤلفه های مورد بررسی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد معنی دار بود، حال آن که به جز طول ساقه چه، نسبت ریشه چه به ساقه چه و درصد جوانه زنی هیچ کدام از مؤلفه های مورد بررسی تحت تأثیر رقم قرار نگرفتند (جدول ۱). در سطح شوری ۱/۵- مگاپاسکال نیز میانگین درصد جوانه زنی ارقام به ۶/۳ درصد رسید. این یافته ها نشان داد که اعمال شوری بیشتر از ۱/۵- مگاپاسکال جهت مطالعه اثرات شوری بر ارقام مورد مطالعه ضرورتی ندارد.

اثر متقابل رقم در شوری نیز معنی دار نشد. این یافته مبین این بود که اگرچه سطوح شوری تأثیر معنی داری بر تمام صفات مورد مطالعه داشته، اما نوع رقم نتوانسته موجب تشدید یا تضعیف این اثرات شود. جدول مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در سطوح شوری مختلف و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد نشان داد که اگرچه در سطح شوری ۱/۵- مگاپاسکال برخی از بذور جوانه زدند، اما در هیچ کدام از ارقام مورد مطالعه، ریشه چه و ساقه چه رشد نکرد، حال آن که بالاترین درصد و سرعت جوانه زنی به تیمار شاهد تعلق داشت و با افزایش سطوح شوری هم درصد و هم سرعت جوانه زنی کاهش یافت (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس میانگین مربعات مؤلفه های مورد بررسی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد.

| منابع تغییر | درجه آزادی | طول ریشه چه | طول ساقه چه | سرعت رشد ریشه چه | سرعت رشد ساقه چه | نسبت ریشه چه به ساقه چه | درصد جوانه زنی | سرعت جوانه زنی |
|-------------|------------|-------------|-------------|------------------|------------------|-------------------------|----------------|----------------|
| تکرار       | ۲          | ۱/۸۶n.S     | ۰/۵۹۳n.S    | ۰/۰۰۰۵**         | ۰/۰۰۰۳**         | ۰/۰۰۶n.S                | n.S۰/۰۱۳       | ۰/۰۰۸**        |
| شوری        | ۴          | ۲۷۱/۲۵**    | ۱۷۹/۴۷**    | ۰/۰۰۴**          | ۰/۰۰۲۵**         | ۱۸/۲۵**                 | ۹/۳۸**         | ۰/۰۳۴۷**       |
| رقم         | ۱۱         | ۱/۰۴n.S     | ۱/۰۵**      | ۰/۰۰۰۰۹n.S       | ۰/۰۰۰۰۲n.S       | ۰/۱۶۵**                 | ۰/۰۰۵*         | ۰/۰۰۰۰۷n.S     |
| رقم * شوری  | ۴۴         | ۰/۷۸۲n.S    | ۰/۳۵n.S     | ۰/۰۰۰۰۱n.S       | ۰/۰۰۰۰۱n.S       | ۰/۰۶۴۹n.S               | ۰/۰۰۲n.S       | ۰/۰۰۰۰۲n.S     |
| خطا         | ۱۱۸        | ۰/۸۰۶       | ۰/۲۴۲       | ۰/۰۰۰۰۲          | ۰/۰۰۰۰۱          | ۰/۰۵۳                   | ۰/۰۰۲          | ۰/۰۰۰۰۱۴       |
| کل          | ۱۷۹        |             |             |                  |                  |                         |                |                |
| CV          | ۳/۲        | ۱۲/۹۲       | ۴/۱۳        | ۴/۵۲             | ۱۲/۹۸            | ۸/۶                     | ۱۳/۶           |                |

n.S: غیر معنی دار

\*\* : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین مؤلفه‌های مورد بررسی در سطوح مختلف شوری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد\*.

| شوری (مگاپاسکال) | طول ریشه‌چه | طول ساقه‌چه | سرعت رشد ریشه‌چه (میلی‌متر در ساعت) | سرعت رشد ساقه‌چه (میلی‌متر در ساعت) | نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه | درصد جوانه‌زنی | سرعت جوانه‌زنی |
|------------------|-------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------|----------------|
| شاهد             | ۵/۷۴        | ۴/۴۳        | ۰/۰۲۱                               | ۰/۰۱۵۸                              | ۱/۳۱                    | ۰/۹۹۱          | ۰/۰۶۵          |
| -۰/۵             | ۵/۱۸        | ۴/۴۹        | ۰/۰۲۰                               | ۰/۰۱۷۵                              | ۱/۱۵                    | ۰/۹۷۵          | ۰/۰۵۸          |
| -۱               | ۳/۰۸        | ۲/۳         | ۰/۰۱۱                               | ۰/۰۰۹۴                              | ۱/۳۹                    | ۰/۹۱۸          | ۰/۰۳۶          |
| -۱/۵             | ۰/۰۰        | ۰/۰۰        | ۰/۰۰                                | ۰/۰۰                                | ۰/۰۰                    | ۰/۰۶۳          | ۰/۰۰۰۸         |
| -۲               | ۰/۰۰        | ۰/۰۰        | ۰/۰۰                                | ۰/۰۰                                | ۰/۰۰                    | ۰/۰۰           | ۰/۰۰           |
| LSD(۰/۰۵)        | ۰/۴۱۹۳      | ۰/۲۲۹       | ۰/۰۰۲۱                              | ۰/۰۰۱۸                              | ۰/۱۰۷                   | ۰/۰۲۳۷         | ۰/۰۰۵۵         |

\* میانگین‌های دارای حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

سطوح شاهد و -۰/۵- مگاپاسکال ضمن حصول حداکثر طول ساقه‌چه، سرعت رشد ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. حال آن که اختلاف این دو سطح در مورد طول ریشه‌چه، نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود. اختلاف این سطوح با تمام سطوح بالاتر شوری و در تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود.

نتایج آنالیز واریانس مطالعه ۶ سطح شوری مورد مطالعه در دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج مویده این بود که در شرایط اعمال دو تیمار دمایی ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد نیز اثر شوری بر صفات مورد بررسی معنی‌دار شد، در حالی که رقم بر هیچ‌کدام از مؤلفه‌های مورد بررسی تأثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل دما و رقم و شوری و رقم نیز تقریباً در تمام موارد (به‌جز اثر متقابل شوری در رقم بر طول ریشه‌چه) معنی‌دار نشد که خود تأییدی بر نتایج ارائه شده در مورد اثر متقابل رقم و شوری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. این در حالی است که اثر متقابل دما و شوری بر تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار شد. دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش طول ریشه‌چه و سرعت رشد ریشه‌چه را به همراه داشت، حال آن‌که دمای ۲۵ درجه

سانتی‌گراد ضمن افزایش طول ساقه‌چه سبب اختلاف معنی‌دار نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه نیز شد (جدول ۴). این مسأله می‌تواند ناشی از تغییر موازنه بین مواد تخصیص یافته به ریشه‌چه و ساقه‌چه باشد. همچنین اختلاف درصد و سرعت جوانه‌زنی در دو دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار نشده است. این مسأله می‌تواند مویده این مطلب باشد که دمای مطلوب جوانه‌زنی کلزا می‌تواند دارای دامنه باشد و یا به عبارتی منحنی پاسخ به دما در این گیاه تنها یک دمای مطلوب ندارد. پوپالا و همکاران (۱۹۹۹) نیز در جریان مطالعه اثرات شوری و دما، دمای مطلوب جوانه‌زنی برای ارقام کلزا در شرایط شاهد را بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که بیشترین مقاومت بذور کلزا به شوری در این محدوده دمایی رخ می‌دهد. سرعت جوانه‌زنی ارقام مورد مطالعه از ۰/۰۳ تا ۰/۰۳۵ (در ساعت) تغییرات داشت و این اختلاف بین هیچ‌کدام از ارقام معنی‌دار نشد (جدول ۵). سرعت جوانه‌زنی در ارقام مورد مطالعه در سری دوم آزمایش‌ها (دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد نیز بین ۰/۰۳۴ تا ۰/۰۴۲ تغییرات داشت که خود تأییدی بر دامنه‌دار بودن دماهای مطلوب جوانه‌زنی در ارقام مورد مطالعه بود (جدول ۶).

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس میانگین مربعات مؤلفه‌های مورد مطالعه در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد.

| منابع تغییر | درجه آزادی | طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) | طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) | نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه | سرعت‌رشد ریشه‌چه (میلی‌متر در ساعت) | سرعت‌رشد ساقه‌چه (میلی‌متر در ساعت) | درصد جوانه‌زنی       | سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) |
|-------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------|
| تکرار       | ۲          | ۱۰۶۷۱**                 | ۱۸/۵۵**                 | ۰/۰۰۴۵**                | ۰/۰۰۰۶**                            | ۹/۷۹ <sup>n.s</sup>                 | ۴/۷۸**               | ۰/۰۰۷۶**                 |
| دما         | ۱          | ۱۶/۳۶**                 | ۰/۰۵۲ <sup>n.s</sup>    | ۰/۰۱۳۲**                | ۰/۰۰۶۶۶**                           | ۱/۷۸ <sup>n.s</sup>                 | ۰/۰۵ <sup>n.s</sup>  | ۰/۰۰۰۳ <sup>n.s</sup>    |
| شوری        | ۵          | ۷۹۱/۲۳**                | ۳۱۸/۳۶**                | ۰/۰۵۱۹**                | ۰/۰۰۳۷**                            | ۳۳/۱۶**                             | ۹/۰۲**               | ۰/۰۰۴**                  |
| رقم         | ۱۱         | ۲/۲۶ <sup>n.s</sup>     | ۱/۶۲ <sup>n.s</sup>     | ۰/۰۰۰۵ <sup>n.s</sup>   | ۰/۰۰۰۴ <sup>n.s</sup>               | ۰/۳۸۱ <sup>n.s</sup>                | ۰/۰۳ <sup>n.s</sup>  | ۰/۰۰۰۲ <sup>n.s</sup>    |
| دما* شوری   | ۵          | ۳۳/۶۸**                 | ۱۱/۱۳**                 | ۰/۰۰۰۴**                | ۰/۰۰۰۳**                            | ۸۳۴۵**                              | ۰/۲۳**               | ۰/۰۰۲۱**                 |
| دما* رقم    | ۱۱         | ۲/۰۰۳ <sup>n.s</sup>    | ۱/۲۷ <sup>n.s</sup>     | ۰/۰۰۰۴ <sup>n.s</sup>   | ۰/۰۰۰۰۳ <sup>n.s</sup>              | ۰/۳۵۴ <sup>n.s</sup>                | ۰/۰۲ <sup>n.s</sup>  | ۰/۰۰۰۱ <sup>n.s</sup>    |
| رقم* شوری   | ۵۵         | ۲/۱۸**                  | ۱/۲ <sup>n.s</sup>      | ۰/۰۰۲۷ <sup>n.s</sup>   | ۰/۰۰۰۰۲ <sup>n.s</sup>              | ۰/۳۳۱ <sup>n.s</sup>                | ۰/۰۱۷ <sup>n.s</sup> | ۰/۰۰۰۱ <sup>n.s</sup>    |
| خطا         | ۳۴۱        | ۱/۷۶                    | ۱/۴                     | ۰/۰۰۰۰۶                 | ۰/۰۰۰۰۲                             | ۰/۴۶۵                               | ۰/۰۲۷۷               | ۰/۰۰۰۱                   |
| کل          | ۴۳۱        |                         |                         |                         |                                     |                                     |                      |                          |
| CV          | ----       | ۳/۷                     | ۴/۶                     | ۵/۹۶                    | ۵/۹۶                                | ۵/۵۴                                | ۱۲/۶                 | ۱۳/۲                     |

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد n.s: غیر معنی‌دار

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین مؤلفه‌های مورد بررسی در دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد.\*

| دما (درجه سانتی‌گراد) | طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) | طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) | نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه | سرعت‌رشد ریشه‌چه (میلی‌متر در ساعت) | سرعت‌رشد ساقه‌چه (میلی‌متر در ساعت) | درصد جوانه‌زنی | سرعت جوانه‌زنی |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|
| ۱۵                    | ۴/۲۲                    | ۲/۵۳                    | ۰/۰۰۹۶                  | ۰/۰۰۵                               | ۱/۱۶۷                               | ۰/۶۳           | ۰/۰۳۷          |
| ۲۵                    | ۳/۸۳                    | ۲/۵۶                    | ۰/۰۲                    | ۰/۰۱۳                               | ۱/۲۹۶                               | ۰/۶۱           | ۰/۰۳۸          |
| LSD(۰/۰۵)             | ۰/۲۵۱۴                  | ۰/۲۲۴                   | ۰/۰۰۱                   | ۰/۱۲۹۲                              | ۰/۰۰۱۵                              | ۰/۰۳۱۵         | ۰/۰۰۲۳         |

\* میانگین‌های دارای حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین مؤلفه‌های مورد بررسی در ارقام مورد مطالعه و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد.\*

| رقم          | طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) | طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) | سرعت‌رشد ریشه‌چه (سانتی‌متر) | سرعت‌رشد ساقه‌چه | نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه | درصد جوانه‌زنی | سرعت جوانه‌زنی |
|--------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------|----------------|----------------|
| آرجی اس ۰۰۳  | ۲/۹۳                    | ۲/۶۷                    | ۰/۰۱۱                        | ۰/۰۱             | ۰/۶۶۳                   | ۰/۵۸۹          | ۰/۰۳۳          |
| آمیگا        | ۲/۸۴                    | ۲/۳۹                    | ۰/۰۱                         | ۰/۰۰۸            | ۰/۷۳۷                   | ۰/۶۱۲          | ۰/۰۳۷          |
| ساریگل       | ۲/۹                     | ۲/۴۲                    | ۰/۰۱                         | ۰/۰۱             | ۰/۷۴۲                   | ۰/۵۸۶          | ۰/۰۳۱          |
| آپشن ۵۰۰     | ۲/۲۸                    | ۲/۰                     | ۰/۰۰۹                        | ۰/۰۰۷            | ۰/۶۸۷                   | ۰/۵۶۲          | ۰/۰۳۰          |
| هایولا ۴۰۱   | ۲/۲۶                    | ۱/۹۱                    | ۰/۰۱۱                        | ۰/۰۰۶            | ۱/۰۳                    | ۰/۵۸۳          | ۰/۰۳۱          |
| هایولا ۶۰    | ۲/۵۰                    | ۱/۸۴                    | ۰/۰۱                         | ۰/۰۰۶            | ۰/۸۶۴                   | ۰/۵۷۴          | ۰/۰۳۲          |
| هایولا ۴۲۰   | ۲/۵۶                    | ۲/۰۹                    | ۰/۰۱                         | ۰/۰۰۸            | ۰/۷۴۶                   | ۰/۶۰۵          | ۰/۰۳۲          |
| هایولا ۳۳۰   | ۲/۹۸                    | ۲/۱۸                    | ۰/۰۱۲                        | ۰/۰۰۸            | ۰/۸۵۶                   | ۰/۵۹۹          | ۰/۰۳۲          |
| هایولا ۳۰۸   | ۲/۹۳                    | ۲/۵۶                    | ۰/۰۱                         | ۰/۰۱             | ۰/۶۹                    | ۰/۶۲۶          | ۰/۰۳۱          |
| کیمبرلی      | ۲/۸۲                    | ۲/۴۵                    | ۰/۰۱                         | ۰/۰۰۹            | ۰/۶۸                    | ۰/۵۹۴          | ۰/۰۳۱          |
| آرجی اس ۳۰۰۶ | ۲/۹۷                    | ۲/۳۲                    | ۰/۰۱۲                        | ۰/۰۰۸            | ۰/۷۹                    | ۰/۵۶۶          | ۰/۰۲۹          |
| اس-۳         | ۲/۶۲                    | ۲/۰۷                    | ۰/۰۱                         | ۰/۰۰۸            | ۰/۷۹                    | ۰/۵۷۸          | ۰/۰۳۵          |
| LSD(۰/۰۵)    | ۰/۶۴۹                   | ۰/۳۵۶                   | ۰/۰۰۳۲                       | ۰/۰۰۲۸           | ۰/۱۶۷                   | ۰/۰۳۶۷         | ۰/۰۰۸۶         |

\* میانگین‌های دارای حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

داده‌های ارائه شده تبدیل درصدی شده‌اند.

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین مؤلفه‌های مورد بررسی در ارقام مختلف در دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد\*.

| رقم          | طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) | طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) | نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه | سرعت رشد ریشه‌چه (میلی‌متر در ساعت) | سرعت رشد ساقه‌چه (میلی‌متر در ساعت) | درصد جوانه‌زنی | سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|--------------------------|
| آرجی اس ۰۰۳  | ۴/۰۴                    | ۲/۶۹                    | ۰/۰۱۴۷                  | ۰/۰۰۸۸                              | ۱/۱۰                                | ۰/۶۴           | ۰/۰۳۹۷                   |
| آمیکا        | ۳/۷                     | ۲/۴۶                    | ۰/۰۱۵۰                  | ۰/۰۰۹۱                              | ۱/۲۵                                | ۰/۶۳۵          | ۰/۰۳۸۶                   |
| ساریگل       | ۴/۱۱                    | ۳/۰۰۱                   | ۰/۰۱۵۸                  | ۰/۰۱۱۶                              | ۱/۱۸                                | ۰/۶۳۴          | ۰/۰۳۹۴                   |
| آپشن ۵۰۰     | ۳/۹                     | ۲/۳۲                    | ۰/۰۱۴۷                  | ۰/۰۰۸                               | ۱/۲۰                                | ۰/۵۹۲          | ۰/۰۳۵۸                   |
| هایولا ۴۰۱   | ۴/۲۶                    | ۲/۳۵                    | ۰/۰۱۷۲                  | ۰/۰۰۸۸                              | ۱/۴۷                                | ۰/۶۲۶          | ۰/۰۳۷۲                   |
| هایولا ۶۰    | ۴/۱۶۷                   | ۲/۷۸                    | ۰/۰۱۵۲                  | ۰/۰۱۰۵                              | ۱/۱۸                                | ۰/۶۴۵          | ۰/۰۴۰۵                   |
| هایولا ۴۲۰   | ۳/۸                     | ۲/۴۳                    | ۰/۰۱۴۷                  | ۰/۰۰۸۸                              | ۱/۱۹                                | ۰/۶۱۸          | ۰/۰۳۸۶                   |
| هایولا ۳۳۰   | ۴/۱۲۵                   | ۲/۵                     | ۰/۰۱۵۲                  | ۰/۰۰۸۶                              | ۱/۲                                 | ۰/۶۹۱          | ۰/۰۴۲۲                   |
| هایولا ۳۰۸   | ۴/۱۱۸                   | ۲/۶۲                    | ۰/۰۱۵۲                  | ۰/۰۰۹۱                              | ۱/۲                                 | ۰/۶۴۰          | ۰/۰۳۸۸                   |
| کیمبرلی      | ۳/۵۲                    | ۲/۳۳                    | ۰/۰۱۲۷                  | ۰/۰۰۸۶                              | ۱/۰۹                                | ۰/۵۸۶          | ۰/۰۳۴۱                   |
| آرجی اس ۳۰۰۶ | ۴/۰۲                    | ۲/۳۷                    | ۰/۰۱۵۵                  | ۰/۰۰۷۵                              | ۱/۳۵                                | ۰/۵۷۷          | ۰/۰۳۶۱                   |
| اس-۳         | ۴/۴۷                    | ۲/۶۹                    | ۰/۰۱۶۶                  | ۰/۰۰۹۱                              | ۱/۲۷                                | ۰/۵۹۳          | ۰/۰۳۴۷                   |
| LSD(۰/۰۵)    | ۰/۶۱۵                   | ۰/۵۴۸                   | ۰/۰۰۲۵                  | ۰/۳۱۶۴                              | ۰/۰۰۳۷                              | ۰/۰۷۷۲         | ۰/۰۰۵۷                   |

\* میانگین‌های دارای حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

داده‌های ارائه شده تبدیل درصدی شده‌اند.

دلیل بالابودن سطوح شوری مورد استفاده در مقایسه با سطوح تحمل بسیاری از گیاهان زراعی است.

روند تغییرات درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری و در دماهای مورد مطالعه (شکل ۱- الف و ب) به خوبی نشان می‌دهد که دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد سبب حصول بالاترین درصد جوانه‌زنی گردیده و با افزایش یا کاهش ۵ درجه‌ای دما علاوه بر کاهش درصد جوانه‌زنی، آستانه مقاومت به شوری نیز به سطوح پایین‌تر منتقل شده است، به نحوی که افت ناگهانی درصد جوانه‌زنی در تیمار ۲۰ درجه سانتی‌گراد از پتانسیل ۱- به بعد رخ داده، حال آن‌که این آستانه در دمای ۲۵ درجه به پتانسیل ۰/۵- و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به پتانسیل اسمزی ۰/۷۵- مگاپاسکال منتقل شده است. این مساله به خوبی موید این واقعیت است که افزایش دما دارای اثرات تشدیدکنندگی روی بروز اثرات مخرب ناشی از تنش شوری است، به نحوی که در

اطلاعات ارائه شده در مورد درصد جوانه‌زنی نیز موید این مطلب است، به نحوی که میانگین درصد جوانه‌زنی در ارقام مورد مطالعه و در تمام دماهای مورد مطالعه از دامنه کمی برخوردار است (جدول ۶).

جدول‌های مقایسه میانگین در دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد که با افزایش شوری از ۰/۷۵- مگاپاسکال به بالا افت قابل توجهی در تمام صفات رخ می‌دهد، اگرچه در سطوح شوری ۰/۵- و ۰/۷۵- مگاپاسکال نیز در اغلب موارد اختلاف معنی‌دار است، ولی درصد افت به اندازه سطوح شوری بالاتر از ۰/۷۵- مگاپاسکال نیست (جدول ۷).

اختلاف معنی‌دار بین سطوح شوری (به جز موارد اندکی که اختلاف بین ۰/۷۵- و ۱- معنی‌دار نشده است) نشان از حساسیت بالای ارقام مورد مطالعه کلزا به افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از افزایش شدت شوری دارد. البته این به معنای عدم تحمل کلزا به شوری نیست، بلکه به

دماهای بالا، سطوح پایین‌تر شوری خطرآفرین نشان می‌دهند. این نتایج نشان می‌دهند که دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد سبب بروز بیشترین مقاومت به شوری شده است. به تشدید اثرات ناشی از تنش شوری در دماهای بالاتر از دمای بهینه در بسیاری از تحقیقات دیگر نیز اشاره شده است (دلسال و بلوم، ۱۹۹۴؛ دویلیرز و همکاران، ۱۹۹۴؛ خان و اونگار، ۱۹۹۸؛ آیزی و همکاران، ۲۰۰۲؛ خان و همکاران، ۲۰۰۲). خان و اونگار (۱۹۹۷ و ۱۹۹۸) به اثر متقابل شوری و دما در تغییر سرعت جوانه‌زنی و درصد نهایی جوانه‌زنی اشاره کرده و علت احتمالی آن را اثر فتوشیمیایی شوری (اثرات اسمزی و سمیت یونی) بر مؤلفه‌های مذکور دانسته‌اند. ولبام و همکاران (۱۹۹۶) بیان داشتند که تنش شوری جوانه‌زنی بذر را از طریق اثرات اسمزی تحت تأثیر قرار می‌دهد.

از سویی در سطوح پایین‌تر شوری (بین شاهد تا ۰/۵- مگاپاسکال) سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد از ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد کمتر است. این مسئله تأیید مجددی بر این موضوع است که دمای بهینه جوانه‌زنی کلزا بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارد. شکل ۱ مویده آن است که اثرات دما در سطوح پایین‌تر بارزتر است و با افزایش سطوح شوری از اثرات دما نیز کاسته می‌شود. بالاتر بودن درصد جوانه‌زنی در شرایط شاهد در دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نیز می‌تواند تأییدی برای قرارگرفتن دمای بهینه جوانه‌زنی کلزا در محدوده ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد و تکمیل‌کننده نتایج پوپالا و همکاران (۱۹۹۹) باشد.

روند تغییرات طول ساقه‌چه در سطوح مختلف شوری نشان داد که دماهای مختلف، سبب بروز اختلاف قابل توجه نشده‌اند، اما کاهش طول ساقه‌چه از پتانسیل ۰/۵- مگاپاسکال به بعد کاملاً بارز است. (شکل ۱، ج و د)، اما تأثیر دما بر سرعت رشد ساقه‌چه کاملاً بارز بود، به نحوی که دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در تمامی سطوح شوری بیشترین سرعت رشد گیاهچه را سبب شد و دماهای ۲۰

و ۱۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب بعد از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد دارای بالاترین سرعت رشد ساقه‌چه بودند. همچنین با افزایش سطوح شوری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش قابل توجهی در سرعت رشد ساقه‌چه رخ داد، در حالی که افت شدید سرعت رشد ساقه‌چه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در پتانسیل ۰/۵- مگاپاسکال و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد از پتانسیل ۰/۷۵- به بعد رخ داد. این یافته نیز نشان داد که دمای بالا دارای اثرات سینرژیستیک در بروز اثرات شوری است که با نتایج آیزی و همکاران (۲۰۰۲) و خان و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد. بالاتر بودن سرعت رشد ساقه‌چه نیز به دلیل ماهیت وابسته به دمای سرعت رشد است.

تغییرات طول ریشه‌چه در سطوح مختلف شوری روند مشخصی نشان نداد، اما بالاتر بودن سرعت رشد ریشه‌چه در سطوح پایین‌تر شوری در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌تواند نشان‌دهنده این مسئله باشد که اثرات شوری بر طول ریشه‌چه در دماهای بالاتر تشدید شده است، اما سرعت رشد ریشه‌چه در سطوح مختلف شوری و دماهای مختلف از روند مشابه با سرعت رشد ساقه‌چه تبعیت نمود، به نحوی که در تمام سطوح شوری، سرعت رشد ریشه‌چه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از سرعت رشد ریشه‌چه در دمای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین شیب کاهش سرعت رشد ریشه‌چه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بسیار بیشتر از شیب متناظر در دو دمای پایین‌تر بود که خود تأیید مجددی بر اثرات افزایشی دماهای بالا بر بروز اثرات شوری یا به عبارتی اثرات دماهای پایین بر تخفیف اثرات شوری است. اگرچه مؤلفه‌های مختلف مرتبط با ریشه‌چه و ساقه‌چه به اشکال و شدت‌های مختلف تحت تأثیر شوری و دما قرار گرفتند، اما در مجموع نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه روند مشخصی نشان نداد.

نتایج نهایی این تحقیق نشان داد که در تمام ارقام مورد تحقیق، کلیه صفات مورد بررسی از جمله درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول



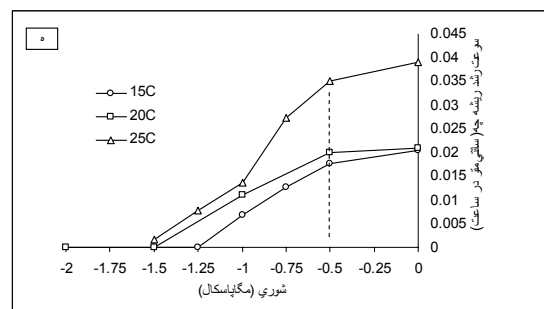
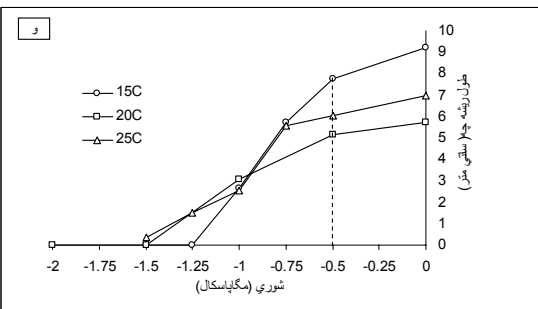
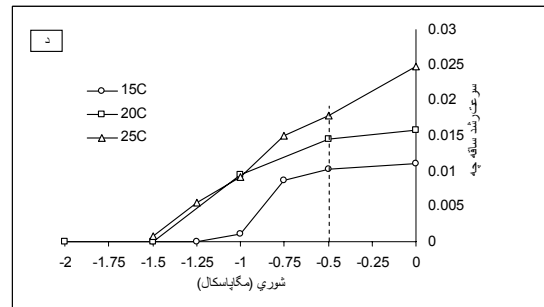
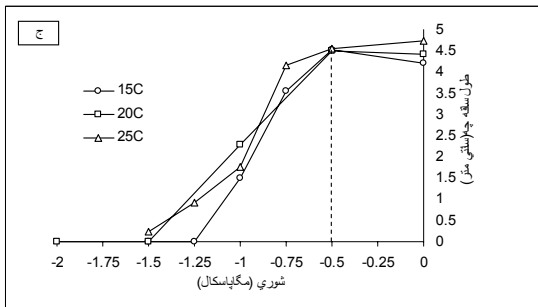
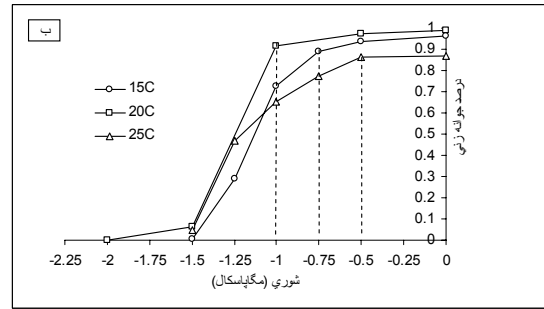
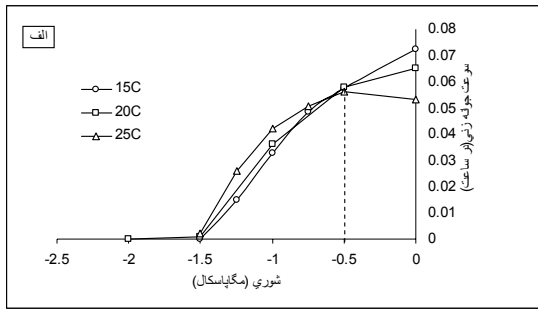
ریشه‌چه، سرعت رشد ساقه‌چه و سرعت رشد ریشه‌چه تحت تأثیر معنی‌دار سطوح شوری قرار گرفتند، اما اختلاف بین ارقام در بسیاری از موارد معنی‌دار نشد. این مسأله می‌تواند بیانگر اختلاف اندک ارقام مورد مطالعه از لحاظ تحمل به شوری باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که در مورد اغلب صفات نظیر سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، سرعت رشد ساقه‌چه و سرعت رشد ریشه‌چه، EC معادل ۸/۵۷ دسی‌زیمنس بر متر (پتانسیل ۰/۵- مگاپاسکال) به‌عنوان هدایت الکتریکی آستانه برای ارقام مورد مطالعه عمل می‌کند و در EC فراتر از ۸/۵۷ دسی‌زیمنس بر متر مقدار این شاخص‌ها به شدت کاهش می‌یابد. مث (۱۹۸۶) و شانون (۱۹۹۷) آستانه پاسخ به شوری را در کلزا معادل ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر گزارش نموده‌اند که با نتایج این تحقیق منطبق است (شکل ۱). همچنین تحقیق حاضر نشان داد که آستانه پاسخ به شوری درصد جوانه‌زنی می‌تواند بسته به دما بین ۸/۵۷ تا ۱۷/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تغییر کند، به نحوی که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد آستانه به ۸/۵۷ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت، حال آن‌که آستانه پاسخ برای دماهای ۲۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب برابر ۱۲/۸۶ و ۱۷/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. براساس تقسیم‌بندی انجام شده توسط مث (۱۹۸۶) و شانون (۱۹۹۷) کلزا در رده گیاهان متحمل به شوری قرار دارد. نتایج سایر تحقیقات نشان داده که در EC معادل ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر کلزا دچار کاهش ۵۰ درصدی عملکرد می‌شود (کافی و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین نتایج مویید این بود که افزایش دما از یک حد مطلوب به شکل سینرژستیک (افزایشی) موجب تشدید اثرات مخرب شوری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی کلزا می‌شود، یا به عبارتی دماهای پایین‌تر تخفیف اثرات شوری را بر روی مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذور کلزا به همراه دارند. اثرات سینرژستیک افزایش دما روی تشدید اثرات شوری در بسیاری از گیاهان و به‌ویژه در بسیاری از

هالوفیت‌ها (دلسال و بلوم، ۱۹۹۴؛ دوپلیرز و همکاران، ۱۹۹۴؛ خان و اونگار، ۱۹۹۸؛ آیازی و همکاران، ۲۰۰۲؛ خان و همکاران) نیز به اثبات رسیده است.

آستانه پاسخ به شوری نیز در ارقام مورد مطالعه به دما و صفت مورد مطالعه بستگی داشت. این آستانه برای سرعت رشد ریشه‌چه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، و سرعت رشد ساقه‌چه در تمام دماهای مورد مطالعه برابر ۰/۵- مگاپاسکال (۸/۵۷ دسی‌زیمنس) بود (شکل ۱ به جز شکل ۱-ب)، در حالی‌که آستانه پاسخ به شوری درصد جوانه‌زنی بسته به دما متفاوت بود، به نحوی که این آستانه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برابر ۰/۵-، در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد برابر ۰/۷۵- و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد برابر ۱- مگاپاسکال بود (شکل ۱-ب). همچنین مشخص شد که ارقام کلزای مورد مطالعه در پتانسیل اسمزی فراتر از ۲- مگاپاسکال جوانه نمی‌زنند و در شرایط ۱/۵- مگاپاسکال نیز تولید ریشه‌چه و ساقه‌چه نمی‌کنند.

همچنین نتایج نشان داد که به احتمال زیاد دمای مطلوب جوانه‌زنی ارقام کلزای مورد مطالعه بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارد و فاصله گرفتن از دمای مطلوب سبب بروز اثرات متفاوتی روی مؤلفه‌های وابسته به جوانه‌زنی کلزا می‌گردد.

جهت تعمیم‌پذیر شدن نتایج این تحقیق توصیه می‌شود که سطوح شوری اعمال‌شده در کنار تیمارهای دمایی مورد بررسی برای مراحل مختلف نمو کلزا (و به‌ویژه سبز شدن گیاهچه) مورد آزمون قرار گیرند و ضمن بررسی مؤلفه‌های بیشتر، بهترین رقم (که هدف این تحقیق نبوده) انتخاب و معرفی شود. بی‌شک تجزیه کلاستر می‌تواند در این زمینه مفید واقع شود. همچنین توصیه می‌شود که جهت تعیین دلایل بروز پاسخ‌های مشاهده شده، آنالیزهای بیوشیمیایی، نظیر آنالیز یون‌ها نیز در تحقیقات بعد منظور گردند.



شکل ۱- روند تغییرات مؤلفه‌های جوانه‌زنی مورد مطالعه در سطوح مختلف دما و شوری؛ سرعت جوانه‌زنی (الف)، درصد جوانه‌زنی (ب)، طول ساقه‌چه (ج)، سرعت رشد ساقه‌چه (د)، طول ریشه‌چه (و)، سرعت رشد ریشه‌چه (ه).

گنبد کاووس به خاطر در اختیار قرار دادن بذور ارقام مورد مطالعه سپاسگزاری می‌نمایم.

## سپاسگزاری

از زحمات آقای مهندس ابوالفضل فرجی عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان

## منابع

1. Aiuzzi, M.T., Carpane, P.D., Rienzo, J.A., and Arguello, J.A. 2002. Effects of salinity and temperature on the germination and early seedling growth of *Atriplex cordobensis* Gandoger et Stuckert (Chenopodiaceae). *Seed Science and Technology*. 30: 329–338.
2. Baldwin, A.H., McKee, K.L., and Mendelsohn, I.A. 1996. The influence of vegetation, salinity and inundation on seed banks of oligohaline coastal marshes. *American Journal of Botany*. 83: 470-79.
3. De Villiers, A.J., Van Rooyen, M.W., Theron, G.K., and Van de Venter, H.A. 1994. Germination of three Namaqualand pioneer species, as influenced by salinity, temperature and light. *Seed Science and Technology* 22, 427–433.
4. Delesalle, V.A., and Blum, S. 1994. Variation in germination and survival among families of *Sagittaria latifolia* in response to salinity and temperature. *International Journal of Plant Sciences*. 155: 187–195.
5. Grieve, C.M., and Suarez, D.L. 1997. purslane (*Portulaca oleracea L.*): a halophytic crop for drainage water reuse system. *Plant Soil*. 192: 277-283.

6. Gul, B., and Weber, D.J. 1999. Effect of salinity, light, and temperature on germination in *Allenrolfea occidentalis*. Canadian Journal of Botany. 77: 240-46.
7. Gulzar, S., and Khan, M.A. 2001. Seed germination of a halophytic grass *Aeluropus lagopoides*. Annals of Botany. 87: 319-24.
8. Jamil, M., Chun Lee, Ch., Ur Rehman, Sh., Bae Lee, D., Ashraf, M., and Shik Rha, E. 2005. Electronic Journal of Environment, Agriculture and Food Chemistry. 4(4): 970-976.
9. Kafi, M., Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A. 2003. Crop responses to environment. Edited by A. E. Hall. (Translated book), Ferdowsi University of Mashhad Press, 372 p.
10. Khan, M., and Ungar, I.A. 1994. The effect of salinity and temperature on the germination of polymorphic seeds and growth of *Atriplex triangularis* Willd. American Journal of Botany. 71: 481-489.
11. Khan, M., and Ungar, I.A. 1997. Effect of thermoperiod of recovery of seed germination of halophytes from saline conditions. Annals of Botany. 84: 279-283.
12. Khan, M., and Ungar, I.A. 1998. Germination of the salt tolerant shrub *Suaeda fructicosa* from Pakistan: Salinity and temperature responses. Seed Science and Technology. 26: 657-667.
13. Khan, M.A., Gul, B., Weber, D.J. 2000. Germination responses of *Salicornia rubra* to temperature and salinity. Journal of Arid Environments. 45: 207-214.
14. Khan, M.A., Gul, B., and Weber, D.J. 2002. Seed germination in relation to salinity and temperature in *Sarcobatus vermiculatus*. Biologia Plantarum. 45: 133-135.
15. Khan, M.A., and Ungar, I.A. 1998. Seed germination and dormancy of *Polygonum aviculare* L. as influenced by salinity, temperature, and gibberellic acid. Seed Science and Technology. 26: 107-117.
16. Khan, M.A., and Ungar, I.A. 2001. Alleviation of salinity stress and the response to temperature in two seed morphs of *Halopyrum mucronatum* (Poaceae). Australian Journal of Botany. 49: 777-78.
17. Leilah, A.A., Al-Thabet, S.S., and Al-Hawass, I. 2004. Effect of NaCl and incubation temperature on seed germination of three canola (*Brassica napus* L.) cultivars.
18. Maas, E.V., and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance: current assessment. Journal of Irrigation. Drainage Div., Am. Soc. Civ. Eng. 103: 115-134.
19. Mariko, S., Kachi, N., Ishikawa, S., and Furukawa, A. 1992. Germination ecology of coastal plants in relation to salt environment. Ecological Research. 7: 225-233.
20. Mass, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. Applied Agricultural Research. 1: 12-26.
21. Munns, R., and Termaat, A. 1986. Whole-plant responses to salinity. Australian Journal of Plant physiology. 13: 143-160.
22. Neumann, P.M. 1995. Inhibition of root growth by salinity stress: Toxicity or an adaptive biophysical response. In: Baluska, F., Ciamporova, O., Barlow, P.W. (eds). Structure and Function of Roots. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. Pp: 299-304.
23. Puppala, N., Flower, J.L., Poindexter, L., and Bhardwaj, H.L. 1999. Evaluation of salinity tolerance of canola germination. p. 251-253. In: J. Janic (ed.), Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.
24. Shannon, M.C. 1977. Adaptation of plants to salinity. Advances in Agronomy. 60: 75-120.
25. Ungar, I.A. 1995. Seed germination and seed-bank ecology in halophytes. Seed development and germination. Edited by Kigel, J., and Galili, G. De. Marcel Dekker, Inc. 99-628.
26. Ungar, I. A. 1995. Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. In: Kigel, J., Galili, G. (Eds.), Seed Development and Germination. Marcel Dekker Inc., New York, pp. 599-629.
27. Zenali, E., Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Germination components response of canola seeds to salinity stress. Iranian Agricultural Science, 33(1): 137-145.
28. Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance. Trends Plant Science. 6: 66-71.

## **The Study of Temperature and Salinity Effects on germination Components of Canola Cultivars**

**\*B.Kamkar<sup>1</sup>, H. Ghaffari<sup>2</sup> and M. Entesari<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof. Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran,  
<sup>2</sup>B.Sc. students Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

---

---

### **Abstract**

In order to study the effects of different NaCl concentrations on germination components of 12 canola cultivars in three constant temperatures (15, 20 and 25°C) two experiment sets were used with CRBD design in three replications. The first one was done at 20°C with 5 osmotic potentials (including 0, -0.5, -1, -1.5 and -2 Mpa) to evaluate response range of cultivars to salinity. The second one, was designed with two constant temperatures (15 and 25°C) and six osmotic potentials (0, -0.5, -0.75, -1, -1.25 and -1.5 Mpa equal to zero, 8.57, 12.56, 17.14, 21.43 and 25.72ds/m) to evaluate the effects of salinity and temperature levels on germination components. Results indicated that all studied components including germination percentage, germination rate, radicle and shoot length and radicle and shoot growth rate were affected significantly in all cultivars by salinity, but mean values for studied cultivars were not significant. This revealed that tolerance to salinity in all studied varieties is almost same. Also, results confirmed that 8.57 ds/m (-0.5 Mpa) can be considered as salinity tolerance threshold for most of studied components such as germination rate, shoot length, shoot growth rate and radicle growth rate. Also results showed that salinity tolerance threshold can vary from 8.57 to 17.14 ds/m (-0.5 to -1 Mpa), depend upon exposed temperatures. Also, increasing of temperature over than optimum temperature can result in synergistic effects with salinity levels to increase detrimental effects of salinity. Our results showed that optimum temperature for canola germination can be in a range of 15 to 20°C and distancing form optimum temperature can be a cause of different responses in respect to germination components in canola.

**Keywords:** Canola; Salinity; Temperature; Germination