علوم و تحقیقات بذر ایران
سال نهم/ شماره چهارم/ ۱۴۰۱ (۷۴ - ۵۹)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2023.6171

بررسی تأثیر شوری و دما بر شاخص‌های جوانه‌زنی، رشد گیاه‌چه و روابط یونی در کرچک (*Ricinus communis* L.)

رویا صیادی[1*]، اسمعیل نبی‌زاده[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر شوری و دما بر جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و روابط یونی در کرچک آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل شش سطح شوری (صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و چهار سطح دمایی شامل ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس بود. در این تحقیق درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین مدت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه، سدیم اندام هوایی و ریشه، پتاسیم اندام هوایی و ریشه و نسبت سدیم به پتاسیم ساقه‌چه اندازه‌گیری شد. با افزایش سطح شوری از کلیه شاخص های جوانه‌زنی کاسته شد، اما شوری نسبت ریشه‌چه به ساقه چه و مدت زمان جوانه‌زنی را افزایش داد. در این بررسی با افزایش سطح شوری بر مقدار سدیم اندام هوایی، سدیم ریشه و نسبت سدیم به پتاسیم افزوده شد. همچنین با افزایش سطح شوری به‌صورت همزمان از مقدار پتاسیم ریشه و اندام هوایی کاسته شد. نتایج نشان داد دمای ۲۰ درجه سلسیوس بالاترین سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه را به خود اختصاص داد. در این بررسی با افزایش سطح شوری بر مقدار سدیم اندام هوایی، سدیم ریشه و نسبت سدیم به پتاسیم افزوده شد، همچنین با افزایش سطح شوری به‌صورت همزمان از مقدار پتاسیم ریشه و اندام هوایی کاسته شد. با افزایش دما از مقدار پتاسیم گیاه کاسته و بر مقدار سدیم افزوده شد.

واژه‌های کلیدی: تنش اسمزی، ریشه‌چه، گیاه‌چه، محتوای سدیم

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران. roya-sayadi5556@gmail.com
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران. nabizadeh.esmaeil@gmail.com
*نویسنده مسئول: roya-sayadi5556@gmail.com

مقدمه

کرچک *Ricinus communis* L. متعلق به تیره فرفیون است که در مناطق گرمسیری رشد می‌کند و منشاء آن غرب آفریقاست (Anjani, 2012). این گیاه علاوه بر پتانسیل بالا در تولید سوخت زیستی، به‌دلیل ویژگی‌های پروتئینی و روغنی، کاربردهای صنعتی و دارویی بسیاری دارد که از مایع و روان کننده‌های صنعتی سازگار با محیط زیست تا مایع عایق برای استفاده‌های الکتریکی مانند مبدل‌ها و ماده افزودنی در آسفالت را شامل می شود (Metzger and Bornscheuer, 2006). بر اساس گزارش فائو مقدار سطح زیر کشت کرچک در سال ۲۰۱۶ در جهان برابر ۱/۱۶۸ میلیون هکتار و مقدار تولید بذر آن ۴۲/۷۱ میلیون تن بود. سطح زیر کشت کرچک در ایران برابر ۱۱/۰۲ هزار هکتار و میزان تولید آن ۳۴۶ هزار تن می‌باشد.

در این راستا شوری خاک بر رشد و نمو گیاهان اثر منفی دارد و یکی از مهم‌ترین مشکلات جهانی است که بهره‌وری محصول را کاهش می‌دهد. تخمین زده شده است که در جهان حدود هشت میلیون هکتار از اراضی (شش درصد از کل مساحت زمین) و ۵۰ درصد از اراضی قابل کشت در جهان در معرض تهدید شوری قرار دارند (Parihar *et al*., 2015; Charfeddine *et al*., 2019). در ایران خاک‌های با شوری کم تا متوسط ۲۵/۵ میلیون هکتار و خاک‌های با شوری بالا ۸/۵ میلیون هکتار برآورد شده‌اند (Mohammadi *et al*., 2019). تنش شوری منجر به تنش یونی و تنش اسمزی در سلول‌های گیاهی می‌شود. همچنین شوری با تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) باعث ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود که در غلظت‌های بالا برای سلول‌های گیاهی سمی هستند (Bündig *et al*., 2016). در بسیاری از گیاهان زراعی مرحلهٔ جوانه‌زنی و رشد ابتدایی گیاهچه از مراحل حساس نسبت به تنش‌های محیطی است. افزایش غلظت اسمزی، میزان آب قابل دسترس را کاهش می‌دهد، اما حضور یون‌های خاصی مانند سدیم و منیزیم بیش از قابلیت دسترسی به آب، جوانه‌زدن را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Ghasemi *et al*., 2014). هر یک از مراحل رشد گیاه به دمای بهینهٔ متفاوتی نیاز دارد.

یکی از مراحلی که به دمای خاک بسیار حساس است، مرحلهٔ جوانه‌زنی بذر است. بسیاری از گیاهان علفی یک‌ساله به دمای معینی از خاک نیاز دارند تا جوانه‌زنی آن‌ها آغاز شود، که همین امر دلیل تفاوت بین گونه‌های علفی است که در اوایل و اواخر فصل در اراضی کشاورزی می‌رویند (Brady and Weil, 2002). دما عامل مهمی در تعیین درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر در خاک‌های شور است. اگر چه شوری بالا ممکن است جوانه‌زنی را محدود کند، عموماً اثرات زیانبار شوری در دماهای بهینه کاهش می‌یابد (Khan *et al*., 2002). اثر متقابل شوری و دما ممکن است اثرات اکوفیزیولوژی مهمی بر جوانه‌زنی بذر در شرایط مزرعه داشته باشد (Ungar, 1995). چون این دو فاکتور در تعیین تحمل به شوری گیاهان در طول جوانه‌زنی بذر نقش دارند (Al-Khateeb, 2006).

در مطالعه‌ای بر روی توده‌های کنجد (*Sesamum indicum*) بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی توده‌های کنجد در پتانسیل‌های شوری صفر تا ۴- بار و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس مشاهده شد، که با کاهش دما از مقدار این صفت به‌طور معنی‌داری کاسته شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین تحمل به شوری در توده‌های کنجد در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد و افزایش دما به بیش‌تر از ۱۵ درجه سلسیوس به‌طور معنی‌داری اثرات منفی ناشی از شوری را کاهش داد (Izadi-Darbandi *et al*., 2012). مطالعهٔ اثرات توأم شوری و دما بر جوانه‌زنی زیره نشان داده است که با افزایش تنش شوری، درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. در همهٔ سطوح شوری با افزایش دما درصد جوانه‌زنی افزایش یافت و در دمای بین ۴ تا ۱۰ درجهٔ سلسیوس به حداکثر خود رسید. بر اساس این گزارش سرعت جوانه‌زنی در محدودهٔ دمایی فوق، آستانهٔ بالاتری از شوری (بیش از ۵ دسی-زیمنس بر متر) را تحمل خواهد کرد (Hashemi *et al*., 2009). قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al*., 2014) در گیاه زوفا نشان دادند که بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی به تیمار کلرید کلسیم و پتانسیل اسمزی ۳- بار با دمای ۲۵ درجه سلسیوس اختصاص داشت. در مطالعه آن‌ها بیش‌ترین طول ریشه‌چه و بنیه بذر نیز در تیمار کلرید کلسیم و پتانسیل اسمزی ۳- بار با دمای ۲۰ درجه سلسیوس مشاهده شد،

همچنین بیش‌ترین طول ساقه‌چه در تیمارهای کلرید سدیم و کلرید کلسیم با پتانسیل اسمزی شاهد (آب مقطر) و دمای ۳۰ درجه سلسیوس وجود داشت. آن‌ها همچنین اظهار داشتند با افزایش پتانسیل اسمزی و نیز دمای بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس همه صفات در هر دو محلول نمک به‌طور معنی‌داری کاهش نشان دادند.

با توجه به رشد روز افزون خاک‌های شور به‌واسطه آبیاری و کوددهی نامناسب تحقیق حاضر با هدف بررسی پاسخ مؤلفه‌های جوانه‌زنی و یونی گیاه کرچک به سطوح مختلف شوری و دماهای مختلف و بررسی برهم‌کنش دما و شوری بر موفقیت بذور این گیاه در جوانه‌زنی و مؤلفه‌های مرتبط با آن در شرایط آزمایشگاهی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌منظور ارزیابی تأثیر شوری و سطوح مختلف دمایی روی برخی ویژگی‌های رشد گیاهچه کرچک در آزمایشگاه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. طرح آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار بود. تیمارهای آزمایشی شامل شش سطح شوری (صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و چهار سطح دمایی شامل ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس بود. رقم کرچک مورد استفاده در این مطالعه رقم ارومیه بود. این رقم پابلند، دارای رنگ پهنک و دمبرگ سبز رنگ، با بریدگی عمیق، لوب‌های پهنک، خوشه سبز رنگ، تراکم خوشه متوسط، متوسطرس و طول دوره گلدهی متوسط است (Mousavi *et al*., 2015).

در تحقیق حاضر بذرها پس از ضد عفونی با محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد، به‌مدت یک دقیقه دوبار با آب مقطر شست وشو شدند. پس از اطمینان از عدم درمانسی یا خواب بذور تعداد ۵۲ عدد بذر به‌صورت جداگانه در ظروف پلاستیکی (چهار ظرف برای هر تیمار با درپوش غیر قابل نفوذ نسبت به هوا که حاوی شن شسته‌شده خشک بودند مورد کشت قرار گرفتند. آزمایش در اتاقک رشد با دوره نوری ۱۲: ۱۲ (تاریکی:روشنایی) با شدت نور ۲۵۰۰ لوکس در چهار دما (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سلسیوس) انجام شد. ظروف با یکی از شش محلول صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مرطوب شدند. هر روز تعداد بذور جوانه‌زده شمارش شدند (تا ۲۱ روز) و به هنگام شمارش نیز بذوری جوانه‌زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها حداقل دو میلی‌متر بود. شمارش تا هنگامی که افزایشی در تعداد بذور جوانه‌زده مشاهده نشد، ادامه یافت در این دوره درصد جوانه-زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری شدند.

بعد از اتمام این دوره سرعت جوانه‌زنی بر اساس رابطه (۱) اندازه‌گیری شد (Mazaheri and HosseiniMajnon, 2002).

$$GR = n/\sum Dn$$ رابطه (۱)

GR، سرعت جوانه‌زنی

n، تعداد کل روزهای آزمایش

Dn، تعداد بذور جوانه‌زده در روز nام

در پایان آزمون در هر تیمار و تکرار تعداد کل بذرهای جوانه‌زده شمارش گردید. درصد جوانه‌زنی از تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز آخر شمارش به تعداد کل بذور مورد آزمایش به‌دست آمد (Mazaheri and Hosseini-Majnon, 2002).

میانگین مدت جوانه‌زنی (MGT): با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید (Mazaheri and Hosseini-Majnon, 2002).

$$MGT = \sum Dn / \sum n$$ رابطه (۲)

در این رابطه D تعداد روزها پس از آزمون جوانه‌زنی و n تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز D می‌باشد.

جهت اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه از کولیس با دقت یک دهم میلی‌متر و برای توزین وزن تر گیاهچه‌ها از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم استفاده گردید. اندام-های هوایی دو بار در آب مقطر شسته شدند. برای شست و شوی ریشه‌ها نیز از محلول سوربیتول (پنج درصد) استفاده شد. جهت تعیین وزن خشک ریشه و اندام هوایی، این اندام‌ها به‌طور جداگانه در داخل پاکت به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سیلسیوس در داخل آون الکتریکی قرار داده شدند. جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی ریشه و اندام‌های هوایی به-صورت جداگانه به‌مدت ۷۲ ساعت درون آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشک و سپس پودر شده و یک گرم از نمونه

درون کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به‌مدت چهار ساعت قرار گرفت تا بافت به خاکستر کاملاً سفید تبدیل شود. برای اندازه‌گیری غلظت سدیم و پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر (مارک ENWAY، ساخت کشور انگلستان) استفاده شد و بر حسب میلی‌گرم در یک گرم ماده خشک محاسبه شد. در نهایت قبل از انجام تجزیه واریانس جهت برقراری مفروضات تجزیه واریانس در مورد صفاتی که از شمارش حاصل شده بودند و یا به‌صورت درصد بودند تبدیل داده (تبدیل آرکسینوس) صورت گرفت. سپس داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 تجزیه واریانس گردید و همچنین مقایسه میانگین صفات مورد بررسی توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر ساده شوری بر کلیه صفات مورد بررسی به غیر از سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر ساده دما نیز بر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، میانگین مدت جوانه‌زنی، نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد و بر سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، و پتاسیم اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل دما در شوری بر صفات غلظت پتاسیم ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد و سدیم اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

درصد، سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی

نتایج مقایسات میانگین نشان داد که سطوح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار از نمک مورد مطالعه سبب کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی شد. در این بررسی سطوح شاهد و ۴۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب با متوسط ۹۴/۶۲ و ۷۹/۶۱ درصد بیش‌ترین و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

در بررسی اثر سطوح شوری بر مدت زمان جوانه‌زنی، مشاهده شد که با افزایش سطح شوری بر مدت زمان جوانه‌زنی افزوده شد (جدول ۲). آستانه تحمل به شوری را در کرچک ۲۰۰ میلی‌مولار گزارش کرده اند که این مقدار بسیار بالاتر از گندم (۶۰ میلی‌مولار Nacl)، جو (۶۰ میلی‌مولار Nacl) و بسیاری از گیاهان زراعی است (Grieve *et al.*, 2012) همان‌طور که در بررسی حاضر مشاهده می‌شود، سطوح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار به‌صورت معنی‌داری شاخص‌های جوانه‌زنی را کاهش دادند.

علت کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش شوری را می‌توان به حضور بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها نسبت داد که علاوه بر ایجاد سمیت با توجه به قابل انحلال‌بودن آن‌ها در آب، پتانسیل آب را نیز کاهش می‌دهند، به‌طوری‌که علی‌رغم وجود آب در محیط به‌علت این‌که ظرفیت واکنش آن‌ها در اشغال یون‌های موجود، قرار می‌گیرد، گیاه قادر به جذب آب نبوده و با نوعی تنش آب مواجه می‌شود (Smith and Dobrenz, 1987). افزایش بیش از حد جذب یون‌های سدیم و کلر حین شوری، سبب ایجاد سمیت ویژه یونی (Nabizadeh, 2002) اختلال در سوخت و ساز دیگر عنصرهای غذایی مانند رقابت سدیم با پتاسیم و یون کلر با نیترات می‌شود و این امر موجب اختلال در جذب عنصرهای غذایی نیترات و پتاسیم می‌شود. این امر بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه تأثیر منفی گذاشته و می‌تواند منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی شود (Zhou *et al.*, 2010). مجد نصیری (Majdenasiri, 2013) در تحقیقی بر روی کرچک نشان دادند که همگام با افزایش میزان شوری درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت و این کاهش در تیمارهای ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌مول در لیتر بسیار معنی‌دار بود. کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی در اثر تنش شوری در مطالعات مامدی و همکاران (Mamedi *et al.*, 2016) بر روی کینوا و قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2014) در گیاه زوفا نیز گزارش شده است.

در پژوهش حاضر دمای ۲۰ درجه سلسیوس با متوسط سرعت ۰/۲۶ بذر در روز بالاترین سرعت جوانه‌زنی را نشان داد، هر چند بین سطح مذکور و دمای ۲۵ درجه سلسیوس از نظر آماری اختلاف معنی‌داری دیده نشد. دمای ۱۵ درجه سلسیوس با متوسط ۰/۲۲۰ بذر در روز کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی را نشان داد که با دمای سرعت جوانه‌زنی در۳۰ درجه سلسیوس تفاوت معنی‌دار نشان نداد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای اصلی و متقابل شوری و دما روی ویژگی‌های گیاهچه کرچک

Table 1. Variance analysis of the effect of Salinity and temperature on germination characteristics of castor seeds

		میانگین مربعات							
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination speed	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	میانگین مدت جوانه‌زنی Germination mean	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه Radicle/ Plumule
شوری Salinity (S)	5	0.12**	0.004^{ns}	2556.19**	2713.48**	67.19**	58.53**	45.34**	0.019**
دما Temperature (T)	3	0.41^{ns}	0.008*	2821.35**	7912.03**	84.31**	33.75*	32.67*	0.016**
S×T	15	0.0001^{ns}	0.0001^{ns}	94.69^{ns}	101.43^{ns}	0.78^{ns}	1.18^{ns}	1.32^{ns}	0.0007^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	42	0.024	0.002	171.21	164.31	1.56	9.19	9.37	0.0015
ضریب تغییرات CV (%)		5.61	5.25	4.65	6.93	4.14	4.36	12.91	5.57

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

ادامه جدول ۱

Continuation of Table 1

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS: غلظت سدیم اندام هوایی Shoot sodium content	غلظت سدیم ریشه Root Sodium content	غلظت پتاسیم اندام هوایی Shoot potassium content	غلظت پتاسیم ریشه Root Potassium content	نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی (Sodium/ potassium)Shoot
شوری Salinity (S)	5	4.79**	14.98**	4.61**	14.11**	19.49**
دما Temperature (T)	3	0.92ns	0.12ns	2.84*	1.06**	1.34**
S×T	15	0.73*	0.27ns	0.27ns	0.15**	0.26ns
اشتباه آزمایشی Error	42	0.37	0.20	0.96	0.05	0.21
ضریب تغییرات CV (%)		11.49	16.75	21.54	8.63	20.83

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

می‌توان اظهار داشت بهترین دما برای به حداکثر رسیدن سرعت جوانه‌زنی بذر کرچک، ۲۰ درجه سلسیوس باشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها از نظر میانگین زمان جوانه‌زنی نشان داد که دماهای ۱۵ و ۳۰ درجه سلسیوس بالاترین میانگین مدت زمان جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند، درحالی‌که کم‌ترین مدت زمان جوانه‌زنی به دمای ۲۰ درجه سلسیوس اختصاص داشت (جدول ۳). می‌توان نتیجه گرفت دمای پایین و دمای بالاتر از دمای بهینه، جوانه‌زنی بذور کرچک را به تأخیر می اندازد.

افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و کاهش زمان جوانه‌زنی در دمای مناسب (در مطالعه حاضر در محدوده ۲۰ درجه سلسیوس)، احتمالاً به‌علت تحریک فعالیت‌های متابولیک درون جنین در این دما می‌باشد. هنگام جذب آب همانندسازی DNA تحریک فعالیت RNA و در نتیجه پروتئین‌سازی و افزایش هورمون‌های محرک جوانه‌زنی از جمله اکسین و اتیلن صورت گرفته که مجموعه این عوامل شرایط را برای جوانه‌زنی بذور در دمای بهینه (در مقایسه با دیگر دماهای مورد بررسی در آزمایش) فراهم می‌سازد (Basra, 2005) هاشمی و همکاران (Hashemi *et al.*, 2009) نیز به برهمکنش اثر دما و شوری بر جوانه‌زنی گیاه زیره اشاره کردند و بیان کردند که دماهای بهینه می‌تواند در تعدیل اثر شوری بر جوانه‌زنی گیاه موثر باشد.

در مطالعه رضایی جعفرآبادی و همکاران (Rezai Jafarabad *et al.*, 2013) بالاترین درصد جوانه‌زنی گیاه کرچک در محدوده دمایی درجه ۱۷ تا ۳۴ سلسیوس و تیمار شوری پتانسیل اسمزی ۰/۲- مگاپاسکال ثبت شد، همچنین در مطالعه آن‌ها بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی نیز در محدوده دمایی ۲۱ تا ۳۴ درجه سلسیوس و پتانسیل اسمزی ۰/۲- مگاپاسکال شوری گزارش شد

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

در پژوهش حاضر، با افزایش سطح شوری از طول ریشه‌چه کاسته شد، به‌طوری‌که سطح شاهد (عدم شوری) با متوسط ۳۰۱/۱۰ میلی‌متر بالاترین و سطح ۴۰۰ میلی‌مولار با متوسط ۲۶۰/۶۸ میلی‌متر کم‌ترین طول ریشه‌چه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). تیمار شاهد (عدم شوری) نیز با متوسط ۲۰۴/۹۲ میلی‌متر بالاترین طول ساقه‌چه را نشان داده که با طول ساقه‌چه در تیمار شوری ۲۵ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری نداشتند. با افزایش سطح شوری از طول ساقه‌چه کاسته شد، به‌نحوی‌که در سطح ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار شوری (به‌ترتیب با متوسط ۱۷۲/۴۳ و ۱۶۵/۰۵ میلی‌متر) به حداقل مقدار خود رسید (جدول ۲). کاهش فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز تحت تأثیر تنش شوری سبب کاهش متابولیسم ذخایر غذایی بذر و در نتیجه کاهش رشد و طول گیاهچه گیاهان می‌شود (McDonald, 1999). .

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح شوری بر صفات مورد بررسی در کرچک

Table 2- Comparison of the mean effect of salinity levels on the studied traits in castor

شوری (میلی مولار) Salinity	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	میانگین مدت جوانه‌زنی (بذر/روز) Germination mean (Seed / Day)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle dry weight (g)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Plumule dry weight (g)	نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه Radicle/ Plumule	محتوای سدیم ریشه (میلی گرم بر گرم) Na (mg/g)	محتوای پتاسیم اندام هوایی (میلی گرم بر گرم) K (mg/g)	نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی Na/K
0	94.62a	301.10a	204.92a	1.47e	11.51a	10.11a	1.13d	1.63e	3.83a	1.47d
25	93.87a	294.11ab	197.63ab	1.49d	10.93a	9.10a	1.20c	1.72de	3.64a	1.49cd
50	93.42a	284.65bc	187.38bc	1.52c	9.34a	7.62a	1.22c	2.21cd	3.02ab	1.52bc
100	89.32b	277.27cd	181.67c	1.53b	9.34a	7.00ab	1.33b	2.55c	3.11ab	1.53bc
200	85.21bc	267.80de	172.43cd	1.55a	8.99ab	7.27ab	1.23c	3.31b	2.99ab	1.55ab
400	79.61c	260.68e	165.05d	1.58a	5.95b	3.95b	1.50a	4.57a	2.06b	1.58a

میانگین دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار سطح احتمال پنج درصد هستند

The means with same letters in column are not statistically significant at the probability level of 0.05

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح دما بر صفات مورد بررسی در کرچک

Table 3- Comparison of the mean effect of temperature levels on the studied traits in castor

دما (درجه سلسیوس) Temperature Celsius) (Degree	سرعت جوانه زنی Germination speed	میانگین مدت جوانه‌زنی Germination mean	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle dry weight (g)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Plumule dry weight (g)	نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه Radicle/ Plumule	پتاسیم اندام هوایی (میلی گرم بر گرم) K (mg/g)	نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی Na/K
15	0.22b	1.63a	268.57c	172.89c	8.03b	6.17b	1.30a	2.73b	1.55a
20	0.26a	1.40c	297.26a	200.49a	10.84a	9.31a	1.16c	3.56a	1.48c
25	0.24ab	1.46b	283.59b	187.73b	10.00ab	7.76ab	1.28bc	3.33ab	1.51bc
30	0.22ab	1.60a	274.32bc	178.24bc	8.32ab	6.78ab	1.22bc	2.83b	1.54ab

میانگین دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار سطح احتمال پنج درصد هستند

The means with same letters in column are not statistically significant at the probability level of 0.05

با افزایش پتانسیل اسمزی، پتانسیل آب کاهش می‌یابد و آب کم‌تری در اختیار بذر قرار می‌گیرد. جذب کم‌تر آب نیز کاهش آماس سلول‌های جنینی بذر را به دنبال دارد و با توجه به این‌که یکی از فاکتورهای تقسیم سلولی آماس سلول است در نتیجه با کاهش آب در دسترس بذر و در نتیجهٔ آماس، در نهایت، رشد گیاهچه کاهش می‌یابد (Xirong *et al*., 2002). افزایش شوری علاوه بر کاهش طول ساقه‌چه ممکن است از طریق کاهش طول کلئوپتیل افزایش صدمات فیزیکی گیاهچه در هنگام سبزشدن را به‌همراه داشته باشد. کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از آندوسپرم به رویان از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش شوری گزارش شده است (Jamil *et al*., 2007). کاهش شاخص‌های رشد در گیاه کرچک در اثر تنش شوری در مطالعات دیگری نیز به اثبات رسیده است (Zhou *et al*., 2010; Sá *et al*., Lima *et al*., 2018; 2016; Guo *et al*., 2019). در بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر خصوصیات کرچک، زانک و همکاران (Zheng *et al*., 2021) نشان دادند که در کلیه ارقام بالاترین طول گیاهچه و ریشه‌چه به تیمار شاهد (صفر شوری) اختصاص داشت، و افزایش سطح شوری از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری از دو صفت مذکور کاست. نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بالاترین طول ریشه‌چه با متوسط ۲۹۷ میلی‌متر و بالاترین طول ساقه‌چه با متوسط ۲۰۰/۴۹ میلی‌متر در دمای ۲۰ درجه سلسیسوس مشاهده شد، لازم به ذکر است که کم‌ترین مقادیر دو صفت مذکور به‌ترتیب با متوسط ۲۶۸/۵ و ۱۷۲/۸۹ میلی‌متر به دمای ۱۵ درجه سلسیسوس اختصاص داشت، در این مطالعه دمای ۲۰ درجه سلسیوس مناسب‌ترین دما برای رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه بود و دماهای بالاتری و پایین‌تر از دمای ذکرشده از رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه کاست. می‌توان اظهار داشت گیاه فقط در دمای ۲۰ درجه سلسیوس، جوانه‌زنی و رشد قابل قبول داشته و به هیچ وجه محدوده دمایی خارج از ان نتوانست در تعدیل اثر تنش شوری موثر باشد. از آن‌جاکه درجه حرارت اثرات قابل توجهی بر ویژگی-های جوانه‌زنی از جمله شروع، درصد و سرعت جوانه‌زنی و در نتیجه آن استقرار و رشد سریع گیاه دارد، بنابراین دما نقش غیر قابل انکاری در استقرار گیاه‌چه داشته و می‌تواند ملاکی برای افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه باشد (Jami Al-hmadi and Kafi, 2007). دما می‌تواند طول ساقه‌چه و ریشه‌چه را از طریق تأثیر بر زوال بذر، کاهش خواب بذر و همهٔ فرآیندهای جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار دهد.

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش سطح شوری سبب کاهش وزن خشک ریشه‌چه می‌شود، به‌ترتیبی‌که سطح ۴۰۰ میلی‌مولار با متوسط ۵/۹۵ گرم علاوه بر آن‌که کم-ترین وزن خشک ریشه‌چه را داشته و مقدار این صفت را در مقایسه با شاهد (با متوسط وزن خشک ریشه‌چه ۱۰/۱۱میلی گرم) ۱۵۵/۹۴ درصد کاهش داد (جدول ۳). همچنین در تحقیق حاضر افزایش غلظت شوری تا سطح ۲۰۰ میلی‌مولار اثری بر وزن خشک ساقه‌چه نداشت، درحالی‌که سطح ۴۰۰ میلی‌مولار شوری وزن خشک ساقه چه را در مقایسه با دیگر تیمارهای شوری کاهش داد (جدول ۳). از جمله دلایل کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمار ۴۰۰ میلی-مولار شوری می‌توان به از بین رفتن تعادل یونی و اسمزی در گیاه اشاه کرد که از جمله آثار مخرب تنش شوری است و ریشه اولین اندامی است که به‌دلیل جذب عناصر به‌طور مستقیم با تنش مواجه می‌گردد (Guo *et al*., 2019). همچنین کاهش وزن ساقه‌چه ممکن است ناشی از هزینه انرژی متابولیک مربوط به سازگاری به شرایط تنش، کاهش نرخ فتوسنتز در واحد سطح ساقه، کاهش جذب کربن و رسیدن به حداکثر غلظت نمکی باشد که گیاه آن را تحمل می‌کند (Zhou *et al*., 2010). کاهش فشار تورژسانس و کاهش رشد و توسعه سلول‌ها ناشی از تنش شوری نیز می‌تواند از دلایل کاهش وزن ساقه‌چه و ریشه‌چه باشد (Safarnejad *et al*., 1996).

در مطالعه‌ای مجد نصیری (Nasiri Majde, 2013) بر روی کرچک گزارش شد وزن خشک ریشه‌چه در تیمار ۴۰۰ میلی‌مول در لیتر به‌طور بسیار معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش نشان داد. با این حال در مورد وزن خشک ساقه‌چه در سطوح مختلف تنش شوری اختلاف معنی‌دار دیده نشد. جمیل و همکاران (Jamil *et al*., 2007)، ایزدی دربندی و همکاران (Izadi-Darbandi *et al*., 2012) به‌ترتیب در بذور گل کلم، کلزا و کنجد، کانولا و نعناع فلفلی کاهش معنی-داری شاخص‌های جوانه‌زنی به‌خصوص وزن ساقه‌چه

و ریشه‌چه را گزارش نمودند. در تحقیقی بر روی گیاه دارویی نعناع فلفلی غلامی و همکاران (Gholamnia *et al.*, 2021) نشان دادند تنش شوری و دمای بالا موجب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه شد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ درجه سلسیوس بر وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه افزوده شد و بعد از آن با افزایش دما وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه روند ثابتی داشت. در بررسی حاضر بالاترین وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه به ترتیب با متوسط ۱۰/۸۴و ۹/۳۱ در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و کم‌ترین مقدار به‌ترتیب با متوسط۸/۰۳ و ۶/۱۷ گرم در دمای ۱۵ درجه سلسیوس ثبت شد (جدول ۳). کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در دمای ۱۵ درجه سلسیوس می‌تواند به‌علت تجزیه آهسته‌تر مواد آندوسپرم و در نتیجه کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین باشد. تویوماسو و همکاران (Toyomasu *et al.*, 1993) اظهار داشت که دمای بالا جوانه‌زنی بذر را توسط حفظ محتوای بالای اسید آبسزیک درونی، بدون تحت تأثیر قراردادن محتوای اسید جیبرلیک درونی را محدود می‌کند.

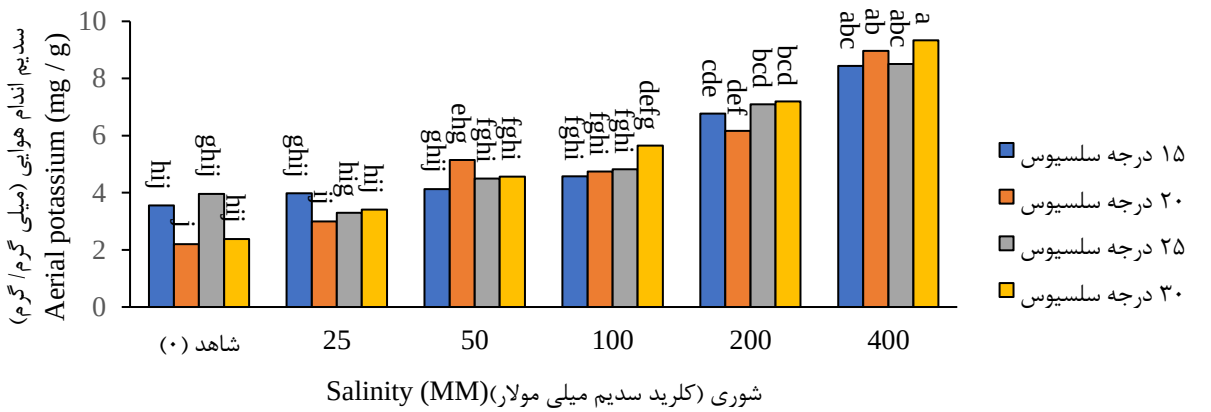
نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه

نتایج مقایسات میانگین نشان داد با افزایش سطح شوری از صفر به ۴۰۰ میلی‌مولار نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه روند افزایشی داشت، به‌طوری‌که تیمار شاهد شوری (صفر شوری) کم‌ترین و سطح ۴۰۰ میلی‌مولار بیش‌ترین نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه را نشان دادند. بخش‌های مختلف گیاه در واکنش به تنش شوری به‌صورت یکسانی عمل نمی‌کنند. معمولاً رشد اندام‌های هوایی گیاه بیش‌تر از رشد ریشه تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد (Jamil *et al.*, 2007). در مطالعه حاضر بخش اندام هوایی گیاهچه کرچک به مقدار بیش‌تری تحت تأثیر اثر مضر شوری قرار داشت. شوری موجب اختلال در جذب عناصر غذایی و بر هم‌زدن تعادل یونی در گیاه می‌شود. کاهش رشد ریشه و توسعه برگ‌ها و ساقه را به کمبود عناصر غذایی و اختلالات تغذیه‌ای ناشی از شوری نسبت می‌دهند (Lacerda *et al.*, 2003). در بین تیمارهای دمایی دو سطح ۱۵ و ۳۰ درجه سلسیوس بالاترین و تیمار ۲۰ درجه سلسیوس کم‌ترین نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه را به خود اختصاص دادند. با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان اظهار داشت مناسب‌ترین دما برای رشد اندام هوایی و ریشه در گیاه کرچک ۲۰ درجه سلسیوس است. تخریب آنزیم‌ها و کاهش فعالیت آنزیمی به ویژه آلفاآمیلاز در شرایط دمای نامناسب یکی از دلایل عمده کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه است (Dutta *et al.*, 2006).

غلظت سدیم اندام هوایی و ریشه

در این بررسی با افزایش سطح شوری به‌صورت چشم‌گیری بر غلظت سدیم اندام هوایی افزوده شد. عقیده بر این است که در هنگام تنش شوری، غلظت سدیم بافت‌ها افزایش می‌یابد. محمدخانی و همکاران (Mohammad Khani *et al.*, 2012) گزارش نمودند که شوری اثر معنی‌داری بر مقدار سدیم تجمع‌یافته در اندام هوایی دارد و با افزایش سطح شوری، به‌طور همزمان بر مقدار سدیم اندام هوایی افزوده می‌شود. شهیدی و همکاران (Shahid *et al.*, 2011) به بررسی تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک بامیه تحت تأثیر تنش شوری پرداختند. ایشان گزارش کردند که غلظت سدیم و کلر در هنگام افزایش شوری افزایش یافته و غلظت پتاسیم در برگ و ریشه کاهش نشان داد. سدیم به‌عنوان یک عنصر ضروری گیاه مطرح نیست و تجمع آن در گیاه در شرایط شوری منجر به کاهش یون‌های کلسیم و پتاسیم می‌گردد. اگرچه سدیم می‌تواند به افزایش فشار تورژسانس کمک کند، اما نمی‌تواند در فعالیت‌های ویژه مانند فعال‌سازی آنزیم‌ها و سنتز پروتئین‌ها، قند محلول جایگزین یون پتاسیم شود. بنابراین، اثرهای سمیت کلرید سدیم که از انباشتگی زیاد نمک در گیاه ناشی می‌شود، ممکن است تنها به دلیل اثرهای مستقیم سدیم نباشد، بلکه به علت کاهش مقدار عناصر مغذی ضروری مانند پتاسیم و کلسیم در گیاه باشد (Ashraf and Ahmad, 2000).

در بررسی اثر سطوح شوری بر مقدار غلظت سدیم در ریشه کرچک مشاهده شد که با افزایش سطح شوری بر غلظت



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش دما و تنش شوری بر غلظت سدیم اندام هوایی

Figure 1. mean comparison of temperature and salinity stress interaction treatments on aerialsodiumconcentration

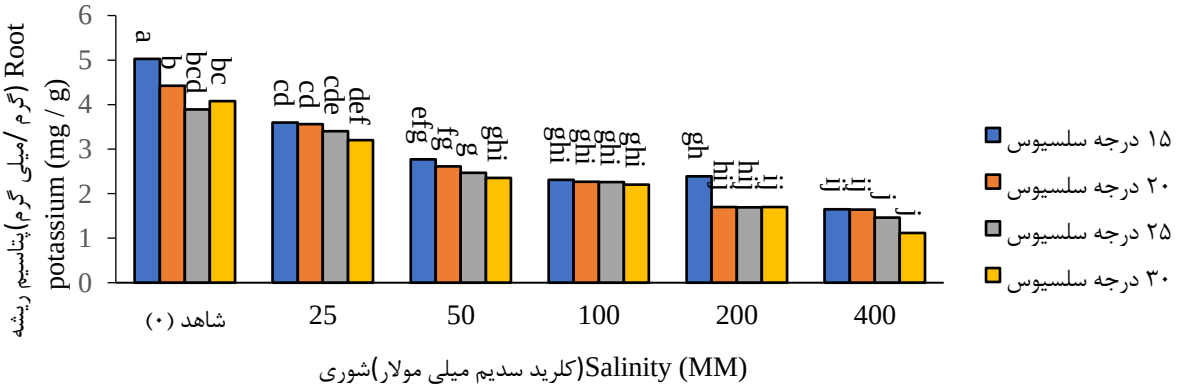
سدیم ریشه‌چه افزوده می‌شود ،به‌طوری‌که غلظت سدیم ریشه در سطح شاهد با متوسط ۱/۶۳ میلی‌گرم در گرم کم‌ترین مقدار و سپس با افزایش سطح شوری افزایش پیدا نموده و در سطح ۴۰۰ میلی‌مولار با متوسط ۴/۵۷ میلی‌گرم بر گرم به حداکثر مقدار خود رسیده است (جدول ۲). کاهش پتاسیم می‌تواند به‌دلیل رقابت سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل غشاء پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به‌دلیل عدم ثبات غشاء پلاسمایی باشد (Lacerda *et al.*, 2005). اختلال در مکانیسم جذب پتاسیم به وسیله ریشه نیز می‌تواند از علل کاهش غلظت پتاسیم اندام‌های گیاهان در زمان وقوع تنش شوری باشد. گزارش شده که گیاهان در حال رشد در شرایط تنش شوری، جذب بیش از حدی از یون‌های سدیم و کلر را دارند که باعث آسیب‌دیدگی گیاه و مرگ زودرس برگ‌ها می‌شود. در سطح سلولی، تجمع بیش از حد یون‌های سدیم و کلرید باعث ایجاد سمیت، اختلال در عملکرد غشاء سلولی، از دست‌رفتن فشار آماس، کم‌آبی سلول، کاهش توسعه سطح برگ و در نهایت کاهش رشد می‌شود (Cabrera and Perdomo, 2003). جذب کاتیون‌های دو ظرفیتی معمولاً به‌صورت غیر فعال و در جهت شیب الکتروشیمیایی است. همچنین در درجه حرارت‌های بالا سرعت جذب عناصر به واسطه کاهش ویسکوزیته آب و افزایش جریان توده‌ای و انتشار افزایش نشان می‌دهد. عالی نژادیان بیدآبادی و همکاران (Alid Nejadian Bidabadi *et al.*, 2018) در مطالعه تأثیر مقدار و شوری آب بر شوری خاک و رشد و غلظت عناصر غذایی اسفناج در گلدان نشان دادند که اثر شوری بر غلظت سدیم اندام هوایی و ریشه معنی‌دار بود، آن‌ها نشان دادند با افزایش غلظت نمک کلرید سدیم، غلظت سدیم در اندام هوایی و ریشه‌ی اسفناج افزایش یافت، همچنین در مطالعه زانک و همکاران (Zheng *et al.*, 2021) بالاترین مقدار سدیم اندام هوایی در کرچک به سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار و کم‌ترین مقدار به تیمار شاهد اختصاص داشت.

غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه‌چه

نتایج نشان داد شوری اثر منفی بر غلظت پتاسیم در اندام هوایی کرچک داشت، به‌نحوی‌که با افزایش سطح شوری از غلظت پتاسیم کاسته شد. در این بررسی سطح شاهد (عدم کاربرد شوری) با متوسط ۳/۸۳ میلی‌گرم در گرم بیش‌ترین غلظت پتاسیم ریشه را به خود اختصاص داد، اگرچه بین سطح مذکور و سطح ۲۵ میلی‌مولار از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. کم‌ترین غلظت پتاسیم ریشه در بین سطوح شوری نیز به سطح ۴۰۰ میلی‌مولار با متوسط ۲/۰۶ گرم در میلی‌گرم اختصاص داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل شوری و دما نشان داد افزایش دما و سطح شوری اثر افزایشی بر مقدار پتاسیم ریشه داشتند، به‌نحوی‌که با افزایش سطح شوری و دما از مقدار پتاسیم ریشه کاسته می‌شود و در کلیه سطوح شوری بالاترین و پایین‌ترین مقدار پتاسیم ریشه در سطح دمای ۱۵ و ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده شد. (شکل ۲). در شرایط تنش شوری غلظت یون

های محلول خاک افزایش یافته و موجب کاهش پتانسیل آب محیط کشت می‌شوند. در نتیجه جذب آب توسط ریشه گیاه محدود می‌گردد و در پی آن جذب عنصر پتاسیم کاهش می‌یابد (Ricardo, 2012). در مطالعه بر روی سیب‌زمینی مقدار پتاسیم در بافت‌های گیاهی در غیاب تنش اسمزی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نسبت به دماهای دیگر بیش‌تر بود و مقدار آن در دمای ۱۵ و ۳۵ درجه سلسیوس کاهش نشان داد (Jafari *et al*., 2021). در مطالعه زانگ و همکاران (Zheng *et al*., 2021) بالاترین محتوای پتاسیم اندام هوایی و ریشه به سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار اختصاص داشت.

در تحقیقی بر روی گوجه فرنگی (Zushi *et al*., 2009)، برنج (Nemati *et al*., 2011) و ذرت (Khaled and Fawy, 2011) مشاهده شد که تنش شوری غلظت پتاسیم برگ را کاهش داد که همسو با نتایج مطالعه حاضر است. لولایی (Lolaei, 2012) در مطالعه‌ای بر روی گوجه فرنگی بیان کرد که اضافه‌کردن نمک NaCl محتوای پتاسیم برگ را از ۳۰/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک در تیمار شاهد به ۲۴/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک کاهش داد.



شکل ۲- مقایسه میانگین برهمکنش دما و تنش شوری بر غلظت پتاسیم ریشه

Figure 2. mean comparison of temperature and salinity stress interaction treatments on root potassium concentration

نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی

در این مطالعه محتوای با افزایش سطح شوری از صفر به ۴۰۰ میلی‌مولار نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی روند افزایشی داشت. محمد خانی و همکاران (Mohammad Khani *et al*., 2012) در مطالعه اثر شوری کلرید سدیم بر عملکرد دانه، جذب و انتقال برخی عناصر در سه توده گیاه دارویی کرچک مشاهده کردند که اثر تنش شوری بر عملکرد دانه، غلظت عناصر پتاسیم، منیزیم و کلسیم در اندام‌های هوایی و ریشه معنی‌دار است. همچنین آن‌ها اظهار نمودند شوری غلظت سدیم را در اندام‌های هوایی و ریشه افزایش داد ولی باعث کاهش غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در بافت‌ها شد. در مقادیر بالای شوری مقدار یون پتاسیم کاهش یافته و با سدیم جایگزین شده که این عمل علاوه بر مختل‌نمودن تعادل یونی باعث اختلال در متابولیسم سلولی نیز می‌شود. پتاسیم به‌عنوان یک عنصر پرمصرف در گیاهان عالی در مکانیسم‌های خودتنظیمی (هموستازی) آنزیم‌ها، تنظیم آماس سلولی، بار الکتریکی سلول، حرکات برگ و ساخته‌شدن پروتئین نقش دارد (Shiro *et al*., 2002). همسو با نتایج تحقیق حاضر در مطالعه زانگ و همکاران (Zang *et al*., 2021) با افزایش سطح شوری از صفر به ۲۰۰ میلی‌مولار در کرچک به‌صورت معنی‌داری از نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی کاسته شد.

در بین تیمارهای دمایی کم‌ترین نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی به دمای ۲۰ درجه سلسیوس اختصاص داشت، درحالی‌که بالاترین نسبت مذکور در دمای پایین (۱۵ درجه سلسیوس) و دمای بالا (۳۰ درجه سلسیوس) مشاهده شد. با توجه به این‌که نسبت سدیم به پتاسیم حاصل تقسیم غلظت

سدیم به پتاسیم است و کم‌ترین غلظت سدیم اندام هوایی و بالاترین غلظت پتاسیم اندام هوایی به تیمار دمای ۲۰ درجه سلسیوس اختصاص داشت تیمار مذکور توانست کم‌ترین نسبت مذکور را به خود اختصاص دهد. در تحقیقی بر روی آفتابگردان مشخص شد افزایش دما نسبت سدیم به پتاسیم را در اندام هوایی افزایش داد (Jahanbakhshi *et al.*, 2014).

نتیجه‌گیری

در این بررسی با افزایش سطح شوری از کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی کاسته شد، به‌طوری‌که سطح ۴۰۰ میلی‌مولار کم-ترین مقدار طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه-چه، وزن خشک ساقه‌چه، طول گیاه‌چه را به خود اختصاص داد، در این تحقیق علائم مخرب شوری بر شاخص‌های رشدی و جوانه‌زنی کرچک در سطوح بالای ۲۰۰ میلی‌مولار مشهود بود. می‌توان نتیجه گرفت جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد کرچک در خاک‌های شور به‌دلیل ایجاد تنش اسمزی مختل می‌شود، همچنین بالاترین سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه، ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، طول گیاه‌چه در تیمار دمایی ۲۰ درجه سلسیوس ثبت شد، می‌توان اظهار داشت دمای مذکور مناسب‌ترین دما برای جوانه‌زنی و نمو گیاه‌چه کرچک است. نتایج نشان داد با افزایش سطح شوری بر مقدار سدیم اندام هوایی، سدیم ریشه‌چه و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی افزوده شد، همچنین با افزایش سطح شوری به‌صورت همزمان از مقدار پتاسیم ریشه و اندام هوایی کاسته شد، همچنین با افزایش دما به‌صورت همزمان از مقدار پتاسیم گیاه کاسته و بر مقدار سدیم افزوده شد، می‌توان اظهار داشت تنش شوری و دما نامناسب تعادل یونی در گیاه کرچک را به هم می‌زند.

تشکر و قدردانی

نگارندگان این مقاله از همکاری مسئولین دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد تقدیر و تشکر می‌نمایند.

منابع

Alid Nejadian Bidabadi, A., Hassani, M. and Maleki. 2018. The effect of water content and salinity on soil salinity and growth and concentration of spinach nutrients in pots. Iranian Soil and Water Research, 49(3): 641-651. (In Persian) **(Journal)**

Al-Khateeb, S.A. 2006. Effect of salinity and temperature on germination, growth and ion relations of *Panicum turgidum* Forssk. Bioresource Technology, 97: 292-298. **(Journal)**

Anjani, K. 2012. Castor genetic resources: A primary gene pool for exploitation. Industrial Crops and Products, 35: 1– 14. **(Journal)**

Ashraf, M. and Ahmad, A. 2000. Influence of sodium chloride on ion accumulation, yield components and fiber characteristics in salt-tolerance and salt-sensitive lines of cotton. Field Crops Research, 66(2): 115-127. **(Journal)**

Basra, S.M. 2005. Effect of storage on growth and yield of primed Canola seeds. International Journal of Agriculture and Biology, 5: 117-120. **(Journal)**

Brady, N.C. and Weil, R.R. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13 th Edition. Prentice Hall, USA. pp. 935. **(Book)**

Bündig, C., Vu, T.H., Meise, P., Seddig, S. and Schum, A. 2016. Winkelmann variability in osmotic stress tolerance of starch potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.) as revealed by an in vitro screening Role of proline, osmotic adjustment and drought response in pot trials. Journal of Agronomy and Crop Science, 203: 206-218. **(Journal)**

Cabrera, R.I. and Perdomo, P. 2003. Reassessing the salinity tolerance of greenhouse roses under soilless production conditions. Horticultural Science, 38: 533-536. **(Journal)**

Charfeddine, M., Charfeddine, S., Ghazala, I., Bouaziz, D. and Radhia Gargouri Bouzid, A. 2019. Investigation of the response to salinity of transgenic potato plants overexpressing the transcription factor StERF94. Journal of Biosciences, 44(141): 2-16. **(Journal)**

Dutta, T.K., Jana, M. Pahari. P.R. and Bhattachaya, T. 2006. The Effect of Temperature, pH, and Salt on Amylase in Heliodiaptomus viduus (Gurney) (Crustacea: Copepoda: Calanoida). Turkish Journal of Zoology, 30: 187-195.) **(Journal)**

Ghasemi, A., Hamidi, H., Arves, J. and Masomi, A. 2014. Effects of salinity and temperature on germination of Hyssop. Journal of Crops Improvement, 3(3): 155-169. (In Persian) **(Journal)**

Gholamnia A., Mosleh Arany, A., sodaeizadeh, H. Tarkesh Esfahani, S. and Ghasemi, S. 2021. The effects of salinity and heat stress on some physiological and vegetative characteristics of peppermint (Mentha piperita L.) at different time intervals. Iranian Journal of Plant Biology, 13 (2): 2021- 1-15. **(Journal)**

Grieve, C.M., Grattan, S.R. and Maas, E.V. 2012. Chapter 13 Plant Salt Tolerance. In ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No. 71 Agricultural Salinity Assessment and Management, 2nd ed.; ASCE: Reston, VA, USA, 2012; pp. 405–459. **(Book).**

Guo, X., Zhou, G., Zhu, G. and Jiao, X. 2019. Effects of calcium on emergence and seedling growth of castor bean under salinity stress. Current Science, 116: 2028–2035 **(Journal)**

Hashemi Nia, S.M., Nassiri Mahallati, M. and Keshavarzi, A. 2009. Determining the threshold salinity and appropriate temperature, and their combined effects on germination of *Cuminum cyminum*. Iranian Journal of Field Crops Research, 7(1): 303- 314. (In Persian) **(Journal)**

Izadi-Darbandi, E., Mohammadian, M., Yanegh, A. and Zarghani, H. 2012. The effects of temperature and salinity on germination and seedling growth characteristics of sesame (*Sesamum indicum*) landraces. Iranian Journal of Field Crops Research, 10(26): 335-345. (In Persian) (**Journal**)

Jafari, F., Panahandeh, J., Motallebi Azar, A.R. and Torabi Giglou, M . 2021. The Effect of Osmotic and Temperature Stresses on the Some Physiological Traits and Nutrients Uptake in Different Potato Genotypes during in vitro culture. Plant Process and Function, 8(33): 229- 247. (In Persian) **(Journal)**

Jahanbakhshi, Z., Modhej, A .and Alavi fazel, M. 2014. Effects of Heat and Salinity Stress on Seed Germination and Seedling Growth ratio sodium to potassium of Sunflower Genotypes. 13 th National and 3rd International Iranian Crop Science Congress, August 24-26, 2014, seed and plant improvement institute Karaj. **(Conference)**

Jami Al-hmadi, M. and Kafi, M. 2007. Cardinal temperatures for germination of *Kochia scoparia* L. Journal of Arid Environments, 68:308 -314. **(Journal)**

Jamil, M., Rehman, S. Lee, K.J. Kim, M. and Redmann, E.S. 2007. Salinity Reduced growth Ps2 Photochemistry and chlorophyll content in radish. Journal of Agricultural Science, 64(2): 111-118. **(Journal)**

Khaled, H. and Fawy, H.A. 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. Soil and Water Research, 6: 21–29. **(Journal).**

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. **(Journal)**

Lacerda, C.F., Cambraia, J., Oliva, M.A. and Ruiz, H.A. 2005. Changes in growth and in solute concentrations in sorghum leaves and roots during salt stress recover. Environmental and Experimental Botany, 5469-76. **(Journal)**

Lacerda, C.F.D., Cambraia, J., Oliva, M.A., Ruiz, H.A. and Prisco, J.T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 49: 107-120. **(Journal)**

Lima, G.S.D., Nobre, R.G., Gheyri, H.R., Soares, L.A.D.A., Azevedo, C.A.V.D. and Lima, V.L.A.D. 2018. Salinity and cationic nature of irrigation water on castor bean cultivations. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental – Agriambi, 22: 267–272. **(Journal)**

Lolaei, A. 2012. Effect of calcium chloride on growth and yield of tomato under sodium chloride stress. Journal of Ornamental and Horticultural Plants, 2(3): 155-160. **(Journal).**

Majde Nasiri, B. 2013. Investigation of the effect of different salinity levels on castor germination, the first regional conference on medicinal plants in the north of the country, Gorgan. **(Conference)**

Majdenasiri, B. 2013. The effect of different salinity levels on castor germination, the first regional conference on medicinal plants in the north of the country, 11 May Gorgan, Iran.pp 211. **(Conference)**

Mamedi, A., Tavakkol Afshari, R. Sepahvand, A.A. and Oweyse, M . 2016. evaluation of various temperatures on Quinoa plant seeds under salinity stress. Iranian Journal of Filed Crop Science, 46(9): 583-589. (In Persian) **(Journal)**

McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration. Physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology, 27: 177- 237. **(Journal).**

Metzger, J.O. and Bornscheuer, U. 2006. Lipids as renewable resources: current state of chemical and biotechnological conversion and diversification. Applied Microbiology and Biotechnology, 71: 13-22. **(Journal)**

Mohammad Khani, A., Atar, R.F., Salehi, H. and Hoshmand, S. 2012. Effect of sodium chloride salinity stress on uptake and transport of some elements in three castor masses of castor (*Ricinus communis* L.). Iranian Journal of Water Research, 7(12): 99-109**. (Journal).**

Mohammadi, Z., Motallebi Azar, A., Zaare-Nahandi, F., Tarinejad, A. and Gohari, G. 2019. Effect of sodium nitroprusside on growth, physiological and biochemical characters of Solanum tuberosum cv. Agria under salinity stress on in vitro condition. Journal of plant production research, 26(1): 155-167. (In Persian) **(Journal)**

Mousavi, M., Sadeghi Behnoori, A., Pasban Islam, B. and Mohammadi, H. 2015. Effects of sulfur, nitrogen and phosphorus spraying on yield and yield components of castor in water deficit conditions. Journal of Plant Ecophysiology, 9(2): 323- 336. (In Persian) **(Journal)**

Nabizadeh, M.R. 2002. The effect of salinity on growth and yield of cumin. M.A. Thesis. Mashhad Ferdowsi University. Mashhad. (In Persian)**(Thesis)**

Nemati, I., Moradi, F., Gholizadeh, S., Esmaeili, M.A. and Bihamta, M. R. 2011. The effect of salinity stress on ions and soluble sugars distribution in leaves, leaf sheaths, and roots of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Plant, Soil and Environment, 57: 26–33. **(Journal)**

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Pratap Singh, V. and Mohan Prasad, S. 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: A review. Environmental Science and Pollution Research, 22(6):4056-4075. **(Journal)**

Rezai Jafarabad, S. Nabavi Kalat, S.M. and Sadrabadi Haghighi, R. 2013. Study of cardinal germination temperatures of Castor Ricinus Communis L under salinity stress, Third National Conference on Medicinal Plants, 15 November, Amol, iran. Pp114. **(Conference)**

Ricardo, A. 2012. Effects of drought on nutrient uptake and assimilation in vegetable crops. In: Plant responses to drought stress (eds. Raphael, Y., Cardarelli, M., Schwarz, D., Franken, P. and Colla, G.) Pp. 171-195. Springer Berlin Heidelberg. **(Book)**

Sá, F.V.D.S., Paiva, E.P.D., Mesquita, E.F.D., Bertino, A.M.P., Barbosa, M.A. and Souto, L.S. 2016. Tolerance of castor bean cultivars under salt stress. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental – Agriambi. 20, 557–563. **(Journal)**

Safarnejad, A., Colin, H.A., Bruce, K.D. and McNeily, T. 1996. Characterization of alfalfa following in vitro selection for salt tolerance. Euphytica, 92: 55-61.20. **(Journal)**

Shiro, M., Katsuya,Y., Michio, K., Mitsutaka, T. and Hiroshi, M. 2002. Relationship between the distribution of Na and the damages caused by salinity in the leaves of rice seedling grown under a saline condition. Plant Production. Crop Science, 5: 269-274. **(Journal)**

Smith, S.E. and Dobrenz, A.K. 1987. Seed age and salt tolerance at germination in alfalfa: Crop Science, 27: 1053- 1058. **(Journal)**

Toyomasu, T., Tsuji, H., Yamane, H., Nakayama, M., Yamaguchi, I., Murofushi, N., Takahashi, N. and Inoue, Y. 1993. Light effects on endogenous levels of gibberellins in photoblastic lettuce seeds. Journal of Plant Growth Regulation, 12: 85–90. **(Journal)**

Ungar, I.A. 1995. Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. P599–628, In: Kigel, J. and Galili, G. (eds), Seed development and germination, New York, Marcel and Dekker. **(Book)**

Xirong, O., Voorthuysen, T.V., Toorop, P.E. and Henkw, M.H. 2002. Seed vigor, aging and osmopriming affect anion and sugar leakage during imbibitions of maize (*Zea mays* L.) caryopses. *International Journal of Plant Sciences*, 163(1): 107-112. **(Journal)**

Zheng, J., Suhono, G.B.F., Li, Y., Jiang, M.Y., Chen, Y. and Siddique, K.H.M. 2021. Salt-Tolerance in Castor Bean (*Ricinus communis* L.) Is Associated with Thicker Roots and Better Tissue K +/Na+ Distribution. Agriculture, 11: 821-839. **(Journal)**

Zhou, G., Ma, B.L., Li, J., Feng, C., Lu, J. and Qin, P. 2010. Determining salinity threshold level for castor bean emergence and stand establishment. Crop Science, 50: 2030–2036. **(Journal)**

Zushi, K., Matsuzoe, N. and Kitano, M. 2009. Developmental and tissue-specific changes in oxidative parameters and antioxidant systems in tomato fruits grown under salt stress. Scientia Horticulturae, 122:362–368. **(Journal)**

Effect of salinity and temperature on germination and seedling growth indices and ionic relations in castor(*Ricinus communis* L.)

Roya Sayadi[1]*, Ismail Nabizadeh[2]

Received: September 27, 2022 Accepted: October 24, 2022

Abstract

To evaluate the effect of salinity and temperature on germination, seedling growth, and ionic relations in Castor a factorial experiment in a completely randomized design with four replications was conducted. Treatments consisted of salinity (zero, 25, 50, 100, 200, and 400 mM NaCl) and four temperature levels were 15, 20, 25, and 30 degrees Celsius respectively. In this study, germination percentage, germination rate, average germination time, root and shoot length, root and shoot dry weight, root to shoot weight ratio, shoot and root sodium, shoot and root potassium and the ratio of sodium to potassium was measured. By the increasing salinity levels, all germination indices decreased but salinity increased Root to shoot ratio and Germination time. Results showed that 20 °c had the highest germination rate, root length, shoot length, root fresh weight, shoot fresh weight, shoot dry weight, root, shoot dry weight, plant height Compared with other treatments. In this study, with increasing salinity level, the amount of shoot sodium, root sodium, and the ratio of sodium to potassium was increased. Also, the amount of potassium in roots and shoots decreased simultaneously. The temperature of 20 ° C had the lowest shoot and root mean germination time allocated shoot to root ratio and mean germination times. With increasing levels of salinity, the sodium content of shoot, root sodium, and sodium to potassium ratio was increased. Also, amount of potassium in roots and shoots increased by Increasing salinity levels, With increasing temperature amount of potassium reduced and sodium was increased

Keywords: Osmotic stress; Root; Seedling; Sodium content

How to cite this article
Sayadi, R. and Nabizadeh, I. 2023. Effect of salinity and temperature on germination and seedling growth indices and ionic relations in castor (*Ricinus communis* L.). Iranian Journal of Seed Science and Research, 9(4): 59-74. (In Persian)(**Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2023.6171

COPYRIGHTS
Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research
The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. MSc. Gratuate, Department of Agronomy and Plant Breeding, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran. roya-sayadi5556@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran. nabizadeh.esmaeil@gmail.com
*Corresponding author: roya-sayadi5556@gmail.com