# اثر تنش شوری بر خصوصیات فیزیولوژیک و چگونگی جذب عناصر سدیم و پتاسیم در اندام هوایی و غده سه رقم تربچه

نرجس سادات روحانی[۱]، سید حسین نعمتی[۱*]، محمد مقدم[۱] و وحید اردکانیان[۱]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۹/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۲۲)

## چکیده

**تنش شوری از عوامل محدودکننده رشد در تولیدات کشاورزی است که خسارات فراوانی به کشت و کار محصولات کشاورزی وارد می‌سازد. به منظور کاهش و یا توقف تنش شوری، راهکارهای متعددی توسط محققین مختلف ارائه شده است. یکی از راه‌های کاهش خسارات تنش شوری، کاشت گیاهان مقاوم به این تنش می‌باشد. در این تحقیق، تحمل ارقام مختلف تربچه به تنش شوری از لحاظ فیزیولوژیک بررسی شد و بهترین رقم سازگار معرفی گردید. این آزمایش به صورت فاکتوریل، بر پایه طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. تیمارها شامل سه رقم تجاری تربچه (چریبل، اسپارکلر و اسکارلت سین‌سیناتی) به عنوان فاکتور اول و شوری در چهار سطح (شاهد، ۳۳، ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار نمک طعام) به عنوان فاکتور دوم بودند. سطوح شوری به صورت محلول در آب آبیاری در مرحله چهار برگی گیاهان اعمال گردیدند. نتایج نشان داد که شوری باعث کاهش قند محلول و پتاسیم اندام هوایی و غده و همچنین افزایش هدایت روزنه‌ای، آنتوسیانین غده و سدیم اندام هوایی و غده گردید. بیشترین میزان تحمل ارقام مختلف تربچه به تنش شوری در سطح شوری ۶۶ میلی‌مولار مشاهده شد و سطح شوری ۳۳ میلی‌مولار، در مقایسه با تیمار شاهد، در اکثر صفات فیزیولوژیک، اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط تنش شوری، تجمع سدیم در اندام هوایی بسیار بیشتر از غده دیده شد. بیشترین میزان آنتوسیانین غده در شوری ۶۶ میلی‌مولار و مربوط به رقم اسکارلت سین‌سیناتی بود. از بین ارقام تربچه، بیشترین درجه تحمل به شوری و تجمع نمک در رقم اسکارلت سین‌سیناتی حاصل شد. با توجه به اینکه شکل ظاهری این رقم با دو رقم چریبل و اسپارکلر تفاوت زیادی دارد و دارای ظاهر کشیده با رنگ قرمز می‌باشد، در نتیجه میزان آب بیشتری در بافت خود ذخیره کرده و همین امر باعث افزایش مقاومت این گیاه به تنش شوری گردیده است.**

**کلمات کلیدی: آنتوسیانین، مقاومت به شوری، انباشت سدیم**

## مقدمه

شوری ممکن است اولین عامل شیمیایی باشد که موجودات زنده در طول تکامل با آن مواجه شده‌اند (۷). اصولاً خاک شور به خاکی گفته می‌شود که میزان هدایت الکتریکی آن بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر و درصد سدیم قابل تبادل (ESP) آن کمتر از ۱۵٪ باشد (۶). صدمات اصلی سدیم در ارتباط با انباشت یون سدیم در بافت برگ می‌باشد و نتیجه‌اش نکروزه و پیر شدن برگ‌ها در نوک و حاشیه آن‌هاست که پس از مدتی در

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nematish@um.ac.ir , nematish@yhoo.com

تمامی سطح برگ ادامه می‌یابد و کاهش رشد محصول در مدت زمان کوتاهی اتفاق می‌افتد. وقتی گیاهان در مدت زمان بیشتری در معرض شوری باشند، صدمات ویژه سدیم، بسته به میزان انباشت این یون، آشکار می‌شود که علاوه بر صدمات اسمزی در گیاهان می‌باشد (۲۰).

کاهش جذب پتاسیم در نتیجه افزایش سدیم، فرایندی رقابتی است و ارتباطی به نوع نمک غالب در خاک ندارد. این کمبود، در مورد کاهش رشد و عملکرد محصولات مختلفی نظیر گوجه‌فرنگی، اسفناج، رازیانه و ذرت گزارش شده است. در ضمن، مقادیر زیاد سدیم در محیط ریشه نه فقط در جذب پتاسیم مداخله می‌کند، بلکه بر عمل غشای ریشه مؤثر بوده و حساسیت گیاه را تغییر می‌دهد (۲۲). حفظ سطح کافی پتاسیم و بقای گیاه در محیط‌های شور ضروری است. پتاسیم، برجسته‌ترین عنصر حل شونده برای پایین نگه‌داشتن پتانسیل اسمزی سلول‌های ریشه و پیش‌نیاز برای تورژسانس سلول‌هاست. تحت شرایط شور و قلیا، زیاد بودن غلظت سدیم نه تنها در جذب پتاسیم توسط ریشه اختلال ایجاد می‌کند، بلکه غشای سلول‌های ریشه و خاصیت انتخابی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تحقیقات نشان داده است که جذب و انتقال پتاسیم به وسیله گیاه نسبت به سدیم ارجحیت دارد (۱۳ و ۱۷).

گیاهان راهکارهای مختلف بیوشیمیایی و مولکولی برای مقابله با شوری دارند. مسیرهای بیوشیمیایی که منجر به بهبود تحمل به شوری می‌شوند، به صورت افزایشی و همزمان عمل می‌کنند. راهبردهای مدیریتی شامل تجمع و خروج انتخابی یون‌ها، کنترل جذب یون‌ها از ریشه و انتقال آن‌ها به برگ‌ها، جایگزینی ویژه یون‌ها در سطح سلول و در کل گیاه، سنتز مواد سازگار، تغییر در مسیر فتوسنتزی، تغییر در ساختار غشایی تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تولید هورمون‌های گیاهی می‌باشند (۱۴). رشد بسیاری از محصولات رویشی تحت تنش شوری، بدون علامت آسیب‌های قابل رؤیت، متوقف می‌شود. بسیاری از سبزی‌های تولید شده در خاک‌های شور، کیفیت بازارپسندی خوبی ندارند. در این زمینه، حالت‌های متعددی مثل کوچکی اندازه میوه در گوجه‌فرنگی یا فلفل، کاهش طول کاپیتول در کرفس و بد شکلی سیب‌زمینی‌ها دیده می‌شود؛ هرچند که طعم هویج و مارچوبه، وقتی که در شرایط شوری رشد می‌کنند، با افزایش قند بهبود می‌یابد. متأسفانه این بهبود با کاهش عملکرد همراه است (۳).

هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر خصوصیات فیزیولوژیک و میزان جذب عنصر سدیم در سه رقم تربچه و انتخاب و معرفی بهترین رقم سازگار تربچه برای کشت در زمین‌های شور می‌باشد. از دلایل انتخاب گیاه تربچه در این تحقیق این است که این گیاه از خانواده کلم یا براسیکاسه بوده و این خانواده بین سبزی‌های مختلف، به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی که دارد، مورد توجه بسیاری از محققین می‌باشد. همچنین، فصل رشد گیاه تربچه کوتاه بوده و می‌توان به عنوان گیاه مدل بین سبزی‌ها در تحقیقات متعدد از آن استفاده کرد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل، بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار، در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. فاکتور اول شامل سه رقم تربچه [چریبل (Cherry belle)، اسکارلت سین‌سیناتی (Scarlett Cincinnati) و اسپارکلر (Sparkler)] بود. رقم چریبل با نام تجاری تربچه نقلی، بیشترین سطح کشت را بین ارقام مختلف تربچه در ایران به خود اختصاص داده است. رقم اسپارکلر نیز با نام تجاری تربچه دو رنگ جزو ارقامی می‌باشد که به طور وسیع مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. رقم اسکارلت با ظاهری کشیده و رنگ قرمز درخشان، یک رقم جدید تربچه با پتانسیل کشت زیاد می‌باشد. فاکتور دوم چهار سطح تنش شوری [صفر (شاهد)، ۳۳ (تنش اندک)، ۶۶ (تنش متوسط) و ۹۹ (تنش شدید) میلی‌مولار کلرید سدیم] بود. سطوح شوری

**جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرهای شوری بر خصوصیات فیزیولوژیک و جذب عناصر در ارقام مختلف تربچه**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | هدایت روزنه‌ای | کلروفیل کل | آنتوسیانین غده | قند محلول | سدیم اندام هوایی | سدیم غده | پتاسیم اندام هوایی | پتاسیم غده |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رقم | ۲ | ۴/۳۸ $^{ns}$ | ۱۳/۹۷ $^{*}$ | ۶/۶۳ $^{ns}$ | ۱۶۶۹۸/۹۳ $^{**}$ | ۷۳۸۶۰۱ $^{**}$ | ۷۳۳۲۱۵ $^{**}$ | ۲۹۶۸ $^{ns}$ | ۲۷۳۰۰۹ $^{**}$ |
| شوری | ۳ | ۶۶۷/۹۸ $^{**}$ | ۱۴/۶۶ $^{*}$ | **۵/۵۲** $^{ns}$ | ۴۶۲۵/۰۷ $^{**}$ | ۵۵۹۹۶ $^{**}$ | ۴۵۵۸۲۱۲ $^{**}$ | ۳۱۴۵۲۰ $^{**}$ | ۴۵۱۰۰۱ $^{**}$ |
| رقم× شوری | ۶ | ۱۲۲/۹۸ $^{**}$ | ۷/۶۷ $^{ns}$ | ۱۱/۲۹ $^{**}$ | ۴۵۹۵/۷۱ $^{**}$ | ۶۵۲۴۹۱ $^{**}$ | ۷۱۷۰۶۵ $^{**}$ | ۱۲۳۱۹۴ $^{**}$ | ۴۵۰۶۴۰ $^{**}$ |
| خطای آزمایش | ۲۴ | ۲۳/۷۹ | ۳/۸۸ | ۲/۲۳ | ۳۶۱/۴۶ | ۱۹۰۱۰۳ | ۱۳۰۱۴۲ | ۳۶۸۱۹ | ۶۸۸۰۶ |

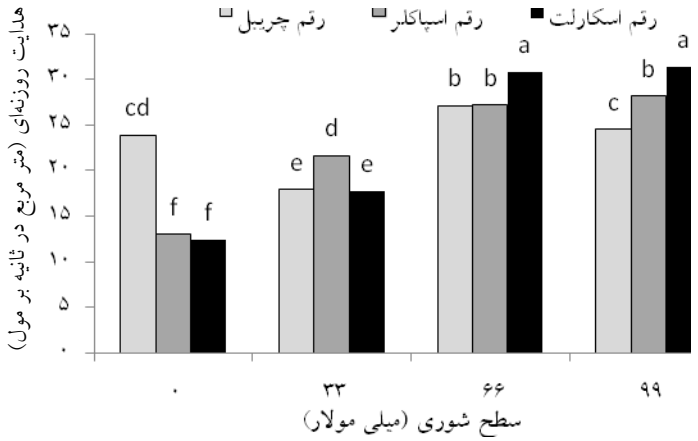
$^{**}$، $^{*}$ و ns به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

بر اساس آستانه تحمل به شوری در گیاه تربچه در نظر گرفته شدند. بذرهای ارقام مورد مطالعه در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر کاشته شدند. پس از سبز شدن، در مرحله چهار برگی، تنک کردن گیاهان صورت گرفت تا تعداد بوته‌ها در هر گلدان به ۱۲ بوته برسد. تیمارهای شوری (کلرید سدیم) به همراه آبیاری، از مرحله چهار برگی به گیاهان اعمال گردید. پارامترها در مرحله‌ای که غده گیاه به اندازه طبیعی خود برای مصارف بازاررسانی رسید، اندازه‌گیری شدند. میزان هدایت روزنه‌ای توسط دستگاه پرومتر (مدل SC-1 بر حسب $m^2s/mol$) انجام گرفت. این دستگاه از طریق پمپاژ هوای خشک در فواصل زمانی مشخص به داخل محفظه‌ای که برگ در آن قرار گرفته است، عمل می‌کند. برای تعیین میزان قندهای محلول از روش ایریگوین (۱۹۹۲) استفاده گردید. از روش واگنر (۱۹۷۷) نیز جهت اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین غده استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان سبزینگی گیاه از روش دری و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. همچنین، برای تعیین میزان عناصر غذایی سدیم و پتاسیم از دستگاه دیجیتال فلیم فتومتر (digital flame photometer 310 مدل JENWAY) استفاده گردید. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار JMP8، رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

## نتایج و بحث

### اثر شوری بر هدایت روزنه‌ای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده شوری و اثر متقابل رقم و شوری بر میزان هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). میزان هدایت روزنه‌ای با افزایش شوری در ارقام اسپارکلر و اسکارلت سین‌سیناتی افزایش یافته و در سطوح شوری ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار در همین ارقام، میزان هدایت روزنه‌ای اختلاف معنی‌داری نسبت به هم نداشتند ($P\leq$۰/۰۱). در رقم چریبل، با افزایش شوری تا سطوح ۳۳ و ۹۹ میلی‌مولار، میزان هدایت روزنه‌ای کاهش یافت. بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در رقم اسکارلت و سطوح شوری ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار دیده شد (شکل ۱). نتایج آزمایش نشان داد که ارقام اسکارلت و اسپارکلر نسبت به افزایش شوری از خود مقاومت نشان دادند و از میزان هدایت روزنه‌ای آن‌ها کاسته نشد. شوری بر میزان هدایت روزنه‌ای ارقام تربچه تأثیر چندانی نداشت. شاید این مربوط به طول دوره کوتاه رشدی گیاه تربچه باشد. همچنین، میزان این صفت بستگی زیادی به میزان کلروفیل گیاه و فتوسنتز دارد. بررسی هدایت روزنه‌ای به احتمال زیاد می‌تواند به عنوان شاخصی قابل اعتماد برای کاهش فتوسنتز و به دنبال آن سرعت رشد محسوب گردد. از این رو، به عنوان شاخص حساس جهت تعیین تنش اسمزی مد نظر قرار می‌گیرد. هدایت روزنه‌ای یکی از عوامل تنظیم کننده فتوسنتز است، به طوری که بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای منجر به کاهش فتوسنتز در گیاه می‌شود که نتیجه این فرایند مهم، کاهش رشد گیاه است (۴ و ۹).



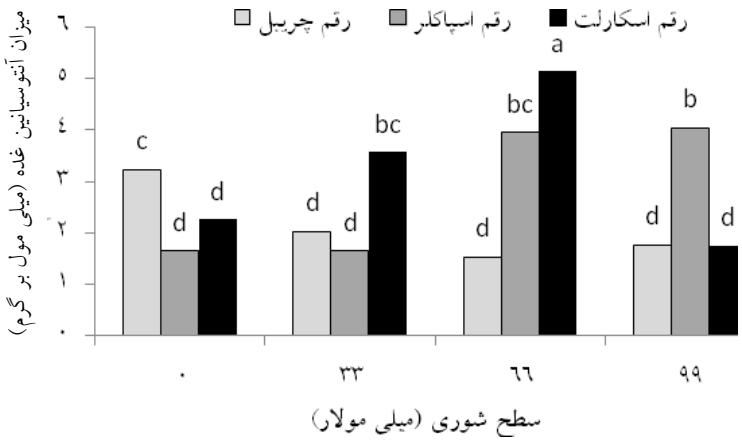

**شکل ۱. اثر متقابل رقم و شوری بر میزان هدایت روزنه‌ای در سه رقم تربچه**

## اثر شوری بر میزان کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای رقم و شوری بر میزان کلروفیل کل در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشد؛ در صورتی که اثر متقابل آن‌ها معنی‌داری نشد (جدول ۱). میزان کلروفیل کل ارقام اسکارلت، سین‌سیناتی و اسپارکلر با هم تفاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) نداشته و رقم چریبل کمترین میزان را داشت. میزان کلروفیل کل در شوری ۳۳ میلی‌مولار بیشترین میزان و در بقیه سطوح شوری تفاوت معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد نداشت ($P\leq ۰/۰۵$). بدین معنی که افزایش شوری تا سطح ۹۹ میلی‌مولار باعث افزایش میزان کلروفیل کل نگردید. هموستازی یونی در محیط‌های تحت تنش شوری، دلیل فزونی سدیم و کلر به عنوان یون‌های سمیت‌زا و حلالیت شدید آن‌ها در آب، جذب سریع و انتقال آن‌ها با جریان تعرق است که باعث بازدارندگی از رشد و فتوسنتز و سایر فرایندهای گیاهی می‌شود. همچنین، می‌توان کاهش کلروفیل و به طور کلی فتوسنتز را به کمبود یون پتاسیم در سلول‌های برگ فتوسنتز کننده نسبت داد (۱۲ و ۱۸). در اثر تنش شوری، میزان کلروفیل کاهش می‌یابد که دلیل آن فعالیت بیشتر آنزیم کلروفیلاز گزارش شده است. برخی تنظیم کننده‌های رشد مانند اسید آبسیزیک و اتیلن موجب تحریک این آنزیم می‌شوند و در اثر تنش غلظت این مواد افزایش می‌یابد (۱۵). بر اثر تنش شوری، میزان کلروفیل در کوتیلدون کلم قرمز و گوجه فرنگی کاهش یافت (۱۶).

## اثر شوری بر آنتوسیانین غده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل رقم و شوری در سطح احتمال ۱٪ بر آنتوسیانین غده معنی‌دار شد (جدول ۱). در رقم چریبل، با افزایش سطح شوری نسبت به تیمار شاهد، میزان آنتوسیانین غده کاهش یافته و در رقم اسپارکلر، بیشترین میزان آنتوسیانین غده مربوط به سطح شوری ۶۶ میلی‌مولار بود که با میزان آنتوسیانین غده در سطح شوری ۹۹ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری نداشت ($P\leq ۰/۰۱$). در رقم اسکارلت، میزان آنتوسیانین غده با افزایش شوری تا سطح شوری ۶۶ میلی‌مولار افزایش یافت که در این سطح شوری بیشترین میزان آنتوسیانین غده را در بین تمامی ارقام به خود اختصاص داد. ولی دوباره، میزان آنتوسیانین غده در شوری ۹۹ میلی‌مولار کاهش شدیدی پیدا کرد (شکل ۲). در سطح شوری ۹۹ میلی‌مولار، سنتز آنتوسیانین به دلیل دهیدراته شدن آنزیم‌ها مختل گردیده است. دلیل دیگر می‌تواند کاهش قند محلول در سلول باشد، زیرا سنتز آنتوسیانین همبستگی مستقیمی با مقدار کربوهیدرات‌ها در سلول‌ها دارد. در آزمایشی، رابطه شوری و آنتوسیانین در ریشه، هیپوکوتیل و کوتیلدون گوجه‌فرنگی

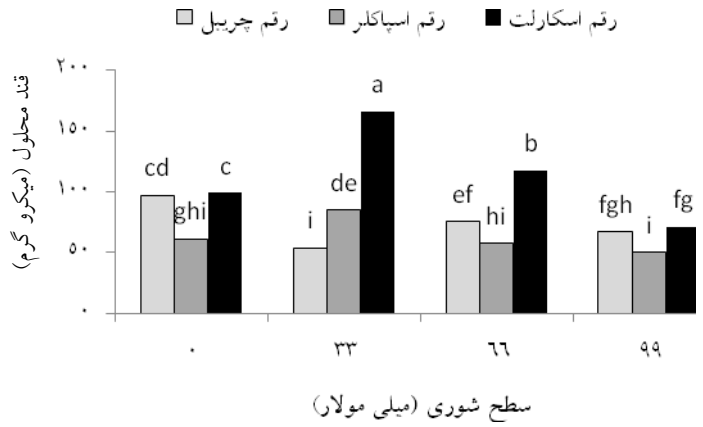



**شکل ۲. اثر متقابل رقم و شوری بر میزان آنتوسیانین غده در سه رقم تربچه**

و کلم قرمز مورد مطالعه قرار گرفت و مشاهده شد که با افزایش شوری، آنتوسیانین تحریک به تولید شد و مقدار آن افزایش یافت. در شرایط تنش شوری و خشکی، میزان ترکیبات قابل حل که شامل آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند آنتوسیانین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی هستند، گزارش شده است. میزان آنتوسیانین در هیپوکوتیل و کوتیلدون هر دو گیاه افزایش یافت. به طور کلی، تغییرات پیگمان‌ها در گیاهان از مکانیسم‌های دفاعی آن‌ها در برابر افزایش شوری می‌باشد. می‌توان این فرضیه را بیان کرد که افزایش بیوسنتز آنتوسیانین در ریشه و ساقه و به‌خصوص برگ گیاهان باعث افزایش مقاومت در برابر تنش‌های محیطی می‌شود. همچنین، بین افزایش میزان آنتوسیانین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی رابطه و همبستگی معنی‌داری دیده شده است (۱۶). توسعه آنتوسیانین، هماهنگ با تجزیه کلروفیل، به بیشترین حد خود می‌رسد. حتی اگر ژن لازم برای ساخته شدن آنتوسیانین وجود داشته باشد تا شرایط محیطی مطلوب نباشد، ساخته شدن آن انجام نمی‌پذیرد. همچنین، تشکیل آنتوسیانین‌ها در گیاهان معمولاً با تجمع قند صورت می‌پذیرد و هر عاملی که سبب افزایش قند در گیاه شود، اغلب ساخته شدن آنتوسیانین را رونق می‌بخشد (۵). سیستم دفاعی غیرآنزیمی در گیاهان شامل ترکیبات آنتی‌اکسیدان مانند آنتوسیانین‌ها، کاروتنوئیدها، توکوفرول‌ها، آسکوربیک اسید و ترکیبات فنلی می‌باشد. فلاونوئیدهای آنتوسیانینی از مهمترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند. این ترکیبات نه تنها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند، بلکه از تولید بیشتر آنها در گیاه نیز جلوگیری می‌کنند. آنتوسیانین‌ها به احتمال زیاد باعث تسهیل ورود نمک به واکوئل سلول‌ها و در نتیجه جمع‌آوری آنها از سایر بخش‌ها می‌شوند. آنتوسیانین‌ها می‌توانند در هماهنگی با مولکول‌های حفاظتی در یاخته‌های گیاهی عمل خود را انجام دهند و برای جبران کمبود در غلظت مولکول‌ها در دوره تنش وارد عمل شوند. آنتوسیانین‌ها در مکان‌های ویژه‌ای درون برگ‌ها برای کارایی بهینه گیاه وارد عمل می‌شوند (۱۰).

### اثر شوری بر میزان قند محلول

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای ساده و متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر میزان قند محلول معنی‌دار شد(جدول ۱). بیشترین مقدار قند محلول در شوری ۳۳ میلی-مولار در رقم اسکارلت دیده شد. در رقم چریبل، با افزایش شوری، از مقدار قند محلول گیاه کاسته شد. در رقم اسپارکلر، قند محلول در شوری ۳۳ میلی‌مولار افزایش معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) نسبت به گیاهان شاهد پیدا کرد و دوباره در سطوح شوری ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار از مقدار آن کاسته شد که در این سطوح شوری اختلاف معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) نسبت به گیاهان شاهد نداشت (شکل ۳). در گونه‌ای از لوبیا که گیاهی

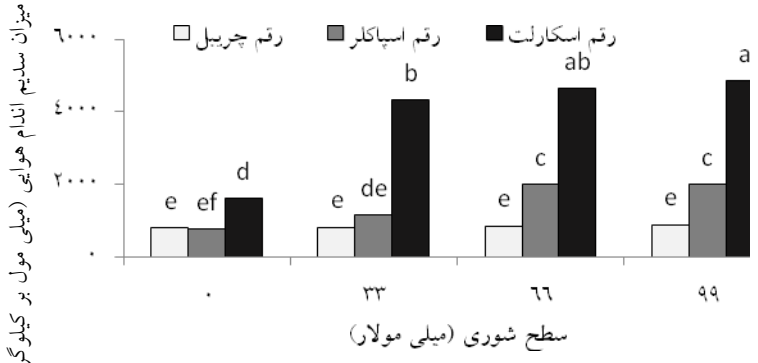



**شکل ۳. اثر متقابل رقم و شوری بر میزان قند محلول در سه رقم تربچه**

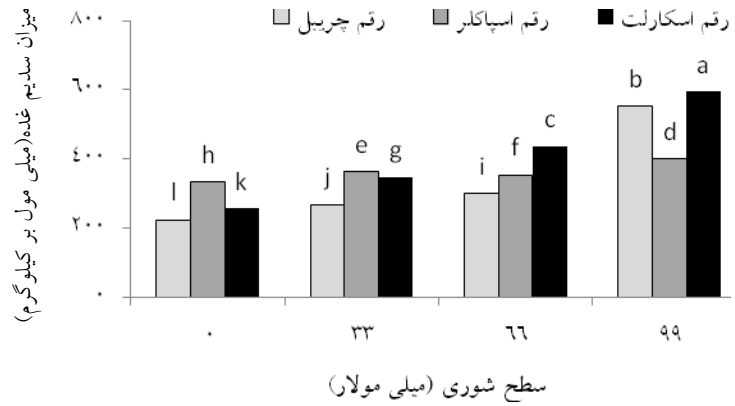
حساسی به شوری می‌باشد، میزان ساکارز برگ در شرایط تنش شوری افزایش بیشتری یافت (۳). ولی در برنج، که مقاومت متوسطی دارد، این میزان کمتر بوده و در سویا نیز اندکی کاهش یافت. در صورتی که در پنبه، که گیاه مقاومی است، کاهش بیشتری گزارش شده است. این موضوع نشان می‌دهد که تأثیر شوری در تغییر کربوهیدرات‌ها به گونه گیاهی و غلظت نمک بستگی دارد (۳). شوری در بعضی از سبزی‌ها و صیفی‌جات نظیر هویج، مارچوبه، گوجه‌فرنگی، چغندر و خربزه موجب افزیش قند شده و از لحاظ کیفیت محصول تأثیر مثبتی دارد (۶).

## اثر شوری بر میزان سدیم اندام هوایی و غده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای ساده و متقابل تمامی تیمارها بر میزان سدیم اندام هوایی و غده اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشت (جدول ۱). در رقم اسپارکلر، مقدار سدیم اندام هوایی با ازدیاد میزان شوری افزایش یافت. در سطح شوری ۳۳ میلی‌مولار نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. در رقم اسکارلت سین‌سیناتی که بیشترین مقدار سدیم اندام هوایی را به خود اختصاص داده، افزایش مقدار سدیم اندام هوایی با ازدیاد میزان شوری مشاهده شد (شکل ۴). مقدار سدیم در غده ارقام مختلف تربچه با افزایش شوری، افزایش یافت، و بیشترین مقدار سدیم غده مربوط به رقم اسکارلت سین‌سیناتی بود. در ارقام چریبل و اسپارکلر، تجمع سدیم در غده با شدت کمتری نسبت به رقم اسکارلت انجام پذیرفت (شکل ۵). در گیاهان خانواده شب‌بو، نگه‌داشتن زیاد نسبت پتاسیم به سدیم در بافت‌های گیاهی شرایط را برای تحمل شوری در گیاهان فراهم می‌کند (۱۴). تغییرات غلظت سدیم در ریشه ارقام مختلف عدس مشابه اندام هوایی آن می‌باشد. جذب سدیم توسط ریشه لاین $ILL_{6434}$ نسبت به سایر ارقام عدس بیشتر گزارش شده، به طوری که در کلیه سطوح شوری مورد آزمایش، غلظت سدیم در ریشه این رقم نسبت به اندام هوایی بیشتر بود. این امر می‌تواند مؤید این مطلب باشد که لاین مذکور قادر است با تجمع سدیم در بافت ریشه خود تا حدودی از انتقال آن به اندام هوایی ممانعت به عمل آورد. ممکن است این مسئله ناشی از مکانیسم حذف یا دور کردن نمک در گیاه بوده و با تحمل به شوری در این لاین مرتبط باشد (۱۱). سدیم به عنوان 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 جایگزین یون پتاسیم شود. بنابراین، اثرهای سمیت کلرید سدیم




**شکل ۴. اثر متقابل رقم و شوری بر میزان سدیم اندام هوایی در سه رقم تربچه**

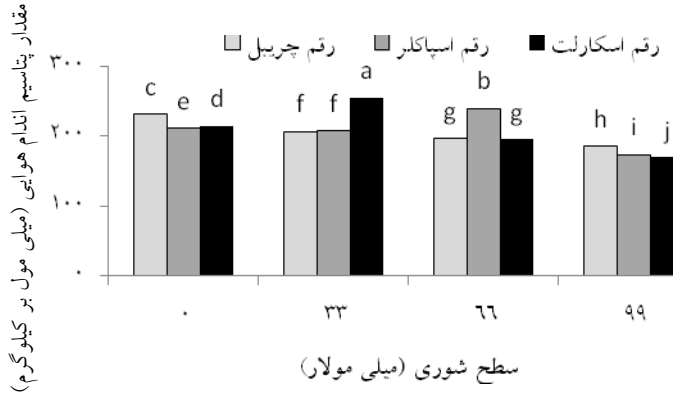



**شکل ۵. اثر متقابل رقم و شوری بر میزان سدیم غده در سه رقم تربچه**

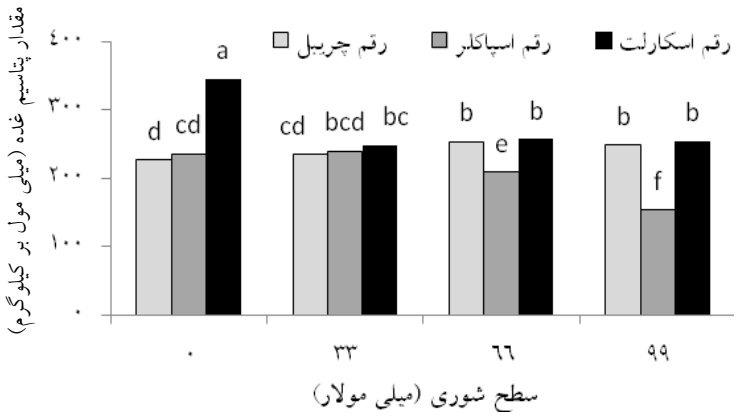
که از انباشتگی زیاد نمک در گیاه ناشی می‌شود، ممکن است تنها به دلیل اثرهای مستقیم سدیم نباشد، بلکه به علت کاهش مقدار عناصر مغذی ضروری مانند پتاسیم و کلسیم در گیاه باشد (۱). در پژوهشی، تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر میزان سدیم و پتاسیم موجود در برگ‌های نخود داشت. با افزایش شوری از میزان پتاسیم گیاه نخود کاسته و به میزان سدیم برگ این گیاه افزوده شد (۲).

## اثر شوری بر میزان پتاسیم اندام هوایی و غده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر شوری و اثر متقابل رقم و شوری بر میزان پتاسیم اندام هوایی و همچنین اثرهای ساده و متقابل این تیمارها بر پتاسیم غده معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) شد (جدول ۱). در تمامی ارقام تربچه، با افزایش شوری، از مقدار پتاسیم اندام هوایی کاسته شد. در رقم چریبل، کاهش مقدار پتاسیم اندام هوایی با افزایش شوری پیوسته است که نسبت به گیاهان شاهد اختلاف معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) داشت. در رقم اسپارکلر، در شوری ۶۶ میلی‌مولار، به میزان پتاسیم اندام هوایی افزوده و دوباره در شوری ۹۹ میلی‌مولار از آن کاسته شد. در رقم اسکارلت سین سیناتی، در شوری ۳۳ میلی‌مولار، بیشترین مقدار پتاسیم اندام هوایی دیده شد (شکل ۶). در رقم چریبل، در سطوح شوری ۶۶ و ۹۹ میلی‌مولار، افزایش مقدار پتاسیم غده را شاهد بودیم. ولی در ارقام اسپارکلر و اسکارلت، با افزایش شوری، از مقدار پتاسیم غده کاسته شد. بیشترین مقدار پتاسیم غده در رقم اسکارلت در سطح شوری شاهد (صفر میلی‌مولار) و کمترین مقدار پتاسیم غده در رقم اسپارکلر در سطح شوری ۹۹ میلی‌مولار مشاهده گردید (شکل ۷). کاهش جذب پتاسیم در محیط شور می‌تواند ناشی از به هم خوردن تعادل هورمونی گیاه، به ویژه سایتوکینین، در ریشه باشد. کاهش




**شکل ۶. اثر متقابل رقم و شوری بر میزان پتاسیم اندام هوایی در سه رقم تربچه**




**شکل ۷. اثر متقابل رقم و شوری بر میزان پتاسیم غده در سه رقم تربچه**

مقدار سایتوکینین ریشه در بسیاری از گیاهان گزارش شده است (۱۲). در مقایسه بافت‌های زیره سبز، تجمع پتاسیم در بافت ریشه کمتر از بافت برگ می‌باشد زیرا پتاسیم مورد نیاز اندام هوایی می‌باشد و در برگ جهت تنظیم اسمزی و در اندام‌های زایشی برای فعالیت‌های متابولیک استفاده می‌شود (۱۲). در آزمایشی که روی ارقام انار انجام شد، مشاهده گردید که میزان سدیم و پتاسیم در اندام هوایی گیاه افزایش یافته است. تجمع پتاسیم در بافت شاید به عنوان مکانیسمی برای کاهش سمیت سدیم و تنظیمات اسمزی در گیاه باشد. ولی نسبت پتاسیم به سدیم کاهش یافته است (۸). با افزایش سطح شوری، تجمع یون‌های سدیم و پتاسیم در برگ و ریشه زیره سبز تغییر یافت. تجمع سدیم بیشتر در برگ و تجمع پتاسیم در ریشه مشاهده شد (۱۲). در بنت‌گراس، شوری باعث کاهش دسترسی پتاسیم، کلسیم و گوگرد شد (۱۹).

## نتیجه‌گیری

همانطور که در بسیاری از تحقیقات دیده شده است، تنش شوری اثر نامطلوبی بر بسیاری از خصوصیات زیستی گیاهان دارد. در این تحقیق نیز مشخص شد که قند محلول و میزان پتاسیم اندام هوایی و غده بر اثر تنش شوری کاهش یافت. همچنین، تنش شوری باعث افزایش هدایت روزنه‌ای، میزان آنتوسیانین غده و سدیم اندام هوایی و غده گردید. عکس‌العمل ارقام مختلف به تنش شوری متفاوت می‌باشد، به گونه‌ای که در بین ارقام مختلف تربچه، رقم اسکارلت سین‌سیناتی نسبت به دو رقم چریبل و اسپارکلر به دلیل اختلاف ژنتیکی بین ارقام، از قابلیت تجمع نمک بیشتری برخوردار است. این رقم نسبت به

دو رقم چریبل و اسپارکلر از نظر صفات مورد بررسی نیـز برتـر بود. با توجه به نتایج این آزمایش، به کشاورزان توصیه می‌شـود که در زمین‌های شور از رقم اسکارلت سین‌سیناتی برای کشـت و کار استفاده نمایند زیرا این رقم با توجه به تفـاوت در شـکل ظاهری کشیده و همچنین رنگ قرمز درخشان غده، دارای میزان آب بیشتری در بافت‌های خود بوده، و در نتیجه در مقابل تـنش شوری مقاوم‌تر می‌باشد.

## منابع مورد استفاده


۱. امین پناه، ه. و ع. سروش زاده. ۱۳۸۴. بررسی اثر نیترات کلسیم بر توزیع سدیم و پتاسیم در جوانه‌های برنج در شرایط شوری. مجله زیست شناسی ایران ۱۸(۲): ۹۲-۹۹.

۲. اردلان، ح. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر روش‌های مختلف پیش‌تیمار بذر بر رفتار جوانه‌زنی و خصوصیات مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاهچه‌های نخود تحت شرایط تنش شوری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳. بابائیان جلودار، ن. و م. ضیاء تبار احمدی. ۱۳۸۱. رشد گیاه در اراضی شور و بایر. (ترجمه)، بک. گارگ. آی. سی. گوپتا، انتشارات دانشگاه مازندران.

۴. برزوئی، ا. ۱۳۸۹. مطالعات اثرات سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و راندمان مصرف کود ارقام گندم با استفاده از رادیوایزوتوپی $N_{15}$. رساله‌ی دکترا، دانشگاه فردوسی مشهد.

۵. دولتیان، ن. ۱۳۹۲. اثر اسید هیومیک بر صفات کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم سلوا در شرایط گلخانه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۶. جلیلی مرندی، ر. ۱۳۸۹. فیزیولوژی تنش‌های محیطی و مکانیسم‌های مقاومت در گیاهان باغی (درختان میوه، سبزی‌ها، گیاهان زینتی و گیاهان دارویی). جهاد دانشگاهی واحد آذربایجان غربی.

۷. حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران.

۸. خیاط، م. ۱۳۹۲. تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام انار شیشه کب و ملس ساوه در شرایط مزرعه و گلخانه. رساله‌ی دکترا، دانشگاه فردوسی مشهد.

۹. خاوری، ز. ۱۳۷۵. فیزیولوژی گیاهی. انتشارات دانشگاه تربیت معلم.

۱۰. سعادتمند، م. و ش. انتشاری. ۱۳۹۲. اثر طول زمان پیش‌تیمار با سیلیکون بر تحمل شوری در گیاه گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch & CA mey). علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۳(۱۲): ۴۵-۵۶.

۱۱. شریعت جعفری، م. ۱۳۷۶. بررسی تأثیر شوری بر گیاه عدس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۲. نبی‌زاده مروست، م. ۱۳۸۱. اثرات شوری بر رشد، عملکرد و تجمع املاح و درصد اسانس زیره سبز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

13. Ashraf, M. and A. Ahmad. 2000. Influence of sodium chloride on ion accumulation, yield components and fiber characteristics in salt-tolerance and salt-sensitive lines of cotton. Field Crops Res. 66(2): 115-127.
14. Ashraf, M. and T. McNielly. 2004. Salinity tolerance in Brassica oil seeds. Crit. Rev. Plant Sci. 23: 157-174.
15. Drazkiewicz, M. 1994. Chlorophyllase: Occurrence, functions, mechanism of action, effects of external and internal factors. Photosythetica 30(3): 321-331.
16. Eryilmaz, F. 2006. The relationship between salt stress and anthocyanin content in higher plants. Biotechn. 26: 100-112.
17. Grattana, S.R. and C.M. Grieve. 1998. Salinity-mineral relations in horticulture crops. Sci. Hort. 2: 127-157.

18. Guo, F.O. and Z.C. Tang. 1999. Reduced $Na^+$ and $K^+$ permeability of $K^+$ channel in plasma membrane isolated from roots of salt tolerant mutant of wheat. Chinese Acad. Sci. 41(9): 217-220.
19. Liu, C. and R.J. Cooper. 2002. Humic acid application does not improve salt tolerance of hydroponically growth creeping bentgrass. J. Am. Soc. Hort. Sci. 127(2): 219-223.
20. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell Environ. 25: 239-250.
21. Munns, R. and J. B. Passioura. 1993. Effect of prolonged exposure to NaCl on the osmotic pressure of leaf xylem sap from intact, transpiring barley plants. Aust. J. Plant Physiol. 11: 497-507.
22. Rao, T.S., H. Purnapragnachar and A.S. Hadimini. 1969. Effect of soil salinity on germination of paddy varieties. J. Indian Soc. Soil Sci. J. 17: 431-435.
23. Shannon, M.C. and C.M. Grieve. 1999. Tolerance of vegetative crops to salinity. Sci. Hort. 78: 5-8.