

## بررسی کاهش اثرات سوء تنش شوری بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak.) از طریق کاربرد اسید سالیسیلیک

### Investigation of Reducing Detrimental Effects of Salt Stress on Morphological and Physiological Traits of (*Thymus daenensis* Celak.) through Salicylic Acid Application

الهام هراتی<sup>۱\*</sup>، بهاره کاشفی<sup>۲</sup> و محمد متینی‌زاده<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۹/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۸

#### چکیده

اسید سالیسیلیک یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی می‌باشد که بر رشد و نمو و تحمل تنش شوری در گیاهان مؤثر است. جهت ارزیابی تأثیر اسید سالیسیلیک و تنش شوری روی برخی صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak.) آزمایشی در چهار سطح اسید سالیسیلیک (صفر، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ پی‌پی‌ام) و چهار سطح کلرید سدیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد، سطوح مختلف شوری سبب افزایش محتوای پرولین، قندهای محلول، وزن تر و افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و سبب کاهش سطح برگ و غلظت پروتئین گردید، همچنین نتایج برهمکنش تیمار شوری و اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌داری در میزان پرولین، غلظت قندهای محلول، نسبت ریشه به اندام‌هوایی، وزن تر و خشک، افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز گردید. براساس نتایج این پژوهش، محلول‌پاشی برگ‌گی اسید سالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و افزایش غلظت پرولین و قندهای محلول تحت شرایط تنش شوری موجب بهبود صفات فیزیولوژیکی گیاه شده و مقاومت گیاه را در شرایط ناشی از تنش افزایش داد.

**واژه‌های کلیدی:** آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، تنظیم‌کننده رشد، پرولین، قندهای محلول

۱ و ۲. به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران

۳. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران

Email: Harati\_elham@yahoo.com

\*: نویسنده مسئول

## مقدمه

ایران یکی از کشورهایی است که در اکثر نقاط آن تنش‌های مهم غیرزنده نظیر خشکی و شوری موجب کاهش عملکرد، از بین رفتن حاصل خیزی خاک و عدم امکان کشاورزی می‌گردد (کافی و مهدوی‌دامغانی، ۱۳۷۹). شوری یکی از عوامل مهم در تاریخ و سیستم‌های کشاورزی است، که بشر با آن ارتباط دیرینه دارد. هرگاه بارندگی محدود باشد، نمک از خاکی که گیاهان در آن ریشه دوانیده است، شسته نشده و با افزایش شوری مقدار محصول کاهش می‌یابد (معاونی، ۱۳۸۹). از طرفی گیاه تحت شوری بالا آسیب می‌بیند و غلظت زیاد نمک باعث کاهش رشد ریشه، جوانه و کاهش عملکرد و مرگ گیاه می‌شود که مهم‌ترین واکنش گیاه به افزایش شوری خاک، توقف رشد رویشی گیاه و توسعه برگ می‌باشد (الوهابی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۱).

تغییرات در رشد گیاه نتیجه تأثیر زیان‌آور شوری بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه می‌باشد که شامل سمیت یونی، تنش اسمزی و تنش اکسیداتیو می‌باشند (فراری<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). شوری سرعت رشد تمام گیاه و به‌خصوص اندام‌های هوایی را کاهش می‌دهد. در تجزیه و تحلیل پاسخ یک گیاه به تنش شوری اظهار شده است، که کاهش رشد شاخه‌ها در دو فاز اتفاق می‌افتد: پاسخ سریع به افزایش فشار اسمزی خارجی و پاسخ تدریجی به سبب تجمع سدیم در برگ‌های گیاه می‌باشند. پس از افزایش غلظت نمک فاز اسمزی پیرامون ریشه تغییر نموده و رشد شاخه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (مانز و تستر<sup>۳</sup>، ۲۰۰۸). تنش شوری تأثیر منفی بر قندهای محلول، اسیدهای چرب و محتوی پروتئین دارد، اما سطح آمینواسیدها مخصوصاً پرولین افزایش می‌یابد، این امر می‌تواند به عدم تعادل مواد غذایی، به‌ویژه تأثیر سمیت تنش شوری، تأثیر ترکیبات اسمزی قوی و کاهش فتوسنتز نسبت داده شود (سعید/الاهل و عمر<sup>۴</sup>، ۲۰۱۱).

پرویز و استاوتی<sup>۵</sup> (۲۰۰۸) بیان نمودند، توانایی گیاهان در تحمل شوری توسط برخی از مسیرهای بیوشیمیایی تسهیل‌کننده و یا از طریق کسب آب، حفاظت از فعالیت کلروپلاست و نگهداری یون‌های همئوستازی در گیاه تعیین می‌شود. مسیرهای اصلی شامل سنتز متابولیت‌های اسموتیکی فعال به‌ویژه پروتئین و برخی از آنزیم‌های رادیکال آزاد در

کنترل یون، سرعت جریان آب و حمایت از جاروب‌کننده‌های رادیکال آزاد می‌باشد. در مدت شروع و توسعه تنش شوری در گیاه، تمام فرآیندهای اصلی گیاه از قبیل فتوسنتز، سنتز پروتئین و متابولیسم چربی و انرژی تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

از طرفی دیگر تمام تنش‌های محیطی منجر به تولید گونه‌های اکسیژن فعال<sup>۶</sup> می‌شوند که باعث آسیب‌های اکسیداتیو می‌گردند. گیاهان با سطح بالایی از آنتی‌اکسیدان‌ها پایداری بیشتری در برابر آسیب‌های اکسیداتیو دارند. تحت تنش شوری در گیاهان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش می‌یابد (سعید/الاهل و عمر، ۲۰۱۱). گونه‌های اکسیژن فعال می‌توانند باعث تخریب عمده غشاء، چربی‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک شوند (قربانلی و همکاران، ۱۳۸۸). در گیاه کاسیا<sup>۷</sup> فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز تحت تنش شوری افزایش و فعالیت آنزیم آسکوربات کاهش یافت (اگرال و پندی<sup>۸</sup>، ۲۰۰۳). نجفیان<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند، مکانیسم‌های دفاعی گیاهان در برابر تنش‌ها توسط برخی از مواد شیمیایی در گیاه تحریک و یا افزایش داده می‌شوند.

اسید سالیسیلیک<sup>۱۰</sup> یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید گروهی از مواد رشد گیاهی می‌باشد (فتحی و اسماعیل‌پور، ۱۳۷۹) که بر رشد و نمو، فتوسنتز و در فرآیند انتقال سیگنال در دفاع و محافظت در برابر تنش‌ها نقش ایفاء می‌کند. همچنین اسید سالیسیلیک تأثیر تنظیمی در فعال کردن مسیرهای بیوشیمیایی وابسته به مکانیسم‌های تحمل به تنش در گیاه دارد (جوسف<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). مردانی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند، اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک القاء‌کننده موثر در بیان ژن‌های مقاومت تنش‌های زیستی و غیرزیستی شناخته شده است که پس از افزودن به سطح بیرونی بسیاری از گیاهان، پروتئین‌های مرتبط با تنش را به رمز در می‌آورد و سبب افزایش ترکیبات دفاعی همچون پرولین و بتائین و گلاسیسین می‌شود.

آویشن یکی از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین گیاهان دارویی از خانواده نعنائیان<sup>۱۲</sup>، گیاهی علفی و چندساله، که از ارزش دارویی بالایی برخوردار می‌باشد (زرگری، ۱۳۷۶). سرشاخه‌های

6. Reactive oxygen species (ROS)

7. *Cassia angustifolia*

8. Agarwal and Pandey

9. Najafian

10. Salicylic Acid (SA)

11. Joseph

12. Lamiaceae

1. Al-Wahaibi

2. Frary

3. Munns and Tester

4. Said-Alahl and Omer

5. Parvaiz and Satyawati

سالیسیلیک بعد از استقرار گیاه اعمال شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار شوری در چهار سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار سدیم کلراید به فاصله پنج روز با آب آبیاری استفاده شد. کاربرد اسید سالیسیلیک در سطوح صفر، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ پی پی ام (هزار قسمت در میلیون) به صورت اسپری برگی یک هفته پس از شروع تیمار شوری با فاصله هر هفت روز، بر نهال‌های آویشن اعمال شد. پس از حدود ۴۰ روز از زمان شروع تیمارها، نهال‌ها برداشت و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند.

صفات مورد اندازه‌گیری شامل: وزن تر و خشک گیاه، ارتفاع ساقه، نسبت ریشه به اندام هوایی، شاخص سطح برگ با دستگاه لیفاریامتر<sup>۷</sup> و میزان پرولین (بتیس<sup>۸</sup> و همکاران، ۱۹۷۳)، میزان قندهای محلول به روش تغییر داده شده (شلینگل<sup>۹</sup>، ۱۹۸۳)، فعالیت کمی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، پراکسیداز (چنسی و مهلی<sup>۱۰</sup>، ۱۹۵۵) و کاتالاز (یزینگ و گرهاردت<sup>۱۱</sup>، ۱۹۸۹) و میزان پروتئین (لوری<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۱۹۵۱) نیز با دستگاه اسپکتروفتومتر<sup>۱۳</sup> سنجیده شد. پس از اجرای پروژه و جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین از طریق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام گرفت. همچنین برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

### نتایج و بحث

تنش شوری از مشکلات عمده در بسیاری از نقاط جهان می‌باشد که تنها بر یک مرحله رشدی گیاه تأثیر سوء نمی‌گذارد، بلکه با توجه به شدت تنش، نوع تنش، میزان مقاومت گیاه، مراحل مختلف رشدی و نوع بافت و اندام گیاهی و سیر تکاملی متفاوت است، البته تأثیر تنش بر رشد، پدیده ساده‌ای نیست که در همه گیاهان به‌طور مشابه عمل کند (زادوریان و همکاران، ۱۳۸۸) گزارش شده است، دامنه پاسخ به تنش شوری از کاهش رشد تا پیری زودرس برگ‌ها، پژمردگی دائمی و مرگ متفاوت است (دولت‌آبادیان و همکاران، ۱۳۸۶).

گل‌دار آویشن دنیایی<sup>۱</sup> کاربرد وسیعی در طب سنتی دارد و به آسانی به دلیل داشتن برگ‌های باریک از سایر گونه‌های جنس *Thymus* قابل تفکیک است (جم‌زاد، ۱۳۷۳). از خواص درمانی آویشن ضد عفونی‌کنندگی، ضد تشنج، ضد اسپاسم و نقش مثبت آن در رفع بیماری‌های تنفسی می‌باشد (گل‌پرور و همکاران، ۱۳۹۰؛ افلاکیان و همکاران، ۱۳۹۰). آویشن یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی می‌باشد که تحت تأثیر تنش‌های محیطی مختلف قرار می‌گیرد (حسینی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰).

در پژوهشی تأثیر تنش شوری بر محتوای پرولین و قندهای محلول آویشن باغی<sup>۳</sup> مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن نشان داد که تحت تنش شوری محتوای پرولین و قندهای محلول در برگ‌ها با افزایش سدیم کلراید همگام شده و این افزایش در سطح آماری ( $P \leq 0/01$ ) معنی‌دار بود (حسینی، ۲۰۱۰). در تحقیقی دیگر که به منظور بررسی تأثیر تنش شوری و تیمار اسید سالیسیلیک بر روی آویشن باغی انجام شد، نتایج نشان داد، وزن خشک شاخه و ریشه آویشن با افزایش سطح شوری کاهش داشت. تأثیر اصلی تنش شوری در وزن خشک ریشه و شاخه اختلاف معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد نشان داد (نجفیان و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین اثر حفاظتی اسید سالیسیلیک شامل توسعه برنامه‌های ضد تنش و تسریع بهبود فرآیندهای رشد بعد از برداشتن عوامل تنش می‌باشد (سخابوتدینو<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۳).

با توجه به اینکه تنش شوری از عوامل محدودکننده در تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود، بنابراین تحقیق بر روی مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش شوری حائز اهمیت است. در این میان استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در بهبود و رفع آثار تنش شوری بسیار سودمند است. در این پژوهش تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری بر رشد، خصوصیات فیزیولوژیک و فعالیت کمی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در آویشن دنیایی بررسی می‌شود.

### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان در پاییز سال ۱۳۹۰ انجام شد. بذره‌های آویشن در گلدان‌هایی با بافت شنی لومی و پی‌اچ<sup>۵</sup> ۷/۷۴ کشت شدند. آبیاری گلدان‌ها روزانه توسط آب مقطر صورت گرفت. تیمار شوری و اسید

6. ppm  
7. Leaf Area Meter Model ΔT England  
8. Bates  
9. Eshligel  
10. Chance and Maehly  
11. Eising and Gerhardt  
12. Lowry  
13. Model Jenway 6305

1. *Thymus daenensis* Celak.  
2. Hoseini  
3. *Thymus vulgaris* L.  
4. Sakhabutdinova  
5. pH

## پرولین

با افزایش سدیم کلراید افزایش معنی‌داری بر میزان پرولین آویشن دناپی مشاهده گردید. جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد، سطوح مختلف شوری، اسید سالیسیلیک و برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک بر میزان پرولین در سطح احتمال ( $P \leq 0/01$ ) معنی‌دار بود. سعید/لاهل و عمر (2011) کارآیی پرولین را تحت شرایط تنش، تنظیم اسمزی، حفاظت از آنزیم و غشاء، حذف رادیکال‌های آزاد و ذخیره انرژی و نیتروژن برای استفاده در مدت قرارگیری در معرض تنش شوری بیان کردند. مطالعات بیوشیمیایی نشان داده که تحت تنش شوری در گیاهان تعدادی از ترکیبات آلی (محلول‌های سازگارکننده) تجمع می‌یابد که این ترکیبات تداخلی در فرآیندهای بیوشیمیایی وارد نمی‌کنند. از این ترکیبات می‌توان به انواعی از قندهای محلول (مانیتول، ساکارز، رابینوز و الیگوساکاریدها) و ترکیبات نیتروژنه (اسیدآمین، پرولین و گلیسین‌بتائین) اشاره کرد. ترکیبات سازگارکننده نقش مهمی در بهبود تنظیم اسمزی در گیاهان تحت تنش دارند (حیدری و همکاران، ۱۳۸۸).

همچنین نتایج برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک نیز نشان داد، شوری منجر به افزایش میزان پرولین گردید، این در حالی است که محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک تا سطح ۵۰ میلی‌مولار شوری سبب بهبود محتوای پرولین گردید، ولی در سطوح شوری بالاتر، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک موجب کاهش غلظت پرولین نسبت به شاهد گردید، بدین ترتیب بیشترین میزان پرولین در شوری ۵۰ میلی‌مولار سدیم کلراید و غلظت ۴۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک (۰/۲۹) مشاهده شد (جدول ۳). مردانی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند، اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک مولکول سیگنالی سبب افزایش ترکیبات دفاعی همچون پرولین، بتائین و گلیسین تحت شرایط تنش می‌شود. طی تحقیقی مقدار تجمع پرولین تحت تنش شوری با تیمار اسید سالیسیلیک افزایش داشت و این افزایش منجر به مقاومت در برابر از دست دادن آب، افزایش محتوای اندام هوایی و تسریع رشد گیاهان در شرایط تنش گردید (لاری‌یزدی و همکاران، ۱۳۸۸).

## ارتفاع ساقه

جدول تجزیه واریانس نشان داد، سطوح مختلف شوری، اسید سالیسیلیک و برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک بر میزان ارتفاع ساقه تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). با وجود عدم اختلاف معنی‌دار در ارتفاع ساقه، مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲)،

بیشترین میزان ارتفاع را در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلراید و کمترین میزان را در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار سدیم کلراید مشخص نمود. چنین استنباط می‌شود که شوری بالاتر از ۱۰۰ میلی‌مولار در ارتفاع گیاه اثر منفی دارد (جدول ۳).

طبق گزارش محققین، کاهش رشد و عملکرد بستگی به غلظت نمک دارد. هرچه غلظت نمک بیشتر باشد، کاهش رشد محسوس‌تر است و سرعت توسعه برگ تحت تأثیر میزان سدیم و کلر قرار می‌گیرد و می‌تواند شاخص مناسبی برای تعیین مقاومت به شوری باشد (صفرنژاد و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین شکاری و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند، رشد ساقه کمتر تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد، زیرا محتوی نسبی آب ساقه تحت شرایط تنش ممکن است تا ۸۳ درصد کاهش یابد و این در حالی است که ممکن است محتوی آبی اندام‌های دیگر نظیر برگ و ریشه بیشتر از این کاهش یابد. سازوکارهای افزایش تحمل به نمک در گیاهان مختلف موجب تغییراتی در شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی می‌گردد که تحت تأثیر گونه گیاهی، مرحله رشد و عوامل خارجی از قبیل خاک، نوع نمک و شرایط آب و هوایی (رطوبت و دما) قرار دارد (تیموری و جعفری، ۱۳۸۶).

جدول ۱: تجزیه واریانس سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک بر صفات رشدی آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak.)  
 Table 1: Variance analysis of Salt and Salicylic acid levels on growth traits of (*Thymus daenensis* Celak.)

میانگین مربعات Mean square										درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variations
پروتئین Protein	آنزیم پراکسیداز Peroxidase enzyme	آنزیم کاتالاز Catalase enzyme	کربوهیدرات- های محلول Soluble carbohydrates	وزن خشک Dry weight	وزن تازه Fresh weight	سطح برگ Leaf area	نسبت ریشه به ساقه Root to stem ratio	ارتفاع گیاه Plant height	پرولین Proline		
0.0004**	0.0006*	1872**	423.7**	0.003 <sup>ns</sup>	0.031*	0.007**	0.264 <sup>ns</sup>	5.638 <sup>ns</sup>	0.008**	3	شوری Salt
0.0001**	0.0001 <sup>ns</sup>	974.9**	173.9*	0.001 <sup>ns</sup>	0.045**	0.001**	0.086 <sup>ns</sup>	2.916 <sup>ns</sup>	0.009**	3	اسید سالیسیلیک SA
0.00004 <sup>ns</sup>	0.0005*	420.2**	140.3**	0.011**	0.117**	0.00008 <sup>ns</sup>	0.249*	6.62 <sup>ns</sup>	0.005**	9	شوری × اسید سالیسیلیک Salt × SA
11.69	22	8.29	8.94	21.07	14.6	14.3	19.21	16.77	18.75		ضریب تغییرات (درصد) CV(%)

ns, \*, \*\*: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۰.۵٪ و ۰.۱٪ می باشند  
 ns, \*, \*\*: non significant, significant at  $p = 0.05$  and  $p = 0.01$ , respectively

جدول ۲: مقایسه میانگین اثرات ساده شوری و اسید بر صفات اندازه‌گیری شده آویشن دنايي (*Thymus daenensis* Celak.)

Table 2: Means comparison simple effects of salinity and salicylic acid on measured traits of (*Thymus daenensis* Celak.)

سطح اسید سالیسیلیک (پی‌پی‌ام) Salicylic acid level (ppm)				سطح شوری (میلی‌مولار) Salt level (mM)				صفات Traits
450	300	150	0	150	100	50	0	
0.163 <sup>a</sup>	0.115 <sup>b</sup>	0.106 <sup>b</sup>	0.137 <sup>ab</sup>	0.162 <sup>a</sup>	0.121 <sup>b</sup>	0.132 <sup>ab</sup>	0.107 <sup>b</sup>	پرولین (میلی‌مول بر میلی‌گرم وزن تازه) Proline ( $\mu\text{mol}/\text{mg}$ FW)
10.58 <sup>a</sup>	10.33 <sup>a</sup>	11.33 <sup>a</sup>	11.25 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	10.66 <sup>a</sup>	11.33 <sup>a</sup>	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)
1.75 <sup>a</sup>	1.68 <sup>a</sup>	1.61 <sup>a</sup>	1.55 <sup>a</sup>	1.843 <sup>a</sup>	1.575 <sup>ab</sup>	1.678 <sup>ab</sup>	1.5 <sup>b</sup>	نسبت ریشه به ساقه Root: stem ratio
0.62 <sup>a</sup>	0.468 <sup>b</sup>	0.518 <sup>b</sup>	0.603 <sup>a</sup>	0.605 <sup>a</sup>	0.546 <sup>ab</sup>	0.563 <sup>ab</sup>	0.478 <sup>b</sup>	وزن تازه (گرم) Fresh weight (g)
0.321 <sup>a</sup>	0.196 <sup>ab</sup>	0.181 <sup>b</sup>	0.201 <sup>ab</sup>	0.242 <sup>a</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.478 <sup>b</sup>	وزن خشک (گرم) Dry weight (g)
0.072 <sup>b</sup>	0.085 <sup>a</sup>	0.093 <sup>a</sup>	0.069 <sup>b</sup>	0.05 <sup>c</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.097 <sup>a</sup>	0.102 <sup>a</sup>	سطح برگ (سانتی‌مترمربع) Leaf area ( $\text{cm}^2$ )
68.09 <sup>c</sup>	69.44 <sup>bc</sup>	76.23 <sup>a</sup>	73.92 <sup>ab</sup>	77.09 <sup>a</sup>	73.69 <sup>a</sup>	73.55 <sup>a</sup>	63.35 <sup>b</sup>	کربوهیدرات‌های محلول (میلی‌گرم بر میلی‌گرم وزن خشک) Soluble carbohydrates ( $\text{mg}/\text{g}$ DW)
57.95 <sup>a</sup>	31.03 <sup>d</sup>	46.62 <sup>c</sup>	51.78 <sup>b</sup>	50.14 <sup>b</sup>	25.74 <sup>c</sup>	59.47 <sup>a</sup>	48.91 <sup>b</sup>	آنزیم کاتالاز (قسمت در میلی‌گرم پروتئین) Catalase enzyme (unit/mg protein)
0.028 <sup>c</sup>	0.036 <sup>b</sup>	0.044 <sup>a</sup>	0.038 <sup>b</sup>	0.055 <sup>a</sup>	0.034 <sup>bc</sup>	0.031 <sup>c</sup>	0.039 <sup>b</sup>	پروتئین (میلی‌گرم بر میلی‌گرم وزن تازه) Protein ( $\text{mg}/\text{mg}$ FW)
0.044 <sup>a</sup>	0.042 <sup>a</sup>	0.037 <sup>a</sup>	0.035 <sup>a</sup>	0.041 <sup>a</sup>	0.044 <sup>a</sup>	0.043 <sup>a</sup>	0.039 <sup>b</sup>	آنزیم پراکسیداز (قسمت در میلی‌گرم پروتئین) Peroxidase enzyme (unit/mg protein)

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال (P≤%1) می‌باشد  
Non-similar letters in each column represent significant differences at 1% probability level

### نسبت ریشه به اندام هوایی

نتایج مربوط به نسبت ریشه به اندام هوایی نشان داد، سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک بر نسبت ریشه به اندام هوایی معنی‌دار نبود، اما برهمکنش تیمار شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ( $P \leq 0.05$ ) معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج جدول برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک نشان داد، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تحت تنش شوری، نسبت ریشه به اندام هوایی افزایش یافت، بدین ترتیب بیشترین نسبت ریشه به اندام هوایی در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار سدیم کلراید و غلظت ۴۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک (۲/۳) مشاهده شد (جدول ۳). کمالی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند، نسبت ریشه به اندام هوایی یکی از پارامترهای رشدی گیاه است و گیاهان معمولاً این نسبت را در یک سطح معین نگه می‌دارند، شوری باعث کاهش رشد اندام هوایی و ریشه می‌شود. در بسیاری موارد رشد اندام هوایی بیش از رشد تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به این ترتیب در اثر شوری نسبت ریشه به اندام هوایی افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد در اثر شوری تخصیص کربن به اندام هوایی تغییر می‌کند، از طرفی دیگر اسید سالیسیلیک در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قرار دارند، نقش حفاظتی دارد و سبب افزایش مقاومت به شوری در گیاهان می‌گردد.

گرین‌وی و مانز<sup>۱</sup> (۱۹۸۰) بیان نمودند، از آنجایی که یکی از مشکلات جدی در شرایط شوری، کمبود آب است، افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی می‌تواند موجب افزایش جذب و کاهش مصرف آب گردد و بدین طریق مشکل کمبود آب تا اندازه‌ای مرتفع گردد.

### سطح برگ

طبق نتایج تحقیق حاضر سطح برگ همراه با افزایش تنش شوری کاهش نشان داد، که این کاهش بین تیمارهای مختلف معنی‌دار بود. تنش شوری و تیمار اسید سالیسیلیک به ترتیب موجب کاهش و افزایش سطح برگ گردید. جدول تجزیه واریانس نشان داد، سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ( $P \leq 0.01$ ) معنی‌دار بود، اما اثر متقابل شوری و تیمار اسید سالیسیلیک بر میزان سطح برگ معنی‌دار نبود (جدول ۱). کاهش سطح برگ یکی از اولین پاسخ‌های مورفولوژیک در برابر تنش شوری می‌باشد و چنین به نظر می‌رسد، گیاه با این مکانیسم سعی در حفظ آب در بافت‌های خود را دارد (مردانی و همکاران ۱۳۸۹). تنش شوری در خارمریم و مرزه سبب کاهش معنی‌داری در سطح برگ هر دو گیاه گردید (سعید / اهل و عمر، ۲۰۱۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، غلظت ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک دارای بیشترین میزان سطح برگ و کمترین میزان سطح برگ مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۲).

جدول ۳: برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک بر صفات اندازه‌گیری شده آویشن دناپی (*Thymus daenensis* Celak.)

Table 3: Interaction effect of salinity and salicylic acid on measured traits of (*Thymus daenensis* Celak.)

آنزیم پراکسیداز (قسمت در میلی گرم پروتئین) Peroxidase enzyme (unit/mg protein)	پروتئین (میلی گرم بر میلی گرم وزن تازه) Protein (mg/mg FW)	آنزیم کاتالاز (قسمت در میلی- گرم پروتئین) Catalase enzyme (unit/mg protein)	کربوهیدرات‌های محلول (میلی- گرم بر میلی گرم وزن خشک) Soluble carbohydrates (mg/g DW)	سطح برگ (سانتی مترمربع) Leaf area (cm <sup>2</sup> )	وزن خشک (گرم) Dry weight (g)	وزن تازه (گرم) Fresh weight (g)	نسبت ریشه به ساقه (سانتی- متر) Root to stem ratio	ارتفاع (سانتی متر) Height (cm)	پروترین (میلی- مول بر میلی گرم وزن تازه) Proline (μmol/mg FW)	سطح اسید سالیسیلیک (پی پی ام) Salicylic acid level (ppm)	سطح شوری (میلی- مولار) Salt level (mM)
0.037 <sup>a-e</sup>	0.042 <sup>cd</sup>	46.22 <sup>de</sup>	60.24 <sup>e</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.12 <sup>ef</sup>	0.4 <sup>c-e</sup>	1.56 <sup>bc</sup>	10.3 <sup>a-c</sup>	0.09 <sup>de</sup>	0	0
0.029 <sup>b-e</sup>	0.037 <sup>d-f</sup>	48.46 <sup>d</sup>	68.87 <sup>c-e</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.116 <sup>f</sup>	0.25 <sup>e</sup>	1.7 <sup>a-c</sup>	10.3 <sup>a-c</sup>	0.09 <sup>de</sup>	150	
0.026 <sup>de</sup>	0.042 <sup>cd</sup>	43.64 <sup>d-f</sup>	64.05 <sup>de</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a-e</sup>	0.49 <sup>cd</sup>	1.48 <sup>bc</sup>	11.3 <sup>a-c</sup>	0.11 <sup>b-e</sup>	300	
0.027 <sup>c-e</sup>	0.034 <sup>d-f</sup>	57.32 <sup>c</sup>	60.26 <sup>e</sup>	0.09 <sup>a-c</sup>	0.31 <sup>a</sup>	0.76 <sup>b</sup>	1.2 <sup>c</sup>	13.3 <sup>a</sup>	0.14 <sup>b-e</sup>	450	50
0.034 <sup>a-e</sup>	0.03 <sup>e-g</sup>	82.94 <sup>a</sup>	67.31 <sup>c-e</sup>	0.086 <sup>bc</sup>	0.3 <sup>ab</sup>	1.04 <sup>a</sup>	1.3 <sup>bc</sup>	11.67 <sup>a-c</sup>	0.09 <sup>de</sup>	0	
0.032 <sup>b-e</sup>	0.04 <sup>de</sup>	47.2 <sup>de</sup>	74.19 <sup>b-d</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.18 <sup>c-f</sup>	0.46 <sup>cd</sup>	1.62 <sup>bc</sup>	11.67 <sup>a-c</sup>	0.1 <sup>c-e</sup>	150	
0.057 <sup>a-d</sup>	0.03 <sup>e-g</sup>	36.72 <sup>fg</sup>	74.06 <sup>b-d</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>ef</sup>	0.35 <sup>de</sup>	1.87 <sup>ab</sup>	9 <sup>bc</sup>	0.16 <sup>b-d</sup>	300	100
0.048 <sup>a-e</sup>	0.023 <sup>g</sup>	82.4 <sup>a</sup>	78.65 <sup>a-c</sup>	0.09 <sup>a-c</sup>	0.13 <sup>ef</sup>	0.39 <sup>c-e</sup>	1.89 <sup>ab</sup>	10.3 <sup>a-c</sup>	0.29 <sup>a</sup>	450	
0.06 <sup>ab</sup>	0.027 <sup>fg</sup>	39.03 <sup>e-g</sup>	81.58 <sup>ab</sup>	0.06 <sup>de</sup>	0.205 <sup>c-f</sup>	0.57 <sup>c</sup>	1.61 <sup>bc</sup>	12.3 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>bc</sup>	0	
0.023 <sup>e</sup>	0.042 <sup>cd</sup>	19.85 <sup>h</sup>	82.98 <sup>ab</sup>	0.09 <sup>a-c</sup>	0.17 <sup>ef</sup>	0.49 <sup>cd</sup>	1.32 <sup>bc</sup>	13.3 <sup>a</sup>	0.1 <sup>c-e</sup>	150	150
0.036 <sup>a-e</sup>	0.035 <sup>d-f</sup>	9.97 <sup>i</sup>	64.61 <sup>de</sup>	0.08 <sup>de</sup>	0.2 <sup>b-f</sup>	0.55 <sup>c</sup>	1.8 <sup>a-c</sup>	10 <sup>a-c</sup>	0.06 <sup>e</sup>	300	
0.058 <sup>a-d</sup>	0.03 <sup>e-g</sup>	34.12 <sup>g</sup>	65.6 <sup>de</sup>	0.06 <sup>de</sup>	0.18 <sup>d-f</sup>	0.57 <sup>c</sup>	1.56 <sup>bc</sup>	10.3 <sup>a-c</sup>	0.14 <sup>b-e</sup>	450	
0.019 <sup>e</sup>	0.054 <sup>ab</sup>	38.92 <sup>e-g</sup>	86.58 <sup>a</sup>	0.03 <sup>f</sup>	0.17 <sup>ef</sup>	0.4 <sup>c-e</sup>	1.7 <sup>bc</sup>	10.67 <sup>a-c</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0	150
0.065 <sup>a</sup>	0.059 <sup>a</sup>	70.98 <sup>b</sup>	78.9 <sup>a-c</sup>	0.06 <sup>de</sup>	0.28 <sup>a-c</sup>	0.86 <sup>b</sup>	1.8 <sup>a-c</sup>	10 <sup>a-c</sup>	0.13 <sup>b-e</sup>	150	
0.059 <sup>a-c</sup>	0.05 <sup>bc</sup>	30.91 <sup>g</sup>	75.04 <sup>a-d</sup>	0.06 <sup>de</sup>	0.21 <sup>b-f</sup>	0.47 <sup>cd</sup>	1.57 <sup>bc</sup>	11 <sup>a-c</sup>	0.17 <sup>b-d</sup>	300	
-	-	-	67.85 <sup>c-e</sup>	0.05 <sup>ef</sup>	0.28 <sup>a-d</sup>	0.75 <sup>b</sup>	2.34 <sup>a</sup>	8.3 <sup>c</sup>	-	450	

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال (P ≤ 1%) می‌باشد

Non-similar letters in each column represent significant differences at 1% probability level



میزان وزن تر به ترتیب در سطح ۵۰ میلی مولار سدیم کلراید و سطح ۱۵۰ میلی مولار سدیم کلراید و غلظت ۴۵۰ پی پی ام اسید سالیسیلیک (۱/۰۴ و ۰/۷۵) بود (جدول ۳). افزایش وزن تر در اثر تیمار اسید سالیسیلیک تحت تنش شوری به خاطر فعالیت آنتی اکسیدانی این ماده در غشاء سلولی می باشد، از طرفی دیگر تیمار اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقادیر لیگنین در ساختار دیواره سلولی می شود، که این خود می تواند عاملی در افزایش وزن تر و خشک گیاهان در معرض تنش شوری باشد (مردانی و همکاران، ۱۳۸۹).

### قندهای محلول

با افزایش غلظت سدیم کلراید افزایش معنی داری در میزان قندهای محلول مشاهده شد. جدول تجزیه واریانس نشان داد، سطوح مختلف شوری و برهمکنش تیمار شوری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال (۰/۰۱)  $P \leq$  و تیمار اسید سالیسیلیک در سطح احتمال (۰/۰۵)  $P \leq$  معنی دار بود (جدول ۱). قندهای محلول به عنوان محافظت کننده های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول ها نقش دارند و در شرایط تنش، قندها از طریق تنظیم اسمزی، نگهداری تورژسانس و همچنین پایداری غشاء و پروتئین ها از سلول ها محافظت می کنند، تجمع مواد آلی محلول یکی از پاسخ های سازشی گیاه در مقابل تنش شوری و کمبود آب، برای حفظ تعادل اسمزی می باشد (نورانی - آزاد و حاجی باقری، ۱۳۸۶). دیگر محققین نیز گزارش نمودند، قندهای محلول از اسمولیت های سازگار هستند که در شرایط تنش شوری تجمع یافته و به عنوان عوامل حفاظتی در گیاهان عمل می کنند (آغاسی یزدی و همکاران، ۱۳۹۰).

جدول برهمکنش دو تیمار شوری و اسید سالیسیلیک نیز نشان داد، افزایش شوری تا سطح ۱۰۰ میلی مولار سدیم کلراید و غلظت ۱۵۰ پی پی ام اسید سالیسیلیک سبب افزایش غلظت قندهای محلول (۸۲/۹۸ میلی گرم بر گرم وزن خشک) گردید، اما پس از آن با افزایش سطح اسید سالیسیلیک و شوری، محلول پاشی اسید سالیسیلیک سبب کاهش میزان قندهای محلول گردید. طبق گزارش کمالی و همکاران (۱۳۹۰) اسپری برگی اسید سالیسیلیک سبب افزایش قابل توجهی در میزان قندهای محلول و پروتئین در گیاه ذرت گردید، در حالی که غلظت های بالاتر اسید سالیسیلیک مقادیر این ترکیبات را کاهش داد. نجفیان و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند، وقتی اسید سالیسیلیک در غلظت مناسب به کار برده شود، سبب کاهش شدت تنش شوری در گیاهان حساس شده و توانایی رشد را تحت شرایط محیطی مطلوب فراهم می سازد.

نتایج برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک نیز نشان داد، با افزایش میزان سدیم کلراید به تدریج از میزان سطح برگ کاسته شد، در حالی که محلول پاشی برگی اسید سالیسیلیک توانست مقادیر سطح برگ را تحت تنش شوری بهبود بخشد، بدین ترتیب بیشترین میزان سطح برگ در شوری ۱۵۰ میلی مولار سدیم کلراید و غلظت ۱۵۰ و ۳۰۰ پی پی ام اسید سالیسیلیک (۰/۰۶) مشاهده شد (جدول ۳). گزارش شده است، اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و در نتیجه بهبود فتوسنتز سبب افزایش سطح برگ می شود (مردانی و همکاران، ۱۳۸۹). افزایش سطح برگ از طریق کاربرد اسید سالیسیلیک توسط برخی از محققین نیز گزارش شده است (مردانی و همکاران ۱۳۸۹؛ نجفیان و همکاران، ۱۳۸۷).

### وزن تر و خشک

سطوح مختلف شوری بر وزن تر آویشن دنیایی در سطح احتمال (۰/۰۵)  $P \leq$  و سطوح اسید سالیسیلیک و برهمکنش تیمار شوری و اسید سالیسیلیک بر وزن تر در سطح احتمال (۰/۰۱)  $P \leq$  معنی دار بود (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان داد، با افزایش شوری وزن تر گیاه افزایش می یابد.

سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک بر میزان وزن خشک آویشن دنیایی اثر معنی داری نشان نداد، ولی اثر متقابل آنها در سطح احتمال (۰/۰۱)  $P \leq$  معنی دار بود (جدول ۱). پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند، گیاهان با جذب یون، پتانسیل آبی خود را در سطح پایین تری حفظ می نمایند، که این عمل به سازگاری، افزایش رشد و افزایش محتوی آب گیاهان کمک می کند. همچنین این محققین افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی را تحت تنش شوری گزارش کردند که پس از آن با افزایش غلظت شوری وزن تر و خشک گیاه کاهش یافت.

در پژوهش حاضر به نظر می رسد، افزایش وزن تر تا ۱۵۰ میلی مولار سدیم کلراید، به دلیل افزایش جذب یون، افزایش آب و در نتیجه افزایش تورژسانس و القای رشد می باشد. تیموری و جعفری (۱۳۸۶) در یونجه گزارش نمودند، افزایش تحمل به شوری با افزایش وزن خشک ریشه و ساقه، تعداد ساقه و طول ساقه اصلی همراه است، که این واکنش ها از جمله اثرات غیرمستقیم و اثرات فیزیولوژیکی مربوط به تحمل تنش است که جنبه های منفی آنها نشان دهنده زیان های وارده به گیاه و تولید محصول در شرایط شور می باشد. همچنین نتایج برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک نشان داد، بیشترین

## پروتئین

جدول تجزیه واریانس نشان داد، تأثیر سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک بر میزان پروتئین در سطح احتمال  $(P \leq 0/01)$  معنی دار بود، اما برهمکنش تیمار شوری و اسید سالیسیلیک اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) مشخص نمود، تنش شوری سبب کاهش میزان پروتئین گردید. در سطوح ۵۰ میلی مولار (۰/۳۱) میلی گرم بر میلی گرم وزن تازه<sup>۱</sup> و ۱۰۰ میلی مولار سدیم کلراید (۰/۳۴) میلی گرم بر میلی گرم وزن تازه) غلظت پروتئین کاهش یافت، اما در سطح ۱۵۰ میلی مولار (۰/۵۵) میلی گرم بر میلی گرم وزن تازه) غلظت پروتئین نسبت به تیمار شاهد (۰/۳۹) میلی گرم بر میلی گرم وزن تازه) افزایش داشت (جدول ۲)، که این افزایش در میزان پروتئین در پژوهش حاضر، ممکن است در اثر سنتز پروتئین در آویشن دناپی تحت تنش شوری باشد که می تواند به عنوان مکانیسمی برای تنظیم اسمزی و سازش بیشتر در برابر تنش شوری محسوب شود.

رضائی و همکاران (۱۳۸۳) بیان نمودند، سنتز پروتئین یک فرایند متابولیکی اساسی است که موجب بهبود تحمل گیاه به تنش می شود. به طور کلی تنش از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه ها، کاهش آبگیری کلروپلاست و سایر بخش های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می گردد (بابایی و همکاران، ۱۳۸۸). در پژوهشی دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند، رادیکال های آزاد تولید شده طی تنش شوری به علت میل ترکیبی زیادی که با پروتئین ها و لیپیدها دارند، باعث تخریب غشاء سلولی، اسیدهای نوکلئیک و پروتئین های سلول ها می شوند. تحت تنش شوری افزایش غلظت پرولین، در اثر تجزیه پروتئین و افزایش سنتز پرولین صورت می گیرد و میزان بیش از حد تجمع پرولین نشان از تجزیه گسترده پروتئین ها دارد (شعاع و میری، ۱۳۹۰).

کاهش در میزان پروتئین تحت تنش شوری در سیاهدانه (قربانلی و همکاران، ۱۳۸۸)، بابونه و مرزنجوش (سعید/لاهل و عمر، ۲۰۱۱) و تاجریزی (عثمان<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۷) نیز گزارش شده است. نتایج جدول برهمکنش شوری و اسید سالیسیلیک نیز نشان داد، بیشترین میزان پروتئین مربوط به سطح ۱۵۰ میلی مولار سدیم کلراید و ۱۵۰ پی پی ام اسید سالیسیلیک (۰/۵۹) بود (جدول ۳). در پژوهش حاضر اگرچه برهمکنش تیمار شوری و اسید سالیسیلیک تأثیر معنی داری بر میزان

پروتئین نداشت، اما کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش به صورت معنی داری سبب افزایش میزان پروتئین گردید، مطابق این نتیجه را شوربایی و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش کردند.

## آنزیم کاتالاز

سطوح مختلف شوری، اسید سالیسیلیک و برهمکنش تیمار شوری و اسید سالیسیلیک بر فعالیت کمی آنزیم کاتالاز در سطح احتمال  $(P \leq 0/01)$  اختلاف معنی داری داشت (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) مشخص نمود، سطوح مختلف شوری سبب افزایش فعالیت کمی آنزیم کاتالاز گردید، اما غلظت ۱۰۰ میلی مولار سدیم کلراید (۲۵/۷۴) با واحد میلی- گرم پروتئین<sup>۳</sup> نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت، که بیانگر کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تأثیر تنش شوری است. کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به شاهد تحت تنش در گیاه کلزا نیز گزارش شده است (فرهودی، ۱۳۸۹). نتایج مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک نشان داد، غلظت ۴۵۰ پی پی ام اسید سالیسیلیک سبب افزایش در فعالیت آنزیم کاتالاز گردید، اما غلظت ۳۰۰ پی پی ام اسید سالیسیلیک سبب کاهش در فعالیت آنزیم کاتالاز در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۲).

طبق نتایج جدول برهمکنش دو تیمار شوری و اسید سالیسیلیک بیشترین میزان فعالیت کمی آنزیم کاتالاز مربوط به سطح شوری ۵۰ میلی مولار و غلظت ۴۵۰ پی پی ام اسید سالیسیلیک (۸۲/۴) بود (جدول ۳). گزارش شده است تأثیر اسید سالیسیلیک بر کاتالاز بسته به غلظت و گونه های گیاهی مختلف، متفاوت است. طبق یافته ها اسید سالیسیلیک بازدارنده فعالیت آنزیم کاتالاز بوده و در نتیجه با کاهش فعالیت این آنزیم، پراکسید هیدروژن در گیاه افزایش می یابد (فرهودی، ۱۳۸۹). اسید سالیسیلیک به عنوان یک عامل آنتی اکسیدانت بوده که استفاده از غلظت ۳۰۰ پی پی ام از آن سبب کاهش احتمالی تنش و در نتیجه کاهش سطح فعالیت آنزیم کاتالاز شده است. مصرف اسید سالیسیلیک در این غلظت، می تواند دلیلی بر از بین رفتن یا خنثی شدن رادیکال های آزاد اکسیژن به وسیله اسید سالیسیلیک و کاهش فعالیت آنزیم باشد.

## آنزیم پراکسیداز

سطوح مختلف شوری و برهمکنش تیمار شوری و اسید سالیسیلیک بر فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال

1. Mg/mg FW

2. Osman

3. Unit/mg protein

میلی مولار سدیم کلراید و ۱۵۰ پی پی ام اسید سالیسیلیک (۰/۰۶۵ میلی گرم پروتئین) بود (جدول ۳). گزارش شده است اسید سالیسیلیک به عنوان یک تنظیم کننده رشد نقش مهمی در جوانه زنی، استقرار نهالها، رشد سلول، تنفس، بستن روزنه ها، پیری، افزایش فعالیت آنزیمها و فتوسنتز تحت شرایط تنش ایفاء می کند (لوهایی و همکاران، 2011).

#### نتیجه گیری

به طور کلی از نتایج به دست آمده چنین استنباط می شود که آویشن دناپی مانند بیشتر گیاهان عکس العمل فیزیولوژیک و مورفولوژیک به تنش نشان می دهد و با تغییراتی که در برخی صفات خود ایجاد می نماید به تنش شوری پاسخ می دهد. از طرفی محلول پاشی برگه اسید سالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت کمی آنزیمهای آنتی اکسیدانت باعث افزایش تحمل گیاه تحت تنش گردید، همچنین با افزایش تجمع پرولین و فندهای محلول تحت شرایط تنش موجب بهبود صفات فیزیولوژیک گیاه شده و مقاومت گیاه را تحت تنش شوری افزایش داد. در این آزمایش محلول پاشی برگه غلظت ۱۵۰ پی پی ام اسید سالیسیلیک بیشترین تأثیر را نسبت به سایر سطوح در تنش شوری داشت، که می تواند در مقاومت گیاه به تنش شوری موثر باشد.

( $P \leq 0/05$ ) معنی دار بود، اما سطوح مختلف اسید سالیسیلیک اثر معنی داری نشان نداد (جدول ۱).

بزی و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند، شوری مانند دیگر تنش های محیطی می تواند سبب تولید رادیکال های آزاد اکسیژن از قبیل سوپراکسید، هیدروژن پراکسیداز و رادیکال های هیدروکسیل درون سلول شود. این ترکیبات خسارت زیادی را از طریق اکسیداسیون چربی ها، پروتئین و اسیدهای نوکلئیک به سلول وارد می کنند. این آنزیمها نقش مهمی در غیرفعال کردن رادیکال های آزاد اکسیژن در سلول گیاهان دارند، بسته به میزان حساسیت گونه گیاهی، مرحله رشد، شدت و مدت تنش، غلظت و میزان فعالیت آنزیمها در گیاهان تغییر خواهد کرد، همچنین فرهودی (۱۳۸۹) بیان نمود، افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تأثیر تنش شوری منجر به کاهش تخریب غشاء سلولی و آسیب دیدگی گیاه می شود. گیاهان با سطح بالایی از آنزیمهای آنتی اکسیدانت پایداری بیشتری در برابر آسیب های اکسیداتیو دارند. بنابراین به منظور کاهش اثرات سوء تنش اکسیداتیو در طی بروز تنش شوری، میزان فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانت در گیاهان افزایش می یابد (سعید /لاهل و عمر، 2011).

نتایج بر هم کنش شوری و اسید سالیسیلیک نیز نشان داد، بیشترین میزان فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز در غلظت ۱۵۰

## منابع

- آغاسی یزدی، ن.، عباسپور، ح. و محمودزاده، ه. ۱۳۹۰. بررسی اثر تنش شوری بر جوانه زنی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گل همیشه بهار (*Calendula officinalis*). پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته زیست‌شناسی گرایش علوم گیاهی، ۱۱۲ صفحه.
- افلاکیان، س.، زینلی، ح.، مداح‌عارفی، ح.، انتشاری، ش. و کاوه، ش. ۱۳۹۱. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد یازده اکوتیپ آویشن دناپی (*Thymus daenensis* Celak.). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۸ (۲): ۱۹۷-۱۸۷.
- بابایی، ک.، امینی‌دهقی، م.، مدرس‌ثانوی، س. ع. م.، و جباری، ر. ۱۳۸۸. اثر صفات خشکی بر صفات فیزیولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris* L.). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۶ (۲): ۲۵۱-۲۳۹.
- بزی، ص.، حیدری، م.، مهدی‌نژاد، ن. و عباسی، ف. ۱۳۸۶. بررسی سطوح مختلف شوری بر تنظیم‌کننده‌های اسمزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان دو رقم سورگوم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۴۶): ۱۷-۹.
- پوراسماعیل، م.، قربانلی، م. و خاوری‌نژاد، ر. ۱۳۸۴. اثر شوری بر جوانه‌زنی، وزن تر و خشک، محتوای یونی، پرولین، قندهای محلول و نشاسته گیاه *Suaeda fruticosa*. بیابان، ۱۰ (۲): ۲۶۵-۲۵۷.
- تیموری، ع. و جعفری، م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش شوری بر روی برخی خصوصیات مورفولوژی و آناتومی سه گونه سالسولا (*Salsola dendroides* Pall., *Salsola rigida* S. C. G., *Salsola richteri* Moq.). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۷ (۱): ۳۴-۲۱.
- جم‌زاد، ز. ۱۳۷۳. آویشن. وزارت جهاد سازندگی، معاونت آموزش و تحقیقات، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. شماره انتشار ۹۱-۱۳۷۳، ص ۱-۱۵.
- حیدری، م.، مصری، ف. و کیخا، ز. ۱۳۸۹. اثر تنش شوری بر متابولیسم اسیدهای نوکلئیک، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، فلورسانس کلروفیل و تنظیم‌کننده‌های اسمزی پنج رقم کلزا. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۱ (۳): ۵۰۲-۴۹۱.
- دولت‌آبادیان، آ.، مدرس‌ثانوی، س. ع. م. و شریفی، م. ۱۳۸۶. اثر تغذیه برگ با آسکوربیک‌اسید بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، تجمع پرولین و لیپید پراکسیداسیون کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۴۷): ۶۲۰-۶۱۱.
- زادوریان، گ.، خدارحمی، م.، امینی، ا. و مصطفوی، خ. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر تنش شوری ناشی از کلریدسدیم بر بیوماس ارقام تجاری گندم نان در مرحله گیاهچه‌ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۷ (۱): ۸۳-۶۹.
- زرگری، ع. ۱۳۷۶. گیاهان دارویی. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، جلد ۴، ۹۶۹ صفحه.
- شعاع، م. و میری، ح. ر. ۱۳۹۰. کاهش اثرات سوء تنش شوری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گندم از طریق کاربرد اسید سالیسیلیک. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۵ (۱): ۸۸-۷۱.
- شکاری، ف.، پاک‌مهر آ.، راستگو، م.، صبا، ج.، وظایفی، م. و زنگانی، ا. ۱۳۸۸. تأثیر پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید بر برخی صفات مورفولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) تحت تنش کم‌آبی در مرحله غلاف‌بندی. فن‌آوری نوین کشاورزی (ویژه زراعت و باغبانی)، ۴ (۱): ۲۶-۵.
- شوربایی، م.، گنجعلی، ع. و ابریشم‌چی، پ. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر فعالیت آنزیم‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدان ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) در مواجهه با تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۵ (۱): ۵۴-۴۱.
- صفرنژاد، ع.، علی‌صدر، س. و. و حمیدی، ح. ۱۳۸۶. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژی سیاه‌دانه (*Negella sativa*). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۵ (۱): ۸۴-۷۵.
- فتحی، ق. و اسماعیل‌پور ب. ۱۳۷۹. مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی: اصول و کاربرد. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، جلد ۱، ۲۸۸ صفحه.
- فروودی، ر. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش شوری بر رشد رویشی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و غلظت مالون‌دی‌آلدئید برگ ارقام کلزا. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۹ (۱): ۱۳۰-۱۲۳.
- قربانلی، م.، ادیب‌هاشمی، ن. و پیوندی، م. ۱۳۸۸. بررسی اثر شوری و اسیدآسکوربیک بر برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۶ (۳): ۳۸۸-۳۷۰.

- کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، جلد ۱، ۴۶۷ صفحه.
- کریمی، ق. و عصاره، م. ح. ۱۳۸۸. بررسی اثر تنش شوری بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گونه مرتعی (*Kochia prostrata*). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۸(۴): ۵۴۶-۵۳۷.
- کمالی، م.، خرازی، س. م.، سلاح‌ورزی، ی. و تهرانی‌فر، ع. ۱۳۹۱. اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و برخی صفات مورفولوژیک گل تکمه‌ای (*Gomphrena globosa* L.) در شرایط تنش شوری. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶(۱): ۱۱۲-۱۰۴.
- گل‌پرور، ا. ر.، قاسمی پیربلوطی، ع.، زینلی، ح. و هادی پناه، ا. ۱۳۹۰. اثر زمان‌های مختلف برداشت بر خصوصیات کمی و کیفی آویشن دناهی (*Thymus daenensis* Celak.) در منطقه اصفهان. فصلنامه داروهای گیاهی، ۲: ۲۴۵-۲۵۴.
- لاری‌یزدی، ح.، رنجبر، م. و برومندجزی، ش. ۱۳۸۸. بررسی اثر متقابل سرب و اسید سالیسیلیک بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز و محتوی پرولین در بخش‌های هوایی و زیرزمینی گیاه ده روزه کلزا رقم اکاپی. فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی، شماره پیاپی ۲۲، ۶(۲): ۳۹-۳۱.
- مردانی، ح.، بیات، ح. و عزیزی، م. ۱۳۸۹. تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دانه‌های خیار (*Cucumis Sativus* cv. Super Dominus) تحت شرایط خشکی. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۳): ۳۲۶-۳۲۰.
- معاونی، پ. ۱۳۸۹. مبانی فیزیولوژی گیاهان زراعی در شرایط خشک و شور. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، جلد ۱، ۶۷۴ صفحه.
- نجفیان، ش.، نگهبان، م.، تراکمه، آ. و قاسمیان، م. ۱۳۸۷. بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه زینتی- دارویی بابونه کبیر (*Tanacetum parthenium* L.). ششمین کنگره علوم باغبانی ایران. ص ۱۱۱۷-۱۱۱۹.
- نورانی‌آزاد، ح. و حاجی‌باقری، م. ر. ۱۳۸۶. تأثیر تنش شوری بر روی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.). مجله دانش نوین کشاورزی، ۴(۱۲): ۱۰۰-۹۳.
- Agarwal, S. and Pandey, V. 2003. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. *Biology of Plantarum*, 48 (4): 555-560.
- Al-Whaibi, M. H., Siddiqui, M. H. and Basalah M. O. 2011. Salicylic acid and calcium induced protection of wheat against salinity. *Protoplasma*, 249: 769-778.
- Azooz, M. M., Ismail, A. M. and Abou Elhamd, M. F. 2009. Growth, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities as a selection criterion for the salt tolerance of Maize cultivars grown under salinity stress. *International Journal Agriculture Biology*, 11: 21-26.
- Bates, L. S., Waldern, R. P. and Teave, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205- 207.
- Chance, B. and Maehly, A. C. 1955. Assay of catalases and peroxidases. *Methods Enzymol*, 11: 764-775.
- Eising, R. and Gerhardt, B. 1989. Catalase synthesis and turnover during peroxisome transition in the cotyledons of (*Helianthus annuus* L.). *Plant Physiology*, 89: 1000-1005.
- Shligel, H. Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Planta Journal*, 47-51.
- Frery, A., Gol, D., Kels, D., Okmen, B., Pinar, H., Sigva, O., Yemenicioglu, H. A. and Doganlar, S. 2010. Salt tolerance in *Solanum pennellii*: antioxidant response and related QTL. *BMC Plant Biology*, 10: 58.
- Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonholophytes. *Annual Review of Plant Biology*, 31: 149-190.
- Hoseini, S. M. 2010. Stading effect of salinity stress on germination, proline and carbohydrate content in Thyme (*Thymus vulgaris* L.) seedling. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 2 (1): 34-38.
- Joseph, B., Jini, B. and Sujatha, S. 2010. Insight into the role of exogenous salicylic acid on plants grown under salt environment. *Asian Journal Crop Science*, 2 (4): 226-235.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193: 265-275.
- Muuns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Najafian, Sh., Khoshkhui, M., Tavallali, V. and Saharkhiz, M. J. 2009. Effect of salicylic acid and salinity in thyme (*Thymus vulgaris* L.): Investigation on changes in gas exchange, water relations, and membrane stabilization and biomass accumulation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3 (3): 2620-2626.
- Osman, M. E. H., Elfeky, S. S., Abo El-Soud, K. and Hasan, A. M. 2007. Response of (*Catharanthus roseus*) shoots to salinity and drought in relation to vincristin alkaloid content. *Asian Journal Plant Sciences*, 6: 1223-1228.
- Parvaiz, A. and Satyawati, S. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. A review. *Plant Soil and Environment*, 54 (3): 89-99.

- Said-Alahl, H. A. H. and Omer, E. A. 2011. Medicinal and aromatic plants production under salt stress. A review, *Herba Polonica*, 57 (1): 72-86.
- Sakhabutdinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V. and Shakirova, F. M. 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue*, 314-319.

## Investigation of Reducing Detrimental Effects of Salt Stress on Morphological and Physiological Traits of (*Thymus daenensis* Celak.) through Salicylic Acid Application

Harati<sup>1\*</sup>, E., Kashefi<sup>2</sup>, B. and Matinizadeh<sup>3</sup>, M.

### Abstract

Salicylic acid is one of the plant growth substances affecting growth and salinity tolerance in plants. In order to evaluate salicylic acid and salt stress effect on some morphological and physiological traits and antioxidant enzymes activity in *Thymus daenensis* Celak. the experiment was done using four levels of salicylic acid (0, 150, 300 and 450 ppm) and four levels of sodium chloride (0, 50, 100 and 150 mM), based on a completely randomized design in three replications. The results showed that different levels of salinity significantly increased proline content, carbohydrates concentrations, fresh weight and peroxidase and catalase enzyme activity and decreased the leaf area and protein concentration. Also the interaction results of salinity and salicylic acid treatment caused significant increase levels of proline, soluble sugars and protein concentration, ratio of root to stem, dry weight and increased catalase and peroxidase enzyme activity. Based on the results of these study, foliar spraying of salicylic acid by increasing the activity of antioxidant enzymes, proline and Soluble carbohydrates concentrations under salinity stress conditions, improved physiological traits of plants and enhanced plant resistance to salt.

**Keywords:** Antioxidant enzymes, Plant growth regulator, Proline, Soluble solids

---

1 and 2. M.Sc. Graduated and Assistant Professor, Respectively, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran

3. Assistant Professor, Department of Forest, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

※: Corresponding author

Email: Harati\_elham@yahoo.com