

تأثیر برهم کنش تنش شوری و کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب بر میزان پروتئین محلول و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی ریحان

سارا فرسرای، M.Sc.Student.^۱، محمد مقدم Ph.D.^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی، مشهد، ایران

۲- دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی، مشهد، ایران

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: moghadam75@yahoo.com, m.moghadam@um.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۲۰

چکیده

هدف: هدف از این مطالعه بررسی تأثیر برهم کنش تنش شوری و کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب بر خصوصیات فیزیولوژیکی ریحان می‌باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح شوری آب آبیاری (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و پلیمر سوپرجاذب (عدم کاربرد، آکوزورب، تراکوم، تراکوزورب) انجام شد. صفات مورد ارزیابی شامل پروتئین محلول، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی، محتوای مالون‌دی‌آلدئید و تولید اسانس بودند.

نتایج: فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز، آسکورات پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز در چین اول برداشت و در شوری بالا (۱۲۰ میلی‌مولار) به ترتیب تحت کاربرد آکوزورب، تراکوم، تراکوزورب و آکوزورب ۵۲/۶۸، ۷۳/۱۰، ۶۸/۰۷ و ۷۵/۳۵ درصد کاهش یافت و در چین دوم برداشت نیز در بالاترین سطح شوری (۸۰ میلی‌مولار) فعالیت این آنزیم‌ها به ترتیب تحت تأثیر کاربرد آکوزورب، تراکوم، آکوزورب، تراکوم و تراکوزورب ۳۷/۶، ۶۲/۵، ۴۶/۳۸، ۴۳/۰۶ و ۳۸/۴۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافتند. با افزایش شوری میزان اسانس کاهش یافت و کاربرد سوپرجاذب تراکوم موجب افزایش آن شد. در چین اول برداشت بین مالون‌دی‌آلدئید و گایاکول پراکسیداز همبستگی مثبت (۰/۷۵۱) مشاهده شد و در چین دوم آسکورات پراکسیداز و پروتئین دارای همبستگی منفی (۰/۷۵۳)، سوپراکسید دیسموتاز و گایاکول پراکسیداز (۰/۸۴۸)، مالون‌دی‌آلدئید و گایاکول پراکسیداز (۰/۷۸۹) و مالون‌دی‌آلدئید و آسکورات پراکسیداز (۰/۷۴۳) همبستگی مثبت داشتند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که کاربرد سوپرجاذب‌ها در شرایط تنش شوری توانست از شدت این تنش بکاهد و از این طریق سبب کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی و میزان مالون‌دی‌آلدئید شود، ولی پروتئین محلول و تولید اسانس را افزایش داد.

واژگان کلیدی: آسکورات پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گایاکول پراکسیداز، مالون‌دی‌آلدئید

مقدمه

تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری یکی از عمده‌ترین عوامل نگرانی بشر در تولید محصولات کشاورزی است چرا که تنش‌ها با ایجاد محدودیت‌های مختلف برای گیاه، موجب کاهش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی خواهند شد (۱). مقدار قابل توجهی از زمین‌های جهان تحت تنش شوری قرار دارد که روز به روز نیز بر میزان آن افزوده می‌شود (۲). اثرات منفی تنش شوری می‌تواند بسته به شرایط آب و هوایی، شدت نور، گونه‌های گیاهی و شرایط خاک متفاوت باشد (۳). تنش شوری از طریق تولید گونه‌های فعال اکسیژن (سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های اکسیژن) می‌تواند سبب ایجاد تنش اکسیداتیو شود که این ترکیبات باعث آسیب سلول‌های گیاه می‌شوند (۴). همچنین تنش شوری از طریق افزایش یون‌های سدیم و کلر در گیاهان اثرات منفی خود را بر جای می‌گذارد (۵) که از جمله این اثرات منفی می‌توان به آسیب به غشا، عدم تعادل مواد غذایی، مهار آنزیمی و اختلال متابولیکی در گیاه اشاره کرد که در نهایت منجر به مرگ گیاه می‌شود (۶). گیاهان در هنگام مواجه شدن با تنش‌ها گاهی در جهت کاهش خسارات وارده، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی را افزایش می‌دهند که از جمله این آنزیم‌ها می‌توان به کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز و... اشاره نمود که نقش مهمی در غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاه دارند (۴). تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز و کاهش غلظت پروتئین در گیاه دارویی آویشن دنائی شد (۷). همچنین در شرایط تنش میزان پروتئین محلول در گیاه دارویی نعناع فلفلی کاهش یافت (۸).

پلیمرهای سوپرجاذب ترکیباتی هیدروکربنی و جاذب آب بوده که به دلیل داشتن اتصالات عرضی در شبکه پلیمری خود، جذب آب و تورم در آن‌ها باعث انحلال و یا تغییر ساختمان آن‌ها نمی‌شود (۹). این ترکیبات موادی غیرسمی و بی‌خطر بوده که تا چندین سال استحکام خود را حفظ

می‌کنند و بعد از این زمان در اثر تجزیه میکروبی و یا در اثر نور خورشید به آب، دی‌اکسید کربن، آمونیوم و پتاسیم تجزیه می‌شوند (۱۰). این ترکیبات قادرند آب جذب شده در ساختمان خود را در اختیار ریشه قرار داده و از تنش خشکی ناشی از شوری بدین طریق جلوگیری کنند (۱۱). همچنین پلیمرهای سوپرجاذب دارای انواع کاتیونی و آنیونی بوده و نوع آنیونی آن به علت دارا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا در کشاورزی کاربرد دارد و قادر است یون سدیم را در ساختمان خود تا حدی نگه‌داشته و از غلظت این یون در اطراف ریشه گیاه بکاهد و تنش شوری را کاهش دهد (۱۲). کاربرد سوپرجاذب‌ها در شرایط تنش سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در گیاه یونجه شد (۱۳).

ریحان (*Ocimum basilicum*) گیاهی با سابقه کشت بیش از ۳۰۰۰ سال و متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) می‌باشد که از قدیم توسط مردم در مراسم مذهبی و سنتی مورد استفاده قرار می‌گرفته است (۱۴). این گیاه یک‌ساله، علفی، معطر و به ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد (۱۵). ریحان به‌علت دارا بودن اسانس دافع حشرات است و ضد انگل، ضد باکتری و آنتی‌اکسیدان شناخته می‌شود؛ از این گیاه در صنایع آرایشی و بهداشتی و همچنین عطرسازی و محصولات دهان و دندان استفاده می‌شود (۱۶). ریحان به صورت سنتی از قدیم برای درمان سرفه، اسهال، ناراحتی‌های کلیوی، بزرگ شدن طحال و ضد نفخ استفاده می‌شده است. این گیاه دارای عطر خوبی است و از این رو اشتها آور است، برای این گیاه اثرات ضد سرطانی و تحریک کننده سیستم ایمنی گزارش شده است، ریحان درمان کننده نیش حشرات و از بین برنده جوش و آکنه می‌باشد (۱۷). همچنین در درمان نقرس، روماتیسم، سوء هاضمه، نفخ شکم، سرماخوردگی، آنفولانزا موثر شناخته شده است و این گیاه آرام بخش و تقویت کننده سیستم عصبی است (۱۷).

از آنجایی که تنش شوری، تنش خشکی را نیز در پی دارد لذا رفع این مسئله از دیرباز مورد توجه کشاورزان بوده است

تیمارهای شوری همراه با آب آبیاری از کمترین غلظت اعمال شد. به منظور عدم تجمع نمک آبشویی هر ۱۰ روز یکبار با آب شور در غلظت نمک مشابه هر تیمار انجام شد. در مرحله ۸۰ درصد گلدهی نمونه برداری جهت اندازه گیری صفات انجام و گیاهان از گره دوم برداشت شدند. تیمارهای شوری همچنان به مدت ۶۰ روز دیگر ادامه یافت و نمونه برداری برای اندازه گیری صفات در چین دوم نیز صورت گرفت و صفات مورد مطالعه مجدد اندازه گیری شدند. در چین دوم برداشت به علت طولانی شدن دوره تنش، گیاهان قادر به تحمل بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی مولار) نبودند و از بین رفتند و صفات ذکر شده در چین دوم برداشت تنها در سه سطح باقیمانده اندازه گیری شد. صفات مورد مطالعه شامل پروتئین محلول، آنزیم های آنتی-اکسیدانتی (کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، پلی فنل اکسیداز)، میزان مالون دی آلدئید و تولید اسانس بود.

پروتئین محلول (Soluble protein) برای سنجش میزان پروتئین کل در گیاه، به لوله های آزمایش ۵ میلی لیتر معرف بیوره و سپس ۱۰۰ میکرو لیتر عصاره پروتئینی افزوده و به سرعت هم زده شد. پس از گذشت ۵ دقیقه جذب آن در طول موج ۵۹۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Bio Quest C250) خوانده شد. غلظت پروتئین با استفاده از منحنی استاندارد آلومین محاسبه شد (۱۸).

آنزیم کاتالاز: فعالیت آنزیم کاتالاز را از روی تغییرات غلظت پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر ارزیابی می کنند (۱۹). جهت اندازه گیری، مخلوط واکنش (۳ میلی لیتر) شامل بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی مولار، آب اکسیژنه ۱۵ میلی مولار و ۱۰۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی تهیه شد که با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش، واکنش شروع و کاهش در جذب آب اکسیژنه در مدت ۳۰ ثانیه در طول موج ۲۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه گیری شد. برای محاسبه واحد آنزیمی از ضریب خاموشی معادل $40 \text{ mM}^{-1} \text{ Cm}^{-1}$ استفاده شد.

و یکی از راهکارهای کاهش تنش شوری و خشکی ناشی از آن استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب به عنوان اصلاح کننده خاک می باشد؛ با توجه به این موارد و با توجه به اینکه روز به روز میزان آب های شور در حال افزایش است و همچنین با توجه به بررسی ها انجام شده و به علت عدم وجود تحقیقی در این زمینه به خصوص در گیاهان دارویی از جمله ریحان که گیاهی حساس به شوری و خشکی می باشد. در این تحقیق به بررسی اثر سه نوع پلیمر سوپرجاذب بر میزان پروتئین محلول، مالون دی آلدئید، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانتی و تولید اسانس در گیاه ریحان رقم کشکنی لولو تحت تنش شوری پرداخته شد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر سه نوع پلیمر سوپرجاذب بر میزان پروتئین محلول، مالون دی آلدئید، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانتی و تولید اسانس گیاه ریحان در دو چین مختلف برداشت تحت تنش شوری آزمایشی گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۶ انجام شد. گلخانه دارای رطوبت نسبی ۷۵-۸۰ درصد و دمای ۲۲ تا ۲۸ درجه سانتی گراد (روز- شب) بود. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۴ سطح شوری آب آبیاری (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار) و ۴ سطح سوپرجاذب (عدم کاربرد، آکوازورب، تراکوتم و استاکوزورب) در سه تکرار بود. بذور ریحان رقم کشکنی لولو (*Ocimum basilicum* cv. Keshkeni luvelu) ابتدا در سینی کشت حاوی نسبت مساوی کوکوپیت و پرلیت کاشته شدند و سپس تعداد ۵ نشاء در مرحله ۴ برگی به گلدان هایی به قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی متر انتقال یافتند. گلدان ها حاوی خاکی با بافت لومی- شنی، هدایت الکتریکی ۴/۰۹ دسی زمینیس بر متر و اسیدیته ۷/۵۵ بودند. میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در خاک به ترتیب ۰/۵۷ درصد، ۲۴/۶ و ۲۰۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک بود. پلیمرهای سوپرجاذب به میزان ۲ گرم در کیلوگرم خاک قبل از کشت به خاک اضافه و به خوبی مخلوط شدند.

مالون دی آلدئید: به منظور اندازه‌گیری غلظت مالون دی آلدئید (MDA)، به ۱ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده از گیاه ۱ میلی‌لیتر محلول ۰/۵ درصد (W/V) اسید تیوباربیتوریک که حاوی اسید تری کلرواستیک ۲۰ درصد است اضافه کرده و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس به منظور متوقف کردن واکنش به سرعت بعد از حمام گرم به حمام سرد به مدت ۳۰ دقیقه انتقال داده شد. مخلوط سرد شده با ۱۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و میزان جذب در دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۵۲۰ و ۶۰۰ نانومتر قرائت شد و در محاسبه مقدار (MDA) ضریب خاموشی معادل $1 \text{ mM}^{-1} \text{ Cm}^{-1}$ لحاظ شد (۲۴).

تولید اسانس: اسانس پیکرویشی خشک گیاهان به روش تقطیر با آب و به وسیله دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت استخراج شد. مقدار تولید اسانس در واحد گلدان با حاصل ضرب میزان اسانس در وزن خشک اندام هوایی بوته‌های هر گلدان محاسبه شد. قابل ذکر است که در چین دوم برداشت به علت کم بودن میزان نمونه گیاهی اسانس-گیری تنها از نمونه‌های باقیمانده در سطوح ۰ و ۴۰ میلی‌مولار شوری انجام شد و تولید اسانس آن‌ها محاسبه شد.

آنالیز داده‌ها

داده‌ها توسط نرم افزار Minitab 17 و با روش آنالیز واریانس دوطرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون Bonferroni در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. همبستگی بین صفات با نرم‌افزار SPSS محاسبه شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس اثرات متقابل شوری و سوپرجاذب در هر دو چین برداشت بر تمامی صفات مورد مطالعه در این تحقیق به جز مالون دی آلدئید که در چین اول برداشت معنی‌دار نشد. در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و در

آنزیم آسکوربات پراکسیداز: مخلوط واکنش جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) شامل بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=7)، آسکوربات ۰/۵ میلی‌مولار، آب اکسیژنه ۰/۱ میلی‌مولار و ۱۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود تا واکنش اکسیداسیون توسط آنزیم موجود در بافت گیاهی انجام گردد. فعالیت (APX) بر اساس اکسیداسیون اسید آسکوربیک و کاهش در جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر به مدت ۲ دقیقه اندازه‌گیری شد. برای محاسبه واحد آنزیمی از ضریب خاموشی معادل $1 \text{ mM}^{-1} \text{ Cm}^{-1}$ استفاده شد (۲۰).

گایاکول پراکسیداز: فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX) با استفاده از پیش ماده گایاکول اندازه‌گیری شد. در این روش ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل ۲/۷۷ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH=7)، ۱۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه یک درصد، ۱۰۰ میکرولیتر گایاکول ۲ درصد و ۳۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. افزایش جذب به دلیل اکسیداسیون گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه اندازه‌گیری شد (۲۱). مقدار تترآگایاکول تولید شده با استفاده از ضریب خاموشی $1 \text{ mM}^{-1} \text{ Cm}^{-1}$ محاسبه شد.

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) به کمک سنجش مهار احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم (NBT) در طول موج ۵۶۰ نانومتر انجام شد (۲۲).

آنزیم پلی فنل اکسیداز: جهت سنجش فعالیت آنزیم پلی-فنل اکسیداز (PPO) از پیروگالل به عنوان پیش ماده آنزیم استفاده شد. مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH=7)، ۲۰۰ میکرولیتر پیروگالل ۰/۰۲ مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۲۰ نانومتر و بعد از سه دقیقه در دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای محاسبه واحد آنزیمی از ضریب خاموشی معادل $1 \text{ mM}^{-1} \text{ Cm}^{-1}$ استفاده شد (۲۳).

در سطح احتمال ۱ درصد در چین اول برداشت بر تولید اسانس معنی دار شد؛ اما در چین دوم برداشت تنها اثر ساده سوپرجاذب در سطح احتمال ۱ درصد بر آن معنی دار شد (جدول ۱ و ۲).

مورد مالون دی آلدئید در چین اول برداشت نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده شوری در سطح احتمال ۵ درصد و اثر ساده سوپرجاذب در سطح احتمال ۱ درصد بر آن معنی دار شد (جدول ۱ و ۲). همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل شوری و سوپرجاذب

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر برهمکنش تنش شوری و سوپرجاذب بر صفات مورد مطالعه در گیاه ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول برداشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		پروتئین محلول	کاتالاز	گایاکول پراکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	سوپراکسید دیسموتاز	پلی فنل اکسیداز	مالون دی آلدئید
شوری	۳	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۱۷*	۰/۰۴۷*	۶/۷۲*	۳۵/۴۱*	۰/۰۰۰۰۲*	۲۰۶۷/۵*
سوپرجاذب	۳	۰/۰۰۰۰۷*	۰/۰۰۰۰۸*	۰/۰۰۰۹*	۷/۸۵*	۳/۶*	۰/۰۰۰۰۰۱*	۸۰۸۵/۴*
شوری × سوپرجاذب	۹	۰/۰۰۰۰۲*	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۱۱*	۳/۸۳*	۱/۰۶*	۰/۰۰۰۰۰۱*	۹۶۰/۶ns
خطا	۳۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۰۵	۰/۳۲	۰/۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰	۳۳۶/۱
ضریب تغییرات		۱۹/۲۵	۱۶/۷۵	۱۸/۱۰	۱۲/۰۶	۱۰/۵۹	۱۴/۷۰	۱۰/۲۸

*** و ** و * NS به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی دار

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر برهمکنش تنش شوری و نوع سوپرجاذب بر صفات مورد مطالعه در گیاه ریحان رقم کشکنی لولو در چین دوم برداشت

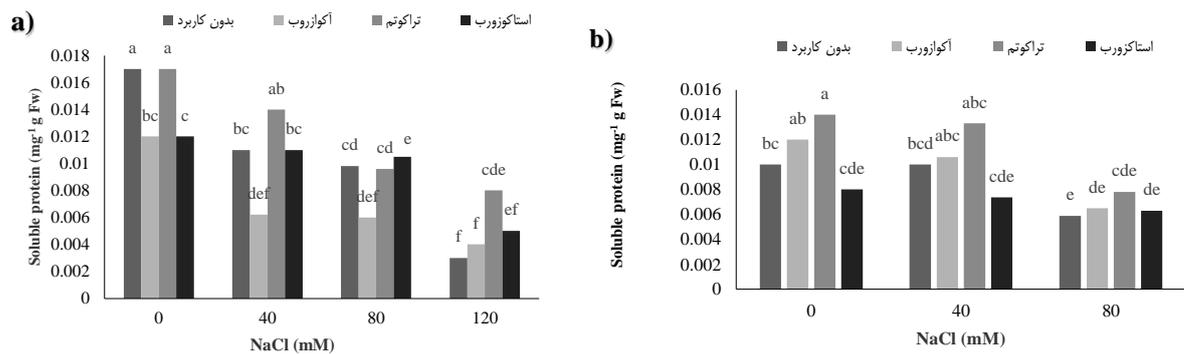
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		پروتئین محلول	کاتالاز	گایاکول پراکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	سوپراکسید دیسموتاز	پلی فنل اکسیداز	مالون دی آلدئید
شوری	۲	۰/۰۰۰۰۲*	۰/۰۰۱۲*	۰/۲۱۲*	۱/۱*	۱۱/۰۵*	۲/۱*	۶۶۴۱/۷*
سوپرجاذب	۳	۰/۰۰۰۰۷*	۰/۰۰۰۵۶*	۰/۰۷۵*	۳/۳۵*	۲۱*	۶/۷*	۱۸۳۹/۷*
شوری × سوپرجاذب	۶	۰/۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۱۱*	۰/۰۱۹*	۳/۳۲*	۲۸/۸۱*	۴/۵*	۶۶۸/۴*
خطا	۲۴	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۶	۰/۱۹	۰/۹۷	۰/۱۷	۳/۴۶
ضریب تغییرات		۱۲/۹۹	۱۹/۹۲	۱۵/۰۱	۱۴/۹۰	۱۷/۲۰	۱۶/۴۴	۱۰/۷۸

*** و ** و * NS به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی دار

کمترین میزان پروتئین محلول به ترتیب در چین اول و دوم برداشت به میزان ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵۹ میلی گرم در گرم وزن تر برگ در بالاترین سطح شوری (در چین اول بالاترین سطح شوری ۱۲۰ میلی مولار و در چین دوم به علت افزایش طول دوره تنش و از بین رفتن گیاهان در تیمار ۱۲۰ میلی مولار، شوری ۸۰ میلی مولار به عنوان بالاترین سطح شوری در نظر گرفته شد) و عدم کاربرد سوپرجاذبها مشاهده شد و سوپرجاذب تراکومم به ترتیب در چین اول و دوم برداشت سبب افزایش ۱۶۶/۶۶ و ۳۲/۲ درصدی این صفت در این سطوح از شوری شد (شکل ۱- a و ۱- b).

پروتئین محلول

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان پروتئین محلول در چین اول برداشت (۰/۰۱۷ میلی گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار بدون شوری و عدم کاربرد سوپرجاذبها مشاهده شد که تفاوت معنی داری با کاربرد سوپرجاذب تراکومم نداشت (شکل ۱- a)، اما در چین دوم برداشت بیشترین میزان آن (۰/۰۱۴ میلی گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکومم مشاهده شد (شکل ۱- b).



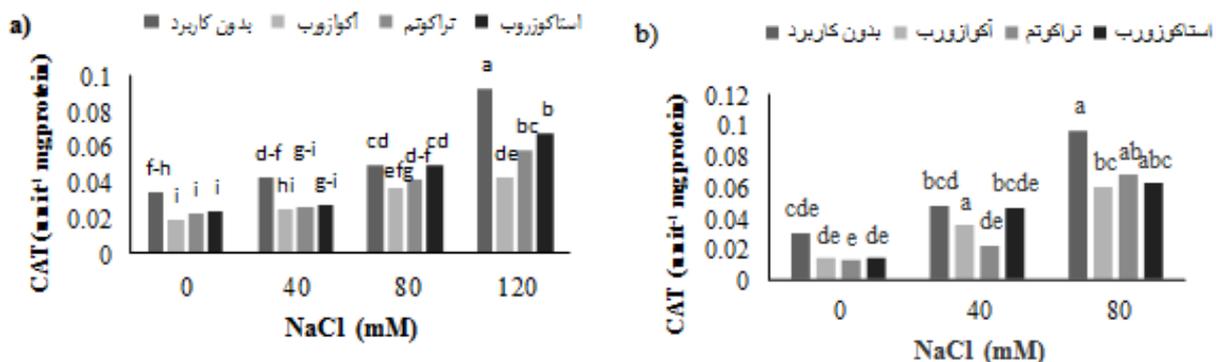
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب بر میزان پروتئین ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول (a) و دوم (b) برداشت * ستون‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.

آنزیم بیشترین تاثیر را در بین سوپرجاذب‌های مورد مطالعه در این تحقیق داشت (شکل ۲- a). در چین دوم برداشت بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز (۰/۰۹۶ واحد بین المللی در میلی‌گرم پروتئین) در تیمار شوری ۸۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها مشاهده شد (شکل ۲- b). کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در چین اول برداشت (۰/۰۱۸ واحد بین المللی در میلی‌گرم پروتئین) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب اکوازورب مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با دو سوپرجاذب دیگر نداشت (شکل ۲- a) و در چین دوم برداشت (۰/۰۱۱ واحد بین المللی در میلی‌گرم پروتئین) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم مشاهده شد (شکل ۲- b).

نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که در چین دوم برداشت بین میزان پروتئین و آنزیم آسکوربات پراکسیداز همبستگی منفی (۰/۷۵۳-) در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۴).

کاتالاز (CAT)

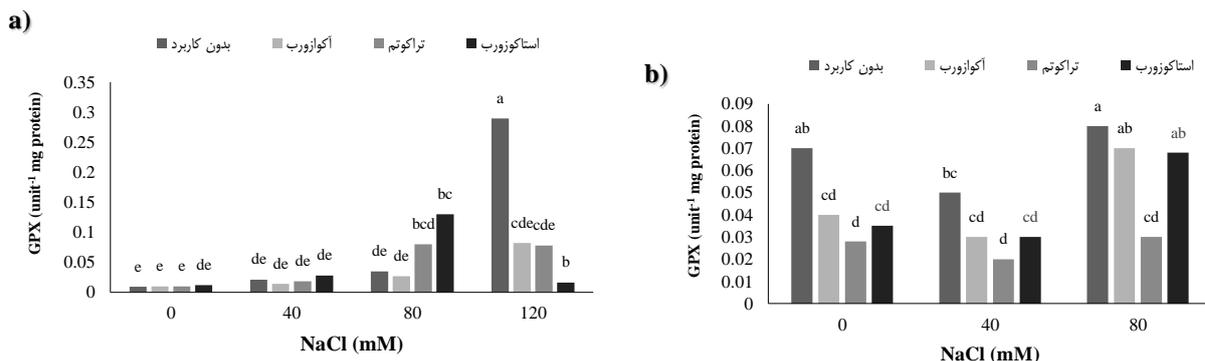
با افزایش تنش شوری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت به طوری که بیشترین میزان آن در چین اول برداشت (۰/۰۹۳ واحد بین المللی در میلی‌گرم پروتئین) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها مشاهده شد و کاربرد سوپرجاذب‌ها با کاهش اثرات شوری سبب کاهش معنی‌دار این صفت شد و در این میان کاربرد سوپرجاذب اکوازورب با کاهش ۵۲/۶۸ درصدی فعالیت این



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب بر فعالیت کاتالاز ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول (a) و دوم (b) برداشت * ستون‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.

تراکوم و آکازورب موثرتر بودند (شکل ۳-ا). در چین دوم برداشت نیز بیشترین فعالیت این آنزیم (۰/۰۸ واحد بین المللی در میلی گرم پروتئین) در تیمار شوری ۸۰ میلی مولار و عدم کاربرد سوپرجاذبها مشاهده شد که سوپرجاذب تراکوم سبب کاهش ۷۳/۱۰ درصدی این آنزیم شد (شکل ۳-ا و ۳-ب).

گایاکول پراکسیداز (*GPX*) نتایج نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در چین اول برداشت (۰/۲۹ واحد بین المللی در میلی گرم پروتئین) در شوری ۱۲۰ میلی مولار و عدم کاربرد سوپرجاذبها مشاهده شد و کاربرد سوپرجاذبها در این شرایط سبب کاهش فعالیت این آنزیم شدند که در این خصوص دو سوپرجاذب

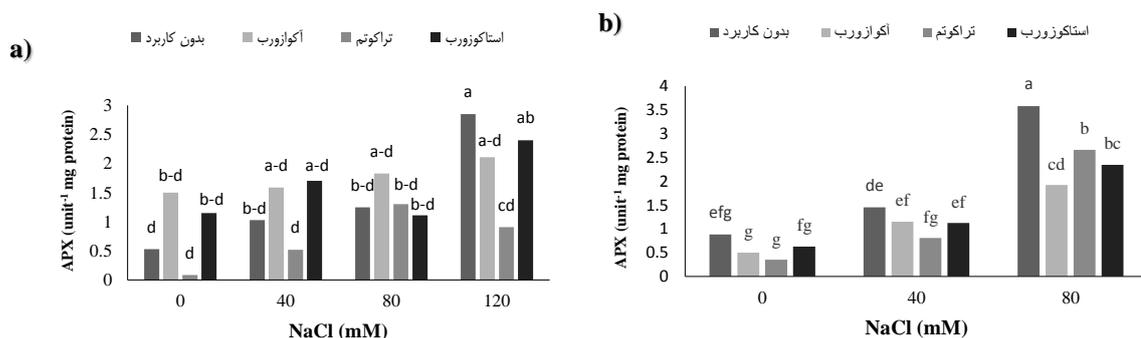


شکل ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب بر فعالیت گایاکول پراکسیداز ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول (a) و دوم (b) برداشت *ستون‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.

کاهش داد (شکل ۴-ب). بیشترین فعالیت این آنزیم در چین دوم برداشت (۳/۶ واحد بین المللی در میلی گرم پروتئین) در تیمار شوری ۸۰ میلی مولار و عدم کاربرد سوپرجاذبها مشاهده شد و کاربرد سوپرجاذبها توانست سبب کاهش معنی‌دار این صفت شود (شکل ۴-ب).

آسکوربات پراکسیداز (*APX*)

سوپرجاذب تراکوم در چین اول برداشت در بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم) فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز را ۶۸/۰۷ درصد نسبت به شاهد



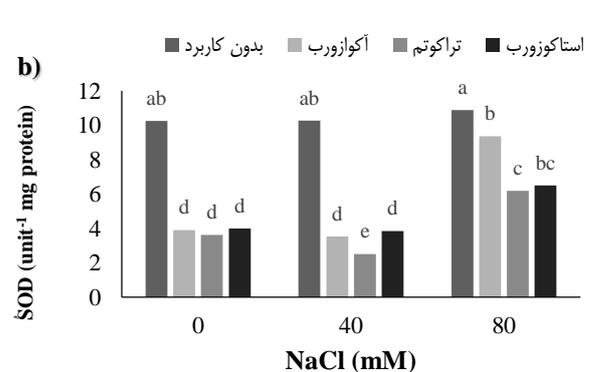
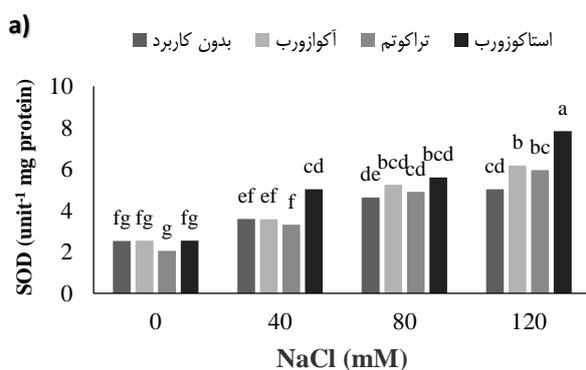
شکل ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب بر فعالیت آسکوربات پراکسیداز ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول (a) و دوم (b) برداشت *ستون‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.

در چین اول برداشت بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (۷/۸۳ واحد بین المللی در میلی گرم پروتئین) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی مولار و کاربرد سوپرجاذب

سوپراکسید دیسموتاز (*SOD*)

و عدم کاربرد سوپرجاذبها مشاهده شد و کاربرد سوپرجاذبها سبب کاهش معنی دار این صفت شد (شکل ۵- b). همچنین نتایج همبستگی نشان داد که در چین دوم برداشت با افزایش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نیز افزوده می شود که این امر وجود همبستگی مثبت (۰/۸۴۸) در سطح احتمال یک درصد بین این دو صفت را به اثبات می رساند (جدول ۴).

استاکوزوب مشاهده شد و این در حالی بود که فعالیت این آنزیم در تیمار شاهد (بدون کاربرد سوپرجاذبها) کمتر از تیمارهای سوپرجاذب در این سطح از شوری بود (شکل ۵- a). کمترین فعالیت این آنزیم (۲/۰۵) واحد بین المللی در میلی گرم پروتئین) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم مشاهده شد (شکل ۵- a). بیشترین فعالیت این آنزیم در چین دوم برداشت (۱۰/۸۹) واحد بین المللی در میلی گرم پروتئین) در تیمار شوری ۸۰ میلی مولار

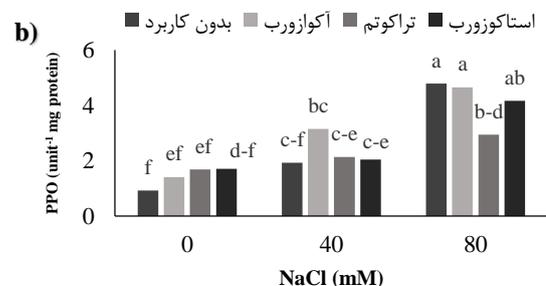
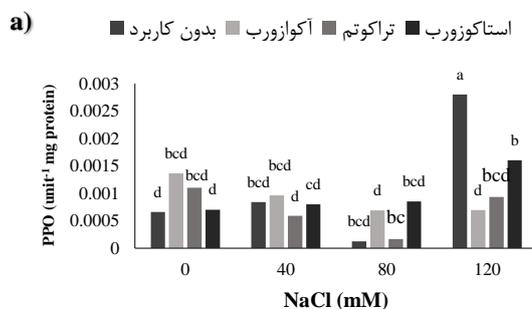


شکل ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب بر فعالیت سوپراکسید دیسموتاز ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول (a) و دوم (b) برداشت * ستون‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی داری ندارند.

آن بکاهد که در این میان کاربرد سوپرجاذب آکوزورب موثرتر بود (شکل ۶- a). در چین دوم برداشت بیشترین فعالیت آن (۴/۷۹) واحد بین المللی در میلی گرم پروتئین) در تیمار شوری ۸۰ میلی مولار و عدم کاربرد سوپرجاذبها مشاهده شد و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم سبب کاهش معنی دار این صفت شد (شکل ۶- b).

پلی فنل اکسیداز (PPO)

بیشترین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز (۰/۰۰۲۸) واحد بین المللی در میلی گرم پروتئین) در چین اول برداشت در تیمار شوری ۱۲۰ میلی مولار و عدم کاربرد سوپرجاذبها مشاهده شد و کاربرد سوپرجاذبها توانست از میزان فعالیت

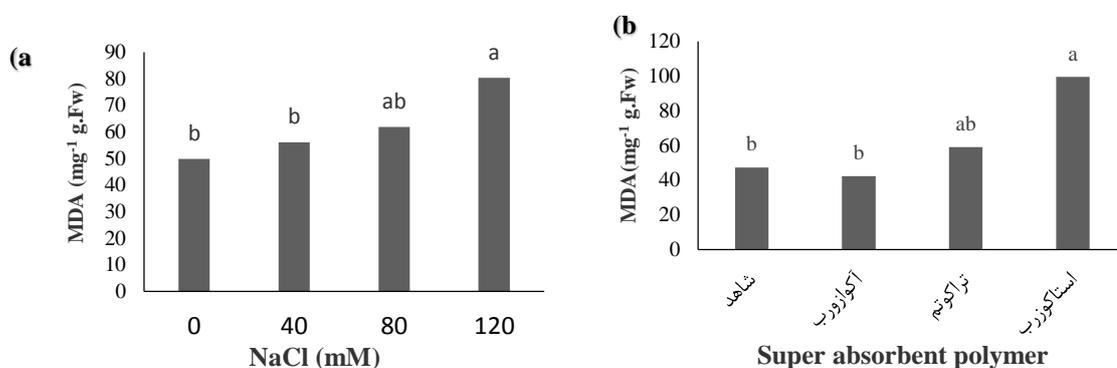


شکل ۶: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب بر فعالیت پلی فنل اکسیداز ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول (a) و دوم (b) برداشت * ستون‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی داری ندارند.

مربوط به تیمار شوری ۱۲۰ میلی مولار بود. همچنین اثر ساده سوپرجاذب بر این صفت نشان داد که کمترین میزان مالون دی آلدئید در تیمار سوپرجاذب آکوازوب مشاهده شد (شکل ۷ a- و ۷- b).

مالون دی آلدئید (MDA)

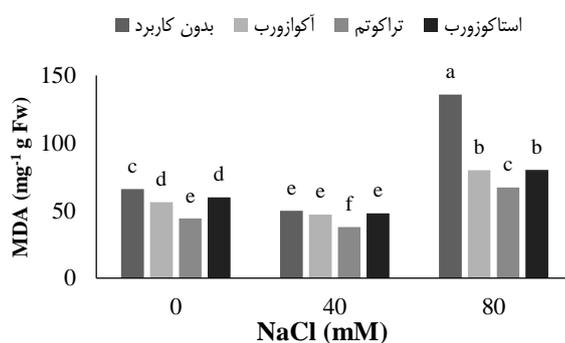
در چین اول برداشت نتایج مقایسه میانگین اثر ساده شوری بر میزان مالون دی آلدئید نشان داد بیشترین میزان مالون دی آلدئید (۸۰/۳) واحد بین المللی در میلی گرم پروتئین



شکل ۷: اثر ساده شوری (a) و سوپرجاذب (b) بر میزان مالون دی آلدئید ریحان رقم کشکنی لولو تحت تنش شوری در چین اول برداشت *ستون‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.

صفت شد (شکل ۸). با افزایش شوری میزان مالون دی آلدئید و به دنبال آن فعالیت آنزیم‌های گایکول پراسکیداز، آسکوربات پراسکیداز و سوپراکسید دیسموتاز افزایش یافت که این موارد به ترتیب از نتایج همبستگی مثبت و معنی‌دار این آنزیم‌ها ((۰/۷۵۱) در چین اول) و ((۰/۷۸۹) در چین دوم)، ((۰/۷۴۳) و ((۰/۶۶۳) با مالون دی آلدئید به دست آمد (جدول ۳ و ۴).

در چین دوم برداشت اثر متقابل شوری و سوپرجاذب نشان داد که بیشترین میزان مالون دی آلدئید (۱۳۵/۹) واحد بین المللی در میلی گرم پروتئین) در تیمار شوری ۸۰ میلی مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها حاصل شد و کاربرد سوپرجاذب‌ها به خصوص تراکوتیم سبب کاهش معنی‌دار این



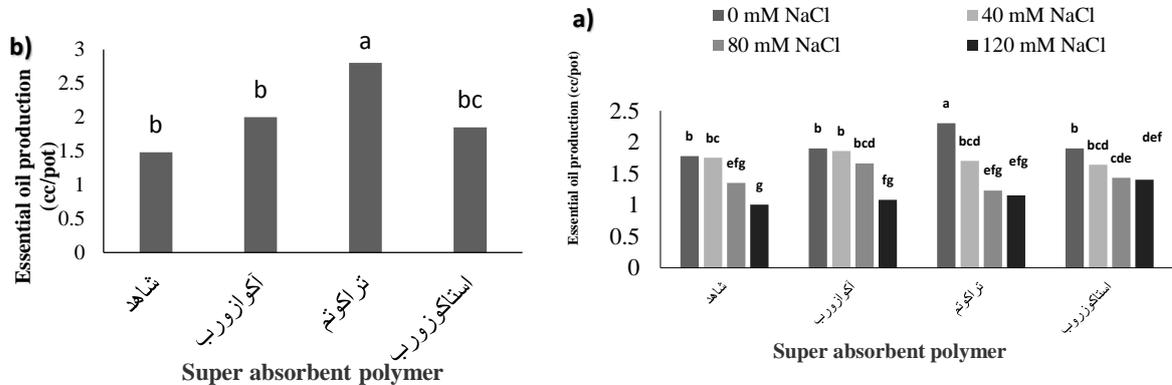
شکل ۸: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب بر میزان مالون دی آلدئید ریحان رقم کشکنی لولو در چین دوم برداشت *ستون‌ها دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتایج نشان داد که در چین اول برداشت بالاترین تولید اسانس در شرایط بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتیم

تولید اسانس

معنی‌دار شد و بیشترین تولید اسانس با کاربرد سوپرجاذب تراکوتم به‌دست آمد (شکل ۹- b).

حاصل شد (شکل ۹- a). در چین دوم برداشت تولید سانس در دو سطح ۰ و ۴۰ میلی‌مولار شوری با هم مقایسه شد و نتایج نشان داد که تنها اثر ساده سوپرجاذبها بر آن



شکل ۹: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب در چین اول برداشت (a) و اثر ساده سوپرجاذب (b) در چین دوم برداشت بر تولید اسانس ریحان رقم کشکنی لولو

جدول ۳: مقادیر ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در این تحقیق در چین اول برداشت

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱- پروتئین							
۲- کاتالاز	۰/۴۶۵						
۳- گایاکول پراکسیداز	۰/۴۴۴	۰/۵۵۴*	۱				
۴- آسوربات پراکسیداز	-۰/۰۷۱	۰/۵۲۵*	۰/۵۹۸*	۱			
۵- سوپراکسید دیسموتاز	۰/۲۳۵	۰/۰۸۰	۰/۵۸۳*	۰/۲۸۸	۱		
۶- پلی فنل اکسیداز	-۰/۱۳۰	۰/۲۰۶	۰/۳۹۹	۰/۲۶۵	۰/۳۸۴	۱	
۷- مالون دی آلدئید	۰/۳۹۳	۰/۳۹۹	۰/۷۵۱**	۰/۴۵۲	۰/۳۹۳	۰/۲۲۷	۱

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴: مقادیر ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در این تحقیق در چین دوم برداشت

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱- پروتئین							
۲- کاتالاز	۰/۰۷۰						
۳- گایاکول پراکسیداز	-۰/۲۱۹	۰/۲۹۵	۱				
۴- آسوربات پراکسیداز	-۰/۷۵۳**	-۰/۲۳۱	۰/۵۱۳	۱			
۵- سوپراکسید دیسموتاز	-۰/۲۰۸	۰/۲۴۰	۰/۸۴۸**	۰/۵۵۵	۱		
۶- پلی فنل اکسیداز	-۰/۴۳۳	۰/۳۳۰	۰/۱۹۷	۰/۴۶۹	۰/۰۵۹	۱	
۷- مالون دی آلدئید	-۰/۵۶۸	۰/۱۶۸	۰/۷۸۹**	۰/۷۴۳**	۰/۶۶۳*	۰/۴۹۱	۱

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

بحث

معنی‌داری پیدا کرد که با نتایج بدست آمده از گیاه دارویی *Securigera securidica* مطابقت دارد (۲۵). این کاهش در میزان پروتئین را این گونه می‌توان اثبات نمود که

با افزایش تنش شوری میزان پروتئین محلول گیاه کاهش

تنش‌های غیرزنده از جمله تنش شوری سبب می‌شود تا از سنتز برخی از پروتئین‌ها جلوگیری شود و در مقابل سنتز برخی دیگر از آنها از جمله آنزیم‌های پروتئینی افزایش یابد ولی در مجموع میزان پروتئین محلول کل در گیاه کاهش می‌یابد (۲۶). همچنین در هنگام بروز تنش‌ها به‌منظور تولید اسیدهای آمینه برای تنظیم اسمزی سلول، پروتئین‌های موجود در گیاه به وسیله آنزیم پروتئاز هیدرولیز می‌شوند و همین امر سبب کاهش پروتئین محلول در گیاهان از جمله گیاه مورد مطالعه در این تحقیق می‌شود (۲۷). به‌طوری‌که تنش شوری سبب کاهش پروتئین محلول در گیاه کتان شد (۲۸). همچنین در مطالعه‌ای نشان داده شد تنش شوری باعث کاهش پروتئین محلول و افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گایاکول پراکسیداز در گیاه دارویی استویا شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد (۲۹). در این پژوهش فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز که نقش جاروب‌کنندگی پراکسید هیدروژن را دارند موازی با فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز که به‌عنوان اولین سد دفاعی در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌باشد؛ افزایش یافتند تا بدین طریق ترکیبات مضر گیاه را از بین برده و مقاومت گیاه به شرایط شوری بالا را افزایش دهند (۳۰). به بیان دیگر در هنگام تنش شوری به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن و در پی آن کاهش رشد گیاه و همچنین افزایش تنفس گیاه، گونه‌های فعال اکسیژن از جمله رادیکال سوپراکسید افزایش یافته و آنزیم‌هایی از جمله سوپراکسید دیسموتاز باعث تبدیل این رادیکال به پراکسید هیدروژن می‌شوند و سپس آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز قادرند پراکسید هیدروژن تولیدی در اندامک‌ها و سیتوزول را به آب و اکسیژن تبدیل کنند و اثرات مخرب آن را کاهش دهند و همین‌طور آنزیم گایاکول پراکسیداز نیز نقش مهمی در جاروب کردن این ترکیبات دارد (۳۱ و ۳۲). این موارد افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانتهی در گیاه مورد مطالعه در این تحقیق را اثبات می‌کند. در این تحقیق با افزایش سطح شوری میزان مالون دی‌آلدئید در گیاه افزایش می‌تواند

ناشی از این باشد که رادیکال سوپراکسید تولیدی در حین تنش شوری از طریق پراکسیداسیون لیپیدهای موجود در غشا میزان مالون دی‌آلدئید در گیاه را نیز افزایش می‌دهند که این امر به درستی در این تحقیق مشهود است چرا که مالون دی‌آلدئید به‌عنوان نشانگر زیستی برای اندازه‌گیری پراکسیداسیون لیپیدها شناخته می‌شود (۳۳ و ۳۴) و با توجه به این موارد و نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، افزایش مالون دی‌آلدئید در نتیجه افزایش میزان شوری در گیاهانی همچون زوفا (۳۵)، مرزه (۳۶) و ریحان (۳۷) مشاهده شد. افزایش پراکسید هیدروژن در هنگام تنش موجب کاهش میزان رشد گیاه و همچنین، باعث پراکسیداسیون لیپیدها (افزایش مالون دی‌آلدئید) و آسیب‌های غشایی می‌شود و در این مرحله است که آنزیم کاتالاز وارد عمل شده و با تجزیه پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن اثرات مخرب آن را خنثی می‌کند، در حقیقت حذف مقادیر اضافی پراکسید هیدروژن و دخالت در تنظیم مقادیر مناسب از پراکسید هیدروژن به عهده آنزیم کاتالاز است (۳۸). مطابق با نتایج حاصل از این پژوهش، در تحقیقی دیگر روی گیاه مرزه، افزایش در میزان فعالیت کاتالاز تحت تیمار شوری مشاهده شد (۳۹). همچنین آنزیم پراکسیداز با ایفا کردن نقش الکترون‌دهندگی، از پراکسیداسیون هیدروژن برای اکسیداسیون انواع سوبستراهای آلی و غیرآلی استفاده می‌کند (۴۰). این موارد افزایش آنزیم‌ها در این تحقیق را اثبات می‌کند. در گیاه پونه معطر به منظور افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتهی (سوپراکسید دیسموتاز، پلی فنل اکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز) افزایش یافت (۴۱) که این موارد با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. میزان آنزیم آسکوربات پراکسیداز و اغلب آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتهی دیگر رابطه مستقیمی با طول زمان تنش دارد و نشان دهنده این امر می‌باشد که با طولانی شدن دوره تنش، فعالیت این آنزیم‌ها نیز تقویت می‌شود (۴۲). مطابق با نتایج این تحقیق، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گیاه دارویی ریحان تحت تنش شوری افزایش یافت (۴۳). کاربرد

آنتی‌اکسیدانتی از جمله کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و پلی‌فنل اکسیداز را در خود بالا برده و به این طریق این ترکیبات را هیدرولیز کرده و یا به بیرون از سلول جاروب می‌کنند و بنابراین در هنگام تنش شوری مقدار آن‌ها در گیاه افزایش می‌یابد. در مقابل کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب از طریق در اختیار گذاشتن آب کافی برای گیاه و کاهش غلظت نمک‌ها در اطراف محیط ریشه گیاهان و همچنین جایگزین کردن یون‌های موجود در خود با یون‌های سمی سدیم و کلر از اثرات منفی تنش شوری کاسته و به این طریق فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی را کاهش داده و از هیدرولیز بیشتر پروتئین‌های محلول جلوگیری می‌کنند. در این تحقیق مشاهده شد که با افزایش تنش شوری میزان فعالیت آنزیم‌ها افزایش معنی‌داری پیدا کرد که با کاربرد سوپرجاذب‌ها به خصوص آکوازورب و تراکوتم از میزان آن‌ها کاسته شد. همچنین با افزایش شوری تولید اسانس ریحان کاهش یافت و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم موجب افزایش آن شد. بنابراین می‌توان توصیه نمود تا از سوپرجاذب‌ها در شرایط تنش شوری و خشکی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک که اثرات شوری شدیدتر است برای بهبود اثرات مضر شوری و افزایش تولید اسانس ریحان استفاده نمود.

منابع

1. Parihar P, Singh S, Singh R, Singh VP, et al. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research*. 2014; 22(6): 4056-75.
2. Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Physiol*. 2008; 59: 651-681.
3. Tang W, Zeng W, Gong GM, Liang JL, et al. Impact of humic/fulvic acid on the removal of heavy metals from aqueous

سوپرجاذب‌ها تحت تنش شوری و خشکی ناشی از آن سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی می‌شود (۴۴) که نتایج حاصل از این تحقیق نیز با آن مطابقت دارد. پلیمرهای سوپرجاذب دارای شبکه‌های سه بعدی با پیوند عرضی می‌باشند که از طریق افزایش ظرفیت نگه‌داری آب، کاهش شستشوی مواد غذایی و میزان تبخیر از سطح خاک موجب افزایش عملکرد در شرایط معمولی و تنش می‌شوند و به این طریق باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی که مکانیسمی برای تحمل به تنش‌هاست می‌شوند (۴۵). همچنین پلیمرهای سوپرجاذب قادرند تا حدودی یون‌های سمی سدیم و کلر را با یون‌های موجود در ساختمان خود جایگزین کرده و به این طریق نیز اثرات منفی تنش شوری را بکاهند (۴۶). مطابق با نتایج این تحقیق، تنش شوری سبب کاهش تولید اسانس در گیاه دارویی نعناع فلفلی (۴۷) و اسطوخودوس (۴۸) شد که علت این کاهش را می‌توان کاهش سطح فتوسنتز کننده (به علت افزایش فعالیت پروکسیداسیون غشاء و در نتیجه افزایش مالون دی‌آلدئید) دانست چرا که اسانس‌ها از گروه شیمیایی ترین‌ها بوده و به این دلیل که گلوکز به عنوان پیش ماده مناسب در سنتز اسانس و به ویژه منوترپن‌ها مطرح هست، فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد (۴۹). همچنین کاهش تولید اسانس را می‌توان به دلیل صرف بیشتر انرژی در گیاه برای جذب آب در شرایط تنش، تغییر و افزایش غلظت پروتوپلاست، تغییر در مسیرهای تنفسی و مسیر فسفات‌پنتوز مربوطه دانست که به نوعی در تولید آنزیم‌های تولید کننده اسانس در گیاه اختلال ایجاد کرده و در نتیجه سبب کاهش تولید اسانس می‌شوند (۵۰).

نتیجه‌گیری

در پی ایجاد تنش شوری در گیاهان تنش اکسیداتیو هم ایجاد می‌شود که این امر ناشی از تولید مقادیر بالای گونه‌های فعال اکسیژن است. گیاهان برای مقاومت در برابر این تنش‌ها و در نتیجه زنده ماندن خود فعالیت آنزیم‌های

- solutions using nanomaterials: a review. *Sci Total Environ.* 2014; 468: 1014-1027.
4. Appel K, Hairt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. *Annu Rev Plant Biol.* 2004; 55: 373-399.
 5. Tavakkoli E, Rengasamy P, McDonald GK. High concentrations of Na⁺ and Cl⁻ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *J Exp Bot.* 2010; 61(15): 4449-4459.
 6. Hasanuzzaman M, Hossain MA, Fujita M. Exogenous selenium pretreatment protects rapeseed seedlings from cadmium-induced oxidative stress by up regulating the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems. *Biol Trace Elem Res.* 2010; 149(2): 248-261.
 7. Harati E, Kashefi B, Matinizadeh M. Investigation of reducing detrimental effects of salt stress on morphological and physiological traits of (*Thymus daenensis Celak.*) through salicylic acid application. *Plant Prod Technol.* 2015; 16(2), 111-125.
 8. Vatankhah E, Kalantari B, Andalibi B. Effect of methyl jasmonate on some physiological and biochemical responses of peppermint (*Mentha piperita L.*) under salt stress. *J Plant Process Funct.* 2015; 5(17), 157-171.
 9. Abedi Kupai J, Mesforoush M. Evaluation of the application of superabsorbent polymer on yield, water use efficiency and storage of nutrients in greenhouse cucumber. *Iran J Irrig Drain.* 2009; 3(2): 100-111.
 10. Fazeli Rostampour M, Yarnia M, Rahimzadeh Khoei F, Seghatoleslami MJ, et al. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. *Agron J.* 2013; 105(4): 951-959.
 11. Nykanen VPS, Nykanen A, Puska MA, Goulart-Silva G, et al. Dual-responsive and super absorbing thermally cross-linked hydrogel based on methacrylate substituted polyphosphazene. *Soft Matter.* 2011; 7: 4414-4424.
 12. Mikkelsen RL. Using hydrophilic polymers to control nutrient release. *Nutr Cycl Agroecosys.* 1999; 38: 53-59.
 13. Mohammadi M, Habibi D, Ardakani MR, Asgharzade A. Effect of biological fertilizers, humic acid and superabsorbent polymer on chlorophyll content, lipid membrane and superoxide dismutase and catalase enzymes activity in annual plant species of alfalfa (*Medicago scutellata*) under cadmium toxicity. *J Agron Plant Breed.* 2010; 6(2): 65-79.
 14. Vieira RF, Grayer RJ, Paton A, Simon JE. Genetic diversity and inheritance of volatile oil constituent basil (*Ocimum spp. Lamiaceae*). *Biochem. Syst. Ecol.* 1999; 287-304.
 15. Omidbaigi, R. Production and processing of medicinal plants. *Astane Ghodse Razavi Pub.* 2004; PP: 348. (In Persian).
 16. Labra M, Milele M, Ledda B, Grassi F, et al. Morphological characterization essential oil composition and DNA genotyping of *Ocimum basilicum L.* cultivars. *Plant Sci.* 2004; 167: 725 - 31.
 17. Svoboda KP, Hampson JB. Bioactivity of essential selected oils of temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, antiinflammatory and other related pharmacological activities. IENICA Conference, Specialty Chemicals for the 21st Century. Intermediary Products, Cosmetics, Perfumes, and Medicinal Applications. 1999; pp: 1-17.
 18. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle

- of protein-dye binding. *Anal Biochem.* 1976; 72(1-2): 248-254.
19. Dhindsa RS, Plumb-Dhindsa P, Thorpe, TA. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *J Exp Bot.* 1981; 32(1): 93-101.
20. Nakano Y, Asada K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiol.* 1981; 22(5): 867-880.
21. Plewa MJ, Smith SR, Wagner ED. Diethyldithiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. *Mutat Res-Fund Mol M.* 1991; 247(1): 57-64.
22. Beauchamp C, Fridovich I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Anal Biochem.* 1971; 44(1): 276-287.
23. Kar M, Mishra D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiol.* 1976; 57(2): 315-319.
24. Davey MW, Stals E, Panis B, Keulemans J. et al. High-throughput determination of malondialdehyde in plant tissues. *Anal Biochem.* 2005; 347(2): 201-207.
25. Mirvakili F, Mosleh A, Sarafraz-Ardakani M, Sodaieizadeh H. The study of salinity stress influence on some morphological, biochemical and antioxidant responses of *Securigera securidaca* L. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal plants.* 2018; 6(1): 32-43
26. Ericson MC, Alfinito SH, Proteins produced during salt stress in tobacco cell culture. *Plant Physiol.* 1984; 74(3): 506-509.
27. Parida AK, Das AB, Mitra B, Mohanty P. Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove *Bruguiera parviflora*. *Zeitschrift fur Naturforschung C. Int J Biosci.* 2004; 59(5-6): 408-414.
28. Jiang L, Duan L, Tian X, Wang B, et al. NaCl salinity stress decreased *Bacillus thuringiensis* (Bt) protein content of transgenic Bt cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings. *Environ Exp Bot.* 2006; 55: 315-320.
29. Najafi F, Khavarinejad RA, Rashidi M. Effect of sodium selenate on some antioxidant enzymes in sunflower plant under salt stress. *J Plant Process Funct.* 2015; 6(19): 351-36.
30. Caverzan A, Casassola A, Brammer, S.P. Antioxidant responses of wheat plants under stress. *Genetic molecular and Biology.* 2016; 39(1):16.
31. Comba ME, Benavides MP, Tomaro ML. Effect of salt stress on antioxidant defense system in soybean root nodules. *Aust J Plant Physiol.* 1998; 25: 665-671.
32. Michalak A. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Pol J Environ Stud.* 2006; 15(4): 523-530.
33. Gunes A, Inal A, Alpaslan M, Eraslan F, et al. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *J Plant Physiol.* 2007; 164(6): 728-736.
34. Mittler R. Oxidative stress, antioxidant and stress tolerance. *Trends Plant Sci.* 2002; 7(9): 405-410.
35. Jahantigh O, Najafi F, Naghdi Badi H.A. Study of some physiological parameters hyssop (*Hyssopus officinalis*) in the

- vegetative stage under the influence of salinity. Iranian Journal of Iran J Plant Biol. 2016; 27(1): 81-94.
36. Akbari S, Kordi S, Fatahi S, Ghanbari F. Physiological responses of Summer Savory under salinity stress. Inter J Agri Crop Sci. 2016. 5(2): 1702- 1708.
37. Delavari P, Baghizadeh A, Enteshari S, Kalantari KM, et al. The effects of salicylic acid on some of biochemical and morphological characteristic of *Ocimum basilicum* under salinity stress. Australian Aust J Basic Appl Sci. 2010; 4(10), 4832-4845.
38. Sairam RK, Tyagi A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Curr Sci. 2004; 86: 407-421.
39. firuzeh R, khavarinejad R, najafi F, saadatmand S. Effect of gibberellin on the activity of antioxidant enzymes in savory plant (*Satureja hortensis L.*) under salt stress. J Plant Process Fun. 2016; 5(16) :45-56.
40. Dinakar N, Nagajyothi PC, Suresh S, Damodharam T, et al. Cadmium induced changes on proline, antioxidant enzymes, nitrate and nitrite reductases in *Arachis hypogaeae L.* J Environ Biol. 2009; 30(2): 289-294.
41. Merati MJ, Niknam V, Hassanpour H, Mirmasoumi M. Comparative effects of salt stress on growth and antioxidant responses in different organs of pennyroyal (*Mentha pulegium L.*). J Plant Res. (Iran Plant Biol.). 2015; 28(5): 1097-1107.
42. Koca H, Bor M, Ozdemir F, Turkan I. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. Environ Exp Bot. 2007; 60: 344-351.
43. Afshar M, Lanad Moghadam AR. Evaluation the effect of salicylic acid on some quantitative, qualitative and growth on salt stress in basil (*Ocimum basilicum L.*) plant. J Cell Mol Res. 2015; 28(5): 36-43.
44. Rahmani M, Habibi D, Shiranirad AH, Daneshian J. Effect of application of different concentrations of super absorbent polymer on the antioxidant enzymes activity in mustard medicinal plant. Environ Stresses Crop Sci. 2008; 1(1): 23-38.
45. Pawlowski A, Lejcus K, Garlikowski D, Orezesyna H. Geocomposite with superabsorbent as an element improving water availability for plants on slopes. Geophys Res Abst. 2009; 11: 1-2.
46. Shi Y, Li J, Shao J, Deng Sh, et al. Effects of Stockosorb and Luquasorb polymers on salt and drought tolerance of *Populus popularis*. Sci Hort. 2010; 124(2): 268-273.
47. Khalvandi M, American MR, baradaran M, Gholami A. Piriformospora indica symbiotic effect on the quantity and quality of essential oils and some physiological parameters of peppermint (*Mentha piperita*) under salt stress. J Plant Proc Func. 2017; 6(21): 169-184.
48. Khorasani Nejad S, Soltanlu H, Hadian J, Atashi S. Effect of salinity stress on some apparent, quantitative and qualitative properties of essential oil in lavender. Iran J Horti Sci. 2016; 30(2): 209-216.
49. Niakan M, Khavarinejad R, Rezaei MB. Effect of three ratios of fertilizer N, P, K on fresh weight, dry weight, leaf area and the essential oil of peppermint (*Mentha piperita L.*). Med Aroma Plants Res 2005; 21(2): 148-131.
50. Afzali SFAD, Shariatmadari H, Hajiabbasi MA, Moatar F. 2007. Salinity and drought stresses effects on flower yield and flavonol-o-glycosides in Chamomile

(*Matricaria chamomilla L.*). Iran J Med
Aroma Plants 2009; 3(37): 382-390.

The interaction effect of salinity stress and superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities of basil

Farsari S, M.Sc. Student.¹, Moghaddam M. Ph.D.^{2*}

1. M.Sc. Student, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

* Email corresponding author: m.moghaddam@um.ac.ir; moghaddam75@yahoo.com

Received: 11 Aug. 2018

Accepted: 20 Nov. 2018

Abstract

Aim: The aim of this study is to evaluate the interaction effect of salinity stress and superabsorbent polymers on physiological traits of basil.

Material and methods: A pot experiment was conducted as factorial based on a completely randomized design with four levels of salinity (0, 40, 80 and 120 mM NaCl in irrigation water) and four levels of superabsorbent polymers included (control, Ackoasorb, Stockosorb and Terracottem). The measured traits were soluble protein, antioxidant enzyme activities, malondialdehyde content and essential oil production.

Results: Antioxidant enzyme activities of catalase, guaiacol peroxidase, ascorbate peroxidase and polyphenol oxidase at first harvesting and high salinity (120 mM) under Ackoasorb, Terracottem, Terracottem and Ackoasorb usage decreased 52.68, 73.1, 68.07 and 75.35%, respectively, and also at second harvest at highest salinity level (80 mM) the activity of these enzymes under Ackoasorb, Terracottem, Ackoasorb, Terracottem and Terracottem decreased 37.6, 62.5, 46.38 43.06 and 38.47%, respectively. With increasing salinity the essential oil production decreased and Tracheotem superabsorbent increase it. At first harvesting, a significant positive correlation was observed between malondialdehyde with guaiacol peroxidase ($r = 0.751$) and at second harvesting ascorbate peroxidase with protein ($r = -0.753$) had a significant negative correlations, moreover, significant positive correlations were found between superoxide dismutase with guaiacol peroxidase ($r = 0.848$), malondialdehyde with guaiacol peroxidase ($r = 0.789$) and malondialdehyde with ascorbate peroxidase ($r = 0.743$).

Conclusion: The results showed that application of superabsorbents under salinity stress conditions could decrease the severity of this stress and thereby cause to decrease the antioxidant enzyme activities and malondialdehyde amount significantly, but increased the soluble protein and essential oil content.

Key words: Ascorbate peroxidase, Catalase, Guaiacol peroxidase, Malondialdehyde, Superoxide dismutase