بررسی پاسخ مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان رقم 'کشکنی لولو' به تنش شوری و کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب

سارا فرسرایی و محمد مقدم

ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۴

چکیده

ریحان با نام علمی (*Ocimum basilicum* L.) یکی از گیاهان مهم متعلق به تیره نعنائیان (Lamiacea) می‌باشد که بعنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین بصورت سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. پلیمرهای سوپرجاذب ترکیباتی آلی بوده که قادرند تا چندین برابر حجم یا وزن خود آب جذب کنند بدون آن که ساختار فیزیکی آنها تغییر کند و اثرات ناشی از تنش را کاهش می‌دهند. هدف از این تحقیق بررسی پاسخ مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان رقم کشکنی لولو به تنش شوری و کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب می‌باشد. بدین منظور آزمایشی گلدانی بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ سطح شوری آب آبیاری (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰میلی‌مولار کلرید سدیم) و ۴ سطح پلیمرسوپرجاذب (عدم کاربرد، آکوازورب (Ackoasorb) ، تراکوتم (Terracottem) و استاکوزورب (Stockosorb)) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان بیوماس تر و خشک در هر دو چین برداشت در تیمار بدون شوری و کاربرد تراکوتم مشاهده شد. در چین اول برداشت در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل به‌ترتیب با کاربرد تراکوتم ۱۲/۹۷، ۲۹/۴۸، ۲۵/۲۰، ۱۷/۲۴ و۲۷/۶۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و با کاربرد استاکوزورب فعالیت آنتی‌اکسیدانتی ۱۸/۴۵ درصد، با کاربرد تراکوتم فنل کل ۲۶/۳۱ درصد و با کاربرد آکوازورب پرولین ۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت و در چین دوم برداشت در شوری ۸۰ میلی‌مولار کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل با کاربرد تراکوتم و محتوای نسبی آب برگ با کاربرد آکوازورب بترتیب ۲۲/۵۸، ۳۴/۷۸، ۲۴، ۳۱ و ۲۲/۰۶ درصد نسبت به شاهد افزایش و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، فنل کل و پرولین با کاربرد تراکوتم، کربوهیدرات محلول با کاربرد استاکوزورب و نشت الکترولیت با کاربرد آکوازورب بترتیب ۱۹/۹۳، ۷/۸۱، ۳۹/۱۳، ۴۴/۷۷ و۲۶/۰۲ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان دادند. نتایج این تحقیق نشان داد در شرایط تنش شوری کاربرد سوپرجاذب‌ها بخصوص تراکوتم توانست صفات مورد مطالعه در این تحقیق را بهبود بخشند.

واژه‌های کلیدی: ریحان، رنگیزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، کلرید سدیم

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۵۵۹۴۱۲۸، پست الکترونیکی: moghaddam75@yahoo.com - m.moghadam@um.ac.ir

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) یکی از گیاهان دارویی و ادویه‌ای ارزشمند است. این گیاه یکساله، علفی و متعلق به خانواده نعنائیان (Lamiaceae) است که با توجه به شرایط محل رویش دارای ۰/۵ تا ۱/۵ درصد اسانس می‌باشد. ریحان بصورت سنتی از قدیم در درمان آسم، سرفه و سرماخوردگی کاربرد دارد و همچنین دارای اثرات آرام-بخشی و اشتهاآوری بوده و افزایش دهنده شیر مادران می‌باشد (۱).

ایران دارای سطحی حدود ۶/۸ میلیون هکتار اراضی شور است که این وسعت از اراضی شور سبب شده تا ایران بعد

از هند و پاکستان در صدر کشورهای در معرض تهدید تنش شوری قرارگیرد (۴۰). شوری ناشی از عوامل اولیه و ثانویه می‌باشد که از عوامل اولیه می‌توان به نفوذ آب شور دریا در امتداد سواحل، وجود دریاچه‌های نمکی و تبخیر آنها و برجای ماندن املاح، فرسایش سنگ‌ها و غیره اشاره کرد. از عوامل ثانویه می‌توان به فعالیت‌های انسانی از جمله سیستم‌های نامناسب آبیاری، استفاده از آب‌های بی کیفیت، نبود زهکش مناسب اشاره نمود که وجود این نمک در خاک سبب ایجاد تنش اسمزی و بر هم زدن تعادل یونی شده و از این طریق برای رشد گیاه محدودیت‌هایی ایجاد می‌کند و سبب کاهش عملکرد آن می‌شود (۴۸). مکانیسم-های بیولوژیکی اصلی که گیاهان در درجات مختلف تنش شوری بکار می‌گیرند عبارتند از: تنظیم اسمزی (تحمل)، جداسازی یون‌های نامطلوب و انباشته نمودن آنها در قسمتهای خاصی از سلول (اجتناب) و جلوگیری از ورود املاح بداخل گیاه (اجتناب). اجتناب از شوری می‌تواند از طریق غیرفعال کردن یون‌ها به دلیل نفوذناپذیری غشاء، دفع یون‌ها بصورت انتقال فعال و یا رقیق کردن آنها از طریق رشد سریع همراه با افزایش مقدار آب صورت گیرد (۲۰). اثرات منفی تنش شوری می‌تواند بسته بشرایط آب و هوایی، شدت نور، گونه‌های گیاهی و شرایط خاک متفاوت باشد (۵۴). تنش شوری علائمی بسیار مشابه تنش کم آبی دارد و مشابه آن باعث افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، مثل (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و (OH^-) می‌شود و همچنین به غشاء و ماکرومولکول‌هایی مثل پروتئین‌ها، DNA، لیپیدها و رنگیزه‌های فتوسنتزی خسارت وارد می‌کند (۳۲). مون بوش و همکاران (۴۳) بیان داشتند که پتانسیل آب گیاه رابطه نزدیکی با محتوای نسبی آب برگ دارد و با کاهش پتانسیل آب خاک در شرایط شوری، پتانسیل آب گیاه و در نتیجه محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی برخی از ترکیب‌های داخلی گیاه به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می‌کنند (۳۰). این ترکیبات که بصورت منفرد یا همراه با یکدیگر بمنظور کمک به تنظیم اسمزی در شرایط کاهش آب سلول ذخیره می-شوند، محلول‌های سازگار نامیده می‌شوند (۴۴). از جمله این ترکیبات می‌توان به پرولین و قندهای محلول اشاره نمود (۱۰). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تنش شوری موجب افزایش پرولین و قند در گیاه آویشن دنائی (۲۱) و افزایش نشت الکترولیت و پرولین و در مقابل کاهش کلروفیل در ریحان (۱۷) می‌شود. این افزایش در واقع نوعی سازوکار دفاعی است که از طریق جلوگیری از تخریب آنزیم‌ها، حفظ و سنتز پروتئین‌ها و همچنین تنظیم اسمزی باعث کاهش خسارت وارده به گیاه می‌شود (۳۴). علت افزایش قند در گیاه تحت تنش نیز این است که این مواد هم مانند پرولین از اسمولیت‌هایی می‌باشند که سبب محافظت اسمزی گیاه می‌شوند و مقاومت آن را به شوری افزایش می‌دهند (۵۰). در هنگام تنش شوری تولید ترکیبات فنلی نیز افزایش می‌یابد که این ترکیبات آنتی‌اکسیدان‌های نیرومند در بافت گیاهی هستند و توان جاروب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن را دارند و از ایجاد تنش اکسیداتیو جلوگیری می‌کنند (۲۳). بررسی‌های گذشته همچنین نشان داد که تنش شوری موجب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و افزایش کربوهیدرات محلول، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و فنل کل در گیاه آویشن دنائی (*Thymus daenensis* Celak) (۲۱) و مرزه خوزستانی (*Satureja khuzestanika* L.) (۲) شد.

پلیمرهای سوپرجاذب ترکیباتی آلی هستند که قادرند چندین برابر حجم یا وزن خود آب جذب کنند بدون آن که ساختار فیزیکی آنها تغییر کند و در مواقع لزوم این آب را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (۲۸) و سرانجام پس از چندین سال به دی‌اکسیدکربن، آب و یون‌های آمونیوم و پتاسیم تجزیه می‌شوند (۳۱). بنظر می‌رسد که نقش سوپرجاذب‌ها در شرایط تنش به گونه‌ای باشد که گیاه در حضور این مواد جذب کلسیم خود را بالا برده و همچنین وجود پتاسیم قابل تبادل در ساختمان سوپرجاذب‌ها منجر به افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در بافت گیاهی تحت

تنش شده و در نتیجه مقاومت گیاه را افزایش خواهد داد و از خسارت‌های ناشی از این یون مهاجم جلوگیری می‌کند. پلیمرهای سوپرجاذب همچنین با در دسترس قرار دادن آب در اختیار ریشه از غلظت نمک‌ها در اطراف محیط ریشه می‌کاهند و بدین طریق شرایط تنش را کاهش می‌دهند (۵۲). کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب سبب بهبود خصوصیات مورفولوژیکی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) (۱۱) و بهبود صفات بیوشیمیایی سویا (۴) تحت تنش خشکی شد و از آنجایی که تنش شوری نیز علائمی مشابه تنش خشکی دارد می‌توان چنین گفت که کاربرد سوپرجاذب‌ها در کاهش خسارات ناشی از تنش شوری نیز موثر می‌باشد. این مطالعه با هدف بررسی تاثیر سه نوع پلیمرسوپرجاذب بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و میزان بیوماس تر و خشک گیاه ریحان تحت تنش شوری ناشی از کلرید سدیم انجام شد.

مواد و روشها

بمنظور بررسی تاثیر سه نوع پلیمر سوپرجاذب بر خصوصیات بیوشیمیایی و بیوماس گیاه ریحان رقم کشکنی لولو (*Ocimum basilicum* cv. Keshkeni luveluo) تحت تنش شوری در دو چین برداشت، آزمایشی گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا (دمای ۲۷-۱۸ درجه سانتی‌گراد (روز-شب) و میانگین رطوبت نسبی گلخانه ۷۰ تا ۸۵ درصد) در سال ۱۳۹۶ انجام شد. این آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح شوری (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و چهار سطح پلیمرسوپرجاذب شامل (عدم کاربرد، آکوازورب، تراکوتم، استاکوزورب) بود. سوپرجاذب تراکوتم از شرکت آتیه انرژی پلاس و دو سوپرجاذب آکوازورب و استاکوزورب از شرکت دیم گستران سبز آتیه تهیه شدند. ویژگی‌های این سوپرجاذب‌ها در جدول ۱ آورده شده است. بذور ریحان رقم کشکنی-لولو (تهیه شده از شرکت زردبند) در اوایل فروردین ماه در سینی کاشته شدند و نشاءهای تولید شده حدود یک ماه بعد در مرحله چهار برگی به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و محتوی خاکی با ترکیب خاک، ماسه و خاکبرگ با نسبت ۱:۱:۲ و دارای بافت لومی- شنی با اسیدیته ۷/۶، هدایت الکتریکی ۴/۰۹ دسی-زیمنس بر متر و میزان ۰/۶۶ درصد کربن آلی انتقال یافتند و دو هفته بعد از انتقال نشاء تنک کردن انجام شد و ۴ بوته در هر گلدان باقی ماند. در مرحله شش برگی در زمان استقرار کامل گیاه، اعمال تیمار شوری بصورت شوری آب آبیاری و حدود هر سه روز یکبار بر اساس خشکی خاک گلدان آغاز شد و تا قبل از این زمان آبیاری با آب معمولی انجام شد. قابل ذکر است که پلیمرهای سوپرجاذب قبل از کشت به میزان دو گرم در کیلوگرم خاک بطور کامل با خاک مخلوط شدند. تیمار شوری در مرحله ۵ تا ۶ برگی بعد از استقرار بوته‌ها بهمراه آب آبیاری از پایین‌ترین سطح شوری اعمال شد و بتدریج شوری‌های سطوح بالاتر اعمال شدند تا از ورود شوک ناگهانی به گیاهان جلوگیری شود. بمنظور عدم تجمع نمک‌ها، آبشویی هر ۱۰ روز یکبار با آب شور در همان غلظت انجام شد. صفات مورد نظر در مرحله گلدهی و در دو چین برداشت و با فاصله ۶۰ روز از هم اندازه‌گیری شدند. قابل ذکر است که در چین دوم برداشت بعلت طولانی شدن دوره تنش، گیاهان قادر بتحمل شوری سطح ۱۲۰ میلی‌مولار نبوده و از بین رفتند. صفات اندازه-گیری شده شامل بیوماس تر و خشک، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، غلظت کلروفیل a، b، کارتنوئید و کلروفیل کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، کربوهیدرات محلول و پرولین بود. بیوماس تر و خشک اندام هوایی گیاه با ترازویی (مدل GF-400 ساخت کشور ژاپن) با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. بدین صورت که نمونه‌های تازه جمع‌آوری شده را پس از اندازه‌گیری وزن تر بمدت ۴۸

ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه قرار داده و بعد از این مدت نمونه‌ها مجدد توزین و وزن خشک آن‌ها بدست آمد. محتوای نسبی آب برگ بروش سانچز و همکاران (۵۱) اندازه‌گیری شد.

جهت تعیین پایداری غشاء از شاخص نشت الکترولیت استفاده شد (۳۵). اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b، کارتنوئید و کلروفیل کل با روش لوتس و همکاران (۳۵) انجام شد. بدین صورت که ۰/۵ گرم از نمونه تازه گیاهی با ۵ میلی‌لیتر متانول عصاره‌گیری شده و سپس بمنظور اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی عصاره تهیه شده در دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Bio Quest C250 UK) و در طول موج‌های ۶۵۳، ۶۶۶ و ۴۷۰ نانومتر قرار گرفت و اعداد حاصل از دستگاه در فرمول قرار داده شدند و رنگیزه‌های فتوسنتزی بدست آمدند:

$$Chla = (۱۵/۶۵ \times A۶۶۶) - (۷/۳۴ \times A۶۵۳)$$

$$Chlb = (۲۷/۰۵ \times A۶۵۳) - (۱۱/۲۱ \times A۶۶۶)$$

$$Cx+c = (۱۰۰۰ \times A۴۷۰ - ۲/۸۶۰ \times Chla - ۱۲۹/۲ \times Chlb) /۲۴۵$$

$$Chlt = Chla + Chlb$$

Chla: میزان کلروفیل a، Chlb: میزان کلروفیل b، Cx+c: کاروتنوئید کل و Chlt: کلروفیل کل

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، ابتدا عصاه متانولی تهیه شده از گیاه بنسبت ۱ به ۱۰ رقیق شد. سپس بمنظور غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد به هر نمونه ۴ میلی‌لیتر ماده DPPH (2,2- Diphenyl-1-Picril-hydrazol) اضافه شد. نمونه‌ها بمدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شدند و سپس جذب محلول‌های حاصل و همچنین جذب نمونه شاهد (کلیه مواد بدون نمونه گیاهی) در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد و در فرمول زیر قرار گرفت (۴۲):

فعالیت آنتی‌اکسیدانتی: [(جذب نمونه شاهد) – (جذب نمونه ارزیابی شده)/(شاهد)]×۱۰۰

میزان فنل کل با اضافه کردن معرف فولین سیکالتو به عصاره متانولی تهیه شده از نمونه برگ و قرار دادن نمونه‌ها در دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (۵۳). برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول ۰/۲ میلی‌لیتر از عصاره متانولی با ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون (۰/۱۵ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) مخلوط گردید. مخلوط فوق بمدت ۲۰ دقیقه درون حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد بمنظور انجام واکنش قرار گرفت. میزان جذب نور پس از سرد شدن نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (۴۴). جهت اندازه‌گیری اسید آمینه پرولین در گیاه ۰/۱ گرم نمونه خشک برگ درون هاون چینی بهمراه ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳/۳ درصد عصاره‌گیری شد. ۲ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده را با ۲ میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال در لوله آزمایش ریخته و بمدت یک ساعت در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از خروج، نمونه‌ها در حمام یخ بمدت ۳۰ دقیقه نگهداری شدند و بعد از خنک شدن در زیر هود به محتوی هر یک از نمونه‌ها ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد و بمدت ۳۰ ثانیه توسط ورتکس بخوبی مخلوط شدند. لوله‌ها مدتی در فضای اتاق ثابت باقی ماند و ۲ لایه مجزا از هم در لوله آزمایش تشکیل شد. بمنظور اندازه‌گیری میزان پرولین لایه فوقانی (صورتی رنگ بود) نمونه‌ها در دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۵۲۰ نانومتر قرار گرفت و در فرمول قرار داده شد (۲۴) :

عدد]= پرولین (میکرومول در هر گرم وزن خشک برگ) / [قرائت شده در اسپکتروفتومتر × میزان تولوئن مصرفی ۱۱۵/۱۱۷

داده‌ها پس از نرمال کردن، توسط نرم افزار Minitab 17 آنالیز شدند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون Bonnferroni در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

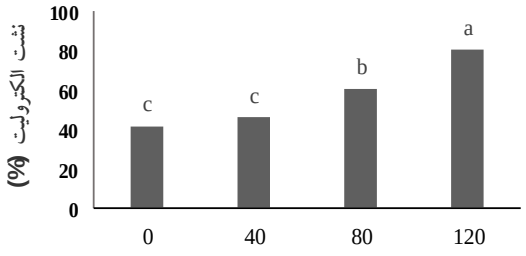
جدول ۱- مشخصات سوپرجاذب‌های مورد استفاده در این تحقیق

نام سوپرجاذب	وزن مخصوص (g/L)	pH	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq/100 gr)	جذب آب (برابر با وزن)	ماندگاری (سال)	سایر ویژگی‌ها
آکوازورب	۸۰۰	۷/۵	۴۰۰	۴۰۰-۲۰۰	۶-۵	بر پایه پتاسیم
تراکوتم	۸۱۰	۷/۵ -۷/۸	۴۰۰	۳۰۰-۲۰۰	۸-۷	توانایی در اختیار گذاشتن مواد مغذی برای گیاه
استاکوزروب	۶۵۰	۷/۷	۴۰۰	۴۰۰	۱۰-۷	-

* ویژگی‌های سوپرجاذب‌ها بر اساس مشخصات درج شده از سوی شرکت‌های تولید کننده آنها آورده شده است

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تیمارها در سطح احتمال یک درصد در هر دو چین برداشت بر تمام صفات مورد مطالعه در این تحقیق بجز نشت الکترولیت در چین اول معنی‌دار شد (جدول ۲ و ۳). نتایج نشان داد که در چین اول تنها اثر ساده شوری بر نشت الکترولیت معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در چین اول نشان داد که بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۸۳/۴ درصد) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم مشاهده شد که با سوپرجاذب آکوازورب اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان آن (۵۴/۷ درصد) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب حاصل شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر ساده شوری در چین اول نشان داد که بیشترین نشت الکترولیت (۸۰/۴ درصد) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و کمترین میزان آن در تیمار بدون شوری بود (شکل ۱). بیشترین کلروفیل b (۱۳/۴میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، کارتنوئید (۳/۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و کلروفیل کل (۲۶/۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در چین اول در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم بود و بیشترین کلروفیل a (۱۳/۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم مشاهده شد که البته تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارهای سوپرجاذب نداشت (جدول ۴).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ساده شوری بر نشت الکترولیت گیاه ریحان در چین اول برداشت

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها در چین اول نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی (۵۴/۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، فنل کل (۱۳/۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و پرولین (۰/۰۱ میکرومول در گرم وزن خشک برگ) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها حاصل شد (جدول ۴). کمترین میزان فنل کل (۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم بدست آمد (جدول ۴). همچنین بیشترین کربوهیدرات محلول (۲۵/۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در چین اول در تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم بدست آمد (جدول ۴). اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین میزان بیوماس تر و خشک در هر دو چین برداشت در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم بود (شکل ۲- الف، ب، ج، د).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تنش شوری و نوع سوپرجاذب بر برخی صفات بیوشیمیایی و بیوماس تر و خشک ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول برداشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		محتوای نسبی آب برگ	نشت الکترولیت	کلروفیلa	کلروفیل b	کارتنوئید	کلروفیل کل	فعالیت آنتی اکسیدانتی	فنل کل	کربوهیدرات محلول	پرولین	بیوماس تر اندام هوایی	بیوماس خشک اندام هوایی
تنش شوری	۳	۸۶۹/۷**	۳۶۷۶/۵**	۱۴/۴**	۲۲/۲**	۰/۲۴**	۳۳/۳۵**	۳۰۹/۵**	۴۸/۶**	۶۰۸/۵۴**	۰/۰۰۰۰۵**	۶۰۳/۰۲**	۱۰/۶**
سوپرجاذب	۳	۷۹/۹**	۸۶/۶۵^{ns}	۷/۱۲**	۱۷/۵**	۰/۵۲**	۲۸/۹۶**	۳۰/۰۷^{ns}	۲/۹**	۴۰۵/۲۴**	۰/۰۰۰۰۲**	۲۶/۶**	۰/۴۳**
شوری× سوپرجاذب	۹	۸۲/۱**	۸۲/۷۶^{ns}	۵/۷**	۱۰/۲**	۰/۱۸**	۲۱/۳۴**	۱۴۷/۲۴**	۱۰/۶**	۳۳۶/۷۳**	۰/۰۰۰۰۱**	۱۹/۴**	۰/۹۷**
خطا	۳۲	۸/۶	۲۶/۸۵	۰/۶	۰/۱۵	۰/۰۱	۲/۳۶	۱۰/۷۲	۰/۲۳	۱۵/۴۶	۰/۰۰۰۰۰۵	۱/۱۷	۰/۰۱
ضریب خطا		۱۳/۴	۱۸/۷۴	۱۳/۲	۱۸/۷	۹/۲	۱۲/۹	۱۷/۲۱	۲۷/۸۸	۱۷/۶۹	۱۹/۲۷	۱۸/۲	۲۵/۲۵

**، ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول۳- تجزیه واریانس اثر تنش شوری و نوع سوپرجاذب بر برخی صفات بیوشیمیایی و بیوماس تر و خشک ریحان رقم کشکنی لولو در چین دوم برداشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		محتوای نسبی آب برگ	نشت الکترولیت	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	کلروفیل کل	فعالیت آنتی اکسیدانتی	فنل کل	کربوهیدرات محلول	پرولین	بیوماس تر اندام هوایی	بیوماس خشک اندام هوایی
تنش شوری	۲	۹۴/۳**	۳۵۵۳/۴**	۲/۶**	۲۰/۷**	۰/۵**	۱۳/۶۰**	۳۰۳/۶**	۷۹/۲**	۴۶۵۱/۳**	۰/۰۰۰۶**	۹۹/۴**	۵/۰۲**
سوپرجاذب	۳	۷۱/۱**	۱۰۲/۴**	۰/۹۱**	۶/۸**	۰/۱۷**	۳۳/۴۵**	۷۸/۶*	۶/۳**	۱۶۱/۳**	۰/۰۰۰۰۶**	۲۷/۴**	۰/۴۶**
شوری× سوپرجاذب	۶	۳۸۹/۵**	۲۵۶/۹**	۰/۵**	۲/۷**	۰/۱۱**	۲/۱۱**	۱۹۵/۲**	۱۲/۵**	۳۳۹/۴**	۰/۰۰۰۰۵**	۴/۶**	۰/۶**
خطا	۲۴	۷۶/۷	۱۱/۰۵	۰/۰۳	۰/۲۵	۰/۰۰۴	۰/۳۲	۰/۹	۰/۴۵	۱۷/۳	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۲۱	۰/۰۲
ضریب تغییرات		۱۰/۲۱	۲۰/۱	۱۴/۴	۱۵/۱	۲۱/۵	۱۳/۰	۱۰/۱	۱۰/۳	۲۱/۸	۱۷/۸۹	۲۰/۳	۱۵/۹

**،*، ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب بر بیوماس تر و خشک اندام هوایی ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول (الف و ب) و دوم (ج و د) برداشت

جدول۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و نوع سوپرجاذب بر خصوصیات بیوشیمیایی ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول برداشت

شوری (mM)	پلیمر سوپرجاذب	محتوی نسبی آب برگ (%)	کلروفیل a (mg g^{-1}FW)	کلروفیل b (mg g^{-1}FW)	کارتنوئید (mg g^{-1}FW)	کلروفیل کل (mg g^{-1}FW)	فعالیت آنتی-اکسیدانی (mg g^{-1}FW)	فنل کل (mg g^{-1}FW)	کربوهیدرات محلول (mg g^{-1}FW)	پرولین (µMpro/gDW)
۰	شاهد	۸۰/۳^{ab}	۱۳/۸^{a}	۱۰/۴^{abcd}	۳/۷^{ab}	۲۴/۲^{ab}	۳۲/۵^{cd}	۶/۰۴^{ef}	۴/۳^{d}	۰/۰۰۳۷^{def}
	آکوازورب	۸۳/۴^{a}	۱۳/۰^{a}	۷/۱^{ef}	۳/۴^{abcd}	۲۰/۱^{cd}	۳۴/۳^{cd}	۷/۵ ^{def}	۵/۵^{cd}	۰/۰۰۲۵^{gh}
	تراکوتم	۷۷/۹^{abc}	۱۳/۹^{a}	۱۱/۶^{abc}	۳/۶^{ab}	۲۶/۰^{a}	۳۲/۵^{cd}	۶/۰^{f}	۹/۲^{bcd}	۰/۰۰۳^{fgh}
	استاکوزورب	۷۴/۷^{abcd}	۱۳/۵^{a}	۸/۱^{cdef}	۳/۶ ^{ab}	۲۱/۶$^{a-c}$	۲۷/۸^{d}	۶/۴^{ef}	۷/۰^{cd}	۰/۰۰۲۱^{h}
۴۰	شاهد	۷۰/۱^{bcde}	۱۰/۶^{b}	۹/۹^{cde}	۳/۶^{ab}	۲۰/۵^{bc}	۴۰/۷^{bc}	۸/۱^{cdef}	۴/۸^{d}	۰/۰۰۴۵^{de}
	آکوازورب	۶۹/۶^{bcde}	۱۳/۳^{a}	۷/۶^{def}	۳/۱ ^{cdef}	۲۰/۸^{bc}	۳۲/۶^{cd}	۷/۸^{def}	۷/۵^{bcd}	۰/۰۰۲۶^{gh}
	تراکوتم	۶۴/۰^{def}	۱۲/۶^{a}	۱۳/۴^{a}	۳/۸^{a}	۲۵/۵^{a}	۳۴/۸^{cd}	۶/۴^{ef}	۱۶/۶^{abcd}	۰/۰۰۴۳^{def}
	استاکوزورب	۶۴/۳^{def}	۱۲/۹^{a}	۱۱/۸^{ab}	۳/۵^{abc}	۲۴/۷^{ab}	۳۷/۵^{bcd}	۶/۴^{ef}	۷/۵^{bcd}	۰/۰۰۳^{fgh}
۸۰	شاهد	۶۵/۲^{def}	۱۰/۹^{b}	۸/۹^{bcdef}	۳/۳^{bcdef}	۱۹/۸$^{b-d}$	۴۲/۲^{abc}	۶/۹^{ef}	۸/۴^{bcd}	۰/۰۰۶۶^{c}
	آکوازورب	۶۷/۷^{cdef}	۹/۱^{cd}	۷/۳^{def}	۳/۰^{ef}	۱۶/۴^{ef}	۳۳/۵^{cd}	۱۲/۱^{ab}	۸/۶^{bcd}	۰/۰۰۴۵^{de}
	تراکوتم	۶۴/۰^{def}	۱۰/۵^{b}	۹/۰^{bcdef}	۳/۵^{abc}	۱۹/۵$^{b-d}$	۳۸/۵^{bcd}	۶/۸^{ef}	۱۷/۵^{abcd}	۰/۰۰۹^{b}
	استاکوزورب	۵۶/۹^{f}	۱۰/۶^{b}	۷/۳^{def}	۳/۳^{bcdef}	۱۷/۹$^{c-f}$	۴۰/۲^{bcd}	۸/۷^{def}	۱۶/۲^{abcd}	۰/۰۰۶۶^{c}
۱۲۰	شاهد	۵۴/۷ ^{f}	۷/۸^{d}	۶/۰۷^{f}	۲/۹^{ef}	۱۳/۸۷^{f}	۵۴/۲^{a}	۱۳/۳^{a}	۲۱/۵^{ab}	۰/۰۱^{a}
	آکوازورب	۵۵/۷^{f}	۹/۰^{cd}	۶/۱^{f}	۲/۹^{f}	۱۵/۱^{ef}	۴۸/۸^{ab}	۱۲/۱^{ab}	۱۶/۹^{abcd}	۰/۰۰۵^{d}
	تراکوتم	۶۱/۸^{ef}	۱۰/۱^{bc}	۷/۶^{def}	۳/۴^{abcd}	۱۷/۷$^{c-f}$	۴۷/۹^{ab}	۹/۸^{bcd}	۲۵/۱^{a}	۰/۰۰۹۳^{b}
	استاکوزورب	۵۷/۳^{ef}	۸/۳^{d}	۶/۸^{ef}	۳/۰۴^{def}	۱۵/۲^{ef}	۴۴/۲^{abc}	۱۰/۶^{bc}	۱۹/۳^{abc}	۰/۰۰۷^{c}

در هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معناداری با هم ندارند

نتایج در چین دوم نشان داد بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۷۴/۲ درصد) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب آکوازورب مشاهده شد که البته تفاوت معنی-داری با سایر سوپرجاذب‌ها نداشت و فقط نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد سوپرجاذب) افزایش نشان داد و کمترین میزان آن (۵۶/۲ درصد) در تیمار شوری ۸۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها حاصل شد که سوپرجاذب آکوازورب توانست بمقدار زیادی در این شرایط محتوای نسبی آب برگ را بهبود بخشد و از دو سوپرجاذب دیگر موثرتر واقع شد (جدول ۵). همچنین در چین دوم بیشترین نشت الکترولیت (۷۰/۷ درصد)، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی (۹۰/۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، فنل کل (۳۰/۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، کربوهیدرات محلول (۷۴/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و پرولین (۰/۰۲۳ میکرومول در گرم وزن خشک برگ) در تیمار شوری ۸۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها و کمترین نشت الکترولیت (۳۸ درصد) و فنل کل (۲۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم بدست آمد. کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب استاکوزرب و کمترین میزان پرولین (۰/۰۰۲ میکرومول در گرم وزن خشک برگ) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب آکوازورب حاصل شد (جدول ۵).

بیشترین میزان کلروفیل a (۴/۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، کلروفیل b (۱۳/۱میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، کارتنوئید (۱/۲۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و کلروفیل کل (۱۷/۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار شوری ۴۰ میلی‌مولار و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم حاصل شد که نشان از یک افزایش در شوری ۴۰ میلی‌مولار و کاهش مجدد در شوری ۸۰ میلی‌مولار بود اما در مجموع در

شوری بالا کاهش یافت؛ در حالیکه کمترین میزان کلروفیل a (۳/۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، کلروفیل b (۶/۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، کارتنوئید (۰/۵۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و کلروفیل کل (۱۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار شوری ۸۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها بدست آمد که البته در مورد کارتنوئید تفاوت معنی‌داری با تیمارهای آکوازورب و استاکوزورب نداشت (جدول ۵).

جدول۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و نوع سوپرجاذب بر خصوصیات بیوشیمیایی ریحان رقم کشکنی لولو در چین دوم برداشت

شوری (mM)	پلیمر سوپرجاذب	محتوی نسبی آب برگ(%)	نشت الکترولیت (%)	کلروفیلa ($mg\ g^{-1}FW$)	کلروفیل b ($mg\ g^{-1}FW$)	کارتنوئید ($mg\ g^{-1}FW$)	کلروفیل کل ($mg\ g^{-1}FW$)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی ($mg\ g^{-1}FW$)	فنل کل ($mg\ g^{-1}FW$)	کربوهیدرات محلول ($mg\ g^{-1}FW$)	پرولین ($\mu Mpro/gDW$)
۰	شاهد	۶۲/۱^{de}	۴۲/۸^{ef}	۳/۶^{cde}	۹/۲^{cd}	۰/۷^{ef}	۱۲/۸$^{c-e}$	۷۵/۴^{bcd}	۲۳/۴^{de}	۲۲/۳^{ef}	۰/۰۰۴^{de}
	آکوازورب	۷۴/۲^{a}	۴۲/۹^{ef}	۳/۳^{de}	۹/۶^{bc}	۰/۸^{de}	۱۲/۹$^{c-e}$	۶۹/۸^{cd}	۲۴/۷^{cd}	۱۹/۵^{ef}	۰/۰۰۲^{e}
	تراکوتم	۷۲/۷^{ab}	۳۸/۰^{f}	۴/۳^{ab}	۱۰/۲^{bc}	۱/۰۷^{bc}	۱۴/۵^{bc}	۷۳/۲^{cd}	۲۲/۲^{e}	۱۶/۷^{f}	۰/۰۰۴^{de}
	استاکوزورب	۶۹/۴^{abc}	۴۴/۰^{ef}	۳/۱^{e}	۹/۳^{cd}	۰/۶^{ef}	۱۲/۴^{de}	۶۶/۸^{d}	۲۴/۴^{cd}	۲۰/۸^{ef}	۰/۰۰۴^{de}
۴۰	شاهد	۵۹/۶^{ef}	۴۵/۲^{def}	۴/۳^{a}	۱۰/۳^{bc}	۰/۹^{cd}	۱۴/۷^{b}	۸۴/۵^{ab}	۲۴/۸^{cd}	۲۵/۹^{def}	۰/۰۱۳^{bc}
	آکوازورب	۷۲/۷^{ab}	۴۷/۱^{def}	۴/۲^{abc}	۹/۲^{cd}	۱/۳^{ab}	۱۳/۴$^{b-d}$	۷۴/۴^{bcd}	۲۴/۸^{cd}	۲۲/۴^{ef}	۰/۰۱۳^{bc}
	تراکوتم	۶۶/۷^{cd}	۴۷/۷^{cdef}	۴/۳^{a}	۱۳/۱^{a}	۱/۲۸^{a}	۱۷/۴^{a}	۶۹/۶^{cd}	۲۵/۹^{c}	۳۵/۷^{bcd}	۰/۰۱۸^{bc}
	استاکوزورب	۶۲/۵^{de}	۴۴/۹^{def}	۳/۶^{cde}	۱۱/۱^{b}	۰/۷^{ef}	۱۴/۷^{b}	۷۰/۶^{cd}	۲۹/۱^{ab}	۳۱/۰^{cde}	۰/۰۱۱^{cd}
۸۰	شاهد	۵۶/۴^{f}	۷۰/۷^{a}	۳/۱^{e}	۶/۹^{e}	۰/۵^{f}	۱۰/۰۰^{f}	۹۰/۳^{a}	۳۰/۷^{a}	۷۴/۶^{a}	۰/۰۲۳^{a}
	آکوازورب	۶۸/۶^{bc}	۵۲/۳^{cde}	۳/۴^{de}	۷/۹^{de}	۰/۵۶^{f}	۱۱/۳^{e}	۸۸/۷^{a}	۲۹/۴^{ab}	۶۶/۱^{a}	۰/۰۲^{ab}
	تراکوتم	۵۹/۳^{ef}	۵۹/۱^{bc}	۳/۸^{bcd}	۹/۳^{cd}	۰/۶۲^{ef}	۱۳/۱$^{b-d}$	۷۲/۳^{cd}	۲۸/۳^{b}	۴۸/۰^{b}	۰/۰۱۴^{bc}
	استاکوزورب	۶۱/۷^{cd}	۵۶/۱^{cd}	۳/۱^{e}	۹/۱^{cd}	۰/۵۶^{f}	۱۲/۲^{de}	۷۷/۵^{bc}	۲۹/۱^{ab}	۴۱/۲^{bc}	۰/۰۱۵^{abc}

در هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معناداری با هم ندارند

بحث و نتیجه‌گیری

تنش شوری سبب کاهش محتوای نسبی آب گیاهان دارویی از جمله بادرشبی *Dracocephalum moldavica* (L.) (۱۸) و بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) (۱۵) گردید که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. محتوای نسبی آب برگ می‌تواند شاخص مناسبی از آب موجود در گیاه باشد و اگر میزان آن بالا باشد بدین معنی است که گیاه در وضعیت مناسبی قرار دارد و آماس سلولی خود را حفظ می‌کند و رشد آن تداوم می‌یابد؛ ولی با افزایش تنش شوری و کاهش آماس سلولی از محتوای نسبی آب برگ نیز کاسته می‌شود (۴۷). همچنین می‌توان چنین گفت که با افزایش تنش شوری، پتانسیل آب در اطراف ریشه منفی‌تر شده و بنابراین جذب آب توسط ریشه کاهش می‌یابد؛ در نتیجه آب قابل جذب برای گیاه از دسترس آن خارج می‌گردد (۷) و کاهش در محتوای نسبی آب برگ رخ می‌دهد.

نشت الکترولیت بعنوان یک شاخص پایداری غشاء محسوب می‌شود و در هنگام تنش شوری افزایش می‌یابد، بدلیل اینکه در هنگام تنش گونه‌های فعال اکسیژن افزایش پیدا می‌کنند و سبب پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش پایداری غشاء می‌شوند و درنتیجه مواد سیتوپلاسمی از آن به بیرون نشت کرده و افزایش هدایت الکتریکی را بدنبال دارد (۳۷). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تنش شوری موجب افزایش نشت الکترولیت گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (۳) شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. همچنین بررسی‌ها نشان دادند که افزایش تنش شوری موجب کاهش محتوای کلروفیل در ریحان (۱۷)، مریم گلی (*Salvia Sclarea* L.) (۱۴)، شنبلیله (*Trigonella*

(*Satureja hortensis* L.) (۱۲) شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. در هنگام تنش شوری پایداری غشاء کلروپلاست کاهش می‌یابد و کلروپلاست‌ها تخریب شده و یا تعداد و اندازه آنها کاهش پیدا می‌کند و همین امر سبب کاهش کلروفیل می‌گردد (۲۲). در هنگام تنش، انباشت یون‌ها سبب اختلال در عملکرد گیاه و باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود و ورود دی‌اکسیدکربن بداخل گیاه را محدود و میزان کلروفیل کاهش می‌یابد (۳۶). کاهش کلروفیل در این تحقیق می‌تواند بدلیل عوامل فوق باشد و یا می‌توان این کاهش را چنین اثبات کرد که در هنگام تنش شوری آنزیم کلروفیلاز افزایش یافته و کلروفیل را تجزیه می‌کند (۲۷). همچنین افزایش شوری، رادیکال‌های آزاد اکسیژن را افزایش داده و این ترکیبات سبب پراکسیداسیون و تجزیه کلروفیل می‌گردند و در مقابل برای کاهش خسارات فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و ترکیبات فنلی و پرولین افزایش می‌یابد (۴۶). علت افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها و همچنین ترکیبات فنلی که دسته‌ای از ترکیبات آنتی‌اکسیدانتی می‌باشند در هنگام تنش شوری، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن در گیاه می‌باشد که برای گیاه سمی بوده و سبب تخریب لیپیدهای غشاء، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود و گیاه برای تحمل این شرایط ترکیبات آنتی‌اکسیدانتی خود را افزایش می‌دهد تا بتواند این ترکیبات را حذف کند (۲۶) و همین امر می‌تواند دلیلی بر افزایش میزان آنتی‌اکسیدان‌ها در این تحقیق باشد. ترکیبات فنلی از اجزاء سیستم دفاعی غیرآنزیمی و آنتی‌اکسیدانتی سلول‌های گیاهی می‌باشند که مهار اتواکسیداسیون لیپیدها، تجزیه رادیکالهای آزاد اکسیژن و پراکسیدها را بعهده دارند و همین امر سبب می‌شود تا در شرایط تنش بمنظور محافظت از گیاه افزایش یابند (۴۶ و۲۶) که نتایج این تحقیق نیز همین امر را اثبات می‌کند. پلیمرهای سوپرجاذب دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بوده و قادرند تا حدی نمک‌ها را در خود ذخیره کرده و از دسترس گیاه خارج سازند و قادرند یون سدیم را با یون‌هایی همچون کلسیم و پتاسیم که در ساختار خود دارند جایگزین کرده و بدین صورت از جذب سدیم توسط گیاه بکاهند و صفات بیوشیمیایی گیاه را بهبود بخشند که کاهش میزان فنل کل یکی از این موارد است (۲۵). کربوهیدرات‌های محلول یکی از ترکیباتی هستند که می‌توانند در مقادیر بالا بدون صدمه به فعالیت‌های بیوشیمیایی تجمع یابند و باعث حفظ یکپارچگی غشاء و افزایش مقاومت به شوری شوند (۵۰). بررسی‌ها نشان می‌دهد که پرولین تحت تنش شوری در گیاهان دارویی از جمله آویشن دنائی (*Thymus daenensis* Celak.) (۲۱)، شنبلیله (*Trigonella foenum- graveolens* L.) (۱۳)، مرزه تابستانه (۹) و آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L. CV Varico 3) (۶) افزایش می‌یابد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. همچنین افزایش پرولین در گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تنش شوری مشاهده شد که سوپرجاذب‌ها سبب کاهش آن شدند (۳۳). پرولین یک مولکول تنظیم کننده و یک آمینواسید حلال است که نقش محافظت کننده داشته و غیرسمی است و می‌تواند مقاومت گیاه در شرایط تنش را افزایش دهد و دلیل افزایش آن این است که پرولین بعنوان یک سیستم دفاعی برای گیاه عمل کرده و در هنگام بروز تنش از اجزای داخلی سلول محافظت می‌کند و موجب سرکوب رادیکال‌های آزاد می‌شود (۲۱). همچنین بنظر می‌رسد افزایش پرولین در این تحقیق به این دلیل باشد که این ماده باعث حفظ آبگیری پروتئین‌ها شده و ادامه فعالیت سلول‌ها را سبب می‌شود و همچنین از تخریب آنزیم‌ها جلوگیری می‌کند (۳۶). تنش شوری باعث می‌شود تا گیاه آب موجود در بافت‌های خود را از دست بدهد و دچار پلاسمولیز شود که این عامل سبب کاهش وزن تر اندام هوایی خواهد شد (۱۲).

پلیمرهای سوپرجاذب با کاهش خسارات تنش شوری باعث افزایش میزان بیوماس تر و خشک در خیار شدند (۱۶). استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب با ویژگی جذب و

نگهداری آب، سبب حفظ رطوبت در خاک و گیاه می‌شوند و از این طریق از کاهش آماس سلولی و محتوای نسبی آب برگ جلوگیری می‌کند. همچنین پلیمرهای سوپرجاذب با در اختیار گذاشتن یون‌های کلسیم و پتاسیم موجود در خود برای گیاه، پایداری غشاء را افزایش داده و از نشت مواد سلول به بیرون جلوگیری می‌کنند (۴۱). همچنین آنها با در دسترس قرار دادن آب در اختیار ریشه از غلظت نمک‌ها در اطراف محیط ریشه می‌کاهند و رادیکال‌های آزاد اکسیژن را کاهش می‌دهند و بدین طریق در شرایط تنش بالا می‌توانند از کاهش بیش از حد رشد و سطح برگ و در پی آن کاهش کلروفیل جلوگیری کنند و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی را کاهش دهند (۴۵ و ۵۲). پلیمرهای سوپرجاذب با کاهش اثرات منفی شوری، افزایش سطح برگ گیاه، کاهش رادیکال‌های آزاد و... از میزان پرولین در گیاه می‌کاهند (۳۳) که این امر کاهش پرولین در این تحقیق را اثبات می‌کند.

بطور کلی نتایج نشان داده که محتوای کلروفیل، فعالیت فتوسنتزی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهانی مانند خیار، گوجه‌فرنگی و کاهو با اضافه کردن پلیمرهای سوپرجاذب به خاک تحت تنش شوری افزایش می‌یابد (۲۹).

نتیجه‌گیری کلی

تنش شوری با افزایش میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاه سبب وارد کردن صدمات جدی به گیاه و فعالیت‌های حیاتی آن از جمله فتوسنتز و تنفس می‌شود؛ بطوریکه رادیکال‌ها سبب تجزیه کلروفیل‌ها، غشاء پروتئینی و نشت مواد داخل سلول به بیرون و درنهایت مرگ سلول‌ها می‌شوند. در این تحقیق نشان داده شد که تنش شوری در دو چین برداشت سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه ریحان گردید و در مقابل ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانتی که بعنوان مکانسیم دفاعی برای گیاه در شرایط سخت تنش عمل می‌کنند را افزایش داد. پلیمرهای سوپرجاذب مورد استفاده در این تحقیق، با قرار دادن آب لازم در اختیار ریشه از غلظت نمک‌ها در اطراف ریشه کاستند و توانستند صفات بیوشیمیای گیاه را بهبود بخشند و مرگ گیاه را بتعویق اندازند و بیوماس تر و خشک گیاه را افزایش دهند. همچنین پلیمرهای سوپرجاذب دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بوده و قادرند تا حدی نمک‌ها را در خود ذخیره کرده و از دسترس گیاه خارج سازند و بدین صورت از جذب سدیم توسط گیاه بکاهند و از اثرات منفی کلرید سدیم کم کنند. با این حال در چین دوم برداشت بعلت افزایش دوره تنش، گیاه ریحان که گیاهی حساس به شوری است در بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی‌مولار) نتوانست شوری را تحمل کند و از بین رفت. با توجه بنتایج حاصل از این تحقیق می‌توان چنین گفت که از بین سوپرجاذب‌های بکار رفته در این آزمایش، سوپرجاذب تراکوتم نسبت به بقیه در بهبود خصوصیات بیوشیمیایی ریحان موثرتر بوده است و می‌تواند بعنوان یک راهکار مناسب جهت کاهش خسارات ناشی از تنش شوری در تولید این گیاه در مناطق شور استفاده شود.

منابع

۱- امیدبیگی، ر. (۱۳۷۹). رهیافتهای تولید و فرآوری گیاهان دارویی . انتشارات فکر روز تهران.

۲- امیری، ح.، و موذنی، ل. (۱۳۹۵). اثر متقابل شوری و اسید آسکوربیک بر برخی از ویژگی‌های بیوشیمیایی مرزه خوزستانی. یافته‌های نوین در علوم زیستی، ۳(۱): ۶۹-۷۹.

۳- بهاری ساروی، س. ح.، پیردشتی، ه. ا.، و یعقوبیان، ی. (۱۳۹۶). واکنش پارامترهای فلورسانس کلروفیل و فیزیولوژیک گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به کاربرد باکتری های محرک رشد (PGPR) تحت تنش شوری. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۶(۱۹): ۱۰۴-۸۹

۴- توحیدی مقدم، ح.، و مظاهری، ا.ح. (۱۳۹۱). بررسی کاربرد سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر کمی، کیفی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سویا در شرایط تنش خشکی. پژوهش‌های به‌زراعی، ۳(۴): ۳۷۶- ۳۹۸.

۵- جهان‌تیغ، ا.، نجفی، ف.، نقدی بادی، ح.ع.، خاوری نژاد، ر.ع.، و سنجریان، ف. (۱۳۹۵). مطالعه برخی از شاخص های فیزیولوژیک زوفا (*Hyssopus officinalis*) در مرحله رویشی تحت تأثیر تنش شوری. زیست شناسی گیاهی ایران، ۸ (۲۷): ۸۱-۹۴

۶- حسینی، ح.، موسوی فرد، ص.، فاتحی، ف.، و قادری، ا. (۱۳۹۵). تغییرات فیتوشیمیایی و صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* CV Varico 3) تحت تنش شوری. فصلنامه گیاهان دارویی، ۱۶(۱۰): ۳۴-۲۲.

۷- حق‌نیا، غ. (۱۳۷۱). راهنمای تحمل گیاهان نسبت به شوری (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۸- رضایی چیانه، ا.، جمالی، م.، پیرزاد، ع. ر.، و توفیق، س. (۱۳۹۵). تأثیر قارچ مایکوریزا بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد مرزه تابستانه در شرایط تنش شوری. فرایند و کارکرد گیاهی، ۵ (۱۷): ۲۹-۱۵.

۹- رستمی، ق. (۱۳۹۶). بررسی کودهای آهن و روی به دو شکل سولفاته و نانوذرات بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و جذب عناصر آهن و روی در نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) تحت تنش شوری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۰- صفرنژاد، ع.، صدر، ع.، و حمیدی، ح. (۱۳۸۶). اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژی سیاهدانه .(*Nigella sativa*) فصلنامهٔ تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱(۱۵): ۸۴-۷۵.

۱۱- ضیایی، ع.، مقدم، م.، و کاشفی، ب. (۱۳۹۴). تاثیر پلیمرهای سوپرجاذب بر خصوصیات مورفولوژیک رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) در شرایط تنش خشکی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۷(۲۶): ۹۹-۱۱۰.

۱۲- عمارت پرداز، ج.، حامی، ا.، و گوهری، غ. ر. (۱۳۹۵). ارزیابی ویژگی‌های رشدی و عملکرد اسانس مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تیمارهای شوری و محلول پاشی روی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۶ (۳): ۱۴۱-۱۳۱.

۱۳- فیروزه، ر.، خاوری‌نژاد، ر.، نجفی، ف. و سعادتمند، س. (۱۳۹۷). اثر جیبرلین بر محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی، پرولین، فنل و فلاونوئید در گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۳۱(۴): ۸۸۹-۹۰۱.

۱۴- کاشفی، ب.، قدس، م.، و مقدم، م. (۱۳۹۴). بررسی کاربرد اسید سالیسیلیک بر برخی مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه مریم گلی کبیر تحت تنش شوری. به زراعی کشاورزی، ۱۷(۲): ۴۴۰-۴۳۱.

۱۵- لطف الهی، ل.، ترابی گل سفیدی، ح.، و امیدی، ح. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر پرولین، رنگدانه‌های فتوسنتزی و رطوبت نسبی برگ گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) در محیط آبکشت. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۲(۱): ۱۰۴-۸۹.

۱۶- لطفی، ف.، سودائی زاده، ح.، میرمحمدی میبدی، س.ع.م.، و مصلح آرانی، ا. (۱۳۹۵). اثر سوپرجاذب های استاکوزورب و زانوس بر فرایند رشد خیار در شرایط خاک شور. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۷(۲۶): ۱-۸.

۱۷- مقدم، م.، و طالبی، م. (۱۳۹۵). اثر شوری و متیل جاسمونات بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی دو رقم ریحان. مجله به زراعی نهال و بذر، ۲-۳۲(۱): ۹۸-۸۱.

۱۸- نریمانی، ر.، مقدم، م.، نعمتی، س.ح. و قاسمی پیربلوطی، ع. (۱۳۹۷). ارزیابی تعدیل تنش شوری با استفاده از اسید هیومیک و اسید آسکوربیک در گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۳۱ (۴): ۹۲۷-۹۳۸.

۱۹- نورافکن، ح. ۱۳۹۳. اثر اسید سالیسیلیک بر القای مقاومت نعناع فلفلی به تنش شوری در شرایط گلخانه. فصلنامه دانش نوین کشاورزی پایدار، ۱۰-۲(۲): ۹۵-۸۵ .

۲۰- نقوی، م. ر. و خلیلی، م.(۱۳۹۴). مکانیسم‌های مقاومت به تنش شوری در گیاهان، چهارمین کنفرانس ملی کشاورزی و منابع طبیعی پایدار.

۲۱- هراتی، ا.، کاشفی، ب.، و متینی زاده، م. (۱۳۹۵). بررسی کاهش اثرات سوء تنش شوری بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آویشن (*Thymus daenensis* Celak.) از طریق کاربرد سالیسیلیک اسید. فناوری تولیدات گیاهی، ۱۶(۲): ۱۲۵-۱۱۱.

22- Ali, Y., Aslam, Z., Ashraf, M.Y. and Tahir, G.R. (2004). Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. International Journal of

Environmental Science and Technology, 1(3): 221-225.

23- Al-Amier, H. and Craker, L.E. (2007). In-vitro selection for stress tolerant spearmint. Issues in New Crops and New Uses. pp. 306-310.

24- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for waterstress studies. Annals of Plant and Soil Research, 39(1): 205-207.

25- Chen, S., Zommorodi, M., Fritz, E. and Wang, S. (2003). Hydrogel modified uptake of salt ions and calcium in *Populus euphratic*a under saline conditions. Trees, 18(2): 175-183.

26- Demiral, M.A., Aydin, M. and Yorulmaz, A. (2005). Effect of salinity on growth chemical composition and antioxidative enzyme activity of two malting barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. Turkish Journal of Biology, 29(2): 117-123.

27- Drazkiewicz, M. (1994). Chlorophyll-occurrence, functions, mechanism of action, effects of internal and external factors. Photosynthetica, 30: 321-331.

28- El-Hady, O.A. and Wanas, Sh.A. (2006). Water and fertilizer use efficiency by cucumber grown under stress on sandy soil treated with acrylamide hydrogels. Applied Scientific Research, 2(12): 1293-1297.

29- El-Sayed, H., Kirkwood, R.C. and Graham, N.B. (1991). The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. Journal of Experimental Botany, 42(24): 891–899.

30- Farkhondeh, R., Nabizadeh, E. and Jalilnezhad, N. (2012). Effect of salinity stress on proline content, membrane stability and water relations in two sugar beet cultivars. International Journal of AgriScience, 2(5): 385-392.

31- Fazeli Rostampour, M., Yarnia, M., Rahimzadeh Khoee, F., Seghatoleslami, M.J. and Moosavi, G.R. (2013). Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. Agronomy Journal, 105(4): 951-959.

32- Hernández, J.A., Campillo, A., Jiménez, A., Alarcón, J.J. and Sevilla, F. (1999). Response of antioxidant systems and leaf water relations to NaCl stress in pea plants. New Phytologist, 141(2): 241–251.

33- Kant, C., Aydin, A. and Turan, M. (2008). Ameliorative effect of hydrogel substrate on growth, inorganic ions, proline, and nitrate contents of bean under salinity stress. Journal of Plant Nutrition, 31(8): 1420-1439.

34- Khosravi, S., Baghizadeh, A. and Nezami, M.T. (2011). The salicylic acid effect on the *Salvia officianlis* L. sugar, protein and proline contents under salinity (NaCl) stress. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 7(4): 80-87.

35- Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany, 78(3): 389-398.

36- Maden, S., Nainwatee, H.S., Jain, R.K. and Chowdhury, J.B. (2005). Proline and proline metabolizing enzymes in in-vitro selected NaCl-tolerant *Brassica juncea* L. under salt stress. Annals of Botany, 76(1): 51- 57.

37- Manchanda, G. and Garg, N. (2008). Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta Physiologiae Plantarum, 30(5): 595-618.

38- Mikkelsen, R.L. (1999). Using hydrophilic polymers to control nutrient release. Nutr Cycl Agroecosys, 38(1): 53-59.

39- Mirsha, R.S., Abdin, M.Z. and Uprety, D.C. (1999). Interactive effects of elevated CO_2 and moisture stress on the photosynthesis, water relation and growth of *Brassica* species. Journal of Agronomy and Crop Science, 182(4): 223-229.

40- Moameni, A., Siadat, H. and Malakouti, M.J. (1999). The Extent Distribution and Management of Salt Affected Soils of Iran. FAO Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt Affected Soils, Izmir Turkey.

41- Molazem, D., Qurbanov, E.M. and Dunyamaliyev, S.A. (2010). Role of proline, Na and chlorophyll content in salt tolerance of corn (*Zea mays*) L. Am.-Eurasian American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 9(3): 319-324.

42- Moon, J.H., and Terao, J. (1998). Antioxidant activity of caffeic acid and dihydrocaffeic acid in lard and human low-density lipoprotein. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46(12): 5062-5065.

43- Munne-Bosch, S., Penuelas, J. and Llusia, J. (2007). A deficiency in salicylic acid alters isoprenoid accumulation in water-stressed NahG

transgenic *Arabidopsis* plants. Plant Sciences, 172(4): 756-762.

44- Nanjo, T., Yoshiba, Y., Sanada, Y., Wada. K. and Tsukaya, H.K. (1988). Roles of proline in osmotic stress tolerance and morphogenesis of *Arabidopsis thaliana*. Plant and Cell Physiology, 39: 104-108.

45- Nazarli, H., Zardashti, M.R., Darvishzadeh, R. and Najafi, S. (2010). The effect of water stress and polymer on water use eficiency, Yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. Notulae Scientia Biologicae, 2(4): 53-58.

46- Parida, A.K.. and Das, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicol. Food and Environment Safety, 60(3): 324-349

47- Rao, M.S.S. and Mendham, N.J. (1991). Soil–plant–water relations of oilseed rape (*Brassica napus* and *B. campestris*). Journal of Agricultural Sciences, 117(2): 197-205.

48- Rasool, S., Hamees, A., Azooz, M.M., Rehman, M., Siddiqi, T.O. and Ahmad, P. (2013). Salt stress: Causes, Types and Responses of Plants. Springer, pp: 1-24.

49- Sadasivam, S. and Manickam, A. (1992). Biochemical methods for agricultural sciences. Wiley Eastern Limited.

50- Sairam, R.K., Rao, K.V. and Srivastava, G.C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science, 163(5): 1037-1046.

51- Sánchez, F.J., Manzanares, M., de Andres, E.F., Tenorio, J.L. and Ayerbe, L. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Research, 59(3): 225-235.

52- Shi, Y., Li, J., Shao, J., Deng, Sh., Wang, R., Li, N., Sun, J., Zhang, H., Zhu, H., Zhang, Y., Zheng, X., Zhou, D., Huttermann, A. and Chen, Sh. (2010). Effects of Stockosorb and Luquasorb polymers on salt and drought tolerance of *Populus popularis*. Scientia Horticulturae, 124(2): 268-273.

53- Singliton, V.L. and Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16(3): 144-158.

54- Tang, X.L. Mu, X.M., Shao, H.B., Wang, H.Y. and Brestic, M. (2015). Global plant responding mechanisms to salt stress. Critical Reviews in Biotechnology, 35(4): 425-437.

55- Tongo, A., Mahdavi, A. and Saiad, E. (2014). Effect of super absorbent polymer aquasorb on growth, establishment and some physiological charactereistics of *Acacia victoriae* seedlings under drought stress. Journal of Soil and Water Conservation, 28(5): 951-963.

56- Yamada, M., Morishita, H., Urano, K., Shiozaki, N., Yamaguchi- shinozaki, K., Shinozaki, K. and Yoshiba, Y. (2005). Effect of free proline accumulation in petunias under drought stress. Journal of Experimental Botany, 56(417): 1975-1978

Morphophysiological and biochemical responce of basil cultivar Keshkeni luveluo under salinity stress and superabsorbent polymers application

Farsaraei S. and Moghaddam M.

Dept. of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, I.R. of Iran.

Abstract

Basil (*Ocimum absilicum* L.) is one of the important plants from lamiaceae family which is used as medicinal and spicy plant, and also as fresh vegetable. Superabsorbent polymers are organic compounds that can absorb water several times their weight without changing their physical structure and reducing the effects of stress. The aim of this study is the interaction effect of salinity stress and superabsorbent polymer on morphophysiological and biochemical traits of basil. So a pot experiment was conducted as factorial based on 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) with three replication In the research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad. At first harvesting time on 120 mM salinity, RWC, Chlorophyll a, Chlorophyll b, carotenoid and total Chlorophyll increased 12.97, 29.48, 25.20, 17.24 and 27.61 percent, respectively with teracottem. At the same salinity, antioxidant activity decreased 18.25 percent with use Stockosorb and total phenol decreased 26.31 percent by using Terracottem; proline decreased 50 percent by Ackoasorb. In second harvesting time on 80 mM salinity chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid and total chlorophyll increased by using Terracottem 22.58, 34.78, 24 and 31 percent, respectively. RWC increased 22.06 percent by Ackoasorb super absorbent polymer. Antioxidant activity, total phenolic and proline content by using Terracottem and soluble carbohydrate with use Stockosorb and electrolyte leakage by using Ackoasorb decreased 19.93, 7.81, 44.77, 39.13 and 26.02 percent, respevtively. The results of this study showed that Terracottem was more effective than the other supe arabsorbents. So that the use of this super absorbent is recommended in salt stress condition.

Key words: Antioxidant activity, Basil, Photosynthetic pigments, Super absorbent polymers, Sodium chloride