بررسی تحمل تنش شوری در گیاه شب‌بو (Matthiola incana L.) تحت تیمار با سالیسیلیک اسید

سمانه عبدالمحمدی[1*]، جلال امیدی[1]، عبدالله حاتم‌زاده[2]، معظم حسن‌پور اصیل[2]

۱. کارشناس ارشد باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲. استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۲)

چکیده

شوری یکی از تنش‌های محیطی است که باعث تغییرات شدید در رشد، فیزیولوژی و متابولیسم گیاهان می‌شود. هم‌چنین موجب تغییرات بیوشیمیایی مختلف و پاسخ‌های فیزیولوژیک شده و تقریبا روی تمام فرآیندهای گیاهی تأثیر می‌گذارد. با توجه به روند افزایشی توسعه اراضی شور و کمبود اراضی مطلوب برای کشاورزی در دنیا استفاده از گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری، یا کاربرد ترکیباتی که باعث کاهش اثرهای تنش شوری و القای مقاومت در مقابل تنش در گیاهان می‌شوند اهمیت زیادی دارد. سالیسیلیک اسید به عنوان یک فنل طبیعی، تنظیم‌کننده رشد بوده و پروسه‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه را تنظیم می‌کند. بدین منظور جهت ارزیابی اثرات سودمند احتمالی سالیسیلیک اسید بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه شب‌بو (*Matthiola incana* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور، شوری شامل کلرید سدیم در سه سطح ۰، ۱۰۰و ۱۵۰ میلی‌مولار و سالیسیلیک اسید در دو سطح ۰ و ۲ میلی‌مولار با سه تکرار در گلخانه‌ی آموزشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان انجام شد. در پایان آزمایش پارامترهای مختلف شامل ارتفاع گیاه، وزن‌تر و خشک ساقه، وزن‌تر و خشک ریشه، طول ریشه، میزان غلظت مالون‌دی‌آلدئید (MDA)، پروتئین‌کل و محتوای نسبی آب برگ (LRWC) اندازه‌گیری شد. در تنش شوری تمامی پارامترهای رشدی گیاهان، میزان محتوای نسبی آب برگ، پروتئین کاهش و میزان مالون دی‌آلدئید افزایش یافت. کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش تمام پارامترهای رشد، میزان پروتئین، محتوای نسبی آب برگ گردید و در نهایت سالیسیلیک اسید با اثر حفاظتی خود سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها شد.

کلیدواژگان

پروتئین، مورفولوژی، کلرید سدیم، مالون دی‌آلدئید.

* نویسنده مسئول، رایانامه: abu_tilon@yahoo.com

مقدمه

تنش‌های محیطی زیادی بر رشد، نمو و تولید محصول در گیاهان تأثیر می‌گذارند. از این عوامل می‌توان به خشکی، سرما، گرما، عناصر سمی و شوری اشاره کرد (۲۶). شوری به عنوان یکی از تنش‌های محیطی، تمام مراحل رشد از جوانه زنی تا تولید توده زنده گیاه، دانه و میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پاسخ گیاهان به شوری به نوع گیاه، مرحله نموی گیاه، شدت و مدت تنش بستگی دارد (۲۰). تنش شوری موجب تغییرات شیمیایی، فیزیولوژیک و مورفولوژیک متعدد در گیاهان می‌شود. این تنش رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم لیپیدها، تنفس و تولید انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۳). تأمین آب با کیفیت خوب در بسیاری از نقاط دنیا، با محدودیت‌های فراوانی همراه است. در این مناطق، سطح آب آبخوان‌ها به دلیل بهره برداری‌های بیش از حد برای مصارف شرب، کشاورزی، صنعت و فضای سبز به شدت کاهش یافته است که منجر به بالا رفتن میزان شوری این آب‌ها شده است. به همین دلیل در نگه‌داری فضای سبز تمایل و گرایش به سمت استفاده از آب‌های شور برای آبیاری گیاهان افزایش یافته است که در درازمدت می‌تواند سبب کاهش رشد و عملکرد این گیاهان شود. در حال حاضر، از ترکیباتی استفاده می‌شود که مقاومت گیاهان را نسبت به تنش‌های محیطی افزایش داده، موجب بهبود فعالیت‌های متابولیکی گیاه می‌شوند. یکی از این ترکیبات سالیسیلیک اسید است. این ترکیب در تنش‌های محیطی اثر محافظتی داشته، موجب بهبود روند رشد در گیاه می‌شود (۱۹). تأثیر شوری و سالیسیلیک اسید در گیاهان مختلف متفاوت است. در یک پژوهش بر روی گل دکمه‌ای، شوری موجب نشت الکترولیت و کاهش محتوای نسبی آب برگ شد، این در حالی است که محلول پاشی برگی سالیسیلیک اسید توانست این صفات را بهبود بخشد (۶). در ارقام گندم حساس به شوری میزان مالون دی‌آلدئید با افزایش شوری افزایش می‌یابد ولی در ارقام مقاوم تغییر زیادی نمی‌کند. کاربرد سالیسیلیک اسید با کاهش مالون دی‌آلدئید به ویژه در ارقام حساس نشان می‌دهد سیستم دفاعی دیگری به کنترل تنش کمک می‌کند. هم‌چنین اثر مثبت سالیسیلیک اسید بر کاهش پراکسیداسیون لیپیدها توسط محققین دیگر در برگ‌های کدو مشاهده شد (۲۴). نقش سالیسیلیک اسید در بسیاری از تنش‌های محیطی ثابت شده است اما در تنش شوری گزارش‌های متفاوتی در مورد نقش این ماده در افزایش و یا کاهش مقاومت گیاه به تنش وجود دارد. از آنجا که سالیسیلیک اسید کاربرد وسیعی دارد و به دلیل ارزان بودن، مناسب بودن و تهیه آسان این ماده از آن استفاده شد تا ببینیم آیا این ماده می‌تواند اثرات ناشی از تنش شوری را از بین ببرد یا حداقل آنها را کاهش دهد. گل شب‌بو با نام علمی Matthiola incana L. از تیره چلیپاییان (Brassicaceae) از گیاهان زینتی مهم کشور محسوب می‌شود که به علت داشتن عطر مطبوع و فرم زیبا میزان تقاضای آن در بازار گل افزایش داشته است (۵). این گیاه دارای دو فرم با گل‌های کم‌پر و پرپر است. از بین ارقام کم‌پر و پرپر این گل، نوع پرپر به جهت بازار پسندی بیشتر از جمله گل‌های مهم فصلی و بریدنی محسوب می‌شود. این گل به دلیل مقاومت زیاد در مقابل سرما یکی از بهترین گزینه‌ها برای فصل زمستان محسوب می‌شود (۱۰).

مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش بذرهای گل شب‌بو (Matthiola incana L.) در مهر ماه ۱۳۹۱ تهیه و ضد عفونی و سپس در داخل سینی‌های حاوی کوکوپیت کشت شد. بعد از اینکه نشاها به مرحله ۸-۶ برگی

رسید، در دی ماه ۱۳۹۱به گلخانه منتقل و به گلدان‌های با قطر ۱۲ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر که حاوی ترکیب خاکی شامل ماسه، خاک باغچه و ضایعات چای بود انتقال داده شد. جهت اعمال تنش شوری ۴ هفته پس از انتقال نشاها به گلدان، گیاهان بر حسب نیاز آبی با آب شور حاوی غلظت‌های مختلف کلرید سدیم به مدت یک ماه آبیاری شدند. یک هفته قبل از اعمال تنش شوری، گیاهان در معرض تیمار سالیسیلیک اسید به میزان ۲ میلی‌مول قرار گرفتند. تیمار سالیسیلیک اسید به صورت محلول پاشی به فاصله ۷ روز یک‌بار تا ۳ هفته پس از اعمال تنش ادامه یافت. پس از پایان دوره تنش در اواخر اسفند ماه ۱۳۹۱ گیاهان برداشت شدند. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه سطح کلریدسدیم mM ۱۵۰ و ۱۰۰ ،۰، دو سطح سالیسیلیک اسید mM ۲ و ۰ و سه تکرار در گلخانه‌ی آموزشی دانشکده کشاورزی گیلان اجرا شد (جدول شماره ۱). در پایان آزمایش صفاتی مانند ارتفاع گیاه، وزن‌تر و خشک ساقه، وزن‌تر و خشک ریشه، طول ریشه، غلظت مالون‌دی‌آلدئید (MDA)، پروتئین کل و محتوای نسبی آب برگ (LRWC) اندازه‌گیری شد. ارتفاع گیاه از سطح بستر تا انتهایی‌ترین گل موجود بر روی ساقه گیاهان توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد، سپس گیاه را از محل طوقه بریده و وزن‌تر ساقه اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد بخش هوایی گیاه به مدت ۴۸ ساعت در آون در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا خشک شود. و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن‌تر ریشه و طول ریشه پس از خارج کردن ریشه گیاهان از گلدان، ریشه‌ها با آب شسته شده و وزن‌تر آنها اندازه‌گیری شد، سپس برای اندازه‌گیری طول ریشه آنها را صاف کرده و بلندترین طول ریشه موجود در بین ریشه‌های گیاه، با خط‌کش اندازه‌گیری شد. در نهایت ریشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا کاملا خشک شده و وزن خشک آنها نیز اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی به وسیله تست تیوباربیتوریک اسید (TBAT) با سنجش میزان مالون‌دی‌آلدئید انجام شد. ۰/۲ گرم بافت تر برگ و ریشه در ۵ میلی لیتر تری کلرواستیک‌اسید (TCA) ۰/۱ درصد همگن شده سپس عصاره‌ی حاصل به فالکون انتقال یافته و به مدت ۵ دقیقه در g ۶۰۰۰ سانتریفیوژ شد. به یک میلی‌لیتر از محلول رویی ۴ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید ۲۰ درصد که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک‌اسید بود اضافه شد. مخلوط فوق به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم (۹۵ درجه سانتی‌گراد)، انکوبه گردیدند. سپس مخلوط حاصل بلافاصله در حمام یخ سرد شد و بعد از آن در سرعت g ۶۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. میزان جذب مایع رویی در طول موج ۵۳۲ نانومتر تعیین و جذب ناویژه در ۶۰۰ نانومتر از آن کسر شد. غلظت مالون‌دی آلدئید (MDA) با استفاده از ضریب تصحیح (μ mol^{-1} cm^{-1}) ۰/۱۵۵ محاسبه و براساس واحد میکرومول بر گرم وزن‌تر ($\mu mol\ g^{-1}$ FW) بیان شد (۱۳). جهت سنجش پروتئین اندام هوایی و ریشه تازه گیاهان پس از توزین، توسط ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (pH ۶/۸) به صورت هموژن درآمد. پس از همگن‌سازی، هر کدام از نمونه‌ها به ویال‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل شدند. سپس سانتریفوژ نمونه‌ها در g ۱۵۰۰۰ به مدت ۱۲ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد انجام شد. از بخش رویی عصاره جهت سنجش غلظت پروتئین کل عصاره‌های گیاهی با استفاده از روش برادفورد (۴) استفاده شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ نمونه‌های برگی بعد از اندازه‌گیری وزن‌تر، در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و نور کم غوطه‌ور شدند تا وزن آب جذب کرده نمونه‌ها به دست آید. سپس برای بدست آوردن وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در

دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و محتوای آب نسبی برگ طبق معادله شماره ۱ محاسبه شد (۲۲).

(۱) LRWC (%) = (وزن خشک – وزن آب جذب کرده/وزن خشک – وزن تر)

جهت بررسی نتایج حاصل از داده‌های مربوطه از نرم افزار SAS و آزمون مقایسه میانگین LSD استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات تیمارهای اعمال شده

تیمار	مشخصات
۱	۰ میلی‌مول کلرید سدیم + ۰ میلی‌مول سالیسیلیک اسید
۲	۰ میلی‌مول کلرید سدیم + ۲ میلی‌مول سالیسیلیک اسید
۳	۱۰۰ میلی‌مول کلرید سدیم + ۰ میلی‌مول سالیسیلیک اسید
۴	۱۰۰ میلی‌مول کلرید سدیم + ۲ میلی‌مول سالیسیلیک اسید
۵	۱۵۰ میلی‌مول کلرید سدیم + ۰ میلی‌مول سالیسیلیک اسید
۶	۱۵۰ میلی‌مول کلرید سدیم + ۲ میلی‌مول سالیسیلیک اسید

نتیجه‌گیری

بررسی صفات مورفولوژیک شب‌بو (Matthiola incana L.)

۱. ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس ۲ شماره نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر متقابل سالیسیلیک اسید و شوری در سطح احتمال ۵ درصد است. نتایج جدول مقایسه میانگین شماره ۳ نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۱۰۰ و ۱۵۰) میلی‌مول تأثیر معنی‌داری بر کاهش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد داشت. در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید، افزایش معنی‌دار در ارتفاع گیاه نسبت به شاهد مشاهده شد. در تیمار توأم شوری و سالیسیلیک اسید، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شوری شد با این حال در هر دو غلظت شوری نتوانست مانع کاهش ارتفاع در مقایسه با تیمار شاهد شود. بیشترین ارتفاع گیاه (۴۵/۳۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار سالیسیلیک اسید و کمترین ارتفاع (۱۹/۶۶ سانتی‌متر) در تیمار گیاهان با شوری ۱۵۰ میلی‌مول مشاهده شد. طی آزمایشی مشخص شد کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط تنش شوری موجب افزایش ارتفاع گیاه ذرت می‌شود (۸).

۲. وزن‌تر ساقه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس شماره ۲ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن فاکتور سالیسیلیک اسید و شوری در سطح احتمال ۱ درصد است. نتایج جدول مقایسه میانگین شماره ۳ نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۱۰۰ و ۱۵۰) میلی‌مول تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن‌تر ساقه نسبت به شاهد داشت. در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید، افزایش معنی‌دار در وزن‌تر ساقه نسبت به شاهد مشاهده شد. در تیمار توأم شوری و سالیسیلیک اسید، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن‌تر ساقه نسبت به تیمار شوری شد با این حال در هر دو غلظت شوری نتوانست مانع کاهش وزن‌تر ساقه در مقایسه با تیمار شاهد شود. بیشترین وزن‌تر ساقه (۱۷/۸۷ گرم) در تیمار سالیسیلیک اسید و کمترین وزن‌تر ساقه (۸/۷۳ گرم) در تیمار گیاهان با شوری ۱۰۰ میلی‌مول مشاهده شد. کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاه رازیانه تحت تنش شوری موجب افزایش وزن‌تر ساقه شد (۲۱).

۳. وزن‌خشک ساقه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس شماره ۲

نشان‌دهنده معنی‌دار بودن فاکتور شوری در سطح احتمال ۱ درصد است. نتایج جدول مقایسه میانگین شماره ۳ نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۱۰۰ و ۱۵۰) میلی‌مول تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن خشک ساقه نسبت به شاهد داشت. در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید، افزایش غیرمعنی‌دار در وزن خشک ساقه نسبت به شاهد مشاهده شد. در تیمار توأم شوری و سالیسیلیک اسید، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شوری شد با این حال در هر دو غلظت شوری، کاربرد سالیسیلیک اسید نتوانست مانع از کاهش وزن خشک ساقه در مقایسه با تیمار شاهد شود. بیشترین وزن خشک ساقه (۳/۹۴ گرم) مربوط به تیمار سالیسیلیک اسید و کمترین وزن خشک ساقه (۱/۳۰ گرم) در تیمار گیاهان با شوری ۱۵۰ میلی‌مول مشاهده شد. در آزمایشی کاربرد سالیسیلیک اسید در تاج خروس باعث افزایش وزن خشک ساقه در شرایط تنش شوری شد (۲۸).

٤. وزن‌تر ریشه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس شماره ۲ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر متقابل سالیسیلیک اسید و شوری در سطح احتمال ۵ درصد است. نتایج جدول مقایسه میانگین شماره ۳ نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۱۰۰ و ۱۵۰) میلی‌مول تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن‌تر ریشه نسبت به شاهد داشت. در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید، افزایش معنی‌دار در وزن‌تر ریشه نسبت به شاهد مشاهده شد. در تیمار توأم شوری و سالیسیلیک اسید، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن‌تر ریشه نسبت به تیمار شوری شد با این حال در هر دو غلظت شوری نتوانست مانع از کاهش وزن‌تر ریشه نسبت به تیمار شاهد شود. بیشترین وزن‌تر ریشه (۱۳/۱۷ گرم) مربوط به تیمار سالیسیلیک اسید و کمترین وزن‌تر ریشه (۴/۳ گرم) در تیمار گیاهان با شوری ۱۵۰ میلی‌مول مشاهده شد. کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط تنش شوری در گیاه گل دکمه‌ای سبب افزایش وزن‌تر ریشه شد (۱۵).

۵. وزن خشک ریشه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس شماره ۲ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن فاکتور شوری در سطح احتمال ۱ درصد است. نتایج جدول مقایسه میانگین شماره ۳ نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۱۰۰ و ۱۵۰) میلی‌مول تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد داشت. در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید ، وزن خشک ریشه کاهش یافت ولی این کاهش معنی‌دار نبود. در تیمار توأم شوری و سالیسیلیک اسید، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شوری شد که در شوری با غلظت ۱۰۰ میلی‌مول مانع از کاهش وزن خشک ریشه در مقایسه با تیمار شاهد شد. بیشترین وزن خشک ریشه (۳/۰۶ گرم) مربوط به شاهد و کمترین وزن خشک ریشه (۱/۳۵ گرم) در تیمار گیاهان با شوری ۱۵۰ میلی‌مول مشاهده شد. کاربرد سالیسیلیک اسید در گوجه فرنگی و تاج خروس باعث افزایش وزن خشک ریشه در شرایط تنش شوری شد (۲۸).

٦. طول ریشه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس شماره ۲ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن فاکتور سالیسیلیک اسید و شوری در سطح احتمال ۱ درصد است. نتایج جدول مقایسه میانگین شماره ۳ نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۱۰۰ و ۱۵۰) میلی‌مول تأثیر معنی‌داری بر کاهش طول ریشه نسبت به شاهد داشت. در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید، افزایش

معنی‌دار در طول ریشه نسبت به شاهد مشاهده شد. در تیمار توأم شوری و سالیسیلیک اسید، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول ریشه نسبت به تیمار شوری شد با این حال در هر دو غلظت شوری مانع از کاهش طول ریشه در مقایسه با تیمار شاهد شد. بیشترین طول ریشه (۲۵/۸۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار سالیسیلیک اسید و کمترین طول ریشه (۱۲/۲۳ سانتی‌متر) در تیمار گیاهان با شوری ۱۵۰ میلی‌مول مشاهده شد.کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاه رازیانه تحت تنش شوری باعث افزایش طول ریشه شد (۲۱).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک گیاه شب بو

			میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	وزن‌تر ساقه	وزن‌خشک ساقه	وزن‌تر ریشه	وزن‌خشک ریشه	طول ریشه
سالیسیلیک اسید	۱	۴۳/۵۵**	۸/۵۲**	۰/۲۲ ns	۷/۶۲**	۰/۲۷ ns	۲۳/۳۴**
شوری	۲	۷۷۶/۰۷**	۸۶/۶۲**	۹/۰۱**	۹۱/۸۷**	۳/۲۰**	۲۰۴/۹۸**
اثر متقابل	۲	۱۰/۹۵*	۰/۹۹ ns	۰/۰۳ ns	۱/۳۳*	۰/۱۵ ns	۳/۶۲ ns
خطای آزمایش	۱۲	۲/۰۶	۰/۳۰	۰/۰۵	۰/۲۸	۰/۱۲	۱/۱۴
ضریب تغییرات	----	۴/۸۲	۴/۲۳	۸/۷۳	۶/۳۰	۴/۸۵	۶/۲۲

**، *، ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک گیاه شب‌بو

تیمار	ارتفاع گیاه (cm)	وزن‌ترساقه (gr)	وزن خشک ساقه (gr)	وزن‌تر ریشه (cm)	وزن‌خشک ریشه (gr)	طول ریشه (gr)
۱	۳۹/۲۷b	۱۵/۵۵b	۳/۶۴a	۱۱/۲۷b	۳/۰۶a	۲۱/۷۷b
۲	۴۵/۳۳a	۱۷/۸۷a	۳/۹۴a	۱۳/۱۷a	۲/۹۴a	۲۵/۸۳a
۳	۲۵/۸۳c	۱۱/۵۱c	۲/۴۰b	۷/۸۳d	۲/۲۹bc	۱۴/۰۰cd
۴	۲۸/۳۳c	۱۲/۳۹c	۲/۷۰b	۹/۶۱c	۲/۷۲ab	۱۵/۵۰c
۵	۱۹/۶۶d	۸/۷۳d	۱/۳۰c	۴/۳۰e	۱/۳۵d	۱۲/۲۳d
۶	۲۰/۴۳d	۹/۶۶d	۱/۳۷c	۴/۵۱e	۱/۷۸cd	۱۳/۵۰d

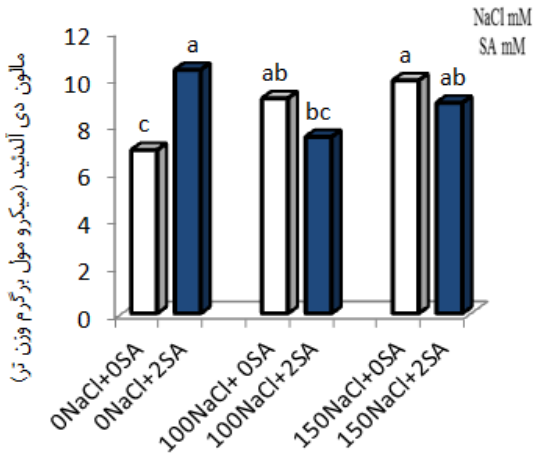
میانگین‌ها در هرستون که حداقل دارای یک حرف مشابه هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

بررسی صفات فیزیولوژیک شب‌بو (Matthiola incana L.)

۱. محتوای نسبی آب برگ

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس شماره ۴ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر متقابل سالیسیلیک اسید و شوری در سطح احتمال ۱ درصد است. شکل شماره ۱ نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۱۰۰ و ۱۵۰) میلی‌مول، باعث کاهش معنی‌دار میزان محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد شد. در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید، کاهش معنی‌دار در میزان محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد

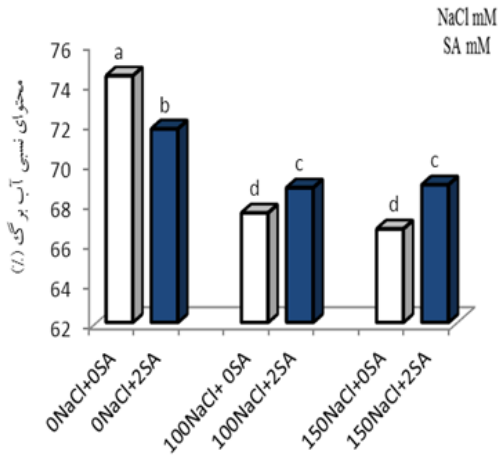
مشاهده شد. در تیمار توأم شوری و سالیسیلیک اسید، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار میزان محتوای نسبی آب برگ در هر دو غلظت شوری شد. بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ (۷۴/۳۵ درصد) مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ (۶۶/۶۸ درصد) در تیمار شوری با غلظت ۱۵۰ میلی‌مول مشاهده شد. در گیاه ریحان سبز تنش شوری میزان محتوای نسبی آب برگ را کاهش داد. کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش میزان محتوای نسبی آب برگ شد (۷).



شکل ۱- تأثیر سالیسیلیک اسید و شوری بر محتوای نسبی آب برگ شب‌بو
میانگین‌ها در هرستون که حداقل دارای یک حرف مشابه هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

۲. مالون دی‌آلدئید

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس شماره ۴ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر متقابل سالیسیلیک اسید و شوری در سطح احتمال ۱ درصد است. شکل شماره ۲ نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۱۰۰ و ۱۵۰) میلی‌مول، تأثیر معنی‌داری بر افزایش میزان مالون دی‌آلدئید نسبت به شاهد داشت. در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید، افزایش معنی‌دار در میزان مالون دی‌آلدئید نسبت به شاهد مشاهده شد. در تیمار توأم شوری و سالیسیلیک اسید، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث کاهش غیرمعنی‌دار میزان مالون دی‌آلدئید در هر دو غلظت شوری شد. بیشترین میزان مالون دی‌آلدئید (۱۰/۳۴ میکرومول بر گرم وزن‌تر) مربوط به تیمار سالیسیلیک اسید و کمترین میزان مالون دی‌آلدهید (۶/۹۳ میکرومول بر گرم وزن‌تر) در تیمار شاهد مشاهده شد. در گیاه کلزا رقم Hayola تنش شوری میزان مالون دی‌آلدئید را افزایش داد و کاربرد سالیسیلیک اسید باعث کاهش پراکسیداسیون لیپیدها شد (۱۸).

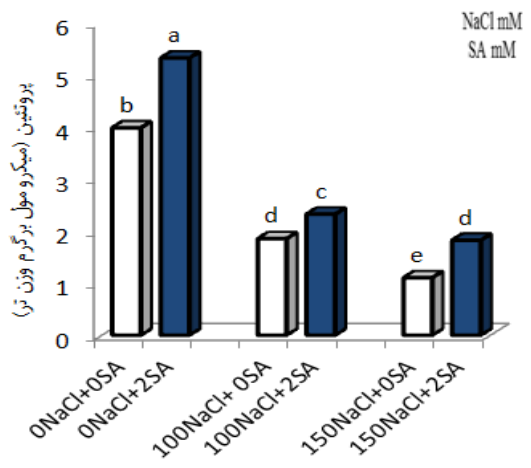


شکل ۲- تأثیر سالیسیلیک اسید و شوری بر مالون دی‌آلدئید شب‌بو
میانگین‌ها در هرستون که حداقل دارای یک حرف مشابه هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

۳. پروتئین

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس شماره ۴ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر شوری و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۱ درصد است. شکل شماره ۳ نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۱۰۰ و ۱۵۰) میلی‌مول، باعث کاهش معنی‌دار میزان پروتئین نسبت به شاهد شد. در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید، افزایش معنی‌دار در فعالیت میزان پروتئین نسبت به شاهد مشاهده شد. در تیمار توأم شوری و سالیسیلیک اسید، کاربرد سالیسیلیک اسید

در هر دو غلظت شوری باعث افزایش معنی‌دار میزان پروتئین شد. بیشترین میزان پروتئین (۵/۳۲ میکرومول بر گرم وزن‌تر) مربوط به تیمار سالیسیلیک اسید و کمترین میزان پروتئین (۱/۱۰ میکرومول بر گرم وزن‌تر) در تیمار شوری با غلظت ۱۵۰ میلی‌مول مشاهده شد. تیمار سالیسیلیک اسید در گیاه آرابیدوپسیس تحت تنش شوری سبب افزایش میزان پروتئین شد(۳).



شکل ۳- تأثیر سالیسیلیک اسید و شوری بر پروتئین شب‌بو
میانگین‌ها در هرستون که حداقل دارای یک حرف مشابه هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک گیاه شب‌بو

میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای نسبی آب برگ	مالون‌دی‌آلدئید	پروتئین
سالیسیلیک اسید	۱	۱/۱۸ ns	۰/۳۴ ns	۳/۱۷**
شوری	۲	۵۱/۵۸**	۱/۹۲ ns	۱۷/۱۲**
اثر متقابل	۲	۱۰/۰۱**	۱۱/۲۴**	۰/۳۰ ns
خطای آزمایش	۱۲	۰/۲۸	۰/۹۱	۰/۵۹
ضریب تغییرات	----	۰/۷۶	۱۰/۸۴	۸/۸۸

**، *، ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

بحث

اصولا گیاهان در مواجهه با تنش شوری با دو مشکل عمده روبرو می‌شوند. از طرفی خسارت شوری در گیاهان با کاهش پتانسیل آب در محیط رشد ریشه، سبب محدودیت جذب آب توسط ریشه می‌گردد (۱۱). از طرف دیگر برخی یون‌ها آثار سمی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه بر جا می‌گذارد که هر دو مساله سبب اختلال در جذب عناصر غذایی توسط ریشه و در نهایت منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (۲۷). سالیسیلیک اسید نقش مهمی، در ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی دارد (۲۵). به کارگیری محرک‌های زیستی چند هفته قبل از اعمال تنش، موجب مقاومت در برابر تنش می‌شود (۲۵). حسین و همکاران (۱۴) و خداری و همکاران (۱۷) افزایش تحمل به شوری در گیاهان ذرت تیمار شده با سالیسیلیک اسید را به افزایش وزن‌تر و خشک و همچنین، افزایش طول ریشه و ساقه مرتبط می‌دانند. مطالعات انجام شده توسط گونس و همکاران (۱۲) نیز نشان داد کاربرد برون‌زای سالیسیلیک اسید در گیاهان تحت شرایط شور یا غیر شور به طور معنی‌داری رشد را افزایش می‌دهد. به گزارش آرفان و همکاران (۲) کاربرد برون‌زای سالیسیلیک اسید در افزایش رشد و محصول گندم تحت تنش شوری مؤثر

است. همچنین، کاربرد برگی سالیسیلیک اسید بر رشد گیاه خیار اثر مثبت دارد (۲۹). در اکثر تیمارهای تنش شوری میزان پروتئین کاهش یافت، این کاهش در محتوای پروتئین می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌هایی نظیر نیترات ردوکتاز و گلوتامین سنتتاز در اثر تنش باشد (۱). کاربرد سالیسیلیک میزان پروتئین را افزایش داد. پراکسیداسیون لیپیدها در همه سطوح شوری در تمامی گیاهان مورد آزمایش افزایش یافت، اما کاربرد سالیسیلیک اسید به علت توانایی آن در جلوگیری از تولید رادیکال‌های آزاد، سبب کاهش میزان مالون دی‌آلدئید شد. پراکسیداسیون غشا در تنش شوری موجب تخریب آن می‌شود (١٦). با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحمل به تنش اکسیداتیو افزایش و میزان مالون‌دی‌آلدئید کاهش می‌یابد (۹). پاسخ گیاهان به تنش اکسیداتیو به ژنوتیپ وابسته است. در ارقام حساس به شوری میزان مالون‌دی آلدئید با افزایش شوری افزایش یافته، اما در ارقام مقاوم تغییر زیادی نشان نمی‌دهد. سالیسیلیک اسید با کاهش میزان مالون دی‌آلدئید به ویژه درکلزای رقم Hayola420 و با غلظت ۰/۵ میلی‌مول، به کنترل تنش کمک کرد (۱۸). با این وجود، تغییرات اندک در محتوای مالون‌دی‌آلدئید نشان می‌دهد که سیستم‌های دفاعی دیگری نیز مانند فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی می‌تواند به کنترل تنش کمک کند (٢٤). بنابراین می‌توان بیان کرد که گیاه مورد آزمایش (شب‌بو) تا حدی توانایی مقابله با شوری را دارد. ولی اگر شدت تنش شوری زیاد باشد، حتی مکانیسم‌های مقاومتی گیاه و استفاده از فنل‌های طبیعی مانند سالیسیلیک اسید نمی‌تواند با این تنش شدید مقابله کرده و از گیاه دفاع نماید.

منابع و مآخذ

1. Abdolmohammadi S, Hatamzadeh A, Hassanpour Asil, M. 2013. The effect of salicylic acid on morphological and physiological traits of some ornamental outdoor plant under salinity stress. Master's thesis, Faculty of Agriculture, University of Guilan, 85 p.
2. Arfan M, Athar H. R, Ashraf, M. 2006. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress, Journal of Plant Physiology. 164(6): 685-694.
3. Borsani O, Valpuesta V, Botella, M.A. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. Plant Physiology. 126: 1024-1030.
4. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.
5. Çelikel F.G, Reid, M.S. 2002. Postharvest handling of stock (*Matthiola incana L.*). Horticultural Science. 37:144 -147.
6. Chinnusamy V, Xiong L, Zhu, J.K. 2004. Use of Genetic Engineering and Molecular Biology Approaches for Crop Improvement for Stress Environments.
7. Delavari M , Baqi-Zadeh A, Enteshari S, Kalantari, kh. 1391. Study of the Effect of Salicylic Acid on Resistance and Induction of Oxidative Stress in Ocimmum basilicum L.) under salinity stress. Journal of Plant Biology. Vol. 4, No. 12, pp. 25-36.
8. El-Khallal S.M, Hathout T, Ashour A.R, Kerrit, A.A. 2009. Brassinolide and salicylic acid induced growth, biochemical activities and productivity of *maize* plants grown under salt stress. Journal Agriculture Biology Science. 5: 380-390.
9. Esfandiari E, Shekari F, Esfandiari, M. 2007. The effect of salt stress on antioxidant ezymes activity and lipid peroxidation on the wheat seedling. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj Napoca35(1): 48-55.
10. Ghasemi Ghashareh M, Kafi, M. 2008. Scientific and practical flowering (Vol. I). Publishing Author. Esfahan. 322 p.
11. Grattan S.R., Grieve C.M. 1999. Salinity-mineral-nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulture. 78:127-157.
12. GunesY. A, Inal M, Alpaslan F, Eraslan E, Bagci G, Cicek, G. N. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. Journal of Plant Physiology. 164(4): 728-736.
13. Health R.L, Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplast.I.Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics. 125: 189-198.
14. Hossein M. M, Balbaa L. K, Gaballah, M. S. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize Plants. Research Journal of Agriculture and Biological Science. 3(4): 321-328.
15. Kamali M, Kharrazi M, salahvarzi e, Tehranifar, A. 2011. Effect of salicylic acid on growth and some morphological traits of flower-bone in stress conditions. Journal of Horticultural Science.Vol. 26, No. 1, pp. 104-112.
16. Katsuhara M, Otsuka T, Ezaki, B. 2005. Salt stress induced lipid peroxidation is reduced byglutation S-transferase but this reduction of lipid peroxides is not enough for a recovery of root growth in *Arabidopsis*. Plant Science. 169: 369-373.

17. Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology. 6: 5-8.

18. Kiarostami Kh, Abdolmaleki N, Heydari, M. 2011. Effect of salicylic acid on salinity stress reduction in canola (Brassica napus L.). Plant Biology, Fourth Year, No. 12: p. 69-82.

19. Kumar P.A, Bandhu, D.A. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicology Environmenta Safety. 60: 324-349.

20. Manchanda G, Garg, N. 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta Physiology Plant. 30: 595-618.

21. Moradi R, Rezvani Moghaddam, P. 2010. Effect of pre-treatment of salicylic acid on salinity stress conditions on germination and seedling growth characteristics of fennel (Foeniculum vulgar mill). Iranian Journal of Agricultural Research. Vol. 8, No. 3,: 489-500.

22. Noreen S, Ashraf, M. 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on (*Helianthus annuus L.*) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. Pakistan Journal of Botany. 40:1657-1663.

23. Parida A. K, Das, A. B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.

24. Radwan D, Fayez K, Mahmoud S, Hamad A, Lua, G. 2006. Salicylic acid alleviates growth inhibition and oxidative stress caused by zucchini yellow mosaic virus infection in *Cucurbita pepo* leaves. Physiological and Molecular Plant Pathology. 69: 172-181.

25. Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 43:439-463.

26. Sairam R. K, Srivasta G. C, Agarwal S, Meena, R. C. 2005. Difference in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes. Biologia Plantarum 49(1): 85-91.

27. Taize L, Zeiger, E. 1998. Plant Physiology. Sinauar Associates, Inc. Pub., Massachusetts.

28. Umebese C.E, Olatimilehin T.O, Ogunsusi, T.A. 2009. Salicylic acid protects nitrate reductase activity, growth and proline in amaranth and tomato plants during water deficit. Amrican Journal. Agriculture Biological Science. 4: 224-229.

29. Yildirim E, Turan M, Guvenc, I . 2008. Applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition. 31(3): 593-612.