اثر اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های رشدی، محتوای پرولین و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه کاهو (*Lactuca sativa* L.) در شرایط شوری خاک

مریم محمدی[۱] و محمد سیاری[۲*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۵)

چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی است. به منظور بررسی اثر کاربرد اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های رشد گیاه کاهو، پژوهشی در سال ۱۳۸۹ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی در این تحقیق شامل ۳ سطح تنش شوری شامل ۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و ۴ غلظت اسید سالیسیلیک شامل ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اسید سالیسیلیک به‌طور معنی‌داری ویژگی‌های رشدی گیاه را در شرایط تنش افزایش داده و اثر سوء تنش شوری بر گیاه را کاهش داده است. با افزایش شدت تنش میزان پرولین، محتوای مالون دی آلدهید و فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش اما ویژگی‌های رشدی کاهش یافتند. افزایش غلظت اسید سالیسیلیک باعث افزایش کلیه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده غیر از محتوای مالون دی آلدهید شد. در کل، تیمار اسید سالیسیلیک با افزایش محتوای پرولین و فعالیت آنتی اکسیدانی و نیز کاهش پراکسیده شدن چربی‌های غشای سلولی سبب کاهش آثار سوء تنش شوری بر گیاه کاهو شد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، محتوای پرولین، مالون دی آلدئید، ویژگی‌های رشدی

۱. دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۲. استادیار علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sayyari_m@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]

مقدمه

کاهو یکی از مهم‌ترین سبزی‌های برگی و بازار پسند در سطح جهان است که بیشتر به‌عنوان یک محصول تازه مصرف می‌شود. کاهو به‌طور وسیعی در همهٔ قاره‌ها مخصوصاً مناطق معتدل و نیمه استوایی پرورش داده می‌شود. براساس آمار فائودر سال ۲۰۱۱ تولید این محصول در کشور ما ۵۵۰۷۷۹ تن بوده است که رتبه پنجم را در دنیا از آن خود کرده است (۱۴). کاهو یک محصول حساس به شوری با آستانهٔ تحمل $1/3\ dsm^{-1}$ است که تنش شوری به‌طور منفی روی ویژگی‌های آن تأثیر داشته است (۷). تنش شوری از مهم‌ترین تنش‌های محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در سطح جهان است که با حضور بیش از اندازه نمک‌های قابل حل و عناصر معدنی در محلول آب و خاک منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه شده و گیاه در جذب آب کافی از محلول خاک با اشکال روبه‌رو می‌شود. شوری پس از خشکی مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی در سطح جهان و ایران است که تولید محصولات زراعی و باغی از جمله کاهو را محدود می‌سازد(۱).

اسید سالیسیلیک (SA)(Salicylic acid or 2-Hydroxyl Benzoic Acid) یا ۲- هیدروکسی بنزوئیک اسید به ترکیبات فنلی تعلق دارد که در سال ۱۹۹۲ راسکین (۳۹) آن را به‌عنوان یک رده جدید از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی برشمرد. SA در سر تا سر سلسله گیاهی وجود داشته و بر روی بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک در گیاهان با غلظت‌های کم مؤثر است. مشخص شده است که SA در بعضی موارد مقاومت به بیماری‌ها و تولید گرما را در گیاهان تنظیم می‌کند. SA به‌وسیله سلول‌های ریشه و میکرو ارگانیسم‌های مختلف تولید شده و به اشکال مختلف در هوا، سطح برگ و اطراف سلول‌های ریشه وجود دارد. SA تولید شده نقش محوری در تنظیم مراحل مختلف رشد و تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می‌کند (۱۲). در اکثر پژوهش‌های انجام شده، مهم‌ترین تأثیرSA را پاسخ و مقاومت نسبت به برخی تنش‌ها از قبیل خشکی (۴۰)، شوری (۱۲) و بیماری‌های گیاهی (۹) بیان کرده‌اند و نشان داده شده است که تا حدود زیادی SA مشکلات ناشی از این تنش‌ها را کاهش می‌دهد. این تنظیم‌کننده رشد از طریق افزایش اسید آبسیزیک در ریشه یک پیش تطابق به تنش ایجاد می‌کند (۳۹). SA از طریق افزایش توان آنتی اکسیدان‌های سلولی و سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی حمایت کرده (۲) و مطالعات متعددی آن را به‌عنوان یک مولکول پیام رسان مهم در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های متعدد زیستی و غیرزیستی مورد تأکید قرار داده‌اند (۱۲ و ۳۳). ایجاد تحمل به انواع تنش در گیاهان از راه تیمار با SA و مشتقات آن در کشاورزی، باغبانی و جنگل‌داری امکان‌پذیر است (۴۰).

غلظت ۰/۱ میلی‌مولار SA درشرایط تنش شوری باعث افزایش ویژگی‌های رشدی مثل وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی، سطح برگ در گیاه ذرت گردید (۲۵). SA سبب افزایش مقاومت ذرت (۲۵) و آرابیدوپسیس (۶) به شوری شده است. SA با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار میزان فتوسنتز را در گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری افزایش داد (۴۲). هم‌چنین مقاومت به شوری در رابطه با بذرهای پیش تیمار شده با SA در گندم و جو نیز (۱۲) گزارش شده است. SA تحت شرایط تنش خشکی نیز می‌تواند از گیاه محافظت کند و سبب افزایش عملکرد آن گردد (۳۸). استیل سالیسیلیک اسید (ASA)(Acetyl Salicylic acid) با غلظت ۰/۱ تا ۰/۵ میلی‌مولار از طریق اضافه کردن به خاک یا تیمار بذری سبب افزایش مقاومت به تنش‌هایی نظیر گرما، سرما و خشکی در گیاه لوبیا و گوجه‌فرنگی شده است (۴۰). کاربرد SA تحت شرایط تنش خشکی سبب افزایش عملکرد گندم گردید (۱۹). تیمار گندم با SA سبب حفاظت دستگاه فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی شد (۵). برطبق گزارش‌های ارائه شده توسط محققین مختلف، SA با اثر روی H_2O_2، توان آنتی اکسیدانی را افزایش داده و از گیاه در برابر تنش‌های اکسیداتیو حفاظت می‌کند (۱۶). با توجه به اثر مفید SA در کاهش خسارات تنش در گیاهان، در این تحقیق از SA به منظور مقاوم‌سازی گیاه کاهو در مقابل تنش شوری استفاده شد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]

مواد و روش‌ها

۱. پرورش گیاهان و نحوه اعمال تیمارها

این آزمایش به‌صورت گلدانی در گلخانه دانشکده کشاورزی اجرا گردید.گلدان‌ها (قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۲۳ سانتی‌متر) با نسبت‌های مساوی از خاک مزرعه، ماسه بادی و کود دامی پوسیده و به‌میزان ۷ کیلوگرم پر شدند. سپس در هر گلدان ۳ نشاء کاهو که از قبل با کشت بذور رقم سیاه محلی شهر ری تهیه شده از شرکت کشتزار تهران در خزانه (با ابعاد ۱×۱ در روی سکوی با ارتفاع یک متر از سطح گلخانه) آماده شده بود در مرحلهٔ ۳ تا ۴ برگی در آذر ماه ۱۳۸۹ کاشته شد و در مرحلهٔ ۶ تا ۷ برگی ۲ تا از نشاءها حذف و ۱ نشا در هر گلدان نگه داشته شد. اسید سالیسیلیک و تنش شوری به‌عنوان ۲ فاکتور مهم مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل ۳×۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار به اجرا در آمد. در هر تکرار ۳ گلدان و در مجموع از ۱۴۴گلدان استفاده شد. فاکتور SA در ۴ سطح (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و فاکتور شوری در ۳ سطح (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار) مورد ارزیابی قرار گرفتند. تیمار SA به‌صورت کاربرد برگی در مرحله ۶ تل ۷ برگی اعمال شد. اولین تیمار تنش شوری ۴۸ ساعت بعد از اسپری برگی با SA انجام شد که با سطوح ۰، ۱۷ و ۳۳ میلی‌مولار به‌مدت یک هفته شروع شد و در هفته دوم با سطوح ۰، ۳۴ و ۶۶ میلی‌مولار و هفته سوم با ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار ادامه یافت و از هفته چهارم تا پایان آزمایش، سطوح ۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری به‌کار برده شد. تیمار SA نیز طی ۶ مرحله با فواصل یک هفته‌ای انجام شد.

۲. ارزیابی صفات مورد نظر

حدود سه ماه پس از شروع آزمایش، صفات مورد نظر در سه گلدان مربوط به هر تکرار اندازه‌گیری شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل: وزن تر شاخساره، وزن خشک شاخساره، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، محتوای پرولین و مالون دی آلدئید، فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان کارتنوئیدها بود.

اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانی(Antioxidant activity) کل براساس روش مون و ترائو (۳۲) و با ایجاد کمی تغییر از طریق غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد شده توسط ماده ۲، ۲- دی فنیل -۱- پیکریل هیدرازیل(diphenyl-1-picryl hydrazyl) (DPPH) صورت پذیرفت. ابتدا ۲ گرم نمونه برگ تازه در ۵ سی‌سی بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار(pH=۷/۸) هموژنایز شد. سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و۱۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ، و روشناور(عصاره نمونه) جمع‌آوری شد. ۱۰۰ میکرو لیتر از عصاره نمونه با ۹۰۰ میکرولیتر از بافر Tris-HCl (۱۰۰ میلی‌مولار، pH =۷/۴) مخلوط شده و ۱ میلی‌لیتر DPPH (۵۰۰ میکرومولار) به آن اضافه شد. محلول حاصل کاملاً مخلوط و به‌مدت ۳۰ دقیقه به حال خود باقی گذاشته شد. جذب محلول در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. برای تصحیح زمینه داده‌های به‌دست آمده، جذب محلول هر نمونه بدون اضافه کردن DPPH اندازه‌گیری شد و از میزان جذب محلول دارای DPPH کسر شد. نمونه شاهد در واقع دارای کلیه محتویات به‌جز عصاره نمونه بود که به‌جای آن از آب مقطر استفاده شد. درصد بازداری از DPPH با مقایسه نمونه‌های عصاره و نمونه کنترل و استفاده از رابطه زیر به‌دست آمد (۳۲).

$$\%AA = 1 - \frac{A517(\text{Sample})}{A517(\text{Control})} \times 100\text{eV}$$

سنجش پرولین با استفاده از روش بیتس و همکاران و با ایجاد کمی تغییر صورت گرفت (۴). در این روش ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک ساییده شد. از مخلوط حاصل پس از صاف کردن، ۲ میلی‌لیتر برداشته شد، و پس از افزودن ۲ میلی‌لیتر معرف اسید ناین هیدرین (Ninhydrine) و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت قرار داده شد. سپس لوله‌ها را در حمام آب یخ گذاشته و پس از اضافه کردن ۴ میلی‌لیتر تولوئن، مقدار جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد آن به‌دست آمد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه کاهوتحت تأثیر تنش خشکی و کاربرد اسید سالیسیلیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		پرولین	مالوندی آلدئید	فعالیت آنتی اکسیدانی	کارتنوئید	وزن تر شاخساره	وزن خشک شاخساره	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
بلوک	۳	۱/۰۶۷^{ns}	۰/۰۰۰۲۱^{ns}	۴۱/۶۳^{ns}	۰/۰۰۱۲^{ns}	۰/۵۴۶^{ns}	۰/۵۴۶^{ns}	۸/۱۵^{ns}	۲۴/۵۳^{ns}
اسید سالیسیلیک	۳	۹۰/۷۱۵**	۰/۰۰۰۵**	۱۲۴/۲**	۰/۰۲۰۳**	۱۶/۸۷**	۱۶/۸۷**	۵۱۴**	۲۸۵**
شوری	۲	۱۴۳۳**	۰/۰۰۸۲**	۱۲۰۹**	۰/۲۳۹۲**	۱۶۴/۷**	۱۶۴/۷**	۲۵۸**	۱۲۵۸**
اسید سالیسیلیک * شوری	۶	۲۸/۹۹**	۰/۰۰۰۱۴ **	۵۱/۱۲*	۰/۰۰۲۱ ^{ns}	۰/۹۷۵**	۰/۹۷۵**	۹۳/۶**	۷۱/۱۱**
خطای آزمایشی	۳۳	۱/۹۳۱	۰/۰۰۰۰۳	۱۸/۶۰	۰/۰۰۱۵۰	۰/۲۷۰	۰/۲۷۰	۲۶/۰۳	۹/۸۹
C.V (درصد)		۱۱/۱۴	۱۰/۰۶	۳/۵۶	۶/۹۲	۱۱/۸۸	۱۰/۴۸	۱۱/۱۹	۱۶/۶۰

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns: عدم اختلاف معنی‌دار

میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء براساس تشکیل کمپلکس مالون دی آلدهید ایجاد شده با تیوباربی تیوریک اسید(Thiobarbituric acid) سنجیده شد. اندازه‌گیری مقدار مالون دی آلدهید با استفاده از روش استیوارت و بیولی (۴۳) (Stewart and Bewley, 1980) در دو طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر و با استفاده از اسپکتروفتومتر صورت گرفت.

برای اندازه‌گیری کارتنوئیدها، ابتدا مقدار ۰/۲۵ گرم برگ تازه را با استفاده از ۵ میلی‌لیتر آب مقطر در هاون چینی کاملاً ساییده تا توده یکنواختی به‌دست آید. مخلوط حاصل را به یک فالکون منتقل کرده و حجم آن به‌وسیله آب مقطر به ۱۲/۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره نمونه برداشته و با ۴/۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط کرده و محلول حاصل را به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ نمودیم. پس از سانتریفیوژ، محلول رویی برداشته شده و در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶، ۴۷۰ نانومتر و با استفاده از اسپکتروفتومتر طول موج جذبی قرائت و میزان کارتنوئید براساس فرمول زیر محاسبه گردید. از استون ۸۰ درصد به‌عنوان شاهد دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد (۲۶).

$$\text{Caretenoids}(\mu g/ml) = 11/75A_{663} - 2/350A_{646}$$

۳. محاسبات آماری

به منظور انجام محاسبات آماری از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C استفاده شد. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تنش شوری و کاربرد SA اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه شامل وزن تر و خشک گیاه، میزان پرولین، محتوای مالون دی آلدئید، محتوای کارتنوئید و فعالیت آنتی اکسیدانی داشت. اثر تنش شوری و SA بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود، در حالی‌که اثر متقابل تنش و SA بر صفات وزن تر و خشک گیاه، میزان پرولین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای مالون دی آلدئید از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر تنش شوری بر وزن تر و خشک شاخساره گیاه در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش شدت تنش شوری، وزن تر و خشک شاخساره گیاه به شدت کاهش یافت (جدول ۲).

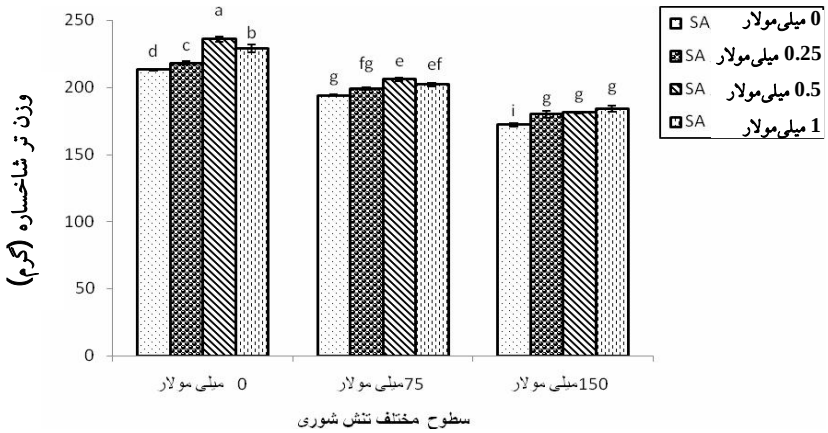
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]

جدول ۲. مقایسه میانگین آثار ساده SA و تنش شوری بر صفات مورد مطالعه در گیاه کاهو

تیمارها	پرولین (mm/g)	مالون دی آلدئید (nm/g)	فعالیت آنتی اکسیدانی (%)	کارتنوئید (mg/ml)	وزن تر شاخساره (g)	وزن خشک شاخساره (g)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)
اسید سالیسیلیک								
۰ میلی‌مولار	۹/۱۱^{c}	۰/۰۶۶^{a}	۱۱۷^{b}	۰/۵۱۲^{b}	۱۹۳^{d}	۳۳/۴۹^{c}	۳۶/۸۵^{c}	۱۳/۷۳^{c}
۰/۲۵ میلی‌مولار	۱۱/۳۶^{b}	۰/۰۶۱^{b}	۱۱۹^{b}	۰/۵۴۱^{b}	۱۹۹^{c}	۳۴/۴۴^{b}	۴۴/۵۵^{b}	۱۶/۳۱^{c}
۰/۵ میلی‌مولار	۱۴/۴۵^{a}	۰/۰۵۳^{c}	۱۲۳^{a}	۰/۵۸۰^{a}	۲۰۸^{a}	۳۶/۰۱^{a}	۴۹/۱۵^{a}	۲۱/۰۶^{b}
۱ میلی‌مولار	۱۴/۹۷^{a}	۰/۰۵۲^{c}	۱۲۴^{a}	۰/۶۰۵^{a}	۲۰۵^{b}	۳۵/۷۹^{a}	۵۱/۸۰^{a}	۲۴/۶۷^{a}
تنش شوری								
۰ میلی‌مولار	۴/۲۴^{a}	۰/۰۳۵^{c}	۱۱۱^{c}	۰/۴۴۲^{c}	۲۲۴^{a}	۳۸/۲۲^{a}	۵۹/۸۱^{a}	۲۸/۷۱^{a}
۷۵ میلی‌مولار	۱۰/۳۶^{b}	۰/۰۵۹^{b}	۱۲۱^{b}	۰/۵۵۰^{b}	۲۰۰^{b}	۳۴/۷۹^{b}	۴۱/۶۸^{b}	۱۶/۷۴^{b}
۱۵۰ میلی‌مولار	۲۲/۸۲^{c}	۰/۰۸۱^{a}	۱۲۹^{a}	۰/۶۸۶^{a}	۱۷۹^{c}	۳۱/۸۰^{c}	۳۵/۲۸^{c}	۱۱/۳۸^{c}

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد هستند.

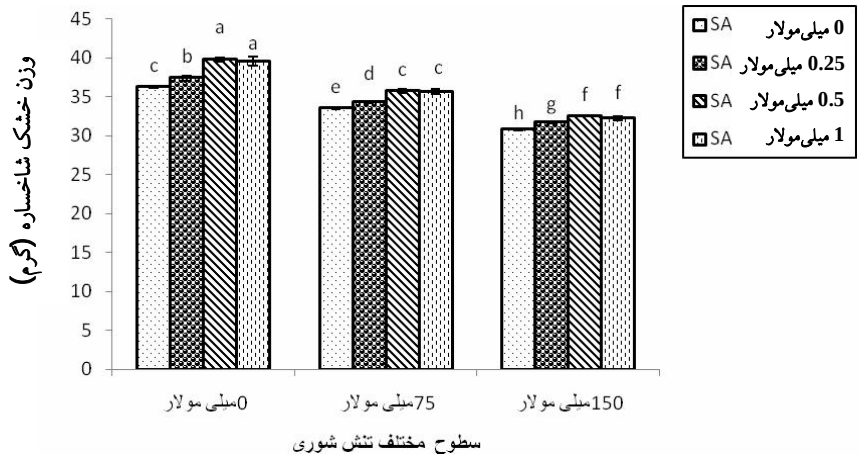


شکل۱. آثار متقابل شوری و SA بر وزن تر شاخساره‌های گیاه کاهو (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).

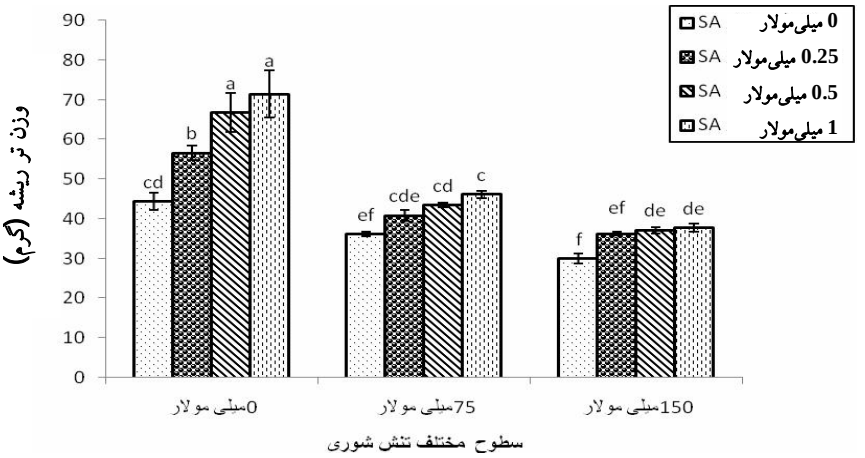
بالاترین وزن تر و خشک شاخساره در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار SA بدون اعمال تنش شوری و پایین‌ترین میزان وزن تر و خشک شاخساره در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار شوری بدون کاربرد SA دیده شد (شکل۱ و۲). هم‌چنین اثر تنش شوری بر وزن تر و خشک ریشه گیاه در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش تنش شوری وزن تر و خشک ریشه گیاه به شدت کاهش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر میانگین این صفت در سه گروه آماری قرار دارند (هر ۳ میانگین از لحاظ این صفت با هم اختلاف معنی‌داری دارند). اثر SA بر وزن تر و خشک ریشه گیاه در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد (جدول۱). اثر متقابل تنش شوری و SA بر این صفت از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بالاترین وزن تر و خشک ریشه در تیمار بدون تنش شوری و غلظت ۱میلی‌مولار SA و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]



شکل۲. آثار متقابل شوری و SA بر وزن خشک شاخساره‌های گیاه کاهو (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).



شکل۳. آثار متقابل شوری و SA بر وزن تر ریشه گیاه کاهو (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).

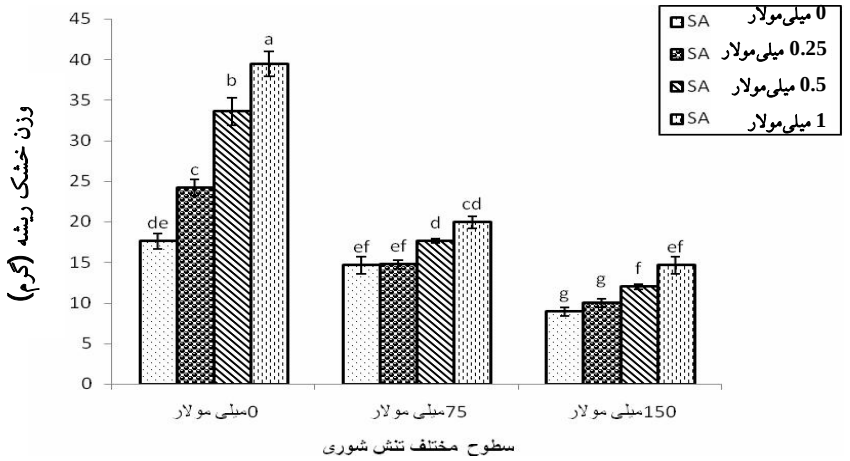
پایین‌ترین وزن تر ریشه در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار شوری بدون کاربرد SA مشاهده شد (شکل۳ و۴).

سطوح مختلف تنش اثر معنی‌داری بر میزان کارتنوئید برگ‌ها در سطح ۱ درصد آماری داشت (جدول ۱). با افزایش تنش میزان کارتنوئید افزایش یافت، به‌طوری‌که کمترین میزان کارتنوئید با میانگین ۰/۴۴۲ در شرایط بدون تنش (۰ میلی‌مولار)، و بالاترین میزان آن با میانگین ۰/۶۸۶ در شرایط تنش شدید (۱۵۰ میلی‌مولار) به‌دست آمد (جدول ۲). اثر SA بر میزان این صفت نیز در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش غلظت SA میزان کارتنوئید افزایش یافت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان کارتنوئید با میانگین ۰/۶۰۵ در تیمار ۱ میلی‌مولار SA و پایین‌ترین میزان آن با میانگین ۰/۵۱۲ در تیمار ۰ میلی‌مولار SA (گیاه شاهد) به‌دست آمد (جدول ۲).

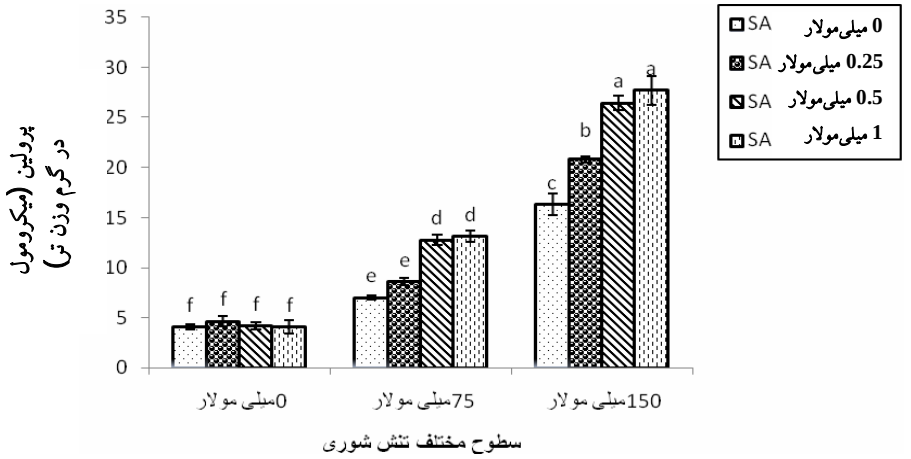
سطوح مختلف تنش اثر معنی‌داری بر میزان پرولین برگ‌ها در سطح ۱ درصد آماری داشت (جدول ۱). با افزایش شدت تنش میزان پرولین افزایش یافت، به‌طوری‌که کمترین میزان پرولین با میانگین ۴/۲۴ (میکرومول در گرم وزن تر) در شرایط بدون

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]



شکل۴. آثار متقابل شوری و SA بر وزن خشک ریشه گیاه کاهو (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).



شکل۵. آثار متقابل شوری و SA بر میزان پرولین در گیاه کاهو. (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).

تنش (۰ میلی‌مولار) و بالاترین میزان آن با میانگین ۲۲/۸۲ (میکرومول در گرم وزن تر) در شرایط تنش شدید (۱۵۰ میلی‌مولار) به‌دست آمد (جدول ۲). اثر SA بر میزان این صفت نیز در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش غلظت SA میزان پرولین افزایش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان پرولین با میانگین ۱۴/۹۷ (میکرومول در گرم وزن تر) در تیمار ۱ میلی‌مولار SA و پایین‌ترین میزان آن با میانگین ۹/۱۱ (میکرومول در گرم وزن تر) در تیمار ۰ میلی‌مولار SA (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۲). اثر متقابل تنش شوری و SA بر این صفت از لحاظ آماری معنی‌دار شد (جدول ۱). بالاترین میزان پرولین در سطح ۱۵۰ میلی مولار شوری و غلظت ۱ میلی مولار SA و پایین‌ترین میزان پرولین در گیاهان شاهد (بدون اعمال تنش شوری و کاربرد SA) دیده شد (شکل۵).

سطوح مختلف تنش شوری اثر معنی‌داری بر میزان مالون دی آلدئید برگ‌ها در سطح ۱ درصد آماری داشت (جدول ۱). با افزایش شدت تنش میزان مالون دی آلدئید افزایش یافت، به‌طوری‌که کمترین میزان مالون دی آلدئید با میانگین ۰/۰۳۵

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]

(نانومول در گرم وزن تر) در شرایط بدون تنش (۰ میلی‌مولار) و بالاترین میزان آن با میانگین ۸۱ ۰/۰ (میکرومول در گرم وزن تر) در شرایط تنش شدید (۱۵۰ میلی‌مولار) به‌دست آمد (جدول ۲). اثر SA بر میزان این صفت نیز در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش غلظت SA میزان مالون دی آلدئید کاهش یافت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان مالون دی آلدئید با میانگین ۰/۰۶۶ در تیمار ۰ میلی‌مولار SA (شاهد) و پایین‌ترین میزان آن با میانگین ۵۲ ۰/۰ در تیمار ۱ میلی‌مولار SA به‌دست آمد (جدول ۲). اثر متقابل تنش شوری و SA بر این صفت از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بالاترین میزان مالون دی‌آلدئید در سطح ۱۵۰شوری و غلظت ۰ میلی‌مولار SA و پایین‌ترین میزان مالون دی‌آلدهید در سطح ۰ میلی‌مولار شوری و غلظت ۰/۵ میلی‌مولار SA دیده شد (شکل۶).

سطوح مختلف تنش اثر معنی‌داری بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی برگ‌ها در سطح ۱ درصد آماری داشت (جدول ۱). با افزایش تنش میزان فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت، به‌طوری‌که کم‌ترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی با میانگین ۱۱۱ درصد در شرایط بدون تنش (۰ میلی‌مولار) و بالاترین میزان آن با میانگین ۱۲۹ درصد در شرایط تنش شدید (۱۵۰ میلی‌مولار) به‌دست آمد (جدول ۲). اثر SA بر میزان این صفت نیز در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش غلظت SA میزان فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت. نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی با میانگین ۱۲۴ درصد در تیمار ۱ میلی‌مولار SA و پایین‌ترین میزان آن با میانگین ۱۱۷ درصد در گیاهان بدون تیمار با SA (گیاهان شاهد) به دست آمد (جدول۲). اثر متقابل تنش شوری و SA بر این صفت از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بالاترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در سطح ۱۵۰ شوری و غلظت ۱ میلی مولار SA و پایین‌ترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در سطح ۰ میلی‌مولار شوری و غلظت ۰ میلی‌مولار SA دیده شد (شکل۷).

بحث

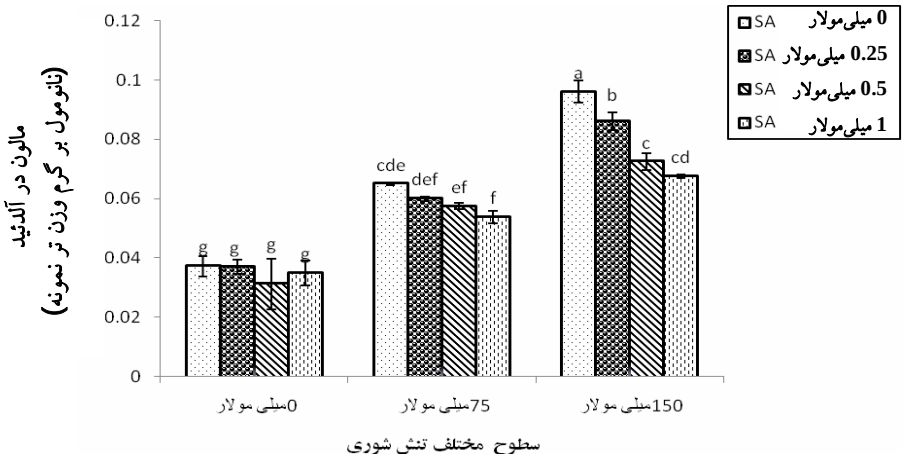
تنش شوری سبب کاهش قابل ملاحظه وزن ریشه و شاخساره می‌شود (۲۲). کاهش وزن خشک بخش‌های هوایی در اثر شوری بالا می‌تواند به‌دلیل افزایش غلظت سدیم و کلر در این قسمت‌ها از طریق افزایش در سرعت انتقال سدیم و کلر به اندام هوایی باشد که خود سبب کاهش رشد این اندام خواهد شد (۳). بنابراین از نظر فیزیولوژیک شوری سبب کاهش رشد رویشی گیاه مانند کاهش وزن تر و خشک می‌شود (۲۴و۴۵). به‌طورکلی کاهش وزن خشک در اثر تنش شوری به‌دلیل کاهش جذب آب و بازدارندگی محصولات فتوسنتزی و سنتز کربوهیدرات می‌باشد (۳۰). در این تحقیق با افزایش تنش شوری وزن تر وخشک شاخساره و ریشه کاهش یافت (جدول ۲) که با گزارش‌های کایا و همکاران (۲۳) و زو و همکاران (۴۷) مطابقت دارد. کاربرد SA بسته به غلظت مورد استفاده در این آزمایش سبب افزایش وزن تر و خشک شاخساره و ریشه گیاه کاهو نسبت به شاهد شد (جدول ۲) که با سایر گزارش‌ها در گیاهان ریحان و مرزنجوش (۱۸) مطابقت دارد که افزایش رشد و عملکرد را در اثر کاربرد اسیدسالیسیلیک گزارش نمودند. در شرایط تنش شوری با کاربرد SA وزن خشک ریشه و ساقه افزایش پیدا کرده است (۱۷).

ارسلان و همکاران (۱۳) نشان دادند که SA به طور معنا داری وزن خشک ریشه و شاخساره را در گیاه هویج رشد یافته تحت تنش شوری افزایش داد. وزن تر شاخساره در گیاه جعفری که با SA تیمار شده بودند تحت تنش شوری افزایش پیدا کرد (۳۹). ساز و کاری که SA رشد ریشه و بخش هوایی را در گیاهان افزایش می‌دهد به‌خوبی شناخته نشده است اما احتمال داده می‌شود که SA طویل شدن و تقسیم سلولی را به همراه تنظیم‌کننده‌های دیگری مانند اکسین تحت تأثیر قرار دهد (۴۱).

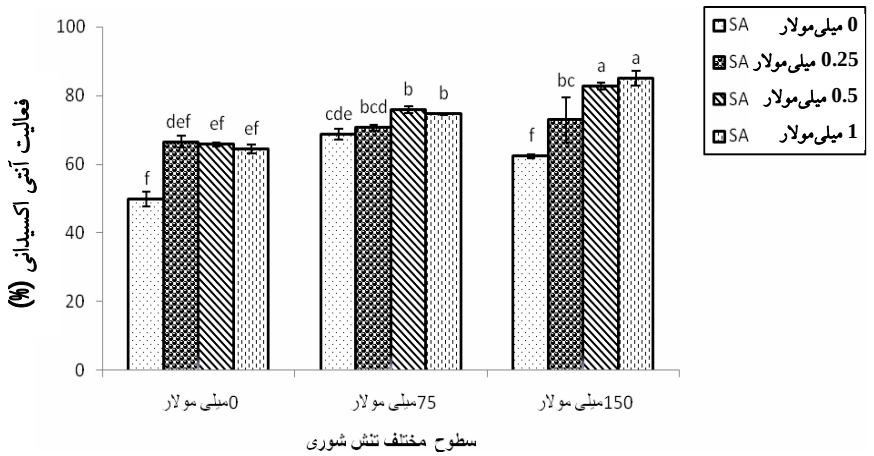
پرولین به‌طور گسترده در گیاهان عالی در مقادیر بالاتری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]



شکل۶. آثار متقابل شوری و SA بر میزان تجمع مالون دی آلدئید در گیاه کاهو. (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).



شکل۷. آثار متقابل شوری و SA بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در گیاه کاهو. (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند).

نسبت به اسیدهای آمینه دیگر در گیاهانی که تنش شوری دیده‌اند، تجمع پیدا می‌کند (۲۱). اثر شوری بر تجمع پرولین در بسیاری از گونه‌های گیاهی مانند گوجه‌فرنگی و توت گزارش شده است (۴۷). پرولین از طریق تنظیم اسمزی، جلوگیری از تخریب آنزیم‌ها و پاک کردن رادیکال‌های هیدروکسیل، بردباری و تحمل گیاهان را در برابر تنش‌ها افزایش می‌دهد (۲۷). کاربرد SA بسته به غلظت مورد استفاده در این آزمایش سبب افزایش مقدار پرولین گیاه کاهو نسبت به شاهد شد (جدول ۲) و با نتایج یوسف و همکاران (۴۶) که گزارش کردند مقدار پرولین گیاه کلزا با کاربرد برگی SA افزایش یافت مطابقت دارد.

از تغییرات بیوشیمیایی که تحت تنش شوری اتفاق می‌افتد تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن است. الکترون‌های تراوش شده از زنجیره انتقال الکترونی می‌توانند با اکسیژن مولکولی واکنش نشان داده و تولید انواع اکسیژن فعال مانند سوپر اکسید ($O_2^{\cdot-}$) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل ($^{\cdot}OH$) نمایند. این انواع اکسیژن برای سلول بسیار واکنش گر و سمی هستند و در غیاب یک مکانیسم حفاظتی قوی ایجاد شده و به متابولیسم عادی لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]

صدمه می‌زنند (۱۵و۲۸). و مخصوصاً باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء می‌شوند (۱۵). مالون دی آلدئید (MDA) فراوان‌ترین محصول حاصل از تجزیه لیپید آلدئیدی به شمار می‌آید (۸). پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی که نتیجهٔ اثرات رادیکال‌های آزاد هستند نشان‌دهندهٔ آسیب تنش در سطح سلولی می‌باشد. بنابراین محتوای MDA حاصل از پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی، بیشتر به‌عنوان یک شاخص برای آسیب اکسیداتیو به‌کار می‌رود (۱۱). افزایش مقدار مالون دی‌آلدئید در اثر تنش شوری که در این تحقیق مشاهده شد (۴-۲) با نتایج تحقیقات کایا و همکاران (۲۳) در کاهو و اراسلان و همکاران (۱۳) در اسفناج که با تیمار NaCl مقدار MDA به‌طور معنی‌داری افزایش یافت مطابقت دارد. کاهش میزان مالون دی آلدئید در تیمارهای دارای SA بیان‌گر نقش حفاظتی SA بر غشاهای سلولی می‌باشد. بنابراین SA در تثبیت غشاهای سلول شرکت می‌کند (۳۱) و با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در برگ‌ها منجر به تعدیل آسیب اکسیداتیو می‌گردد به‌طوری‌که با کاهش مقادیر مالون دی آلدئید نشان داده شده است. افزایش تولید مالون دی آلدئید و کاهش آن در اثر مصرف SA تحت تنش شوری در عدسک آبی نیز مشاهده شده است (۳۶). به‌نظر می‌رسد SA با پاکسازی رادیکال‌های آزاد، از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری نموده و مانع افزایش مالون دی آلدهید شود (۳۴). کاربرد SA بسته به غلظت مورد استفاده در این آزمایش سبب کاهش مقدار مالون دی آلدئید گیاه کاهو نسبت به شاهد شد (جدول ۲) که با نتایج دلاوری و همکاران (۱۰) که نشان دادند موقعی که گیاهان ریحان با SA تیمار شدند پراکسید شدن لیپید بر پایه اندازه‌گیری MDA در گیاهان تحت تنش شوری در مقایسه با کنترل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و تاری و همکاران (۴۴) که کاهش معناداری در MDA در گیاهان گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری را یافتند مطابقت داشت.

شوری باعث تخریب ساختار کلروپلاست‌ها و عدم پایداری ترکیب‌های پروتئینی می‌شود. هم‌چنین کارتنوئیدها تحت تأثیر قرار گرفته و باز دارندگی نوری تقویت می‌شود (۳۷). خیساندن بذرهای ماش در محلول آبی SA منجر به کاهش در محتوای کارتنوئید در برگ‌های گیاهان بعدی شد (۲). در رویارویی با تنش شوری کاربرد SA توانسته است خسارت به کارتنوئیدها را کاهش دهد (۳۰). کاربرد SA بسته به غلظت مورد استفاده در این آزمایش سبب افزایش کارتنوئید گیاه کاهو نسبت به شاهد شد (جدول ۲) که با نتایج اراسالان و همکاران (۱۳) که نشان دادند SA به‌طور معناداری مقدار کارتنوئید را در گیاه هویج رشد یافته تحت تنش شوری را افزایش داد مطابقت دارد.

بعضی از محرک‌های زیستی مثل اسیدسالیسیلیک موجب سنتز آنتی اکسیدان‌ها می‌شوند و چنان که نتایج نشان می‌دهد فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان نیز افزایش می‌یابد. پیشنهاد شده که تحریک آنتی اکسیدان‌ها به خاطر تحریک سنتز پروتئین توسط SA حاصل شود (۲۹). با کاربرد خارجی SA در غلظت مناسب ضریب سیستم آنتی اکسیدانی در گیاهان افزایش می‌یابد (۲۰). کاربرد SA بسته به غلظت مورد استفاده در این آزمایش نیز سبب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی کاهو نسبت به شاهد شد (جدول ۲). این نتایج با نتایج نورن و همکاران (۳۵) که دریافتند کاربرد خارجی شاخساره‌ای SA ظرفیت آنتی اکسیدانی را در آفتابگردان تحت تنش شوری افزایش داد همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده از آزمایش (جدول ۲) می‌توان گفت که هر چند با افزایش تنش شوری، میزان رشد و عملکرد گیاه کاهو کاهش پیدا کرد اما با به‌کارگیری SA می‌توان تا حدی از بروز اثرهای سوء تنش شوری بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد این گیاه کاست (جدول۲). این آثار SA مرتبط با تأثیر مثبت مصرف آن بر ویژگی‌های فیزیولوژیک همانند محتوای کلروفیل، میزان تجمع پرولین و افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه بود و بیشترین اثر مفید SA در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار دیده شد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]

منابع مورد استفاده

1. Akhani, H. and M. Ghorbanli. 1993. A contribution to the halophytic vegetation and flora of Iran. PP. 35-45, *In*: H. Lieth and A. Al-Masoom (Eds.), Towards the Rational Use of High Salinity Tolerant Plants. Kluwer Academic Pub., Netherlands.
2. Anandhi, S. and M. P. Ramanujam. 1997. Effect of salicylic acid on black gram (*Vigna mungo*) cultivars. *Indian Journal of Plant Physiology* 2:138-141.
3. Barret-Lennard, E. G. 2003. The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: Causes, consequences and implications. *Plant and Soil* 253: 35-54.
4. Battes, L. S., R. P. Waldren and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 29: 205-207.
5. Bezrukova, M. V., A. R. Sakhabutdinova, R. A. Fatkhutdinova, I. Kildrirova and R. M. Shakirova. 2001. Effect of salicylic acid on root hormone content and the growth of wheat sprouts under water deficit. *Journal of Agrochemya* 2: 51-54.
6. Borsanio, O., V. Valpuesta and M. A. Botella. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedling. *Plant Physiology* 126: 1024-1030.
7. Clarkson, G. J. J., E. E. O'Byrne, S. D. Rothwell and G. Taylor. 2003. Identifying traits to improve postharvest processability in baby leaf salad. *Journal of Postharvest Biology and Technology* 30: 287–298.
8. Davey, M. W. E., B. Stals, J. Panis, R. Keulemans and L. Swennen. 2005. High throughput determination of malondialdehyde in plant tissues. *Analytical Biochemistry* 345: 201-207.
9. Davis, P. J. 2005. Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action. Springer Verlag Pub., USA.
10. Delavari, P. M., A. Baghizadeh, S. H. Enteshari, K. H. M. Kalantari and A. Yazdapanah. 2010. The Effect of salicylic acid on some of biochemical and morphological characteristics of *Ocimum Basilicucm* under salinity stress. *Journal of Basic and Applied Sciences* 4(10): 4832-4845.
11. Demiral, T. and I. Turkan. 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defens systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany* 53:247-257.
12. El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45: 215-224.
13. Eraslan, F., A. Inal, A. Gunes and M. Alpaslan. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae* 113: 120–128.
14. FAO. 2013. FAO Land statistics. Available online at: http://faostat.fao.org/site/567/default. Accessed 25 May 2013.
15. Francois, L. E. and E. V. Mass. 1994. Crop response and management on salt affected soils. PP. 149, *In*: Pessarakil, M. (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress, Marcel Dekker Pub., New York.
16. Ganesan, V. and G. Thomas. 2001. Salicylic acid response in rice: influence of salicylic acid on H_2O_2 accumulation and oxidative stress. *Journal of Plant Science* 160: 1095-1106.
17. George, A. P. and R. J. Nissen. 1992. Effects of water stress, nitrogen and paclobutrazol on flowering, yield and fruit quality of the low-chill peach cultivar, Flordaprince. *Scientia Horticulturae* 49(3-4):197-199.
18. Gharib, F. A. L. 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activites and oil content of basil and majoram. *Journal of Agriculture and Biology* 4: 485-492.
19. Gomes, L., L. Blanca and C. S. Antonio. 1993. Evidence of the beneficial action of acetyl salicylic on wheat genotypes yield under restricted irrigation. PP. 112, *In: proceeding. Scientific Meeting on Forestry, Livestock and Agriculture, Mexico.*
20. He, Y. L., Q. Liu, C. Chen and A. H. Bian. 2002. Thermotolerance related to antioxidantion induced by salicylic acid and heat acclimation in tall fescue seedling. *Journal of Plant Physiology and Moleculare Biology* 28: 89-95.
21. Hellman, H., D. Funck, D. Rentsch and W. B. Frommer. 2000. Hypersentivity of an Arabidopsis sugar signaling mutant toward exogenous proline application. *Plant Physiology* 123: 779-789.
22. Hernandez, J. A., E. Olmos, F. J. Corpas, F. Sevilla and L. A. Del Rio. 1995. Salt induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Science* 105:151-167.
23. Kaya, C., D. Higgs and H. Kirnak. 2001. The Effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Plant Physiology* 27(3-4): 47-59.
24. Khadri, M., N. A. Tejera and C. Lluch. 2007. Sodium chloride-ABA interaction in two common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars differing in salinity tolerance. *Environmental and Experimental Botany* 60: 211-218.
25. Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. *Journal of Agricultural Biology* 6: 5-8.
26. Kimura, M. and D. B. Rodriguez-Amaya. 2003. Carotenoid composition of hydroponic leafy vegetables. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 51:2603–2607.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]

27. Kuznetsov, V. I. and N. I. Shevykova. 1999. Proline under stress: Biological role, metabolism and regulation. *Russian Journal of Plant Physiology* 46: 274-287.
28. Maftoun, M. and A. R. Sepaskhan. 1989. Relative salt tolerance of eight wheat cultivars. *Agrochemya* 33:1-13.
29. Mazen, A. 2004. Accumulation of four metals in tissues of *Corchorus olitorius* and possible mechanisms of their tolerance. *Biologia Plantarum* 48(2): 267-272.
30. Metwally, A., I. Finkemeier, M. Georgi and K. J. Dietz. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Journal of Plant Physiology* 132: 272–81.
31. Mishra, A. and M. A. Choudhuri. 1999. Effects of salicylic acid on heavy metal induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. *Biologia Plantarum* 42: 409-415.
32. Moon, J. H. and J. Terao.1998. Antioxidant activity of caffeic acid and dihydrocaffeic acid in lard and human low-density lipoprotein. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 46: 5062-5065.
33. Nemat Alla, M. M., M. E. Younis, O. A. El-Shihaby and Z. M. El-Bastawisy. 2002. Kinetin regulation of growth and secondary metabolism in waterlogging and salinity treated *Vigna sinensis* and *Zea mays*. *Acta Physiologia Plantarum* 24: 19-27.
34. Noctor, C.H. and CH. Foyer. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 49:249-279.
35. Noreen, S., M. Ashraf, M. Hussain and A. Jamil. 2009. Exogenous application of salicylic acid enhances antioxidative capacity in salt stressed sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. *Pakistan Journal of Botanical Sciences* 41(1): 473-479.
36. Panda, S. K. and R. K. Upadhyay. 2004. Salt stress induces oxidative alterations and antioxidative defense in in the roots of *Lemna minor*. *Biologia Plantarum* 48(2): 249-253.
37. Papp, J. C., M. C. Ball and N. Terry. 1983. A comparative of the effects of NaCl salinity respiration, photosynthesis and leaf extention *Beta vulgaris* L. (sugar beet). *Plant Cell and Environment* 6:675-677.
38. Rajasekaran, L. R. and T. J. Blake. 1999. New plant growth regulators protect photosynthesis and enhance growth under drought of jack pine seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation* 18: 175-181.
39. Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 43: 439-463.
40. Senaranta, T., D. Touchell, E. Bumm and K. Dixon. 2002. Acetylaslicylic (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30: 157-161.
41. Shakirova, F. M. and D. R. Sahabutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164:317-322.
42. Stevens, J., T. Senaratna and K. Sivasithamparam. 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. *Plant Growth Regulation* 49: 77-83.
43. Stewart, R. R. C. and J. D. Bewley. 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soyben axes. *Plant Physiology* 6: 24-248.
44. Tari, I., J. Csiszar, G. Szalai, F. Horvath. A. pecsaradi, G. Kiss, A. Szepesi, M. Szabo and L. Erdei. 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. *Acta Biologica Szegediensis* 46:55-56.
45. Wanichan, P., C. Kirdmanee and C. Vutyano. 2003. Effect of salinity on biochemical and physiological characteristics in correlation to selection of salt-tolerance in aromatic rice (*Oriza sativa* L.). *Science Asian* 29:333-339.
46. Yusuf, M., S. A. Hasan, B. Ali, S. Hayat, Q. Fariduddin and A. Ahmad. 2008. Effect of salicylic acid on salinity induced changes in *Brassica juncea*. *Journal of Integrative Plant Biolology* 50(8): 1–4.
47. Zhu, Z., G. Wei, J. Li, Q. Qian and J. Yu. 2004. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in Leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science* 167: 527-533.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.1.9]