

زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال دوم، شماره دوم، (پیاپی ۴) تابستان ۱۳۸۹، صفحه ۱-۱۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۲/۰۴

تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۸۹/۰۲/۱۹

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۸۹/۰۳/۲۳

اثر پیش تیمار بذر توسط سالیسیلیک‌اسید بر رشد و برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در شاهی (*Lepidium sativum*)

شهلا هاشمی، زهرا اسرار^{۱*} و شهرام پورسیدی^۲
^۱ گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر، کرمان
^۲ گروه کشاورزی دانشگاه شهید باهنر، کرمان

چکیده

سالیسیلیک‌اسید، یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی است. این ماده در فرآیندهای فیزیولوژیک گوناگون رشد و نمو دخالت داشته، همچنین نقشی فعال در پاسخ‌های دفاعی گیاه ایفا می‌کند. در این بررسی، به علت اهمیت شاهی (*Lepidium sativum*) به عنوان دارو و غذا و نیز ارزش اقتصادی آن، اثر سالیسیلیک‌اسید با غلظت‌های مختلف ۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار بر بعضی فاکتورهای رشد و بیوشیمیایی گیاه بررسی گردید. مطالعات نشان داد در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار، طول ساقه و ریشه افزایش یافت. علاوه بر این، محتوای پر اکسید هیدروژن در تیمارهای ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد، افزایش نشان داد. تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار جذب روی و منگنز را نسبت به شاهد افزایش داد، در حالی که محتویات کاروتنوئید و آنتوسیانین در غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار نسبت به شاهد کاهش یافتند. فعالیت کاتالاز و محتوای مالون‌دی‌آلدید در غلظت‌های ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید نسبت به شاهد کاهش یافتند.

واژه‌های کلیدی: پر اکسید هیدروژن، سالیسیلیک‌اسید، شاهی، کاتالاز

مقدمه

فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه، نظیر: کنترل تنفس، بسته شدن روزنه‌ها، جوانه‌زنی دانه، رسیدن میوه، گلیکولیز، گلدهی و تولید گرما ایفا می‌کند (Chen et al., 2007). رشد و نمو به وسیله فاکتورهای محیطی، نظیر: خشکی، شوری، گرما و سرما تحت تأثیر قرار می‌گیرد. نشانه‌های

سالیسیلیک‌اسید یا اورتویدروکسی بنزوئیک‌اسید، به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق داشته و از نام *Salix* (بید) مشتق شده است (Popova et al., 1997). سالیسیلیک‌اسید، هورمونی گیاهی است که نقشی مهمی در تعدادی از

به صورت طرح کامل تصادفی با ۴ تیمار در ۳ تکرار انجام گرفت. بذره‌های نمونه مورد نظر، پس از ضد عفونی کردن با هیپوکلریت سدیم به مدت ۶ دقیقه بخوبی با آب مقطر شسته و به مدت ۶ ساعت در محلول‌های سالیسیلیک اسید با غلظت‌های (۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱) به طور جداگانه خیس‌اندازه شد. پس از آن، بذره‌های خیس خورده در محلول سالیسیلیک اسید، به پتری‌دیش‌های استریل حاوی کاغذ صافی واتمن شماره ۱ انتقال یافت و بعد از ۳ روز گیاهان به گلدان‌های پلاستیکی حاوی پرلیت انتقال داده شد. هفته‌ای ۳ بار به هر گلدان ۶۰ میلی‌لیتر محلول غذایی Long-Ashton با رقت ۱:۲ داده شد و پس از ۲۷ روز رشد، گیاهان برای آنالیز برداشت شدند.

اندازه‌گیری طول اندام هوایی و ریشه

طول ساقه و ریشه با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. طول ساقه از یقه تا قسمت انتهایی ساقه و طول ریشه از یقه تا انتهایی ریشه در نظر گرفته شد. برای هر گروه تیمار، ۳ تکرار انجام گرفت و مقادیر بر اساس واحد سانتی‌متر گزارش شد.

سنجش میزان کاروتنوئید

برای سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید از روش Lichtenthaler (1987) استفاده شد. ۰/۲ گرم از برگ‌های تازه گیاه در هاون چینی که حاوی ۱۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد بود، ساییده شد و پس از صاف کردن با کاغذ صافی، جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Visible مدل Cary 50 ساخت آلمان در طول موج‌های ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲۰، ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. برای صفر نمودن

عمومی در پاسخ به تنش‌های غیرزیستی، شامل: پژمردگی، مهار فرآیندهای متابولیکی، کلروز، پراکسیداسیون لیپیدها، تغییر در نفوذپذیری غشا و نشت یون‌هاست (Chen et al., 2007). سالیسیلیک اسید باعث کاهش آثار ناشی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی، مثل: UV، خشکی، شوری، گرما، سرما و فلزات سنگین می‌گردد. این ماده با اثر بر روی متابولیت‌هایی مانند آسکوربیک اسید (مظاهری، ۱۳۸۷)، گلوکاتیون و نیز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، مانند: کاتالاز (Horvath et al., 2002)، سوپراکسید دیسموتاز، پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیداز آثار ناشی از تنش را کاهش می‌دهد. سالیسیلیک اسید باعث تجمع آب‌سزیک اسید و اکسین می‌شود، ولی بر روی سیتوکنین تأثیری ندارد. این هورمون به دلیل داشتن اکسیژن گروه هیدروکسیل آزاد روی حلقه بنزوئیک قادر به شلاته کردن فلزات است، بنابراین، با شلاته کردن آهن موجود در آنزیم آمینو سیکلو پروپان کربوکسیلیک اسید اکسیداز، موجب بلوکه کردن این آنزیم و در نهایت، مهار بیوسنتز اتیلن می‌شود (Shakirova et al., 2003).

گیاهان دارویی از لحاظ درمان از ارزش خاصی برخوردارند. از سوی دیگر، سالیسیلیک اسید نقشی مهم در رشد و فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه دارد، به همین دلیل، اثر سالیسیلیک را روی برخی پارامترهای شیمیایی و فیزیولوژیک گیاه شاهی بررسی کردیم.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، از گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) استفاده شد. به منظور بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر روی برخی از پارامترهای رشد، فعالیت آنزیم کاتالاز و محتوای مالون‌دی‌آلدئید و جذب یون‌ها، آزمایش

اندازه گیری غلظت مالون دی آلدئید

اندازه گیری غلظت مالون دی آلدئید (MDA) به روش (Heath and Packer, 1969) انجام گرفت. طبق این روش ۰/۲ گرم از بافت تازه برگگی توزین و در هاون چینی حاوی ۵ میلی لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد ساییده شد. عصاره حاصل با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفیوژ شد. به یک میلی لیتر از محلول رویی، ۴ میلی لیتر محلول TCA ۴۰ درصد حاوی ۰/۵ درصد تیوباریتوریک اسید (TBA) افزوده گردید. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد حمام آبگرم حرارت داده شد. سپس بلافاصله در یخ سرد شد و دوباره مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفیوژ گردید. شدت جذب این محلول، با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد. ماده مورد نظر برای جذب در این طول موج، کمپلکس قرمز (MDA-TBA) است. برای محاسبه غلظت MDA از ضریب خاموشی معادل $1/56 \times 10^5 M^{-1} cm^{-1}$ استفاده شد و نتایج حاصل از اندازه گیری بر حسب وزن تر محاسبه و ارائه گردید.

سنجش پر اکسید هیدروژن

سنجش پر اکسید هیدروژن با استفاده از روش (Velikova et al., 2000) انجام شد. اندام هوایی گیاه در حمام یخ با تری کلرو استیک اسید ۰/۱ درصد ساییده شد. عصاره در سانتریفیوژ یخچال دار مدل Centrifuge 5804R, Germany از شرکت Eppendorf در دمای ۴ درجه سانتی گراد در ۱۰۰۰۰g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس ۰/۵ میلی لیتر از محلول رویی به ۰/۵ میلی لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰ میلی مولار (pH=۷) و یک میلی لیتر

دستگاه، از استون ۸۰ درصد استفاده شد. غلظت رنگیزه ها با استفاده از فرمول های زیر محاسبه گردید:

$$Chla = 12.25 A_{663.2} - 2.79 A_{646.8}$$

$$Chlb = 21.21 A_{646.8} - 5.1 A_{663.2}$$

$$ChIT = chla + chlb$$

$$Car = (1000A_{470} - 1.8 chla - 85.02 chlb) / 198$$

در این فرمول ها Chla، Chlb، ChIT و Car به ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها (شامل کاروتن ها و گزانتوفیل ها) است. غلظت بر حسب $mg \cdot ml^{-1}$ عصاره گیاهی تعیین گردید. نتایج حاصل از اندازه گیری مقدار رنگیزه های فتوسنتزی بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر محاسبه و ارائه گردید.

سنجش میزان آنتوسیانین

برای اندازه گیری مقدار آنتوسیانین های برگگ از روش (Wagner, 1979) استفاده شد. ۰/۱ گرم از بافت برگگ در هاون چینی با ۱۰ میلی لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و کلریدریک اسید خالص به نسبت حجمی ۱:۹۹) کاملاً ساییده و عصاره در لوله های آزمایش سر پیچ دار ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده، جذب محلول رویی در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه گیری گردید. برای محاسبه غلظت، ضریب خاموشی (ϵ) $33000 M^{-1} cm^{-1}$ در نظر گرفته شد.

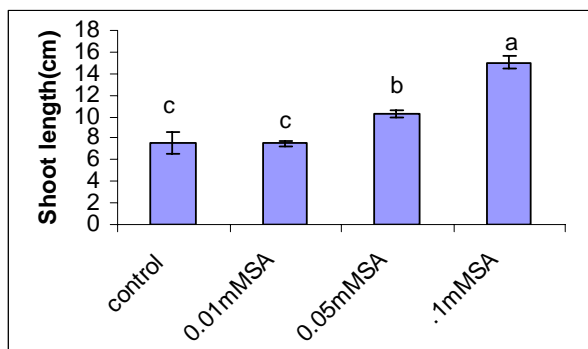
$$A = \epsilon bc$$

A = جذب، b = عرض کووت، c = غلظت محلول مورد نظر

ساعت قرار داده شد تا نمونه گیاهی به خوبی در اسید هضم شود. بعد از این مدت، محصول حاصل را گرم کردیم تا بخارات اسیدی از محلول خارج شوند. سپس حجم محلول را به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده، از کاغذ صافی عبور دادیم. برای اندازه‌گیری عناصر موردنظر، از دستگاه جذب اتمی Spectr AA مدل Atomic Absorption Spectrometer ساخت کشور آمریکا استفاده شد.

عملیات آماری

آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، آزمون ANOVA صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و برای رسم شکل از نرم‌افزار Excel استفاده شد.



شکل ۱- اثر سالیسیلیک‌اسید بر طول ساقه. مقادیر، میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی‌دار است.

نتایج

اثر سالیسیلیک‌اسید روی طول ساقه

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش طول ساقه می‌شود. بالاترین

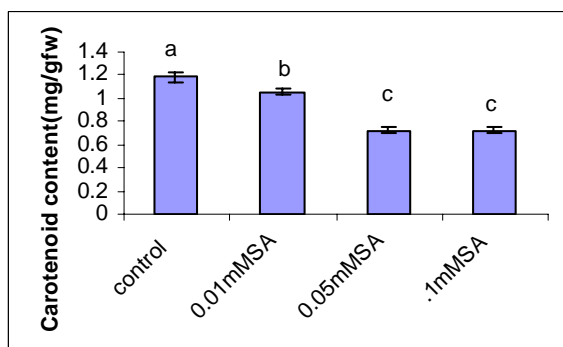
تدبید پتاسیم یک مولار اضافه گردید و جذب در طول موج ۳۹۰ نانومتر خوانده شد. مقدار پراکسید هیدروژن در هر نمونه، با استفاده از ضریب خاموشی $0.28 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ محاسبه و بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر گزارش گردید.

فعالیت آنزیم کاتالاز

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز، با استفاده از محاسبه کاهش جذب H_2O_2 (کاهش مقدار H_2O_2 در ۲۴۰ نانومتر و با روش (Dhindsa and Motowe, 1981) انجام شد. مخلوط واکنش شامل بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار با $\text{pH}=7$ و پراکسید هیدروژن ۱۵ میلی‌مولار بود. با افزودن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به مخلوط ذکر شده، واکنش شروع شد. شاهد برای صفر کردن دستگاه اسپکتروفوتومتر شامل مخلوط واکنش، اما فاقد عصاره آنزیمی بود. میزان H_2O_2 موجود در مخلوط واکنش پس از ۱ دقیقه با استفاده از ضریب خاموشی $(\epsilon=0.28 \text{ mMol}^{-1} \text{ cm}^{-1})$ و فرمول $A = \epsilon bc$ محاسبه شد که نشان‌دهنده میزان فعالیت آنزیم کاتالاز است. A: معادل جذب خوانده شده، ϵ : ضریب خاموشی، c: غلظت H_2O_2 و b: عرض کووت (یک سانتی‌متر) است.

تعیین میزان یون‌های روی و منگنز در ریشه به روش جذب اتمی

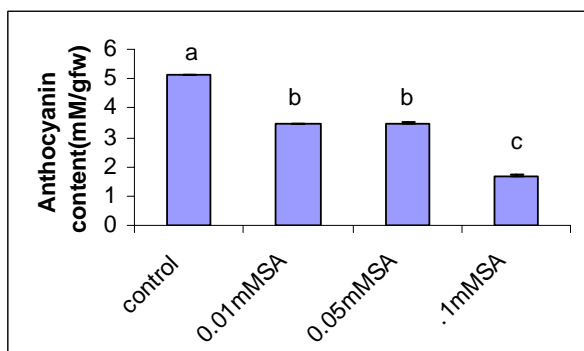
از آنجا که روش جذب اتمی، یکی از دقیقترین روش‌ها برای اندازه‌گیری میزان عناصر است، به منظور اندازه‌گیری یون‌های روی و منگنز از روش جذب اتمی (Lozak and Soltyk, 2002) استفاده شد. اندازه‌گیری یون‌ها در بافت ریشه انجام شد. برای این منظور ۰/۵ گرم از بافت گیاهی خشک در ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به مدت ۲۴



شکل ۳- اثر سالیسیلیک اسید بر محتوای کاروتنوئید. مقادیر، میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی دار است.

اثر سالیسیلیک اسید روی غلظت آنتوسیانین

افزایش غلظت سالیسیلیک اسید باعث کاهش معنی دار آنتوسیانین در گیاه شد. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود، غلظت ۰/۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید پایین ترین غلظت را به خود اختصاص داده است و تیمارهای ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

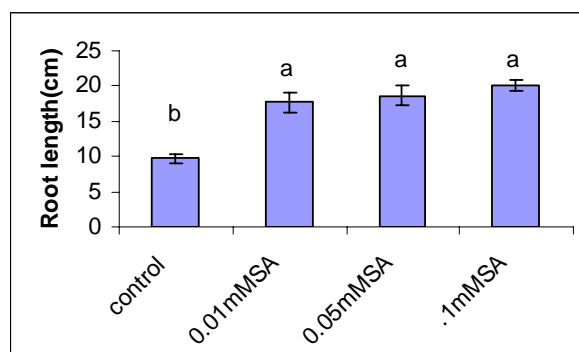


شکل ۴- اثر سالیسیلیک اسید بر محتوای آنتوسیانین. مقادیر، میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی دار است.

مقدار طول ساقه در تیمار ۰/۱ میلی مولار است. تیمار ۰/۰۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید تفاوت معنی داری با شاهد نداشته است.

اثر سالیسیلیک اسید روی طول ریشه

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود، تیمارهای ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول ریشه نسبت به شاهد می شود، اما طول ریشه در میان تیمارهای ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی مولار تفاوت معنی داری نشان نداد ($p \leq 0.05$).



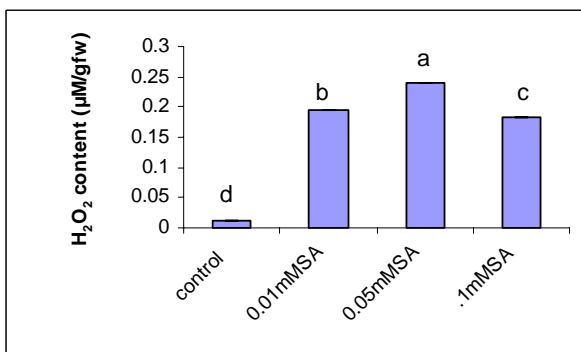
شکل ۲- اثر سالیسیلیک اسید بر طول ریشه. مقادیر، میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی دار است.

اثر سالیسیلیک اسید روی غلظت کاروتنوئید

همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود، تیمارهای ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید باعث کاهش کاروتنوئیدها نسبت به گیاه شاهد شده است و کمترین محتوا مربوط به تیمار ۰/۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید است.

دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی‌دار است.

اثر سالیسیلیک‌اسید روی غلظت پراکسید هیدروژن
 تیمارهای ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش محتوای پراکسید هیدروژن نسبت به شاهد شده و بالاترین محتوا مربوط به تیمار ۰/۰۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک است (شکل ۷).



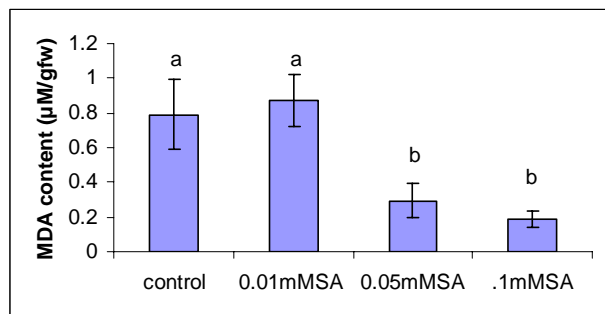
شکل ۷- اثر سالیسیلیک‌اسید بر محتوای پراکسید هیدروژن. مقادیر، میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی‌دار است.

اثر سالیسیلیک‌اسید روی جذب یون‌های روی و منگنز

تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش جذب روی در گیاه شد، اما در تیمارهای ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش جذب روی نسبت به گیاه شاهد شد. با افزایش غلظت سالیسیلیک‌اسید، جذب منگنز افزایش یافت. بالاترین غلظت منگنز در تیمار ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و پایین‌ترین غلظت در شاهد دیده شد.

اثر سالیسیلیک‌اسید روی غلظت مالون‌دی‌آلدئید

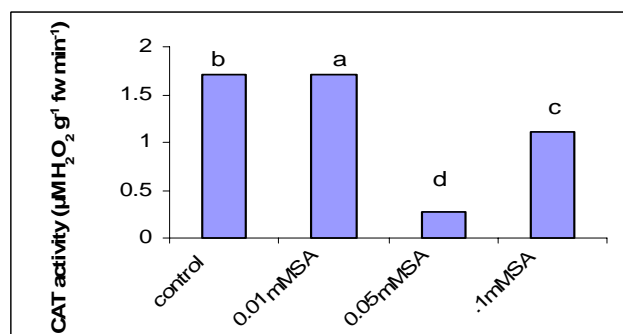
همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، افزایش غلظت سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش معنی‌دار مالون‌دی‌آلدئید در گیاه شد، اما تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید تفاوت معنی‌داری با شاهد ندارد.



شکل ۵- اثر سالیسیلیک‌اسید بر محتوای مالون‌دی‌آلدئید. مقادیر، میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی‌دار است.

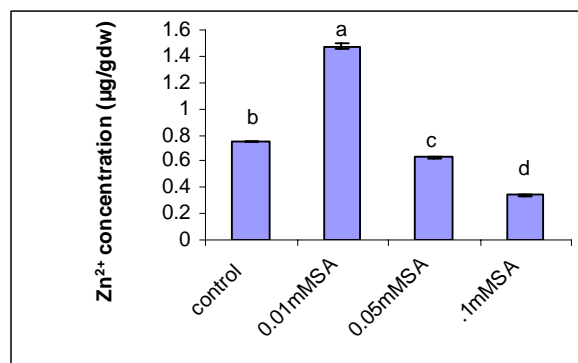
اثر سالیسیلیک‌اسید روی فعالیت آنزیم کاتالاز

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، بالاترین فعالیت کاتالاز در تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار و پایین‌ترین فعالیت در تیمار ۰/۰۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک دیده می‌شود.

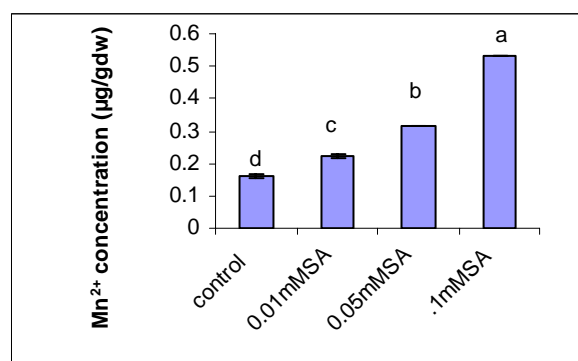


شکل ۶- اثر سالیسیلیک‌اسید بر فعالیت آنزیم کاتالاز. مقادیر، میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون

منجر به افزایش رشد طولی می‌شود، افزایش می‌دهد. همچنین سالیسیلیک اسید در سنتز پروتئین‌های خاصی به نام پروتئین کیناز نقش دارد که این پروتئین‌ها نیز نقش مهمی در تنظیم تقسیم، تمایز و ریخت‌زایی سلول ایفا می‌کنند (Zhang and Klessig, 1997). در این پژوهش، تیمار با سالیسیلیک اسید باعث کاهش کاروتنوئیدها شد. کاروتنوئیدها قادرند انرژی زیاد طول موج‌های کوتاه را گرفته، اکسیژن یکتایی را به سه‌تایی تبدیل کنند و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده، نقش آنتی‌اکسیدانی خود را ایفا می‌کنند (Qinghua and Zhujun, 2008). سالیسیلیک اسید معمولاً با اثر بر هورمون‌های آبسزیک اسید و اتیلن (Zhu, 2001) بسیاری از روندهای فیزیولوژیک و رشد گیاه را تنظیم می‌کند؛ از جمله با اثر بر روی هورمون آبسزیک اسید و تجمع این هورمون در گیاه باعث خوگیری گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی می‌شود. کاروتنوئیدها خود پیش ماده‌ای برای سنتز آبسزیک اسید هستند (تایز و زایگر، ۱۳۷۹). بنابراین، کاهش مشاهده شده در مقدار کاروتنوئیدها در این پژوهش می‌تواند به دلیل تبدیل کاروتنوئیدها به آبسزیک اسید باشد. آنتوسیانین موجود در گیاه نیز به‌عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کند و گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کند (Sairam et al., 1998). سالیسیلیک اسید باعث کاهش آنتوسیانین شده است. علت این امر به مهار سنتز اتیلن (Qinghua and Zhujun, 2008) نسبت داده شده است. احتمال داده شده که اتیلن با اثر بر آنزیم‌های مسیر بیوسنتزی آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها از جمله فنیل آلانین آمونیا‌لیاز، باعث تجمع آنتوسیانین‌ها در گیاه می‌شود (Hyodo and Yang, 1997). سالیسیلیک اسید به دلیل داشتن اکسیژن گروه هیدروکسیل آزاد روی حلقه بنزوئیک قادر به شلاته کردن



شکل ۸- اثر سالیسیلیک اسید بر جذب یون روی. مقادیر، میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی‌دار است.



شکل ۹- اثر سالیسیلیک اسید بر جذب یون منگنز. مقادیر، میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی‌دار است.

بحث

تیمار سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول ریشه و اندام هوایی شد. ساز و کاری که سالیسیلیک اسید، رشد ریشه و بخش هوایی را در برخی گیاهان افزایش می‌دهد، بخوبی شناخته نشده است، اما احتمال داده می‌شود که سالیسیلیک اسید طولی شدن و تقسیم سلولی را به همراه مواد دیگری، از قبیل اکسین تنظیم می‌کند. تیمار گیاه گندم با سالیسیلیک اسید، میزان تقسیم سلولی مریستم راسی را که

H^+ -ATPase در غشای پلاسمایی نقشی مهم در انتقال غیر مستقیم یون‌ها دارد. همچنین مدارکی مبنی بر اثر القایی سالیسیلیک‌اسید روی این آنزیم در خیار وجود دارد (Qinghua and Zhujun, 2008). سالیسیلیک‌اسید در غلظت های ۰/۱ میلی‌مولار باعث افزایش جذب روی شد، اما غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌مولار آن، در این آزمایش باعث کاهش جذب روی در گیاه شده که مکانیسم دقیق آن مشخص نشده است.

نتیجه‌گیری کلی

سالیسیلیک‌اسید نقشی مهم در رشد گیاه دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که پیش تیمار بذر شاهی با سالیسیلیک‌اسید اثر مثبتی بر رشد ریشه و ساقه گیاهچه داشته است. سالیسیلیک‌اسید با افزایش محتوای پراکسید هیدروژن، به خاطر کاهش فعالیت کاتالاز در گیاه پیامی را سبب می‌شود که در ادامه موجب کاهش پراکسیداسیون لیپید می‌گردد.

تشکر و قدر دانی

خالصانه‌ترین مراتب قدردانی و تشکر خود را محضر اساتید گرانقدر و بزرگوارم، سرکار خانم دکتر اسرار و جناب آقای دکتر پورسیدی تقدیم می‌کنم. اساتیدی که دلسوزانه و با صبر و حوصله کم نظیر، همواره راهنمایم بوده‌اند.

مظاهری، م.، کلانتری، خ. م. و حسینی، ن. (۱۳۸۷) مطالعه اثر متقابل اتیلن و اسید سالیسیلیک‌اسید بر القای تنش اکسیداتیو و مکانیسم‌های مقاومت به آن در گیاهان

آهن موجود در کاتالاز می‌شود (Qinghua and Zhujun, 2008)، بنابراین، سالیسیلیک‌اسید، سبب بازدارندگی فعالیت آنزیم کاتالاز - که یک آنزیم پاکسازی کننده پراکسید هیدروژن است - می‌شود و در نتیجه، با کاهش فعالیت این آنزیم سبب افزایش پراکسید هیدروژن در گیاه می‌شود. اگرچه پراکسید هیدروژن در غلظت‌های بالا سمی است و به‌وسیله آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز چرخه آنتی‌اکسیدانی آسکوربات-گلوتاتیون از بین می‌رود، اما در غلظت‌های پایین می‌تواند نقش پیام را در گیاه داشته باشد (Qinghua and Zhujun, 2008).

محتوای پراکسید هیدروژن در تیمار ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید، کمتر از محتوای ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید است که این نتایج با نتایج فعالیت آنزیم کاتالاز تناقض دارد. این نتیجه می‌تواند به خاطر فعالیت آنزیم‌های دیگر نظیر آسکوربات پراکسیداز باشد؛ یعنی تیمار ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز یا آنزیم‌های دیگر را افزایش داده باشد.

Wang و همکاران در سال ۲۰۰۹ گزارش کردند که سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش فعالیت آسکوربات پراکسیداز در ذرت شد.

افزایش جذب منگنز در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به خاطر اثر القایی سالیسیلیک‌اسید روی آنزیم H^+ -ATPase است. آنزیم

منابع

تایز، ل. و زایگر، ا. (۱۳۷۹) فیزیولوژی گیاهی، ترجمه کافی، م.، زند، ا.، شریفی، ح. ر. و گلدانی، م. انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد.

۴۲۱-۴۳۲.

کلزا (*Brassica napus*). مجله زیست‌شناسی ایران ۳:

- Chen, J., Cheng, Z. and Zhong, S. (2007) Effect of exogenous salicylic acid on growth and H₂O₂- Metabolizing enzymes in rice seedlings lead stress. *Journal of Environmental sciences* 19:44-49.
- Dhindsa, R. S. and Motowe, W. (1981) Drought tolerance in two mosses: correlation with enzymatic defense against lipid peroxidation. *Journal of Experimental Botany* 32: 79-91.
- Heath, R. L., Packer, L. (1969) Photoperoxidation in isolated chloroplast, kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry* 125: 189-198.
- Horvath, E., Janda, T., Szalai, G. and Paldi, E. (2002) In vitro salicylic acid inhibition of catalase activity in maize: differences between the isoenzymes and a possible role in the induction of chilling tolerance. *Plant Science* 163: 1129- 1135.
- Hyodo, H. and Yang, Sh. (1997) Ethylene enhance synthesis of phenylalanine ammoniolyase in pea seedlings. *Plant Physiology* 47: 765-770.
- Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 148: 350-382.
- Lozak, A. and Soltyk, K. (2002) Determination of selected trace elements in herbs and their infusions. *Science Environment* 289:33-40.
- Popova, L., Pancheva, T. and Uzonova, A. (1997) Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. *Plant Physiology* 23: 85-93.
- Qinghua, S. H. and Zhujun, Z. (2008) Effect of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber. *Environmental and Experimental Botany* 63:317-326.
- Sairam, R. K., Deshmukh, P. S. and Saxena, D. C. (1998) Role of antioxidant systems in wheat genotype tolerance to water stress. *Plant Biology* 41(3): 387-394.
- Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bozrutkova, M. V., Fatkhutdinova, R. A. and Fatkhutdinova, D. R. (2003) Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164: 317-322.
- Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. (2000) Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. *Plant Science* 151: 59-66.
- Wang, H., Feng, T. and Yan, M. (2009) Up-regulation of chloroplastic antioxidant capacity is involved in alleviation of nickel toxicity of *Zea mays* by exogenous salicylic acid. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 75: 1354-62.
- Wanger, G. J. (1979) Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. *Plant Physiology* 64: 88-93.
- Zhang, S. and Klessig, D. F. (1997) Salicylic acid activates a 48-KD MAP kinase in tobacco. *Plant and Cell Physiology* 9: 809-824.
- Zhu, J. K. (2001) Cell signaling under salt, water and cold stresses. *Plant Biology* 4: 401-406.