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

شهلا هاشمی، زهرا اسرار*[1] و شهرام پورسیدی[2]
[1] گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر، کرمان
[2] گروه کشاورزی دانشگاه شهید باهنر، کرمان

چکیده

سالیسیلیک‌اسید، یک تنظیم‌کنندهٔ 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 حالی‌که محتویات کاروتنوئید و آنتوسیانین در غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار نسبت به شاهد کاهش یافتند. فعالیت کاتالاز و محتوای مالون‌دی آلدیید در غلظت‌های ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید نسبت به شاهد کاهش یافتند.

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

مقدمه

سالیسیلیک‌اسید یا اورتوهیدروکسی 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 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 به‌وسیلهٔ فاکتورهای محیطی، نظیر: خشکی، شوری، گرما و سرما تحت تأثیر قرار می‌گیرد. نشانه‌های

*نویسنده مسؤول: نشانی پست الکترونیک: zasrar@mail.uk.ac.ir، شماره تماس: ۳۲۰۲۰۶۳- ۰۳۴۱

Archive of SID
www.SID.ir

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). سالیسیلیک‌اسید 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 آسکوربیک‌اسید (مظاهری، ۱۳۸۷)، گلوتاتیون و نیز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، مانند: کاتالاز (Horvath *et al.*, 2002)، سوپراکسیددیسموتاز، پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز آثار ناشی از تنش را کاهش می‌دهد. سالیسیلیک‌اسید باعث تجمع آبسزیک‌اسید 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 سیکلوپروپان کربوکسیلیک‌اسید 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، سالیسیلیک‌اسید 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. به‌منظور بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک‌اسید بر روی برخی از پارامترهای رشد، فعالیت آنزیم کاتالاز و محتوای مالوندی آلدئید و جذب یون‌ها، آزمایش به‌صورت طرح کامل تصادفی با ۴ تیمار در ۳ تکرار انجام گرفت. بذرهای نمونه موردنظر، پس از ضدعفونی کردن با هیپوکلریت‌سدیم به‌مدت ۶ دقیقه بخوبی با آب مقطر شسته و به مدت ۶ ساعت در محلول‌های سالیسیلیک‌اسید با غلظت‌های (۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱) به‌طور جداگانه خیسانده شد. پس از آن، بذرهای خیس‌خورده در محلول سالیسیلیک‌اسید، 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 انتهای ساقه و طول ریشه از یقه تا انتهای 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 کاروتنویید 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 cary50 ساخت آلمان در طول موج‌های، ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲۰، ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. برای صفر نمودن

Archive of SID

www.SID.ir

دستگاه، از استون ۸۰ درصد استفاده شد. غلظت رنگیزه‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

$$Chla = 12.25\ A_{663.2} - 2.79\ A_{646.8}$$
$$Chlb = 21.21\ A_{646.8} - 5.1\ A_{663.2}$$
$$ChlT = chla + chlb$$
$$Car = (1000A_{470} - 1.8\ chla - 85.02\ chlb) / 198$$

در این فرمول‌ها Chla، Chlb، ChlT و Car به ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنویید‌ها (شامل کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها) است. غلظت بر حسب $mg.ml^{-1}$ عصاره گیاهی تعیین گردید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه و ارایه گردید.

سنجش میزان آنتوسیانین

برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین‌های برگ از روش (Wagner, 1979) استفاده شد. ۰/۱ گرم از بافت برگ در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و کلریدریک اسید خالص به نسبت حجمی ۱:۹۹) کاملاً ساییده وعصاره در لوله‌های آزمایش سر پیچ دار ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گرادقرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده، جذب محلول رویی در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری گردید. برای محاسبه غلظت، ضریب خاموشی (ε) $M^{-1}cm^{-1}$ ۳۳۰۰۰ در نظر گرفته شد.

$$A=\varepsilon bc$$

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

اندازه‌گیری غلظت مالون دی آلدئید

اندازه‌گیری غلظت مالون دی آلدئید (MDA) به روش (Heath and Packer, 1969) انجام گرفت. طبق این روش ۰/۲ گرم از بافت تازهٔ برگی توزین و در هاون چینی حاوی ۵ میلی‌لیتر 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 میلی‌لیتر از محلول رویی، ۴ میلی‌لیتر محلول TCA ۴۰ درصد حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک‌اسید (TBA) افزوده گردید. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد 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. مادهٔ 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 اندازه‌گیری بر حسب وزن تر محاسبه و ارایه 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 تری‌کلرو استیک اسید ۰/۱ درصد ساییده شد. عصاره در سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل Centrifuge 5804R, Germany از شرکت Eppendorf در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در ۱۰۰۰۰ g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول رویی به ۰/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰ میلی‌مولار (pH =۷) و یک میلی‌لیتر

Archive of SID

www.SID.ir

یُدید 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 $0/28\ M^{-1}cm^{-1}$ محاسبه و بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر گزارش گردید.

فعالیت آنزیم کاتالاز

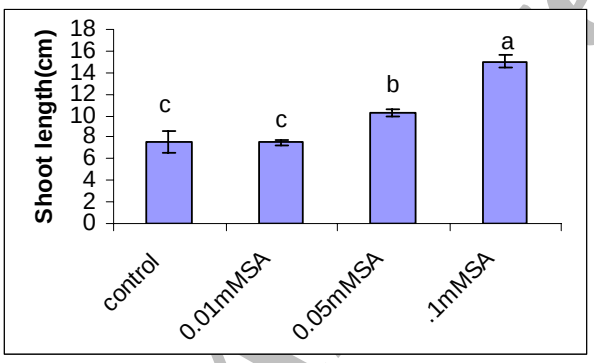
سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز، با استفاده از محاسبهٔ کاهش جذب H_2O_2 (کاهش مقدار H_2O_2) در ۲۴۰ نانومتر و با روش (Dhindsa and Motowe, 1981) انجام شد. مخلوط واکنش شامل بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار با pH=۷ و پراکسیدهیدروژن ۱۵ میلی‌مولار بود. با افزودن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به مخلوط ذکرشده، واکنش شروع شد. شاهد برای صفر کردن دستگاه اسپکتروفتومتر 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 ($\varepsilon=0/28\ mMol^{-1}cm^{-1}$) و فرمول $A= \varepsilon bc$ محاسبه شد که نشان‌دهندهٔ 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 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 Atomic Absorption Spectrometer مدل Spectr AA 220 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 ± 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

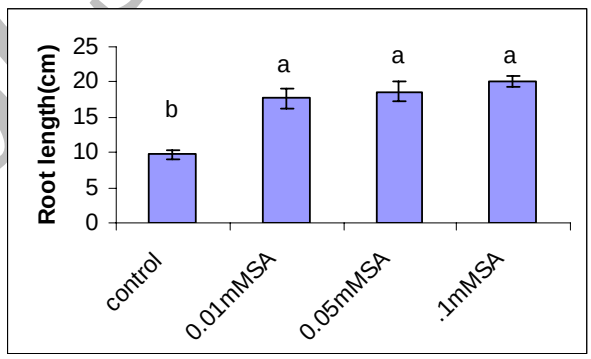
Archive of SID

www.SID.ir

مقدار طول ساقه در تیمار ۰/۱ میلی‌مولار است. تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشته است.

اثر سالیسیلیک‌اسید روی طول ریشه

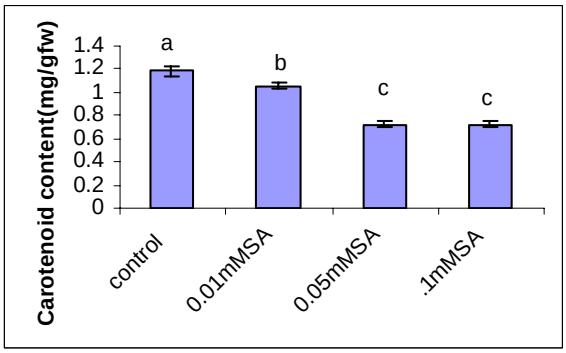
همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، تیمارهای ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش طول ریشه نسبت به شاهد می‌شود، اما طول ریشه در میان تیمارهای ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p\leq0.05$).



شکل ۲- اثر سالیسیلیک‌اسید بر طول ریشه. 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 غلظت کاروتنوئید

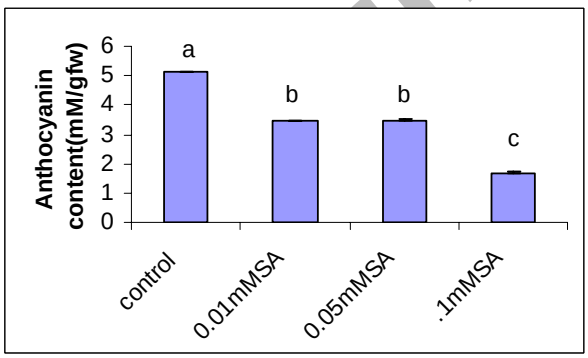
همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، تیمارهای ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش کاروتنوئیدها نسبت به گیاه شاهد شده است و کمترین محتوا مربوط به تیمار ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید است.



شکل ۳- اثر سالیسیلیک‌اسید بر محتوای کاروتنوئید. 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 غلظت آنتوسیانین

افزایش غلظت سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش معنی‌دار آنتوسیانین در گیاه شد. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، غلظت ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید پایین‌ترین غلظت را به خود اختصاص داده است و تیمارهای ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



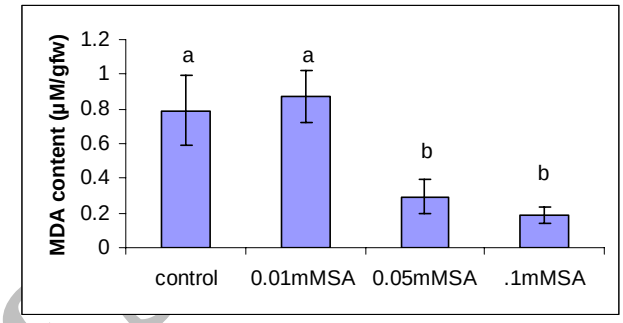
شکل ۴- اثر سالیسیلیک‌اسید بر محتوای آنتوسیانین. مقادیر، میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی‌دار است.

Archive of SID

www.SID.ir

اثر سالیسیلیک‌اسید روی غلظت مالون‌دی آلدئید

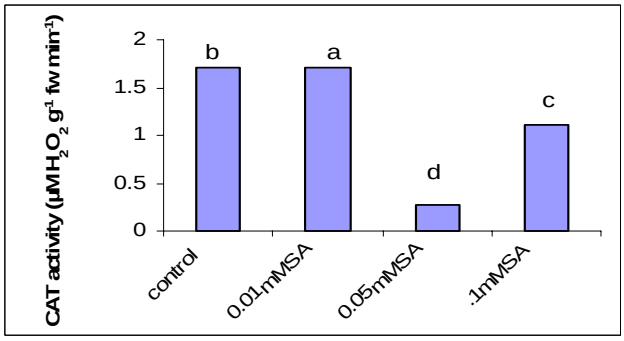
همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، افزایش غلظت سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش معنی‌دار مالون دی آلدئید در گیاه شد، اما تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید تفاوت معنی‌داری با شاهد ندارد.



شکل ۵- اثر سالیسیلیک‌اسید بر محتوای مالون دی آلدئید. 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

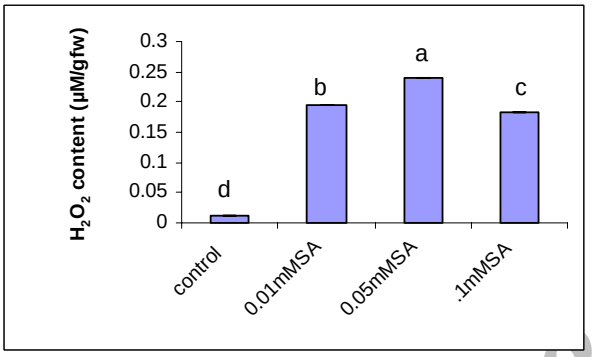
همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، بالاترین فعالیت کاتالاز در تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار و پایین‌ترین فعالیت در تیمار ۰/۰۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک دیده می‌شود.



شکل ۶- اثر سالیسیلیک‌اسید بر فعالیت آنزیم کاتالاز. مقادیر، میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی‌دار است.

اثر سالیسیلیک‌اسید روی غلظت پراکسیدهیدروژن

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



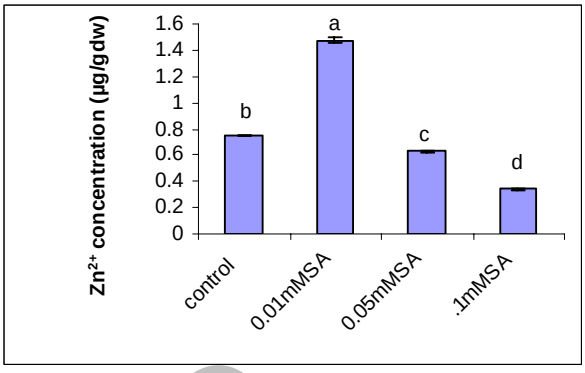
شکل ۷- اثر سالیسیلیک‌اسید بر محتوای پراکسید هیدروژن. مقادیر، میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. حروف غیر مشترک معرف تفاوت معنی‌دار است.

اثر سالیسیلیک‌اسید روی جذب یون‌های روی و منگنز

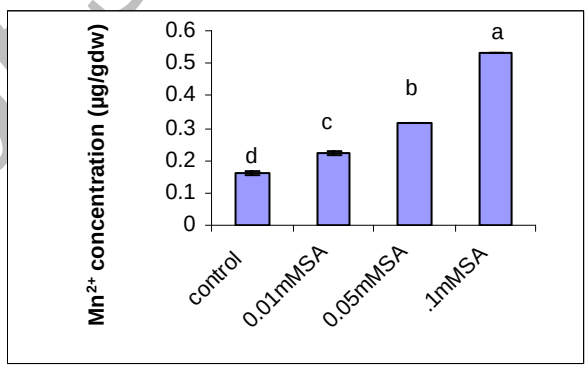
تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش جذب روی در گیاه شد، اما در تیمارهای ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش جذب روی نسبت به گیاه شاهد شد. با افزایش غلظت سالیسیلیک‌اسید، جذب منگنز افزایش یافت. بالاترین غلظت منگنز در تیمار ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و پایین‌ترین غلظت در شاهد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

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸- اثر سالیسیلیک‌اسید بر جذب یون روی. 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.



شکل ۹- اثر سالیسیلیک‌اسید بر جذب یون منگنز. 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.

بحث

تیمار سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش طول ریشه و اندام هوایی شد. ساز و کاری که سالیسیلیک‌اسید، رشد ریشه و بخش هوایی را در برخی گیاهان افزایش می‌دهد، بخوبی شناخته نشده است، اما احتمال داده می‌شود که سالیسیلیک‌اسید طویل شدن و تقسیم سلولی را به همراه مواد دیگری، از قبیل اکسین تنظیم می‌کند. تیمار گیاه گندم با سالیسیلیک‌اسید، میزان تقسیم سلولی مریستم رأسی را که منجر به افزایش رشد طولی می‌شود، افزایش می‌دهد. همچنین سالیسیلیک‌اسید در سنتز پروتئین‌های خاصی به‌نام 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 سالیسیلیک‌اسید 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). سالیسیلیک‌اسید 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 به‌دلیل 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). سالیسیلیک‌اسید 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 فلاونوییدها از جمله فنیل آلانین آمونیالیاز، باعث تجمع آنتوسیانین‌ها در گیاه می‌شود (Hyodo and Yang, 1997).

سالیسیلیک‌اسید به دلیل داشتن اکسیژن گروه هیدروکسیل آزاد روی حلقه بنزوئیک قادر به شلاته کردن

Archive of SID

www.SID.ir

آهن موجود در کاتالاز می‌شود (Qinghua and Zhujun, 2008)، بنابراین، سالیسیلیک‌اسید، سبب بازدارندگی فعالیت آنزیم کاتالاز - که یک آنزیم پاکسازی کننده پر اکسید هیدروژن است- می‌شود و در نتیجه، با کاهش فعالیت این آنزیم سبب افزایش پر اکسیدهیدروژن در گیاه می‌شود. اگرچه پر اکسیدهیدروژن در غلظت‌های بالا سمّی 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 ۰/۰۱ 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 ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به خاطر اثر القایی سالیسیلیک‌اسید روی آنزیم H^+- ATPase است. آنزیم 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 ۰/۰۱ میلی‌مولار باعث افزایش جذب روی شد، اما غلظت‌های ۰/۰۵ 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.

منابع

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

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

Archive of SID

www.SID.ir

کلزا (*Brassica napus*). مجله زیست‌شناسی ایران ۳: ۴۲۱-۴۳۲.

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 systemes 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.

Chen, J., Cheng, Z. and Zhong, S. (2007) Effect of exogegenous salicylic acid on growth and H_2O_2- 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 Biochemmistry 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 ammonialyase 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 influsions. 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

Archive of SID

www.SID.ir