

تأثیر برهمکنش آرسنیک و سالیسیلیک‌اسید بر رشد و برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه بابونه (*Matricaria recutita* L.)

نسرین فاضلیان و زهرا اسرار*

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

چکیده

در این تحقیق تأثیرات سالیسیلیک‌اسید بر سمیت آرسنیک در گیاهان بابونه (*Matricaria recutita*)، از طریق بررسی میزان رشد و برخی از شاخص‌های بیوشیمیایی این گیاه مطالعه شده است. تیمار آرسنیک در گیاهان بابونه به مدت ۱۴ روز باعث تجزیه شدید کلروفیل و کاهش رشد گیاه گردید. همچنین، تجمع گونه فعال اکسیژن در گیاهان بابونه تحت تنش آرسنیک به طور معنی‌داری افزایش یافت و به پراکسیداسیون لیپیدها منجر گردید و افزایش میزان آلدئیدهای غشا این مطلب را تأیید نمود. پیش‌تیمار سالیسیلیک‌اسید (افشانه‌سازی با ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به مدت ۱۰ روز قبل از تنش آرسنیک) در گیاه بابونه در اکثر موارد سبب افزایش میزان رشد، فتوسنتز، آنتوسیانین‌ها و قندهای احیا کننده شد، در حالی که پراکسیداسیون لیپیدها، پراکسید هیدروژن و تجمع آرسنیک کاهش یافت. نتایج نشان داد که سالیسیلیک‌اسید توانسته است تا حدودی باعث بهبود رشد و افزایش مقاومت گیاهان بابونه نسبت به تنش آرسنیک گردد.

واژه‌های کلیدی: آرسنیک، بابونه، پراکسیداسیون لیپیدها، پراکسید هیدروژن، رنگیزه‌های فتوسنتزی، سالیسیلیک‌اسید

مقدمه

(Species, ROS) در گیاهان می‌شود. ROS می‌تواند به طور مستقیم سبب تخریب آمینواسیدها، پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و تحریک پراکسیداسیون لیپیدهای غشا گردد. تحریک آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی، مکانیسم دفاعی گیاهان برای خاموش کردن ROS است. بر اساس گزارش‌های به دست آمده، آرسنیک باعث کاهش میزان فتوسنتز، تخریب گیاه، مهار جوانه‌زنی، کاهش رشد، تخریب غشای کلروپلاستی و

آرسنیک، عنصری سمی برای گیاهان و جانوران است که از طریق منابعی مانند سموم، کودها، مواد نگهدارنده چوب، سوختن زغال سنگ، معادن آرسنیک و طلا، احتراق سوخت‌های فسیلی و فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی در محیط انتشار می‌یابد (Gomez-Camino et al., 2001). آرسنیک معدنی باعث تولید گونه فعال اکسیژن (Reactive Oxygen

مانند آرسنیک به چرخه زندگی گیاهان و سایر موجودات زنده و افزایش آلودگی محیط‌زیست امری اجتناب‌ناپذیر است، لذا در این پژوهش اثر سالیسیلیک‌اسید بر کاهش میزان سمیت ناشی از فلز سنگین آرسنیک در گیاه بابونه مطالعه گردیده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، بذره‌های بابونه (*Matricaria recutita*) در گلدان‌های حاوی پرلیت کاشته شدند. این آزمایش در شرایط گلخانه‌ای و با سه تکرار انجام گرفت. در مدت رشد، گلدان‌ها هفته‌ای سه بار با ۷۰ میلی‌لیتر محلول غذایی لانگ - اشتون با رقت ۲:۱ و اسیدیته ۶/۵ آبیاری شدند و پس از دو ماه، به مدت ۱۰ روز با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک‌اسید (۰، ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) افشانه‌سازی شدند. سپس هفته‌ای سه بار و به مدت ۱۴ روز با محلول‌های سدیم آرسنیک (۰، ۱۰، ۴۵ و ۸۰ میکرومولار) تیمار گردیدند (Shi and Zhu, 2008).

اندازه‌گیری وزن تر اندام هوایی

برای اندازه‌گیری وزن تر گیاهان، ابتدا اندام هوایی هر گیاه از ریشه جدا شده و وزن تر هر یک از گیاهان با ترازوی دقیق آزمایشگاهی Sartorius مدل BP211D با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه

بر اساس روش Lichtenthaler (۱۹۸۷)، ۰/۲ گرم از برگ‌های تازه گیاه در هاون چینی حاوی ۱۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد و جذب نمونه‌ها

افزایش پراکسیداسیون لیپیدها می‌گردد (Stoeva and Bineva, 2003). سالیسیلیک‌اسید هورمونی است که نقش مهمی در مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی ایفا می‌کند و بر رشد گیاه، جوانه‌زنی دانه، ساختار غشا، جذب و انتقال یون، نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، مقدار کلروفیل، گلدهی و رسیدن میوه نیز تأثیر می‌گذارد (Belkhadi et al., 2010). بررسی‌ها نشان داده است که سالیسیلیک‌اسید باعث تغییر پاسخ گیاهان به سرما، دمای بالا، تنش شوری، تنش اسمزی و علف‌کش‌ها می‌گردد و رشد گیاه را تحت این شرایط بهبود می‌بخشد (Belkhadi et al., 2010)، همچنین سالیسیلیک‌اسید تأثیرات تخریبی فلزات سنگین بر رشد را نیز تعدیل می‌کند (Drazic and Mihailovic, 2005). برای مثال، کاربرد سالیسیلیک‌اسید، تخریب غشای ایجاد شده توسط سرب در گیاه برنج (Mishra and Choudhuri, 1999)، سمیت منگنز در گیاه خیار (Shi and Zhu, 2008)، تنش اکسیداتیو القا شده توسط جیوه در گیاه یونجه (Zhou et al., 2009)، سمیت کادمیوم در گیاهان جو و ذرت (Metwally et al., 2003) را بهبود بخشیده است، اما آزمایش‌هایی در زمینه اثر سالیسیلیک‌اسید در بهبود سمیت آرسنیک انجام نگرفته است.

گیاهان دارویی از اهمیت خاصی در تأمین بهداشت و سلامت جامعه برخوردارند و در سال‌های اخیر رویکردی همه‌جانبه برای استفاده از داروهای با منشأ طبیعی و خصوصاً گیاهی در جوامع مختلف جهان پدید آمده است. از سوی دیگر، جهان در معرض خطر فلزات سنگین قرار دارد و ورود عناصر سنگین سمی

دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. پس از سرد شدن لوله‌ها، ۲ میلی‌لیتر محلول فسفومولیدیک اسید افزوده شد و در نهایت، شدت جذب محلول‌ها در طول موج ۶۰۰ نانومتر تعیین شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیان گردید.

در طول موج‌های ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی از رابطه‌های زیر محاسبه گردید:

$$\begin{aligned} \text{Chl. a} &= (12.25 A_{663.2} - 2.79 A_{646.8}) \\ \text{Chl. b} &= (21.21 A_{646.8} - 5.1 A_{663.2}) \\ \text{Chl. T} &= \text{Chl. a} + \text{Chl. b} \\ \text{Car} &= ((1000 A_{470} - 1.8 \text{Chl. a} - 85.02 \text{Chl. b}) / 198) \end{aligned}$$

سنجش میزان آنتوسیانین‌ها

برای سنجش میزان آنتوسیانین‌ها از روش Wagner (۱۹۷۹) استفاده شد. به این منظور، ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ‌گی در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متیل‌الکل و کلریدریک اسید خالص با نسبت حجمی ۱:۹۹) کاملاً ساییده شد و پس از سانتریفیوژ، جذب محلول بالای در طول موج ۵۵۰ نانومتر محاسبه شد. مقدار آنتوسیانین با استفاده از فرمول $A = \epsilon bc$ به دست آمد. در این رابطه، A: شدت جذب، b: عرض کوت برابر با ۱ سانتی‌متر، c: غلظت آنتوسیانین (mol/g) و ϵ : ضریب خاموشی برابر با $33,000 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ است.

اندازه‌گیری مقدار قندهای احیا کننده

مقدار قندهای احیا کننده به روش Somogy (۱۹۵۲) اندازه‌گیری شد. به منظور تهیه عصاره گیاهی، ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ‌گی در هاون چینی حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر ساییده شد. سپس محتوای هاون به بشری منتقل گردید و روی اجاق برقی حرارت داده شد تا به نقطه جوش برسد. در این مرحله محتوای بشر با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف گردید و در نهایت عصاره گیاهی به دست آمد. سپس ۲ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده به لوله آزمایش منتقل و ۲ میلی‌لیتر محلول سولفات مس به آن اضافه شد و به مدت ۱۰

اندازه‌گیری مقدار سایر آلدئیدها (پروپانال، بوتانال، هگزانال، هپتانال و پروپانال دی متیل استال)

سنجش مقدار این آلدئیدها بر اساس روش Meirs و همکاران (۱۹۹۲) انجام گرفت. مطابق این روش ۰/۲ گرم بافت تازه برگ‌گی در ۵ میلی‌لیتر تری کلرو استیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد ساییده شد. سپس به ۱ میلی‌لیتر از محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ، ۴ میلی‌لیتر محلول TCA ۲۰ درصد که حاوی ۰/۵ درصد TBA بود اضافه شد. پس از حرارت دادن مخلوط حاصل و سانتریفیوژ در 1000 g ، شدت جذب این محلول در طول موج ۴۵۵ نانومتر خوانده شد. جذب سایر رنگیزه‌های غیر اختصاصی در ۶۰۰ نانومتر خوانده شد و از این مقدار کسر گردید. برای محاسبه غلظت این آلدئیدها از فرمول $A = \epsilon bc$ استفاده شد. در این رابطه A: شدت جذب، b: عرض کوت، c: غلظت مالون دآلدئید (mol/g) و ϵ : ضریب خاموشی معادل $105 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1} \times 0/458$ است.

اندازه‌گیری مقدار پراکسید هیدروژن

در روش Alexieva و همکاران (۲۰۰۱) مقدار پراکسید هیدروژن بر اساس واکنش H_2O_2 با یدید پتاسیم (KI) تعیین گردیده است. در این روش

نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۱/۵ صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت.

نتیجه‌گیری

اثر برهمکنش آرسنیک و سالیسیلیک‌اسید بر وزن تر اندام هوایی

با توجه به شکل ۱، تیمار همزمان سالیسیلیک‌اسید و آرسنیک مانع از کاهش وزن تر ناشی از آرسنیک نسبت به گیاهان تیمار نیافته با سالیسیلیک‌اسید گردید. البته، در تیمارهای همزمان فقط تیمار همزمان سالیسیلیک‌اسید (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و آرسنیک ۴۵ میکرومولار معنی‌دار بود. مطالعات انجام شده بر گیاه ذرت نیز نشان داده است که کاربرد سالیسیلیک‌اسید سبب تحریک رشد در این گیاهان می‌شود و مهار رشد القا شده از طریق تنش‌های غیرزیستی (تنش کم آبی، شوری، سرما، فلز سنگین و غیره) در گونه‌های مختلف ذرت را خنثی می‌کند (Belkhadi *et al.*, 2010). اثر بهبودی سالیسیلیک‌اسید بر رشد گیاهان تحت تنش غیرزیستی می‌تواند به نقش آن در جذب مواد غذایی، ارتباط آبی، تنظیم روزه‌ای، نرخ فتوسنتز و مقدار کلروفیل مربوط باشد (Noreen and Ashraf, 2008). همچنین گزارش شده است که علت تحریک رشد توسط سالیسیلیک‌اسید می‌تواند به افزایش آنتی‌اکسیدان‌های سلول مربوط باشد که گیاهان را در برابر تخریب اکسیداتیو ناشی از فلز سنگین حفاظت می‌نماید (El-Tayeb, 2005).

۵۰۰ میلی‌گرم از بافت تازه برگ در ۵ میلی‌لیتر TCA ۰/۱ درصد در حمام آب یخ ساییده شد. عصاره حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ g سانتریفیوژ گردید. سپس به ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول رویی، ۰/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰ میلی‌مولار و اسیدیته ۷/۵ و ۱ میلی‌لیتر یدید پتاسیم ۱ مولار اضافه گردید. مخلوط واکنش به مدت یک ساعت در تاریکی در دمای اتاق قرار داده و سپس جذب نمونه‌ها در ۳۹۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

تعیین میزان یون آرسنیک در اندام هوایی به روش جذب اتمی

در این روش ۰/۲۵ گرم از بافت خشک اندام هوایی در ۵ میلی‌لیتر نیتریک‌اسید غلیظ حل گردید و نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آزمایشگاه قرار داده شدند تا بافت گیاهی به خوبی در اسید حل شود. سپس محلول حاصل به مدت ۱ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد گرم گردید و پس از سرد شدن، ۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد به محلول اضافه شد و به مدت ۲ ساعت در حرارت ۱۵۰ درجه سانتیگراد گرم گردید. سپس حجم محلول به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده و از کاغذ صافی عبور داده شد. از محلول شفاف رویی برای اندازه‌گیری مقدار یون مورد نظر در دستگاه جذب اتمی (Atomic Absorbion Spectrometer) مدل Spectra AA 220 ساخت کشور استرالیا استفاده گردید (Khan *et al.*, 2009).

تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش در قالب یک آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از

اثر برهمکنش آرسنیک و سالیسیلیک اسید بر محتوای کلروفیل کل

بر اساس نتایج به دست آمده، تیمار آرسنیک به تنهایی در غلظت ۸۰ میکرومولار محتوای کلروفیل کل را کاهش داد، ولی کاربرد آن به طور همزمان با سالیسیلیک اسید مانع از این اثر کاهشی شد (شکل ۲). پیش تیمار سالیسیلیک اسید در گیاهچه‌های برنج تحت تنش سرب باعث افزایش مقدار کلروفیل شده است (Jing *et al.*, 2007). در رابطه با نتایج حاصل از مطالعه سالیسیلیک اسید بر گیاهچه‌های جو تحت سمیت کادمیوم نیز گزارش مشابهی وجود دارد (Metwally *et al.*, 2003). سالیسیلیک اسید بسته به غلظت، زمان و گیاه مورد استفاده دارای آثار دو گانه‌ای است، اما در غلظت‌های مناسب با کاهش تخریب رنگیزه کلروفیل (Belkhadi *et al.*, 2010)، افزایش توان آنتی‌اکسیدانی سلول، سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی حمایت کند (Popova *et al.*, 2003).

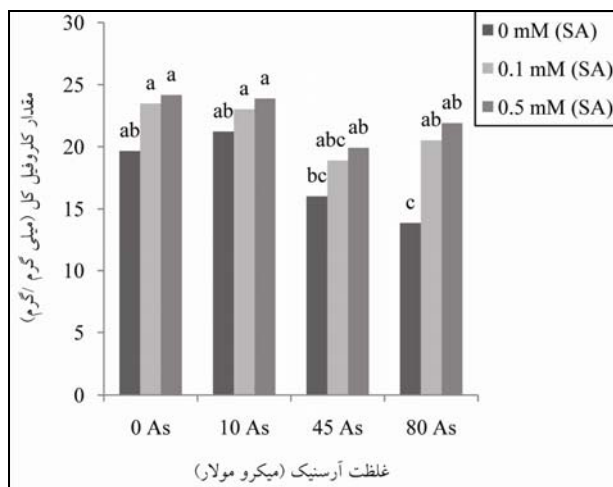
اثر برهمکنش آرسنیک و سالیسیلیک اسید بر محتوای کاروتنوئید

با توجه به شکل ۳، تیمار همزمان سالیسیلیک اسید و آرسنیک تأثیر معنی‌داری بر محتوای کاروتنوئیدی بابونه نداشته است. کاروتنوئیدها معمولاً دارای نقشی عملکردی در خاموش کردن اکسیژن یکتایی و جاروب کردن رادیکال‌های آزاد هستند که به علت توانایی آنها در انتقال انرژی در فتوسنتز و نقش حفاظت نوری

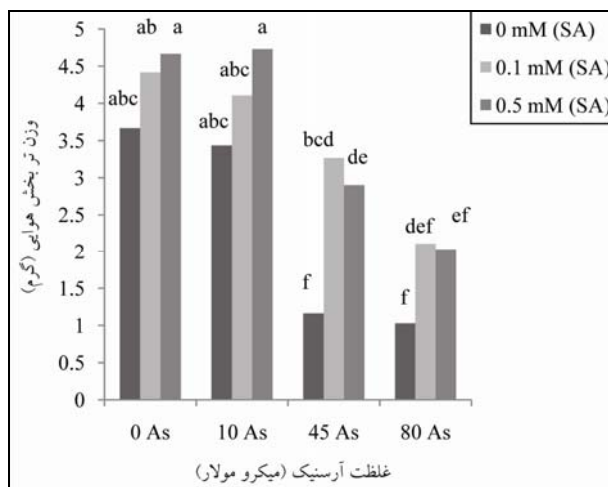
آن‌هاست (Jithesh *et al.*, 2006). به نظر می‌رسد که افشانه‌سازی سالیسیلیک اسید با افزایش توان آنتی‌اکسیدانی بابونه از جمله کاروتنوئیدها موجب کاهش مقدار پراکسیداسیون لیپیدها و مقدار H_2O_2 و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی و فتوسنتزی و رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و از کاتابولیسیم کلروفیل جلوگیری کرده است (Costa *et al.*, 2005).

اثر برهمکنش آرسنیک و سالیسیلیک اسید بر مقدار آنتوسیانین

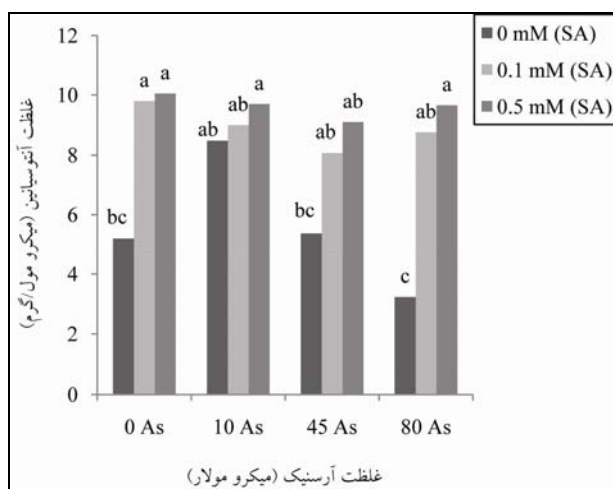
مطابق شکل ۴، تیمار همزمان سالیسیلیک اسید و آرسنیک ۸۰ میکرومولار نسبت به گیاهان تیمار نیافته با سالیسیلیک اسید معنی‌دار بود و باعث افزایش معنی‌دار مقدار آنتوسیانین‌ها گردید. ترکیبات فنولی شامل لیگنین‌ها، فنولیک اسیدها، کومارین‌ها، آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها از مسیر فنیل پروپانوئید سنتز می‌شوند. این متابولیت‌های ثانویه می‌توانند به عنوان آنتی‌اکسیدان، خاموش کننده و یا جاروب کننده رادیکال‌های آزاد در گیاهان عمل کنند (Solecka, 1997). افزایش میزان آنتوسیانین‌ها احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت آنزیم PAL است (Chen *et al.*, 2006) از طرف دیگر، لیگنین نیز به عنوان یکی از ترکیبات فنلی در مسیر فنیل پروپانوئید سنتز می‌شود تغییر در مسیر سنتز این ترکیب نیز در طی پیش تیمار سالیسیلیک اسید می‌تواند یکی از دلایل تغییر در مقدار ترکیبات فنلی باشد.



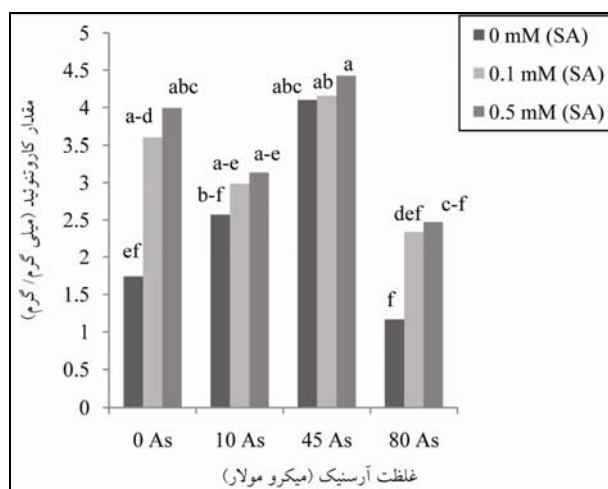
شکل ۲- اثر تیمار همزمان سالیسیلیک‌اسید و آرسنیک بر محتوای کلروفیل کل گیاه بایونه، مقادیر میانگین ۳ تکرار است، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است.



شکل ۱- اثر تیمار همزمان سالیسیلیک‌اسید و آرسنیک بر وزن تر اندام هوایی گیاه بایونه، مقادیر میانگین ۳ تکرار است، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است.



شکل ۴- اثر تیمار همزمان سالیسیلیک‌اسید و آرسنیک بر مقدار آنتوسیانین گیاه بایونه، مقادیر میانگین ۳ تکرار است، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است.



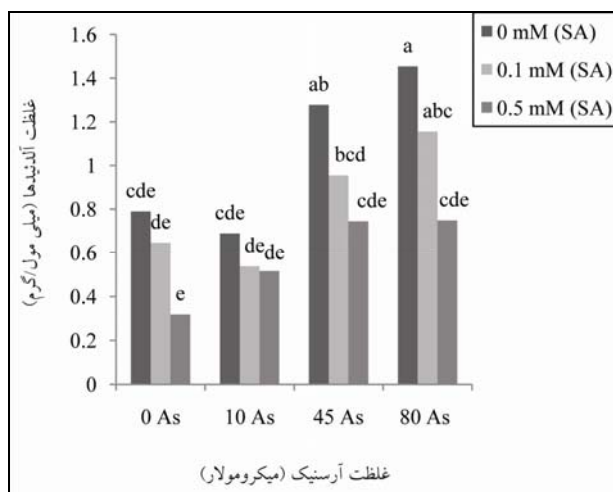
شکل ۳- اثر تیمار همزمان سالیسیلیک‌اسید و آرسنیک بر محتوای کاروتنوئید گیاه بایونه، مقادیر میانگین ۳ تکرار است، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است.

کربوهیدرات‌ها باعث کاهش خسارت‌های اکسیداتیو و حفظ ساختار پروتئین در طی کمبود آب محسوب می‌شود. به نظر می‌رسد که سالیسیلیک‌اسید با افزایش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش تنش اکسیداتیو و حفاظت از غشاهای کلروپلاستی و سلولی و حفاظت از ماکرومولکول‌هایی، نظیر پروتئین‌ها، موجب افزایش

اثر برهمکنش آرسنیک و سالیسیلیک‌اسید بر مقدار کربوهیدرات‌های احیا کننده

با توجه به شکل ۵، کاربرد همزمان سالیسیلیک‌اسید و آرسنیک ۴۵ میکرومولار نسبت به گیاهان تیمار نشده با سالیسیلیک‌اسید معنی‌دار است و باعث افزایش معنی‌دار مقدار قند می‌گردد. غلظت بالای

پراکسیداسیون را تحریک کرده، به تخریب اسیدهای چرب و افزایش میزان آلدئیدهای غشا منجر می‌گردد (Candan and Tarhan, 2003). پیش تیمار دانه‌های کتان با سالیسیلیک اسید نیز باعث بهبود تأثیرات تخریبی ناشی از کادمیوم بر میزان پراکسیداسیون لیپیدها گردیده است. تأثیرات سودمند سالیسیلیک اسید می‌تواند به افزایش فعالیت مکانیسم‌های دفاعی، مانند آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مربوط باشد. از طرف دیگر، سالیسیلیک اسید ترکیب جاروب کننده (Scavenger) مستقیم رادیکال‌های هیدروکسیل و همبندکننده آهن است و اثر تخریبی رادیکال‌های هیدروکسیل ناشی از واکنش فتون را کاهش می‌دهد (Dinis et al., 1994).



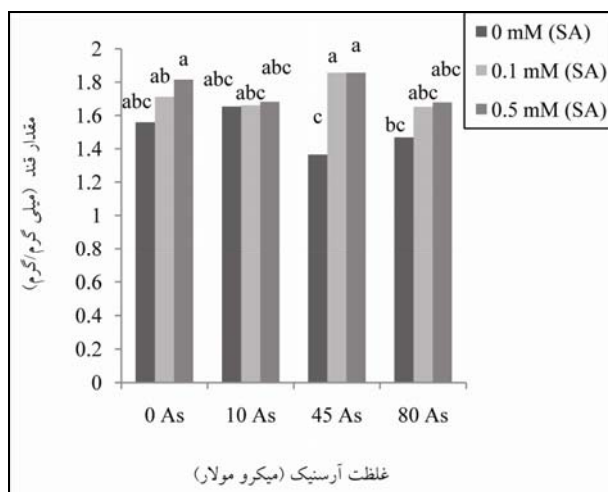
شکل ۶- اثر تیمار همزمان سالیسیلیک اسید و آرسنیک بر مقدار سایر آلدئیدهای اندام هوایی گیاه بابونه، مقادیر میانگین ۳ تکرار است، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است.

است و باعث کاهش معنی‌دار پراکسید هیدروژن بافت نسبت به گیاهان بدون سالیسیلیک اسید گردیده است. مطالعات انجام شده نشان داده است که نقش سالیسیلیک اسید در کاهش تجمع H_2O_2 در گیاهان تحت تنش فلز سنگین، احتمالاً مربوط به تنظیم فعالیت

میزان قندهای موجود در گیاهان می‌شود و قندها علاوه بر نقش‌های اصلی خود، در تنظیم اسمزی نیز به گیاهان کمک می‌کنند (Khodary, 2004).

اثر برهمکنش آرسنیک و سالیسیلیک اسید بر مقدار سایر آلدئیدهای غشا

کاربرد همزمان سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار و آرسنیک ۴۵ و ۸۰ میکرومولار معنی‌دار بود و باعث کاهش معنی‌دار آلدئیدها نسبت به گیاهان بدون سالیسیلیک اسید گردید (شکل ۶). به نظر می‌رسد که فلزات سنگین باعث تولید رادیکال‌های آزاد می‌شوند و این رادیکال‌ها با اثر بر پیوندهای دو گانه اسیدهای چرب غیر اشباع در غشا، واکنش‌های زنجیره‌ای

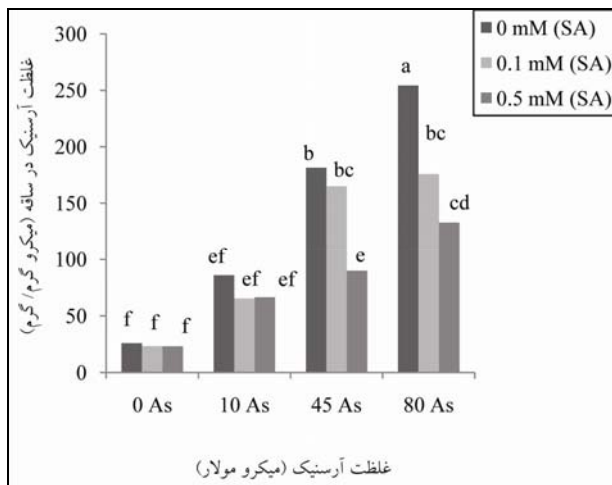


شکل ۵- اثر تیمار همزمان سالیسیلیک اسید و آرسنیک بر مقدار کربوهیدرات‌های احیا کننده گیاه بابونه، مقادیر میانگین ۳ تکرار است، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است.

اثر برهمکنش آرسنیک و سالیسیلیک اسید بر مقدار پراکسید هیدروژن

با توجه به شکل ۷، تیمار همزمان سالیسیلیک اسید و آرسنیک تنها در تیمار همزمان سالیسیلیک اسید ۰/۱ میلی‌مولار و آرسنیک ۸۰ میکرومولار معنی‌دار

با توجه به شکل ۸، تیمار همزمان در اکثر موارد، به جز در تیمار همزمان سالیسیلیک‌اسید (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و آرسنیک ۱۰ میکرومولار معنی‌دار است و تیمار سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش تجمع آرسنیک در بخش هوایی گردیده است. یکی از مکانیسم‌های حفاظتی سالیسیلیک‌اسید در گیاهان تحت تنش فلز سنگین، کنترل جذب و انتقال فلز سنگین از طریق ریشه است. برای مثال، علت کاهش سمیت کادمیوم در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید می‌تواند به دلیل کاهش جذب کادمیوم و ممانعت از ورود این فلز و یا تحریک خروج کادمیوم از ریشه‌ها باشد (Hall, 2002).

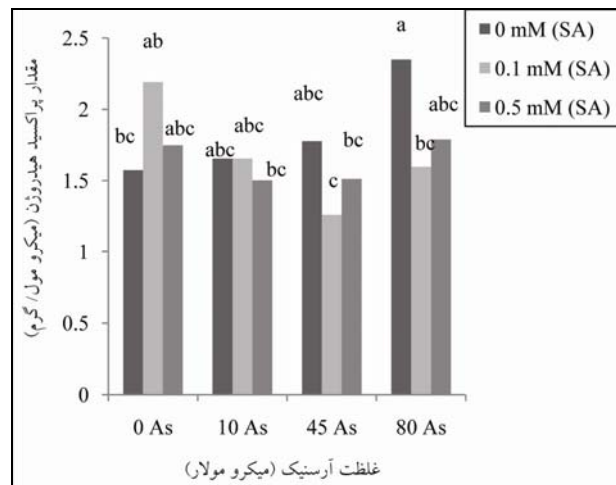


شکل ۸- اثر تیمار همزمان سالیسیلیک‌اسید و آرسنیک بر تجمع آرسنیک در اندام هوایی گیاه بابونه، مقادیر میانگین ۳ تکرار است، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است.

آرسنیک و مقدار پراکسید هیدروژن نسبت به گیاهان بدون سالیسیلیک‌اسید کاهش یافته است. بنابراین، کاربرد خارجی سالیسیلیک‌اسید، مقاومت گیاهانی مانند بابونه را در برابر سمیت آرسنیک تا حدودی افزایش می‌دهد.

آنزیم‌ها یا آنتی‌اکسیدان‌های غیر از آنزیم کاتالاز (CAT) و آسکوربات پراکسیداز (APX) است، چون پیش‌تیمار سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های CAT و APX در گیاهچه‌های در معرض سرب (Jing *et al.*, 2007) و افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز (SOD) در گیاهان ذرت شده است (Krantev *et al.*, 2008).

اثر بر همکنش آرسنیک و سالیسیلیک‌اسید بر مقدار تجمع آرسنیک در اندام هوایی گیاه بابونه



شکل ۷- اثر تیمار همزمان سالیسیلیک‌اسید و آرسنیک بر مقدار پراکسید هیدروژن گیاه بابونه، مقادیر میانگین ۳ تکرار است، حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که افشانه‌سازی سالیسیلیک‌اسید در گیاهان بابونه در معرض آرسنیک باعث افزایش وزن تر بخش هوایی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، مقدار آنتوسیانین‌ها، مقدار فنل‌های احیاکننده شده است، در حالی که مقدار سایر آلدئیدها، تجمع

منابع

- Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S. and Karanov, E. (2001) The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant Cell and Environment* 24: 1337-1344.
- Belkhadi, A., Hediji, H., Abbas, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. and Djebali, W. (2010) Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L.. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 1-8.
- Candan, N. and Tarhan, L. (2003) Change in chlorophyll-carotenoid contents, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in Zn-stressed *Mentha pulegium*. *Journal of Chemistry* 27: 21-30.
- Chen, J., Wen, P., Kong, W., Pan, Q., Zhan, J., Li, J., Wan, S. and Huang, W. (2006) Effect of salicylic acid on phenylpropanoids and phenylalanine ammonia-lyase in harvested grape berries. *Postharvest Biology and Technology* 40: 64-72.
- Costa, M., Civell, P. M., Chaves, A. R. and Martinez, G. A. (2005) Effects of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20°C. *Post harvest Biology and Technology* 35: 191-199.
- Dinis, T. C., Maderia, V. M. and Almeida, L. M. (1994) Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 315: 161-169.
- Drazic, G. and Mihailovic, N. (2005) Modification of cadmium toxicity in soybean seedlings by salicylic acid. *Plant Physiology* 168: 511-517.
- El-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45: 215-225.
- Gomez-Camirero, A., Howe, P., Hughes, M., Kenyon, E., Lewis, D. R., Moore, M. and Ng, J. (2001) Arsenic and arsenic compounds. *World Health Organization* 44: 591-594.
- Hall, J. L. (2002) Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *Experimental Botany* 53: 1- 11.
- Jing, CH., Cheng, Z., Li-ping, L., Zhong-yang, S. and Xue-bo, P. (2007) Effects of exogenous salicylic acid on growth and H₂O₂-metabolizing enzymes in rice seedlings under lead stress. *Journal of Environmental Science* 19: 44- 49.
- Jithesh, M. N., Prashanth, S. R., Sivaprakash, K. R. and Parida, A. K. (2006) Antioxidative response mechanisms in halophytes: their role in stress defense. *Journal of Genetics* 85(3): 237-254.
- Khan, I., Ahmad, A. and Iqbal, M. (2009) Modulation of antioxidant defence system for arsenic detoxification in Indian mustard. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72: 626-634.
- Khodary, S. E. A. (2004) Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed Maize Plants. *International Journal of Agriculture and Biology* 6: 5-8.
- Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G. and Popova, L. (2008) Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. *Plant Physiology* 165: 920-931.
- Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids; Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 48: 350-382.
- Meirs, S., Philosophadas, S. and Aharoni, N. (1992) Ethylene increased accumulation of fluorescent lipid peroxidation products detected during senescence of parsley by a newly developed method. *Journal of the American Society for Horticulture Science* 117:128-132.

- Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K. (2003) Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Plant Physiology* 132: 272-281.
- Mishra, A. and Choudhuri, M. A. (1999) Effects of salicylic acid on heavy metal induced membrane degradation mediated by lipoxygenase in rice. *Biological Plant* 42: 409-415.
- Noreen, S. and Ashraf, M. (2008) Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. *Pakistan Journal of Botany* 40(4): 1657-1663.
- Popova, L., Ananieva, V., Hristova, V., Christov, K., Geovgieva, K., Alexieva, V. and Stoinova, Z. (2003) Salicylic acid and methyl jasmonate-induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology (Special issue)* 133-152.
- Shi, Q. and Zhu, Z. (2008) Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber. *Environmental and Experimental Botany* 63: 317-326.
- Solecka, D. (1997) Role of phenyl propanoid compounds in plant responses to different stress factor. *Acta Physiology Plant* 19(3): 257-268.
- Somogy, M. (1952) Notes on sugar determination. *Journal of Biological Chemistry* 195: 19-29.
- Stoeva, N. and Bineva, T. (2003) Oxidative changes and photosynthesis in OAT plants grown in As-contaminated Soil. *Bulgarian journal of Plant Physiology* 29(1-2): 87-95.
- Wagner, G. J. (1979) Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. *Plant Physiology* 64: 88-93.
- Zhou, Z. S., Guo, K., Abdou-Elbaz, A. and Yang, Z. M. (2009) Salicylic acid alleviates mercury toxicity by preventing oxidative stress in roots of *Medicago sativa*. *Environmental and Experimental Botany* 65: 27- 34.

Arsenic and salicylic acid interaction on the growth and some other physiological parameters in *Matricaria recutita*

Nasrin Fazelian and Zahra Asrar *

Department of Biology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

Abstract

In this study, the effects of salicylic acid on arsenic toxicity in chamomile plants (*Matricaria recutita*) were studied by investigating the plant growth and some of the biochemical parameters. Treatment by arsenic (0, 10, 45 and 80 μ M) of chamomile plants for 14 days caused serious chlorosis and reduction of plant growth. Also, arsenic significantly increased the accumulation of reactive oxygen species, and resulted in the lipid peroxidation, which was confirmed by increased concentration of membrane aldehydes. Pre-treatment of the plants by salicylic acid (spray with 0.1 and 0.5 mM salicylic acid for 10 days before arsenic stress) increased the rate of plant growth, photosynthesis, anthocyanins and reduced carbohydrates and significantly decreased lipid peroxidation, hydrogen peroxide and accumulation of arsenic in the leaves of arsenic-exposed plants. The results showed that salicylic acid could improve plant growth to some extent and increased chamomile resistance to arsenic stress.

Key words: Arsenic, *Matricaria recutita*, Lipids peroxidation, Hydrogen peroxide, Photosynthetic pigments, Salicylic acid

* Corresponding Author: zasrar@mail.uk.ac.ir

