Archive of SID

فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۵، شماره ۱۷، پاییز ۱۳۹۵

پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه گشنیز(*Coriandrum sativum* L.) به تری اکونتانول (TRIA) در شرایط سمیت آرسنیک

الهام اسدی کرم[۱]، بتول کرامت[۱]، زهرا اسرار[۱] و حسین مظفری*[۲]

[۱]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، [۲]پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم وتکنولوژی پیشرفته وعلوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰٦/۱۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٤/۱۰/۰٦)

چکیده:

تری‌اکونتانول (TRIA) یک تنظیم کننده رشد گیاهی است که در کاهش اثرات بسیاری از تنش های غیرزیستی موثر است. به منظور بررسی اثر برهمکنش آرسنیک و تیمار TRIA بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه گشنیز پژوهش حاضر براساس یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل غلظت‌های مختلف TRIA (۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ میکرومولار) و سطوح مختلف تنش ناشی از آرسنیک (۱۵۰ و ۳۰۰ میکرومولار) بود. تیمار آرسنیک باعث تجمع معنی‌دار پراکسیدهیدروژن (H_2O_2) ، افزایش معنی‌دار پراکسیداسیون لیپیدها، افزایش پرولین، قندهای محلول و افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و کاهش محتوای کلروفیل *a*، *b* و کل در برگ گیاه شد. تیمار همزمان TRIA با آرسنیک میزان پراکسیدهیدروژن و پراکسیداسیون لیپیدها را کاهش داده همچنین باعث کاهش میزان پرولین و قندهای محلول در گیاهان شد درحالی که به افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل *a*، *b* کل و افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در برگ گیاه منجر شد که این نتایج نشان دهنده نقش محسوس TRIA در حفاظت گیاه گشنیز در برابر سمیت فلز سنگین آرسنیک است که از طریق فعال کردن آنزیم‌های آنتی اکسیدانی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تری‌اکونتانول، سمیت آرسنیک، گشنیز.

مقدمه:

آلودگی خاک‌ها با فلزات سنگین پدیده‌ای است که به طور گسترده در نتیجه فعالیت‌های بشر، در زمینه‌های کشاورزی و صنعت اتفاق می‌افتد (Sharma and Dubey, 2005). آرسنیک یکی از سموم مهم محیطی است که توانایی تجمع در گیاهان و جانوران را داشته و به وسیله‌ی زنجیره‌ی غذایی به انسان منتقل می‌شود (Roy and Saha, 2002). این عنصر سمی در صورتیکه از طریق خاک به بخش‌هایی از گیاه که مورد استفاده انسان و دام است در غلظت بیش از ۱۰ میکروگرم بر گرم منتقل شود، باعث ایجاد سمیت می‌گردد. اگرچه آلودگی آرسنیک بیشتر متعلق به کشورهای جنوب شرقی آسیا می‌باشد ولی در مناطقی از ایران نیز آلودگی خاک و آب به این آلاینده گزارش شده است (Karimi *et al.*, 2010). فلزات سنگین یا به طور مستقیم از طریق واکنش هابر- ویس و یا به طور غیر مستقیم باعث تولید انواع گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و در نتیجه ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شوند (Mithofer *et al.*, 2004). شواهد نشان می‌دهند که فعالیت انواع (ROS) سبب بروز خسارات زیادی از جمله پراکسیداسیون لیپیدها، اکسید شدن پروتئین‌ها،

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mozafari.hossein@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

بیرنگ شدن کلروپلاست‌ها و رنگدانه‌ها می‌گردند (Herbinger et al., 2002 ; Mittler, 2002). آرسنیک با افزایش تحریک واکنش‌های تولید گونه‌های فعال اکسیژن و تولید رادیکال‌های آزاد، به ویژه در غشای کلروپلاست‌ها منجر به ایجاد تنش اکسیداتیو می‌گردد (Morel, 2008).

تری‌اکونتانول (TRIA) یک الکل اولیه زنجیره طویل ($C_{30}H_{61}OH$) است که برای اولین بار توسط Ries و همکاران در سال ۱۹۷۷ در یونجه (*Medicago sativa* L.) کشف شد و به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی شناخته شد که در بهبود رشد و باردهی چندین گونه زراعی مانند برنج، گندم، ذرت، گوجه فرنگی، نخود سبز، بادام زمینی، قهوه و نعناع وحشی نقش دارد (Rise *et al*., 1977; Naeem *et al*., 2010, 2011,). برای مثال در درخت گیاه فلفل هندی، کاربرد برگی TRIA در شرایط تنش آب، محتوای روغن ضروری و بازده کل را افزایش داده است (Chatterjee, 1999). TRIA در تنظیم فرایندهای متابولیک مختلف گیاهان مانند افزایش نرخ فتوسنتز (Houtz *et al*., 1985)، تقسیم سلولی (Hangarter *et al*., 1978) فعالیت آنزیم‌ها (Naeem *et al*., 2011) و سیالیت و ویسکوزیتی غشاهای کلروپلاست و پروپلاست مزوفیل برگ (Ivanov and Angelov, 1997) نقش عمده ای بازی می‌کند. (TRIA) می تواند در طی مراحل مختلف رشد و در همه جنبه های رشد، رنگدانه های فتوسنتزی، مواد تغذیه ای برگها، پروتئین و محتوای کربوهیدرات‌ها، کیفیت و کمیت باردهی گیاهان، تاثیرات کارآمد و موثری را اعمال کند (Singh *et al*., 2009). افزایش محصول به علت افزایش سریع در سرعت آسیمیلاسیون خالص است که در گوجه فرنگی بعد از اسپری TRIA مشاهده گردیده است (Rise *et al*., 1977). کاربرد برگی TRIA در کاهش اثرات تنش‌های گوناگون غیرزیستی (خشکسالی، سیل، آب ، شوری، فلزات سنگین، رطوبت اسیدی و تنش سرما) گزارش شده است و با توجه به اینکه مطالعات اندکی در زمینه اثر این ترکیب بر تنش فلزات سنگین صورت گرفته است. از این رو، در پژوهش حاضر به بررسی پاسخ فیزیولوژیکی گیاه گشنیز به TRIA در شرایط تنش فلز سنگین آرسنیک پرداخته شد.

مواد و روش‌ها:

گیاه مورد مطالعه در این پژوهش، گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) متعلق به خانواده چتریان می باشد. بذرها از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. برای این منظور ابتدا بذرهای یکسان با سدیم هیپوکلریت ۰/۵ درصد به مدت یک دقیقه ضدعفونی شده و سپس دو بار با آب مقطر شستشه شدند. برای کشت گیاه، از گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۲ سانتیمتر حاوی پرلیت استفاده شد. سپس بذرهای خیس خورده به گلدان‌ها منتقل شدند. برای هر تیمار ۳ گلدان به عنوان ۳ تکرار در نظر گرفته شد. در هر گلدان یک بذر به عنوان یک نمونه کاشته شد. گلدان‌ها پس از کشت در گلخانه، تحت شرایط نوری (۱۶: ۸) (نور/ تاریکی) با شدت نور حدود ۱۵۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه، رطوبت ۷۵ درصد و دمای روز/ شب، ۲۰/۲۵ درجه سانتی‌گراد (تاریکی/نور) قرار گرفتند و به منظور تامین املاح مورد نیاز گیاه، گلدان‌ها هفته‌ای ۳ مرتبه با محلول غذایی هوگلند ۱/۲ با pH تقریبی ۱± ۵/۷ آبیاری شدند. پس از اینکه گیاهان به رشد کافی رسیدند (مرحله چهار برگی)، به مدت یک هفته به صورت یک روز در میان، تیمار آرسنیک شروع شد. به منظور تهیه‌ی محلول‌هایی با غلظت‌های ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میکرومولار آرسنیک، مقدار مناسبی از استوک میلی‌مولار آرسنیک از نمک آرسنیک اسید هیدروژن‌دی‌سدیم (Na_2HAsO_4) تهیه شده است به محلول هوگلند اضافه گردیده و pH محلول‌ها با استفاده از اسید-کلریدریک و سود یک میلی‌مولار تنظیم شد. محلول‌ها به صورت یک روز در میان به حجم ۵۰ میلی‌لیتر به گلدان‌ها اضافه و در فواصل بین تیمارها به منظور مرطوب نگه داشتن خاک و ممانعت از تجمع بیش از حد نمک در گلدان‌ها از آب مقطر استفاده می‌شد. محلول‌پاشی گیاهان توسط TRIA نیز با غلظت‌های ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ میکرومولار همزمان با تیمار آرسنیک شروع شد و به مدت یک هفته هر روز ادامه داشت و در نهایت پس از ۷ روز نمونه‌ها برداشت شدند.

اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل *a*، *b* و کل و کاروتنویید‌ها (کاروتنویید و گزانتوفیل) با استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

روش Lichtenthaler (1987) انجام پذیرفت. اندازه‌گیری مالون دآلدئید (MDA) به روش Packer و Heath (١٩٦٩) و سایر آلدئیدها به روش Meirs و همکاران (١٩٩٢) انجام شد. برای اندازه‌گیری پرولین از روش Bates (١٩٧٣) استفاده شد. محتوای قندهای محلول نمونه‌ها با استفاده از معرف آنترون و براساس روش Roe (Roe, 1955) تعیین گردید. سنجش پراکسیدهیدروژن با استفاده از روش Velikova و همکاران (٢٠٠٠) انجام شد. سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز(CAT)(EC 1.11.1.6) با استفاده از محاسبه کاهش جذب H_2O_2 (کاهش مقدار H_2O_2) در ٢٤٠ نانومتر و با روش Dhindsa و همکاران(١٩٨١) انجام شد. سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD) (EC 1.11.1.7) با استفاده از گایاکل و اندازه‌گیری میزان جذب تتراگایاکل تشکیل شده از گایاکل در نتیجه فعالیت پراکسیداز، در ٤٧٠ نانومتر انجام گرفت. در این سنجش از روش Plewa و همکاران(١٩٩١) استفاده شد. سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) (EC1.11.1.1) با روش Nakano و Asada (١٩٨١) صورت گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری: این تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار در هر تیمار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ١٨ و آزمون ANOVA صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ٥ درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel نسخه ٢٠١٠ انجام پذیرفت.

نتایج:

براساس نتایج، تنش فلز سنگین آرسنیک باعث کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل در مقایسه با گیاهان شاهد شد (جدول ١). در حالی که تیمار غلظت‌های ٥ و ١٠ میکرومولار TRIA به تنهایی باعث افزایش کلروفیل *a*، *b*، کلروفیل کل گردید. کاربرد توام TRIA (١٠ میکرومولار) و آرسنیک (١٥٠ و ٣٠٠ میکرومولار) موجب افزایش معنی‌دار کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل درحد گیاه شاهد گردید. تیمار آرسنیک باعث افزایش محتوای کاروتنوئیدها در مقایسه با گیاه شاهد شده است. همچنین تیمار ١٠ و ٢٠ میکرومولار TRIA به تنهایی، افزایش معنی‌دار بر میزان کاروتنوئید گیاه گشنیز نسبت به گیاه شاهد داشت. تیمار توام گیاهان با TRIA و آرسنیک، مقدار کاروتنوئیدها را در این گیاهان نسبت به گیاهان شاهد افزایش داده است (جدول٢).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها، نشان داد که تیمار آرسنیک به تنهایی، باعث افزایش معنی‌دار میزان مالون دآلدئید و سایر آلدئیدها و پراکسیدهیدروژن در مقایسه با گیاه شاهد شده است. تیمار TRIA به تنهایی، در غلظت ٥ میکرومولار، نیز افزایش معنی‌دار میزان مالون‌دآلدئید برگ را نسبت به گیاه شاهد نشان می‌دهد. تیمار١٠ میکرومولار TRIA با تیمار آرسنیک، باعث کاهش معنی‌دار میزان آن نسبت به گیاهان در شرایط تنش بدون تیمارTRIA گردید (شکل١). در بررسی تیمار توام، تیمارهای TRIA با آرسنیک باعث کاهش معنی‌دار مقدار سایر آلدئیدها در اندام هوایی نسبت به گیاهان شاهد گردید (شکل٢). تیمار ٥ و ١٠میکرومولار TRIA باعث کاهش معنی‌دار پراکسیدهیدروژن در گیاهان تحت تیمار آرسنیک نسبت به شاهد شده است (شکل٣).

در اندازه‌گیری مقدار پرولین برگ مشاهده شد که، تیمار گیاهان با آرسنیک باعث افزایش معنی‌دار مقدار پرولین در مقایسه با گیاهان شاهد گردید. تیمارهای ٥ و ١٠ میکرومولار TRIA به تنهایی، تغییر معنی‌داری نسبت به شاهد نداشت. در گیاهان تحت تیمار آرسنیک، تیمار ١٠ و ٢٠ میکرومولار TRIA باعث کاهش معنی‌دار محتوای پرولین برگ نسبت به گیاهان شاهد و گیاهان در شرایط تنش بدون کاربرد TRIA گردید (شکل٤). نتایج نشان داد که، تنش آرسنیک و TRIA ،هر کدام به تنهایی باعث افزایش مقدار قند در برگ در مقایسه با نمونه شاهد شد. اما در تیمار توام، غلظت‌های TRIA مقدار قند را در گیاهان تیمار شده با آرسنیک نسبت به شرایط تنش بدون تیمار TRIA کاهش داده است (شکل٥). تیمارآرسنیک باعث افزایش فعالیت آنزیم CAT، GPX و APX در برگ گیاه نسبت به گیاهان شاهد شد. تیمار گیاهان با TRIA ٥ میکرومولار باعث افزایش معنی‌دار فعالیت کاتالاز در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تاثیر تری اکونتانول بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه گشنیز تحت تنش آرسنیک.

TRIA (میکرومولار)	آرسنیک (میکرومولار)	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*	کلروفیل کل	کاروتنوئید
		(میلی گرم بر گرم وزن تر)			
۰	۰	۹/۷۲^{b}	۷/۳۹^{ab}	۱۷/۱۱^{ab}	۰/۵٤^{e}
۰	۱۵۰	۹/۲۷^{c}	۵/۰۲^{cd}	۱٤/۲۹^{c}	۱/۸۳^{b}
۰	۳۰۰	۸/۳۲^{c}	۵/۵۷^{c}	۱۳/۸۹^{c}	۱/٤۰^{c}
۵	۰	۱۱/۰۵^{a}	۷/۹۱^{a}	۱۸/۹٦^{a}	۰/۹۸^{e}
۵	۱۵۰	۵/٦۲^{e}	۲/۷۷^{e}	۸/۳۹^{e}	۱/۰۹^{de}
۵	۳۰۰	٦/۵۵^{e}	۲/۷۳^{e}	۹/۲۹^{e}	۱/۳٤^{c}
۱۰	۰	۱۱/۱۱^{a}	۵/۱۰^{cd}	۱٦/۲۰^{b}	۲/۲۹^{a}
۱۰	۱۵۰	۱۰/۰۷^{ab}	۵/۵٤^{c}	۱۵/٦۵^{b}	۱/۷٦^{b}
۱۰	۳۰۰	۱۰/۵۹^{a}	٤/۱٦^{cd}	۱٤/۷۵^{bc}	۱/۱٦^{d}
۲۰	۰	۸/۸۷^{bc}	۵/۵۰^{c}	۱٤/۳۷^{c}	۱/۲٤^{d}
۲۰	۱۵۰	٦/۷۹^{cd}	٤/۹۹^{cd}	۱۲/۹۷^{d}	۱/۰۸^{de}
۲۰	۳۰۰	۷/۲۹^{cd}	٤/۸٦^{cd}	۱۲/۱۵^{d}	۲/۲٦^{a}

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ۲- تاثیر تری اکونتانول بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه گشنیز تحت تنش آرسنیک.

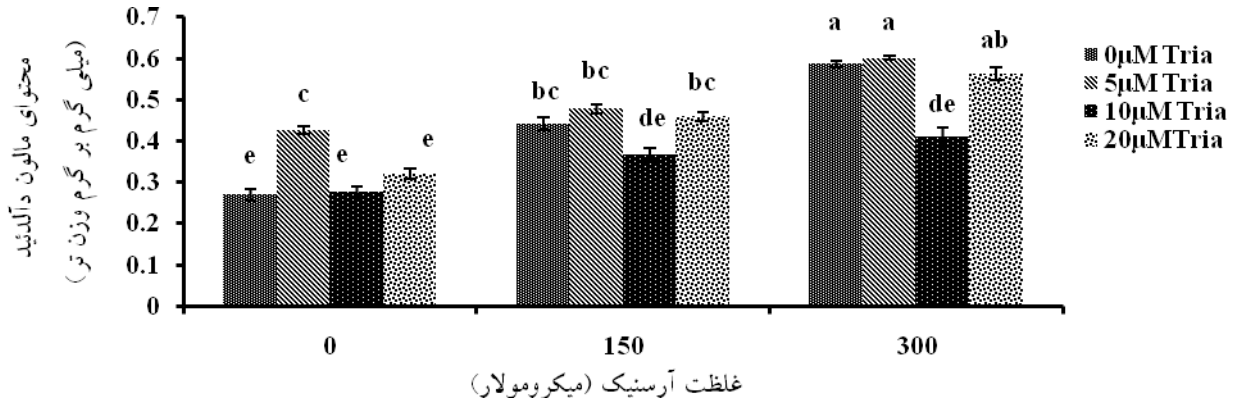
تیمار	کاتالاز (واحد بر میلی گرم پروتئین)	آسکوربات پراکسیداز (واحد بر میلی گرم پروتئین)	گایاکول پراکسیداز (واحد بر میلی گرم پروتئین)
شاهد	۰/۳٦۷^{f}	۰/٤۳۰^{c}	۰/۰۹۰^{cd}
TRIA ۵ میکرومولار	۱/۵۲۳^{cd}	۰/۸٤۳^{bc}	۰/۰۲۳^{ef}
TRIA ۱۰ میکرومولار	۰/۵۰۲^{f}	۰/۳۵۸^{c}	۰/۰۰۵^{f}
TRIA ۲۰ میکرومولار	۰/۳٦۳^{f}	۰/٤۳۱^{c}	۰/۰۳۹^{ef}
آرسنیک ۱۵۰ میکرو مولار	۱/٦۰۵^{bcd}	۱/۳٤۷^{a}	۰/۰۹۷^{c}
آرسنیک ۱۵۰ +۵TRIA	۲/۲۲۱^{ab}	۰/۷۰۱^{bc}	۰/۰٦۵^{cde}
آرسنیک ۱۵۰ +۱۰TRIA	۰/۳۱۲^{f}	۰/۲۹۲^{c}	۰/۰۲٤^{ef}
آرسنیک ۱۵۰ +۲۰TRIA	۰/۳۳۷^{f}	۰/۲۹۸^{c}	۰/۰۵۹^{cde}
آرسنیک ۳۰۰ میکرو مولار	۲/٦۲۱^{a}	۱/٦۹۲^{a}	۰/۲۱۳^{a}
آرسنیک ۳۰۰ +۵TRIA	۲/٦۲٤^{a}	۰/۷۲۲^{bc}	۰/۱۷۲^{b}
آرسنیک ۳۰۰ +۱۰TRIA	۱/۲۳۸^{de}	۰/۲۹٦^{c}	۰/۰۲۲^{ef}
آرسنیک ۳۰۰ +۲۰TRIA	۰/۳۲٤^{ef}	۰/۷۱۱^{bc}	۰/۰٦۱^{cde}

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

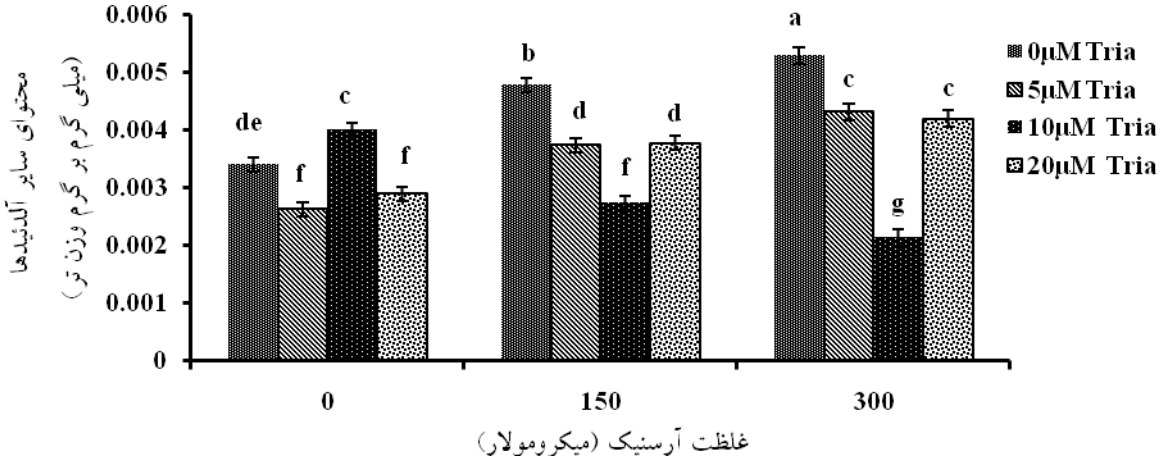
تنش ۱۵۰ و ۳۰۰ میکرومولار آرسنیک شد. استفاده از تیمار TRIA در برگ، باعث تغییر معنی‌داری در فعالیت آنزیم APX در شرایط کنترل نشد. تیمار گیاهان با TRIA ۵، ۱۰ و ۲۰ میکرومولار باعث کاهش فعالیت APX نسبت به شرایط تنش

www.SID.ir

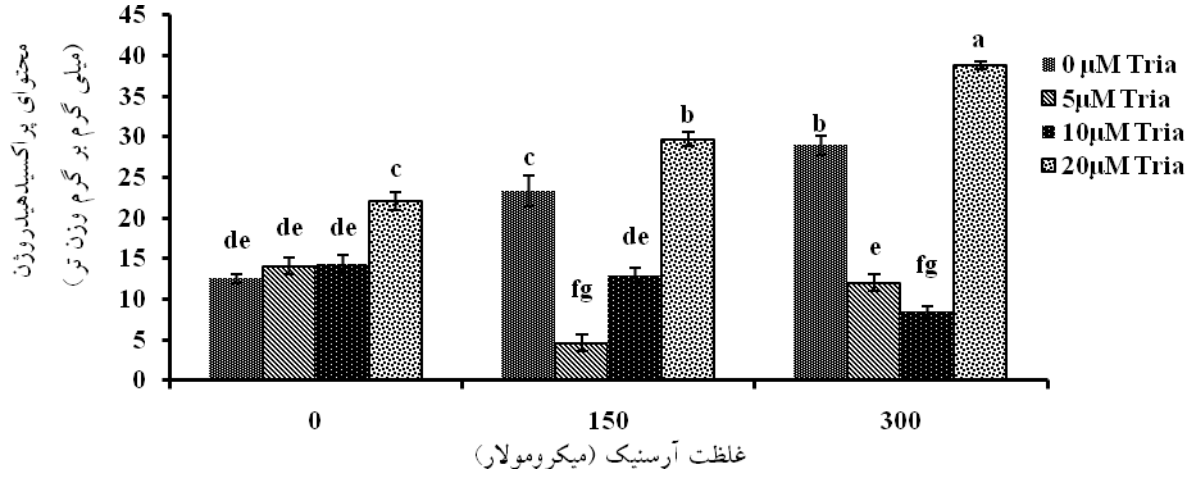
Archive of SID



شکل۱- اثر متقابل تری‌اکونتانول و آرسنیک، بر میانگین محتوای مالون دآلدهید در اندام هوایی گیاه گشنیز. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.



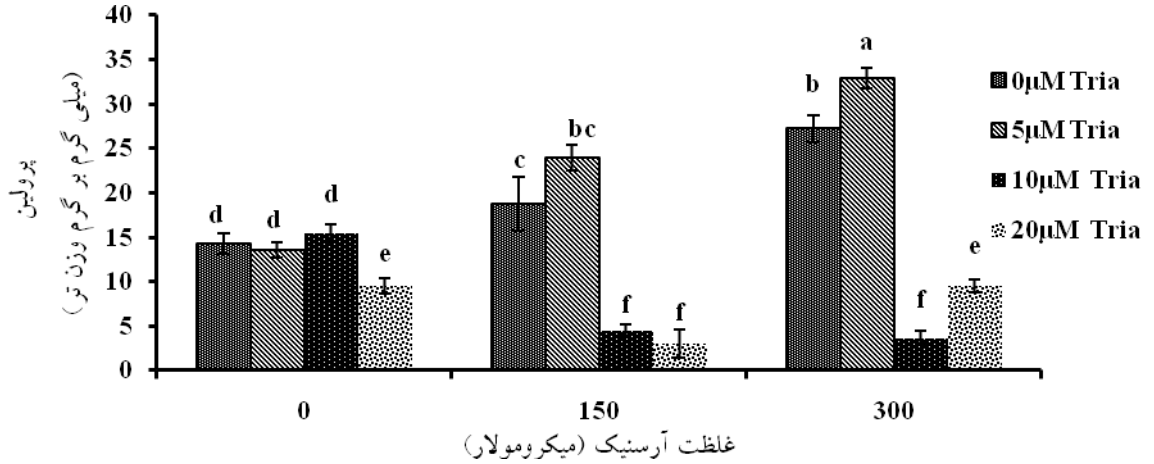
شکل۲- اثر متقابل تری‌اکونتانول و آرسنیک، بر میانگین محتوای سایر دآلدهیدها در اندام هوایی گیاه گشنیز. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.



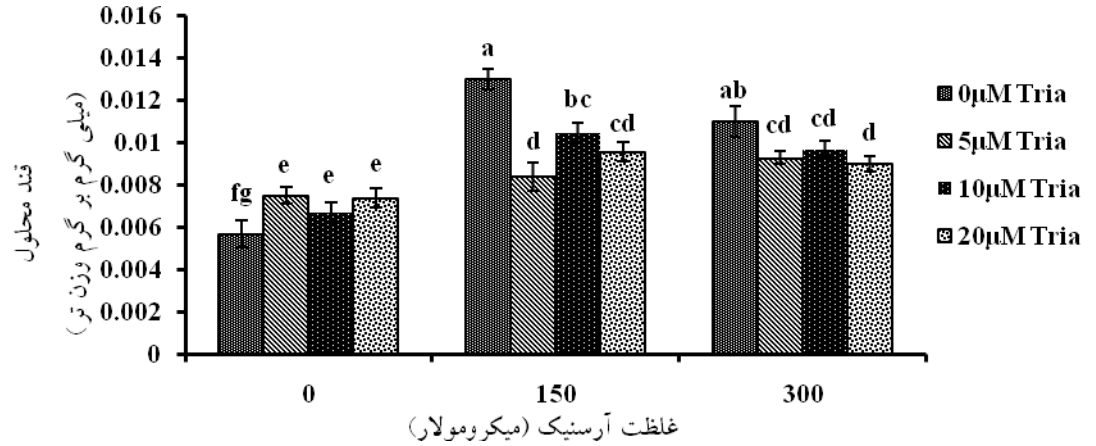
شکل۳- اثر متقابل تری‌اکونتانول و آرسنیک، بر میانگین محتوای پراکسیدهیدروژن در اندام هوایی گیاه گشنیز. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل٤- اثر متقابل تری‌اکونتانول و آرسنیک، بر میانگین محتوای پرولین در اندام هوایی گیاه گشنیز. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.



شکل۵- اثر متقابل تری‌اکونتانول و آرسنیک، بر میانگین میزان قندهای محلول در اندام هوایی گیاه گشنیز. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

بدون تیمار TRIA گردید. تیمار TRIA به تنهایی، نیز باعث کاهش معنی‌داری GPX در گیاهان شاهد شد. تیمار توام آرسنیک ۳۰۰ میکرومولار و TRIA ۵ میکرومولار باعث افزایش فعالیت آنزیم نسبت به گیاهان شاهد گردید (جدول۲).

بحث:

فتوسنتز یکی از مهمترین فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه می‌باشد، که تحت تاثیر تنش‌های محیطی مانند تنش فلزات سنگین قرار می‌گیرد. زرد شدن برگ‌ها معمولا به عنوان یکی از علائم اصلی سمیت فلزات سنگین در گیاهان مطرح می‌شود (Shaibur *et al.*, 2006). در این پژوهش تیمار آرسنیک میزان کلروفیل را کاهش داد در حالی که تیمار۱۰ میکرومولار TRIA باعث افزایش این میزان در شرایط سمیت آرسنیک شد (جدول۱). گزارشات متعددی مبنی بر اثر منفی آرسنیک بر محتوای کلروفیل و کاروتنوئید وجود دارد (Shaibur *et al.*, 2008) کاهش مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در اثر تیمار آرسنیک در گیاه جو (Stoeva and Bineva, 2003)، برنج (Stancheva *et al.*, 1999)، گندم (Chun-Xi *et al.*, 2007) و سورگوم (Shaibur *et al.*, 2008) گزارش شده است. Chun-Xi و همکاران (۲۰۰۷) معتقدند که کاهش کلروفیل عمدتا به دلیل

www.SID.ir

Archive of SID

تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، تخریب پیش‌ماده‌های سنتز کلروفیل و یا ممانعت از بیوسنتز کلروفیل است. آرسنیک دارای یک اثر مهاری وابسته به غلظت، بر سنتز کلروفیل می‌باشد. این نظریه بیان می‌کند که سیستم سنتز و تجزیه کلروفیل توسط غلظت های بالای آرسنیک تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Chun-Xi *et al*., 2007). در رابطه با اثر TRIA بر محتوای کلروفیل گزارش شده که کاربرد برگی TRIA، محتوای کلروفیل را در برگ‌های تربچه (Zhou *et al*., 1994)، گیاهان سویا (Krishnan and Ranjitha Kumari, 2008) و گیاهان گندم (Perveen *et al*., 2010) افزایش داد. نقش اصلی TRIA، تنظیم فتوسنتز است بطوریکه سرعت آسیمیلاسیون خالص CO_2 را توسط بالا بردن فعالیت ویژه آنزیم روبیسکو، افزایش می‌دهد (Erikson *et al* ., 1981)، همچنین بر کمپلکس جمع کننده نور در فتوسیستم یک و دو اثر مثبت دارد (Moorthy and Kathiresan, 1993) و بیان ژن های درگیر در فرایند فتوسنتز را افزایش می‌دهد و بیان ژن‌های مربوط به تنش را کم می‌کند (Chen *et al*., 2002).

بعضی گزارش‌ها نشان می‌دهد که اسپری برگی TRIA اثرات تنش‌های گوناگون غیرزیستی (خشکسالی، سیل، آب، شوری، فلزات سنگین، رطوبت اسیدی و تنش سرما) در رنگدانه‌های کلروفیل، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، فلورسانس کلروفیل(کارآمدی PSII)، خاموشی فتوشیمیایی، سرعت انتقال الکترونی، کمپلکس آزاد کننده O_2، فعالیت زیر واحد کوچک و بزرگ روبیسکو (Rajasekaran and Blake, 1999; Muthuchelian *et al*., 2003; Borowski and Borowski, 2009) را کاهش می‌دهد.

محتوای مالون‌دی‌آلدهید و پراکسیدهیدروژن، به عنوان دو شاخص تنش اکسیداتیو، در اندام هوایی گیاه گشنیز با افزایش غلظت آرسنیک در محلول غذایی افزایش معنی‌داری داشت، در حالی که در نمونه‌های تیمار شده با TRIA مقدار آنها در برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل۱ و ۳). القای تنش اکسیداتیو و افزایش مالون‌دآلدهید در اثر تیمار آرسنیک در گیاهان ذرت (Stoeva *et al*., 2004)، برنج (Shri *et al*., 2009)، گندم (Chun-Xi *et al*., 2007) و لوبیا (Vazquez *et al*., 2008) گزارش شده است. در این پژوهش تیمار آرسنیک میزان مالون دی آلدهید را افزایش داد که نشان می‌دهد که افزایش گونه‌های فعال اکسیژن در تیمار آرسنیک تا حدی زیاد بوده است که حذف و یا جاروب کردن آن‌ها با سیستم‌های دفاع آنزیمی و غیرآنزیمی خارج از توان گیاه بوده است و موجب تنش اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپید است. برخی از پژوهشگران بر این عقیده اند که آرسنیک با اختلال در متابولیسم فسفر و کاهش فعالیت برخی آنزیم های حیاتی باعث افزایش تجمع گونه های فعال اکسیژن از جمله H_2O_2 در گیاه می‌شود (Singh *et al*., 2009).گزارش شده است که کاربرد برگی TRIA پراکسیداسیون لیپید غشا شامل تغییر در ترکیب شیمیایی غشا به وسیله تفاوت در سازماندهی لیپید غشا و بیان پایین مهارکننده های پروتیناز را مهار می کند(Ramanarayan *et al*., 2000)، کاربرد برگی TRIA همچنین تنش اکسیداتیو را به وسیله کاهش نفوذپذیری غشاء، کاهش محتوای مالون دآلدهید(محصولی از پر اکسیدان چربی) و H_2O_2(یک ROS پایدار در گیاهان) بافت‌هایی از هر دو گونه گندم کاهش می دهد. TRIA تخریب پراکسیداسیون آنزیمی و غیرآنزیمی لیپیدهای غشا را مهار می‌کند(Ramanarayan *et al*., 2000). برای مثال گزارش شده است که تیمار بذر با TRIA فعالیت آنزیم آنتی اکسیدان کلیدی، پراکسیداز، را که در کاهش سطح هیدروژن-پراکسید نقش دارد، افزایش می‌دهد (Perveen *et al*., 2014). در این پژوهش تیمار آرسنیک فعالیت آنزیم های CAT، GPX و APX را نسبت به گیاهان شاهد افزایش داده است (جدول۲) با این وجود چنین به نظر می‌رسد که این افزایش برای جبران افزایش H_2O_2 و تنش اکسیداتیو ناشی از تجمع گونه‌های فعال اکسیژن در اثر سمیت آرسنیک کافی نبوده و میزان تولید گونه-های فعال اکسیژن از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان بیشتر بوده است. افزایش فعالیت GPX در اثر تیمار با شبه فلز آرسنات در گیاه برنج گزارش شده است (Singh *et al*., 2009). تحریک فعالیت CAT توسط آرسنیک در برگ‌های گیاه خردل هندی (Khan *et al*., 2009) و برنج (Singh *et al*., 2009) گزارش شده است. تیمار گیاهان با غلظت ۵ میکرومولار TRIA فعالیت

www.SID.ir

Archive of SID

آنزیم GPX و CAT را در شرایط تنش آرسنیک به طور معنی داری نسبت به گیاهان تیمار نشده افزایش داد(جدول۲). گزارشات متعددی در مورد افزایش فعالیت CAT و GPX در گیاهان تیمار شده با TRIA تحت تنش های مختلف وجود دارد. گزارش شده است که تیمار TRIA در گیاهان ریحان تحت تنش سرما باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و در نتیجه مقاومت این گیاهان به تنش سرما شده است (Borowski and Blamowski, 2009). همچنین خیساندن بذرهای گندم با TRIA باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در این گیاهان تحت تنش شوری شده است(Perveen *et al.*, 2010). تیمار TRIA فعالیت CATو APX را در گیاه بادام زمینی افزایش داده است (Verma *et al.*, 2011). در این پژوهش تیمار ۵ و ۱۰ میکرومولار TRIA محتوی پراکسید هیدروژن را به طور معنی داری در گیاهان تحت تنش کاهش داد بنابراین احتمالاً TRIA از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیداتیو گیاه را در مقابل آسیب اکسیداتیو ناشی از سمیت آرسنیک محافظت می نماید. یکی از راه‌های مقابله با تنش‌های محیطی نظیر شوری و خشکی سنتز ترکیبات سازگاز و محافظ اسمزی می‌باشد که پرولین از جمله این ترکیبات می‌باشد. پرولین در حفظ تعادل آب، حفظ ثبات پروتئین‌ها، حفظ ساختار سه بعدی پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، تثبیت کردن غشاها و دستگاه سنتز پروتئین، منبع ذخیره کربن و نیتروژن برای رشد بعد از رفع تنش، کاهش خطرات حاصل از تولید ROS، جاروب کردن رادیکال‌های هیدروکسیل، خاموش کردن اکسیژن یکتائی و تنظیم pH سلولی نقش دارد (Verbuggen and Hermans, 2008). گیاهان برنج ترانسژنی که مقدار پرولین بیشتری را تجمع می‌دادند در شرایط تنش دارای رشد بهتری بودند (Su and Wu, 2004). نتایج حاصل از سنجش پرولین در گیاه گشنیز نشان داد که تیمار آرسنیک باعث افزایش مقدار پرولین شد در حالی که کاربرد TRIA ۵ و ۱۰ میکرومولار تا حد زیادی میزان پرولین را در اندام هوایی گیاه کاهش داد (شکل٤). مشاهده شده است که میزان پرولین در برگ و ریشه گیاه ریحان تحت تنش آرسنیک افزایش یافته است (زارع و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین گزارش شده که تیمار TRIA باعث کاهش محتوای پرولین در گیاه سویا تحت تنش شوری شده است (Krishnan and Kumari, 2008). نتایج به دست آمده در این بررسی نشان می‌دهد که TRIA می‌تواند از طریق تاثیر بر کاهش تنش ناشی از فلز سنگین بر محتوای پرولین اثر گذارد. در این پژوهش تیمار آرسنیک، میزان قند محلول در گیاه را افزایش داد همچنین تیمارهای ۵ و ۱۰ میکرومولار TRIA در غلظت ۱۵۰ و ۳۰۰ میکرومولار آرسنیک باعث افزایش محتوای قند نسبت به نمونه شاهد گردید(شکل۵). در مورد اثر تنش فلز سنگین گزارش شده است که در گیاهچه های *Musa acuminata*، با افزایش غلظت مس محتوای قند در اندام هوایی گیاهان تحت تیمار افزایش یافته است که این احتمال می‌دهد که تنش ناشی از مس را خنثی می‌کند (Deo and Nayak, 2011). همچنین در گیاهان ریحان تحت تنش آرسنیک افزایش در میزان قندهای محلول و احیا کننده مشاهده شده است (زارع و همکاران،۱۳۹۲). نتایج پژوهش Jha و Dubey (۲۰۰٤) نشان داد که، در گیاه برنج آرسنیک تبدیل قندهای غیر احیایی مانند سوکروز به قندهای احیایی مانند گلوکز و فروکتوز را افزایش داده وآنزیم های سازنده سوکروز مانند سوکروز فسفات سنتتاز را مهار می‌کند. همچنین فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده سوکروز مانند اینورتاز و سوکروز سینتتاز در اثر آرسنیک افزایش یافته است. بنابراین، آرسنیک احتمالاً با مهار فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده نشاسته مانند آمیلازها و تحریک آنزیم‌های تجزیه کننده سوکروز باعث تجمع نشاسته و کاهش حجم مخزن سوکروز درگیاه می‌شود (Jha and Dubey, 2004)، که می تواند توجیهی بر افزایش قندهای محلول در اثر آرسنیک در پژوهش حاضر باشد. در زمینه اثر TRIA بر محتوای قند گزارش شده است که کاربرد TRIA در گیاه بادام زمینی باعث افزایش محتوای کاروفیل و میزان قندهای محلول گردید (Verma *et al.*, 2011). تحقیقات زیادی نقش مثبت TRIA در افزایش رشد، محصول، فتوسنتز، تثبیت نیتروژن، فعالیت آنزیم‌ها، اسیدهای آمینه آزاد، قندهای محلول گیاهان را گزارش می‌دهد; (Borowski *et al.*, 2000;

www.SID.ir

Archive of SID

Idrees *et al*. 2010; Naeem *et al*., 2010, 2011). بنابراین TRIA به دلیل افزایش در میزان فتوسنتز و فرآورده‌های فتوسنتزی می‌تواند باعث افزایش محتوای قندهای محلول در گیاهان تحت تنش آرسنیک شود و می توان نقش TRIA را در ایجاد مقاومت گیاه در برابر استرس موثر دانست.

نتیجه‌گیری کلی:

نتایج حاصل از پارامترهای اندازه‌گیری شده در این پژوهش نشان می‌دهد که، تیمار آرسنیک باعث ایجاد سمیت در گیاه گشنیز شد در حالیکه کاربرد برگی TRIA باعث تخفیف میزان تنش در گیاهان تحت سمیت آرسنیک گردید. بررسی‌ها نشان داد که TRIA (به ویژه غلظت پایین ۵ و ۱۰ میکرومولار) با فعال کردن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و از طریق حفظ تمامیت غشاهای زیستی، کاهش محتوای گونه‌های فعال اکسیژن و تغییر متابولیسم برخی ترکیبات سلولی، آستانه تحمل گیاه را در برابر آرسنیک اسید افزایش می‌دهد.

منابع:

زارع ده آبادی، س.، اسرار، ز.، شوشتری، ع. و پورسیدی، ش. (۱۳۹۲) بررسی نقش حفاظتی نیتریک اکسید در کاهش آثار سمیت آرسنیک اسید در اندام هوایی و ریشه گیاه ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.). زیست شناسی گیاهی ایران ۱۸:۱-۱٤.

Bates, L. S. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Borowski E, Blamowski ZK, Michalek W. (2000) Effects of tomatex/triacontanol on chlorophyll fluorescence and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yields. Acta Physiologiae Plantarum 22:271274.

Borowski, E. and Blamowski, Z. K. (2009) The effects of triacontanol 'TRIA' and Asahi SL on the development and metabolic activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants treated with chilling. Acta Horticulturae 21/1:3948.

Chatterjee, S. K. (1999).Water stress effects on betelvine (*Piper betlel*.) and its alleviation by n-triacontanol. Acta Horticulturae1:502-512.

Chen, X., Yuan, H., Chen, R., Zhu, L., Du, B., Weng, Q. and He, G. (2002) Isolation and characterization of triacontanol regulated genes in rice (*Oryza sativa* L.): Possible role of triacontanol as a plant growth stimulator. Plant Cell Physiology 43:869876.

Chun-xi, L., Shu-li, F., Yan, S.H., Li-na, J., Xu-yang, L. and Xiao-li, H. (2007) Effects of arsenic on seed germination and physiological activities of wheat seedlings. Journal Environ Science 19: 725-732.

Deo, B. and Nayak, P. K. (2011) Study of copper phytotoxicity on in vitro culture of *Musa acuminata* cv.'Bantala'. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development 3: 136-140.

Dhindsa, R.S., Plumb–Dhindsa, P. and Thrope, T.A. (1981) Leaf Senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid per oxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Experimental Botany 32: 43-101.

Eriksen, A. B. Selldén, G. Skogen, D. and Nilsen, S. (1981) "Comparative analyses of the effect of triacontanol on photosynthesis, photorespiration and growth of tomato (C3-plant) and maize (C4-plant). Planta 152:44–49.

Hangarter, R. and Ries, S. (1978) Effect of triacontanol on plant cell cultures *in vitro*. Plant Physiology 61: 855-857.

Heath, R. L. and Packer, L. (1969) Photo peroxidation in isolated chloroplast: kinetic and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archive of Biochemistry and Biophysics 125: 189-198.

Herbinger, K., Tausz, M., Wonisch, A., Soja, G., Sorger, A. and Grill, D. (2002) Complex interactive effects of drought and ozone stress on the antioxidant defense systems of two wheat cultivars. Plant Physiology and Biochemistry 40: 691-696.

Houtz, R. L., Ries, S. K. and Tolbert, N. E. (1985) Effect of triacontanol on Chlamydomonas I. Stimulation of growth and photosynthetic CO_2 assimilation. Plant Physiology 79:357-364.

Idrees, M., Khan, M. M. A., Aftab, T. and Naeem, M. (2010) Synergistic effects of gibberellic acid and triacontanol on growth, physiology, enzyme activities and essential oil content of *Coriandrum sativum* L. The Asian Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology 4:24-29.

Ivanov, A. G. and Angelov, M. N. (1997) Photosynthesis response to triacontanol correlates with increased dynamics of mesophyll protoplast and chloroplast membranes. Plant Growth Regulation 21:145-152.

Jha, A. B. and Dubey, R. S. (2004) Carbohydrate metabolism in growing rice seedling under arsenic toxicity. Plant Physiology 161: 867-872.

Karimi, N., Ghaderian, S. M., Marofi, H. and Schat, H. (2010) Analysis of arsenic in soil and vegetation of a contaminated area in Zarshuran, Iran, identify two angiosperm arsenic hyperaccumulators. International Journal Phytoremediation 12: 159-173.

www.SID.ir

Archive of SID

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.

Krishnan, R. R. and Kumari, B. D. R. (2008) Effect of n-triacontanol on the growth of salt stressed soyabean plants. Bioscience 19: 53–56.

Lichenthaler, H. K. (1987) Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Method Enzymol 148: 350-382.

Meirs, S., Philosophhadas, 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 Horticultural Science 117:128-132.

Mithofer, A., Schulze, B. and Boland, W. (2004) Biotic and heavy metal stress response in plants: evidence for common signals. FEBS Letters 566: 1-5.

Mittler, R. (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Science 7: 405-410.

Moorthy, P. and Kathiresan, K. (1993) "Physiological responses of mangrove seedling to triacontanol," Biologia Plantarum 35: 577–581.

Morel, F. M. M. (2008) The co-evolution of phytoplankton and trace element cycle in the oceans. Geobiology 6: 318-324.

Muthuchelian, K., Velayutham, M. and Nedunchezhian, N. (2003) Ameliorating effect of triacontanol on acidic mistreated *Erythrina variegate* seedlings changes in growth and photosynthetic activities. Plant Science 165:1253-1257.

Naeem, M., Idrees, M., Aftab, T., Khan, M., Moinuddin, M. A. (2010) Changes in photosynthesis, enzyme activities and production of anthraquinone and sennoside content of coffee senna (*Senna occidentalis* L.) by triacontanol. International Journal Plant Development Biology 4:53-59.

Naeem, M., Khan, M., Moinuddin, M. A., Idrees, M. and Aftab, T. (2011) Triacontanol-mediated regulation of growth and other physiological attributes, active constituents and yield of *Mentha arvensis* L. Plant Growth Regulation 65:195-206.

Nakano, Y. and Asado, K. (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiology 22: 867-880.

Perveen, S., Shahbaz, M. and Ashraf, M. (2010) Regulation in gas exchange and quantum yield of photosystem II (PS II) in salt-stressed and non-stressed wheat plants raised from seed treated with Triacontanol. Pakistan Journal of Botany 42:3073-3081.

Perveen, S., Shahbaz, M. and Ashraf, M. (2014) Triacontanol-induced changes in growth, yield, leaf water relations, oxidative defense system, minerals, and some key osmoprotectants in *Triticum aestivum* under saline conditions. Turkish Journal of Botany 38: 896-913.

Plewa, M. J., Smith, S. R. and Wanger, E. D. (1991) Diethyldithiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. Mutation Research 247: 57-64.

Rajasekaran, L. R. and Blake, T. J. (1999) New plant growth regulators protect photosynthesis and enhance growth under drought of Jack Pine seedlings. Plant Growth Regulation 18:175-181.

Ramanarayan, K., Bhat, A., Shripathi, V., Sivakumar Swamy, G. and Sankara Rao, K. (2000) Triacontanol inhibits both enzymatic and nonenzymatic lipid peroxidation. Phytochemistry 55: 59-66.

Ries, S. K., Wert, V. F., Sweelev, C. C. and Leavitt, R. A. (1977) Triacontanol: a new natural occurring plant growth regulator. Science 195:1339-1341.

Robe, E. (1990) The functional significance of the accumulation of nitrogen-containing compounds. Horticultural Sciences 65:231–243.

Roe, J. H. (1955) The determination of sugar in blood and spinal fluid with anthrone reagent. Biological Chemistry 212: 335-343.

Roy, P. and Saha, A. (2002) Metabolism and Toxicity of Arsenic: A Human Carcinogen. Current Science 82: 38-45.

Shaibur, M. R., Kitajima, N., Sugawara, R., Kondo, T., Alam, Sh., Imamul-Huq, S. M. and Kawai, Sh. (2008) Critical toxicity level of arsenic and elemental composition of arsenic-Induced chlorosis in hydroponic sorghum. Water Air and Soil Pollution 191: 279-292.

Shaibur, M. R., Kitajima, N., Sugawara, R., Kondo, T., Imamul-Huq, S.M. and Kawai, S. (2006) Physiological and mineralogical properties of arsenic-induced chlorosis in rice seedlings grown hydroponically. Soil Science and Plant Nutrition 52: 691-700.

Sharma, P. and Dubey, R. S. (2005) Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Growth Regulation 46: 209-221.

Shri, M., Kumar, S., Chakrabarty, D., Trivedi, P. K., Mallick, S., Misra, P., Shukla, D., Mishra, S., Srivastava, S., Tripathi, R. D. and Tuli, R. (2009) Effect of arsenic on growth, oxidative stress, and antioxidant system in rice seedlings. Ecotoxicology and Environmental Safety 72: 1102-1110.

www.SID.ir

Archive of SID

Singh, H. P., Kaur, S., Batish, D. R., Sharma, V. P. and Sharma, N. (2009) Nitric oxide alleviates arsenic toxicity by reducing oxidative damage in the roots of *Oryza sativa* (rice). Nitric Oxide 20: 289-297.

Stancheva, I., Kaloianova, N. and Atanasova, E. (1999) Effect of copper and arsenic on the yield and plastid pigment content of rice inoculated with *Azospirilum Brasilense*. Soil Science 39: 140-143.

Stoeva, N., Berova, M. and Zlatez, Z. (2004) Physiological response of maize to arsenic contamination. Planta 47: 449-452.

Stoeva, N. and Bineva, T. (2003) Oxidative changes and photosynthesis in oat plants grown in As-contaminated soil. Bulgarian Journal Plant physiology 29: 87-95.

Su, J. and Wu, R. (2004) Stress-induced synthesis of proline in transgenic rice confer faster growth under stress conditions that than with constitutive synthesis. Plant Sciences 166: 941-947.

Vazquez, S., Esteban. E. and Carpena, R. O. (2008) Evolution of arsenate toxicity in nodulated white lupine in a long-term culture. Journal Agriculture and Food Science 56: 8580-8587.

Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. (2000) Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. Plant Science 151: 59-66.

Verbruggen, N. and Hermans, C. (2008) Proline-accumulation in plants: a review. Amino Acids 35: 753-759.

Verma, A., Malik, Ch. P., Gupta, V. K. and Bajaj, B. K. (2011) Effects of *in vitro* triacontanol on growth, antioxidant enzymes, and photosynthetic characteristics in *Arachis hypogaea* L. Brazilian Journal of Plant Physiology 23: 271-277.

Zhou, W., Tao. S. and Zhao, D. (1994) Physiologic regulation of mixtalol in rape senescence and its yield. Plant Growth Regulation 14: 37-40.

www.SID.ir

Archive of SID

Plant physiological responses of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to Triacontanol (TRIA), in the toxicity conditions of arsenic

Elham Asadi Karam[1], Batool Keramat[1], Zahra Asrar[1] and Hossein Mozafari[2*]

[1] Department of Biology, Shahid Bahonar university of Kerman
[2]Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
(Received: 6 September 2015, Accepted: 27 December 2015)

Abstract:

Triacontanol (TRIA), is a plant growth regulator which is effective in reducing the effects of abiotic stresses. In order to investigate the effects of interaction between arsenic and TRIA treatment on some physiological indicators of coriander the present study was carried out based on a factorial experiment in a completely randomized design with three replications.Experimental factors included of experiment include in different concentrations of TRIA (0, 5, 10 and 20 µM) and different levels of oxidative stress induced by arsenic (150 and 300 µM). Arsenic treatment caused a significant accumulation of hydrogenperoxide (H_2O_2), a significant increasing in lipid peroxidation, increasing of proline, soluble sugars and enhancing the activity of antioxidant enzymes, GPX, APX and reduction the content of chlorophyll *a*, *b* and total chlorophyll in leaf plant. Simultaneous treatment of TRIA and arsenic, decreased the amount of hydrogen peroxide and lipid peroxidation, and also reduced the amount of proline and soluble sugars in the plant, while it resulted in increasing the amount of chlorophyll *a*, *b*, total chlorophyll and the activity of antioxidant enzymes in the plant and these results showed the significant role of TRIA coriander plant in protection against heavy metal arsenic, which was through the activation of antioxidant enzymes.

Keywords: Arsenic Toxicity, Triacontanol, Coriander.

*corresponding author, Email: Mozafari.hossein@gmail.com

www.SID.ir