Archive of SID

زیست‌شناسی گیاهی، سال سوم، شماره هفتم، بهار ۱۳۹۰، صفحه ۲۹-۴۰
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۸/۰۵
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۸۹/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۸۹/۱۲/۲۴

مطالعه اثر غلظت‌های مختلف سرب و سالیسیلیک‌اسید بر برخی شاخص‌های رشد گیاه بادمجان (*Solanum melongena* L.)

مجید توکلی [۱*]، عبدالکریم چهرگانی‌راد [۱و۲]، حسین لاری یزدی [۲] و علی پاکدل [۳]
[۱] گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، بروجرد، ایران
[۲] گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
[۳] گروه مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، بروجرد، ایران

چکیده

میزان آلودگی محیط با فلزات سنگین در حال افزایش است و در این میان سرب یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط است. سالیسیلیک‌اسید نیز به عنوان یک ترکیب آنتی‌توکسیک گیاهی شناخته شده است. بنابراین، در این پژوهش سعی شد اثر غلظت‌های مختلف استات سرب و سالیسیلیک‌اسید بر برخی شاخص‌های رشد گیاه بادمجان، که یکی از محصولات عمده کشاورزی در قاره‌های آسیا و آفریقاست، بررسی شود. برای این منظور از غلظت‌های ۰/۰۰۵ مول و ۰/۰۱ مول و ۰/۰۱۵ مول استات سرب و ۱ میکرومول، ۵ میکرومول و ۱۰ میکرومول سالیسیلیک‌اسید و یک گروه شاهد استفاده شد. نتایج نشان داد که تیمار با استات سرب سبب کاهش در شاخص‌های رشد می‌شود، ولی تیمار با سالیسیلیک‌اسید تا حد زیادی سبب بهبود این عوارض و در مواردی افزایش رشد گیاه می‌گردد. نتایج به دست آمده در مورد برخی شاخص‌ها مانند وزن‌تر و خشک گیاه، مساحت برگ، شاخص LAR، CGR، RLR، در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار بوده، در برخی شاخص‌ها مثل NAR و LWR معنی‌دار نیست.

واژه‌های کلیدی: بادمجان، سالیسیلیک‌اسید، سرب، شاخص‌های رشد

مقدمه

الگوی فعالیت‌های صنعتی امروزی به آلودگی‌های زیست محیطی، به‌ویژه آلودگی با فلزات سنگین منجر می‌شود (Chehregani and Malayeri, 2007). میزان تخلیه آلاینده‌های فلزی در محیط با افزایش زندگی شهری رو به توسعه است. آلودگی زمین‌های کشاورزی به‌وسیله فلزات سنگین در حال افزایش است. بعضی از بوم‌شناسان اخیر منابع مختلفی از آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های خاکی طبیعی را که شامل فلزات انتقال یافته توسط هوا، از دود اگزوز اتومبیل‌ها، کارخانه‌های باتری‌سازی و رنگ‌سازی و

*نویسنده مسؤول: نشانی پست الکترونیک: tavakolimajid@hotmail.com، شماره تماس: ۰۹۱۰۶۰۶۰۴۴۵

www.SID.ir

Archive of SID

دیگر فعالیت‌های صنعتی هستند، تشخیص داده‌اند (Jaja and Odoemena, 2004)، که بخش‌های وسیعی از خاک‌های کشاورزی را با سرب و کادمیوم آلوده کرده‌اند (Song *et al*., 2003).

در دهه گذشته مشخص شد که آلاینده‌های محیطی، خیلی بیشتر از آن چیزی هستند که قبلاً تصور می‌شد و برخی از این آلاینده‌ها به مدت طولانی در محیط باقی می‌مانند و آنقدر تجمع می‌یابند که می‌توانند به انسان آسیب بزنند (Priscila *et al*., 2005). بیشتر این ترکیبات، به‌ویژه فلزات سنگین و سرب تأثیرات سوء بر موجودات دارند (Igwe and Abia, 2007). نتیجه تجمع این فلزات، شامل کاهش در فعالیت متابولیسمی برخی میکروارگانیسم‌های خاک و به علاوه نکروز و کلروزبرگ در گیاهان عالی است (Truby and Raba, 1990).

سرب یکی از فلزات سنگین است که بر اثر فعالیت‌های انسانی، از قبیل حفاری معادن، اکتشاف، حمل و نقل و ترافیک مقدار آن در اطراف ما در حال افزایش است. در میان فلزات سنگین، سرب مهمترین آلوده‌کننده محیط است (Salt *et al*., 1998; Yang *et al*., 2000)، چون در همه مناطق جهان یافت شده و به سلامت بچه‌ها و بزرگسالان آسیب می‌رساند (Lanphear, 1998). سرب آثار سوء متعددی بر موجودات زنده و انسان دارد. در انسان سرب یک سمّ فیزیولوژیک و نورولوژیک است که می‌تواند بر همه اندام‌ها و دستگاه‌ها در بدن انسان اثر سوء بگذارد (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR, 1999). حساس‌ترین قسمت بدن انسان سیستم عصبی، به‌ویژه در کودکان است. سرب همچنین به کلیه‌ها و سیستم تولید مثلی (Han *et al*., 2006) و سلول‌های خون (Song *et al*., 2003) آسیب می‌رساند.

در گیاهان آثار مختلف سمّی، از قبیل اثر تنش اکسیداتیو و ممانعت از جذب مواد (Geebelen *et al*., 2002)، جلوگیری از رشد و سنتز کلروفیل (Ewais *et al*., 1997)، شکستگی کروموزومی و تغییرات ژنی (Han, *et al*., 2007) و نقصان سیستم فتوسنتزی و تنفسی (Adam *et al*., 2006) گزارش شده است.

کادمیوم (Hendry *et al*., 1992; Somashekaraiah, *et al*., 1992) و سرب (کاظمی، ۱۳۸۲) تنش‌های اکسیداتیو را در گیاهان القا می‌کنند و در تنش‌های اکسیداتیو آنزیم‌های محافظتی نظیر کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، سالیسیلیک‌اسید یک ترکیب آنتی‌توکسیک گیاهی است. پیشنهاد شده که سالیسیلیک‌اسید با مهار فعالیت کاتالاز سطوح H_2O_2 سلولی را افزایش می‌دهد (Vernooij *et al*., 1994). هرچند H_2O_2 در غلظت‌های پایین نقش سیگنال را در فرآیندهای انتقال بازی کرده و بسیاری از ژن‌های وابسته به مقاومت را در گیاه و جانور فعال می‌کند در غلظت‌های بالا سمّی است (جعفری، ۱۳۸۲). بنابراین، سالیسیلیک‌اسید یک مولکول پیام‌رسان طبیعی درگیر در پاسخ دفاعی گیاه علیه عوامل بیماریزاست (Kawano *et al*., 2007; Klessing *et al*., 2000) و انتظار می‌رود تیمار با سالیسیلیک‌اسید بتواند آثار سوء تیمار سرب را کاهش دهد. جعفری (۱۳۸۲) نیز میان‌کنش کادمیوم و سالیسیلیک‌اسید را بر روی رشد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه لوبیا بررسی قرار کرده است. نتایج وی نشان داده است که تیمار سالیسیلیک‌اسید می‌تواند آثار سمّیت کادمیوم در ممانعت از رشد را تا حد زیادی کاهش دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

از طرف دیگر، بادمجان به لحاظ اقتصادی یک محصول مهم کشاورزی در آسیا و اروپا محسوب شده، در اروپا و امریکا نیز به مقدار کمتری کاشته می‌شود (Van Eck and Snyder, 2006). در ایران بادمجان از دیرباز کشت می‌شده و دارای خواص دارویی و غذایی فراوان است.

هدف کلی از این پژوهش بررسی آثار سمّی سرب بر شاخص‌های رشد گیاه بادمجان است. هدف دیگر این پژوهش، بررسی میزان تأثیر سالیسیلیک‌اسید در جلوگیری از آثار سوء و پیشگیری از ناهنجاری‌های احتمالی تیمار با سرب است.

مواد و روش‌ها

بذر بادمجان *Solanum melongena* Var. Serpentinum، رقم یلدا از مؤسسه تولید بذر عنبری نژاد شهرستان مشهد تهیه شد و در گلدان‌های پلاستیکی، که با خاکی دارای مخلوطی از رس، ماسه آبرفتی و کود طبیعی حیوانی (۱:۱:۲) جمع‌آوری شده از مناطق و اراضی کشاورزی دور از سیستم شهری پر شده بودند، در شرایط گلخانه با میزان دمای ۱۸ تا ۲۸ درجه سانتیگراد و مدت روشنایی ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، کاشته شد. آبیاری گیاهان هر روز بین ساعات ۸ تا ۹ صبح انجام می‌شد و بعد از رشد و ایجاد بوته، ۲۲ روز پس از کشت بذر، به صورت تصادفی به ۷ گروه تقسیم شده، به ترتیبی که در جدول ۱ آمده است، تحت تیمار قرار گرفتند. غلظت‌های استات سرب با حل کردن مقادیر ۱، ۲ و ۳ گرم پودر استات سرب در آب مقطر و غلظت‌های مورد نظر سالیسیلیک‌اسید با حل ۱ گرم پودر سالیسیلیک‌اسید در ۱۰ میلی‌لیتر الکل اتانول و رقیق کردن‌های متوالی تهیه شد تا غلظت‌های بسیار پایین از سالیسیلیک‌اسید به دست آید، زیرا سالیسیلیک‌اسید در غلظت‌های بالا نیز، خود دارای آثار سمّی بر روی گیاه است. کلیه تیمارها هر روز عصر بین ساعات ۱۷ تا ۱۹ به صورت اسپری به گونه‌ای که تمام پیکر گیاه خیس می‌شد، بر روی گیاهان انجام می‌شد، زیرا در این ساعات شدت تابش نور خورشید کاهش یافته، از گرمای محیط کاسته می‌شود و تبخیر مایع اسپری شده کاهش می‌یابد که این امر سبب افزایش جذب محلول اسپری شده بر روی گیاه می‌شود.

جدول ۱- نوع و غلظت مواد مورد استفاده برای گروه‌های تیمار

گروه تیمار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷ (شاهد)
نوع و غلظت مواد	محلول استات سرب ۰/۰۰۵ مول	محلول استات سرب ۰/۰۱ مول	محلول استات سرب ۰/۰۱۵ مول	محلول استات سرب ۰/۰۰۵ مول همراه با سالیسیلیک‌اسید ۱ میکرومول	محلول استات سرب ۰/۰۱ مول همراه با سالیسیلیک‌اسید ۵ میکرومول	محلول استات سرب ۰/۰۰۵ مول همراه با سالیسیلیک‌اسید ۱۰ میکرومول	آب مقطر

پس از ۴۴ و ۱۰۰ روز از آنجا که هدف بررسی تغییرات بخش‌های هوایی گیاه بود و جمع‌آوری ریشه سبب ایجاد خطا در آزمایش می‌گردید، از هر گروه ۱۰ نمونه سطح خاک قطع و جمع‌آوری شد و سپس برخی خصوصیات مورفولوژیک به شرح زیر اندازه‌گیری گردید (غیور و کرم‌زاده، ۱۳۸۱):

www.SID.ir

Archive of SID

(Canopy Growth Rate) CGR: سرعت رشد جوامع گیاهی، طبق رابطه $CGR=\frac{W_2-W_1}{t_2-t_1}$ محاسبه می‌شود و به‌طور معمول بر حسب $gm^{-2}d^{-1}$ بیان می‌شود. W_1 و W_2 به ترتیب وزن خشک کل گیاه در ابتدا و انتهای آزمایش را نشان می‌دهند، t_1 زمان شروع تیمار و t_2 هنگام برداشت است.

(Relative Growth Rate) RGR: سرعت رشد نسبی، طبق رابطه $RGR=\frac{\ln W_2-\ln W_1}{t_2-t_1}$ محاسبه وبه طور معمول بر حسب $gKg^{-1}d^{-1}$ بیان می‌شود.

(Net Assimilation Rate) NAR: میزان جذب خالص. میانگین NAR در فاصله زمانی t_1 تا t_2 طبق رابطه $NAR=\frac{(W_2-W_1)(\ln LA_2-\ln LA_1)}{(LA_2-LA_1)(t_2-t_1)}$ محاسبه می‌شود و به‌طور معمول بر حسب $gm^{-2}d^{-1}$ بیان می‌شود. در این رابطه LA_1 و LA_2 به‌ترتیب سطح برگ اولیه و نهایی را نشان می‌دهند ln بیانگر لگاریتم نپرین است.

(Leaf Area Ratio) LAR: نسبت سطح برگی، طبق رابطه $LAR=\frac{LA}{TDW}$ محاسبه می‌شود که در این رابطه LA کل سطح بافت‌های فتوسنتزکننده و TDW وزن خشک کل گیاه است. همچنین میانگین LAR طبق رابطه $LAR=\frac{(LA_2-LA_1)(\ln W_2-\ln W_1)}{(W_2-W_1)(\ln LA_2-\ln LA_1)}$ محاسبه و به‌طور معمول بر حسب m^2kg^{-1} وزن خشک گیاه بیان می‌شود.

(Specific Leaf Area) SLA: سطح ویژه برگی، طبق رابطه $SLA=\frac{LA}{LDW}$ محاسبه می‌شود که در آن LDW بیانگر ماده خشک برگ‌ها است و به‌طور معمول بر حسب m^2kg^{-1} ماده خشک بیان می‌شود.

(Relative Leaf Growth Rate) RLGR: میزان رشد نسبی برگ، طبق رابطه $RGLR=\frac{\ln LA_2-\ln LA_1}{t_2-t_1}$ و به‌طور معمول بر حسب $mm^2cm^{-2}d^{-1}$ بیان می‌شود.

(Leaf Weight Rate) LWR: نسبت وزنی برگ، طبق رابطه $LWR=\frac{LDW}{TDW}=\frac{LAR}{SLA}$ محاسبه و بر حسب $kg.kg^{-1}$ بیان می‌شود.

(Leaf Area Duration) LAD: دوام سطح برگ، طبق رابطه $LAD=\frac{LA_2+LA_1}{2}(t_2-t_1)$ محاسبه می‌گردد.

(Biomass Duration) BMD: دوام بیوماس، طبق رابطه $BMD=\frac{DW_2+DW_1}{2}(t_2-t_1)$ محاسبه می‌گردد.

آنگاه نمونه‌ها در هوای آزاد و در سایه خشک شده، وزن خشک آنها نیز اندازه‌گیری و ثبت شد. سرانجام آنالیز آماری نتایج با استفاده از بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۱۵ انجام و نتایج آزمون آماری تجزیه و تحلیل گردید.

نتایج

پس از ۴۴ روز از آغاز تیمار از هر گروه ۸ بوته جمع‌آوری شد که نتایج اندازه‌گیری‌ها در جدول ۲ نشان داده شده‌است. همان طور که از نتایج جدول به دست می‌آید، تیمار با استات سرب و سالیسیلیک‌اسید سبب ایجاد تغییرات معنی‌داری با احتمال ۰/۰۵ در شاخص‌های: درصد کاهش وزن، فاصله میانگرهی و تعداد برگ گروه‌های تحت تیمار نسبت به گروه شاهد گردید، اما تغییرات وزن خشک و تر گیاه نسبت به گروه شاهد معنی‌دار نیست (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- میانگین نتایج آنالیز رشد گیاه پس از ۴۴ روز تیمار؛ *مقادیری که اختلاف آنها با گروه شاهد از نظر آماری معنی‌دار بوده است ($P \leq ۰/۰۵$).

تیمار (شماره گروه)	وزن تر (g)	وزن خشک (g)	میانگین وزن تر هر بوته (g)	درصد کاهش وزن	میانگین ارتفاع هر بوته (cm)	میانگین فاصله میانگره (cm)	میانگین تعداد برگ	مساحت برگ (cm^2)	LAR (m^2/kg^{-1})
استات سرب ۰/۰۰۵ مول (۱)	۴۰۰	۸۵	۵۰	۷۸/۷۵	۶۰/۲۸	*۴/۱۸	۱۱/۸۷	*۱۸۹۱/۲۶	*۲۲/۲۵
استات سرب ۰/۰۱۰ مول (۲)	۴۸۰	۹۵	*۶۰	*۸۰/۲۱	۶۳/۲۵	*۴/۱۷	*۱۲/۵	*۱۹۳۷/۸۳	*۲۰/۳۹
استات سرب ۰/۰۱۵ مول (۳)	۴۶۰	۸۵	*۵۷/۵	*۸۱/۵۳	۶۳/۱۸	۳/۹۶	*۱۳/۶۲	۱۵۸۰/۳۸	*۱۸/۵۹
استات سرب ۰/۰۰۵ مول و سالیسیلیک‌اسید ۱ میکرومول (۴)	۴۲۵	۸۵	۵۳/۱۲	*۸۰	۶۴/۷۵	۴/۰۱	۱۱/۸۷	۱۶۸۴/۲۰	*۱۹/۸۳
استات سرب ۰/۰۱۰ مول و سالیسیلیک‌اسید ۵ میکرومول (۵)	۴۶۰	۹۵	*۵۷/۵	۷۹/۳۵*	*۶۸	*۴/۲۳	*۱۲/۵	*۱۷۷۰/۸۶	*۱۸/۶۴
استات سرب ۰/۰۱۵ مول و سالیسیلیک‌اسید ۱۰ میکرومول (۶)	۳۷۵	۷۵	*۴۶/۸۷	*۸۰	۶۴/۴۳	*۴/۲۵	۱۱/۳۷۵	۱۱۳۰/۷۵	۱۵/۰۷
آب مقطر (۷)	۴۱۰	۹۵	۵۱/۲۵	۷۶/۸۳	۶۱/۶۲	۳/۹۶	۱۱/۳۷	۱۳۵۸/۶۸	۱۴/۳۰

تیمار استات سرب پس از ۴۴ روز تغییر معنی‌داری در ارتفاع گیاه ایجاد نکرد، اما تیمار با سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌گردد که این تغییر در گروه تیمار سالیسیلیک‌اسید ۵ میکرومول نسبت به گروه شاهد معنی‌دار بود (شکل ۱).

همچنین مواردی از کلروز و نکروز برگی در گروه‌های تیمار سرب مشاهده شد که در شکل ۲ تصاویری از گیاهان گروه‌های تیمار استات سرب که دچار پدیده کلروز و نکروز برگی شده‌اند، نشان داده شده است.

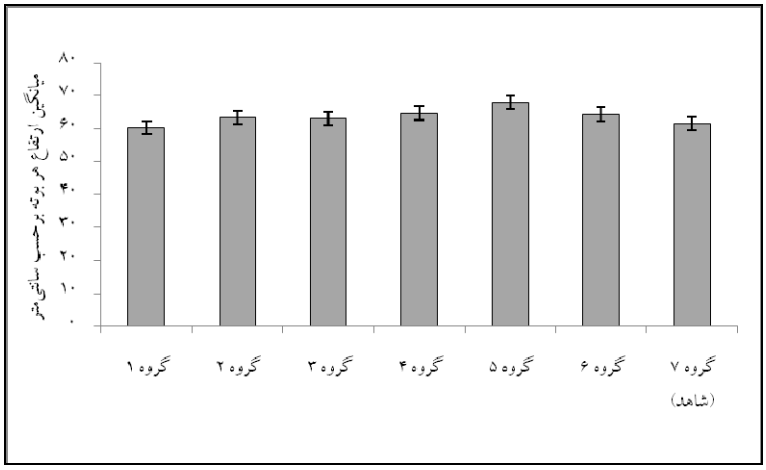
پس از ۱۰۰ روز از آغاز تیمار از هر گروه ۱۰ بوته جمع‌آوری و مشخص شد که با احتمال ۰/۰۵ درصد، تغییرات در ارتفاع گیاه، مساحت برگ، وزن تر، وزن خشک، درصد کاهش وزن، شاخص LAR و شاخص SLA معنی‌دار و در شاخص LWR معنی‌دار نبوده است (جدول ۳).

آنالیز داده‌های حاصل از فواصل بین دو نمونه‌برداری نشان داد که با احتمال ۰/۰۵ درصد تغییرات CGR، RLGR و LAR نسبت به گروه شاهد معنی‌دار و تغییرات NAR، LAD، BMD و RGR معنی‌دار نیست (جدول ۴).

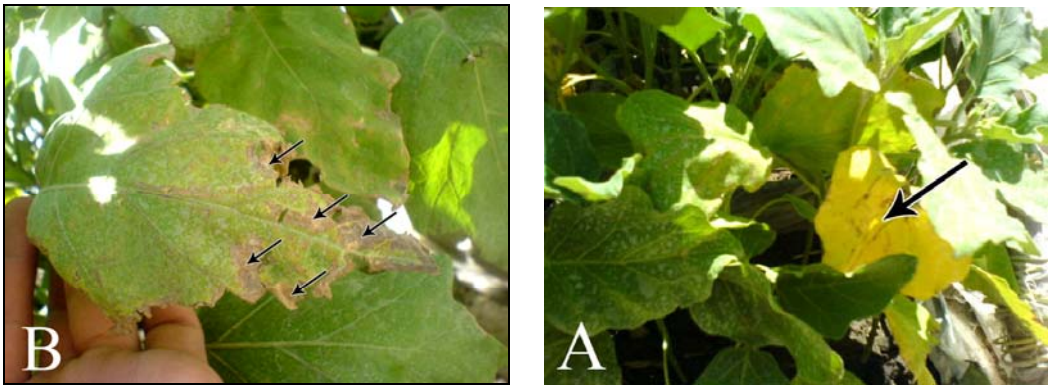
همچنین بنابر نتایج موجود در جدول ۴ و همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده، مشخص شد که میزان رشد نسبی برگ در گروه‌های تیمار استات سرب با غلظت‌های ۰/۰۱ و ۰/۰۱۵ مول به شدت کاهش نشان می‌دهد و تیمار سالیسیلیک‌اسید تا حد زیادی سبب بهبود این وضعیت در گیاه می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- نمودار تغییرات ارتفاع گیاه پس از ۴۴ روز تیمار



شکل ۲- بروز پدیده کلروز و نکروز در برگ‌های گیاهان تیمار شده با استات سرب
A) پدیده کلروز برگی، B) پدیده نکروز برگی

جدول ۳- میانگین نتایج آنالیز رشد گیاه پس از ۱۰۰ روز تیمار؛ * مقادیری که اختلاف آنها با گروه شاهد از نظر آماری معنی‌دار بوده است ($P\leq$ ۰/۰۵).

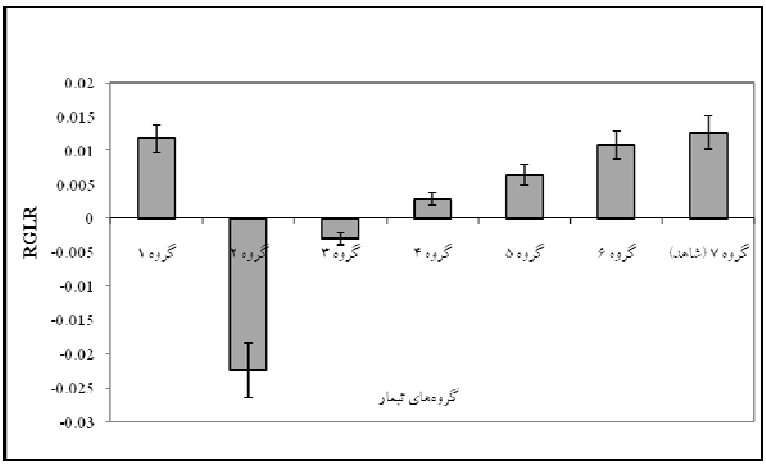
تیمار (شماره گروه)	ارتفاع	میانگین فاصله میانگرهی	میانگین مساحت برگ	وزن تر کل	میانگین وزن تر هر بوته	وزن خشک کل (g)	وزن خشک برگ	درصد کاهش وزن	LAR	SLA	LWR
استات سرب ۰/۰۰۵ مول (۱)	۷۱/۶۸	۴/۰۴	۱۶۷۲/۲۹°	۴۰۰	۳۶/۳۶°	۷۵	۵۰	۸۱/۲۵	۲۲/۲۹°	۳۳/۴۴°	۰/۶۶
استات سرب ۰/۰۱۰ مول (۲)	۶۰/۴*	۴/۰۵	*۴۹۹/۱۴	۲۰۰°	۲۰°	۴۰°	*۲۰	۸۰	۱۲/۴۷°	۲۴/۹۵°	۰/۵
استات سرب ۰/۰۱۵ مول (۳)	۶۲/۹۱°	۳/۸۸	۱۱۸۴/۷۹°	۳۲۰°	۲۹/۱°	۶۰°	۴۰	۸۱/۲۵	۱۹/۷۴°	۲۹/۶۱°	۰/۶۶
استات سرب ۰/۰۰۵ مول و سالیسیلیک‌اسید ۱ میکرومول (۴)	۸۲/۳۳	۵	۱۹۷۶/۸°	۳۸۰	۴۲/۲۲	۷۵	۴۵	۸۰/۲۶	۲۶/۳۵	۴۳/۹۲	۰/۶
استات سرب ۰/۰۱۰ مول و سالیسیلیک‌اسید ۵ میکرومول (۵)	۸۹/۸۸	۵/۳۳	۲۵۲۹/۴۴	۵۱۵	۵۷/۲۲	۱۰۰	۵۵	۸۰/۵۸	۲۵/۲۹	۴۵/۹۸	۰/۵۵
استات سرب ۰/۰۱۵ مول و سالیسیلیک‌اسید ۱۰ میکرومول (۶)	۷۷/۱	۴/۶۶	۱۹۶۴/۸۹°	۳۷۵	۳۷/۵°	۷۵	۴۵	۸۰	۲۶/۱۹	۴۳/۶۶	۰/۶
آب مقطر (۷)	۸۶	۴/۷۵	۲۵۷۰/۱۶	۴۶۵	۵۱/۶۶	۸۵	۵۰	۸۱/۷۲	۳۲/۳۵	۵۵	۰/۵۸

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- نتایج آنالیز رشد در فاصله بین دو نمونه‌برداری؛ * مقادیری که اختلاف آنها با گروه شاهد از نظر آماری معنی‌دار بوده است (P≤ ۰/۰۵).

تیمار (شماره گروه)	CGR	NAR ($gm^{-2}d^{-1}$)	LAD	BMD	RLGR	RGR	LAR
استات سرب ۰/۰۰۵ مول (۱)	۰/۰۱۶	۵/۸۹	۱۵۵۱۲۷/۳	۴۴۸۰	۰/۰۱۱۷	۱/۹۷	*۳۳/۴۷
استات سرب ۰/۰۱۰ مول (۲)	*۰/۰۰۸	۶/۸۱	*۶۹۷۲۲/۲۴	*۳۷۸۰	*۰/۰۲۲۴-	۱/۱۸	۱۷/۳۵
استات سرب ۰/۰۱۵ مول (۳)	۰/۰۱۳	۸/۶۷	۸۱۵۷۴/۶۴	۴۰۶۰	*۰/۰۰۳۰-	۱/۷۵	۲۰/۲۴
استات سرب ۰/۰۰۵ مول و سالیسیلیک‌اسید ۱ میکرومول (۴)	۰/۰۱۶	۸/۶۲	۱۰۲۵۶۴/۱	۴۴۸۰	*۰/۰۰۲۸	۱/۹۷	۲۲/۸۷
استات سرب ۰/۰۱۰ مول و سالیسیلیک‌اسید ۵ میکرومول (۵)	۰/۰۱۹	۸/۸۳	۱۲۰۴۰۸/۵	۵۴۶۰	*۰/۰۰۶۳	۱/۹۲	۲۱/۸۲
استات سرب ۰/۰۱۵ مول و سالیسیلیک‌اسید ۱۰ میکرومول (۶)	۰/۰۱۸	۱/۱۵	۸۹۴۸۹/۴۸	۴۲۰۰	۰/۰۱۰۷	۲/۳۰	۲۰/۰۲
آب مقطر (۷)	۰/۰۱۶	۸/۰۹	۱۱۵۰۸۴/۶	۵۰۴۰	۰/۰۱۲۵	۱/۷۷	۲۱/۹۴



شکل ۳- نمودار تغییرات RLGR که بیانگر افزایش روزانه سطح برگ بر مبنای سطح برگ کل است، در فاصله بین دو نمونه‌برداری در گروه‌های تیمار و شاهد

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش‌ها در طول سال‌های اخیر مشخص کرده‌اند که آلاینده‌های محیطی، خیلی بیشتر از آن چیزی هستند که پیشتر تصور می‌شد و برخی از این آلاینده‌ها به مدت طولانی در محیط باقی می‌مانند و آنقدر تجمع می‌یابند که می‌توانند به انسان آسیب بزنند (Gratao *et al.*, 2005).

سرب پس از جذب توسط گیاه برای آن ایجاد مسمومیّت می‌کند و مسمومیت ناشی از سرب علایمی مشابه علایم کمبود آهن (کلروز و نکروز) ایجاد می‌کند (کاظمی، ۱۳۸۲). همچنین، سرب موجب کاهش ارتفاع گیاه، کاهش وزن خشک ریشه، بخش هوایی و کل گیاه می‌گردد. کاهش سطح برگ نیز پاسخ عمومی گیاهان به

www.SID.ir

Archive of SID

محیط حاوی فلز سنگین است (Sharma and Dubey, 2005).

مکانیسم‌های اثر آلودگی سرب عبارتند از: ۱- واکنش با گروه تیول یا کاتیون؛ ۲- تغییر در نفوذپذیری غشای سلول؛ ۳- جانشینی با عناصر ضروری (کاتیون‌ها)؛ ۴- جایگزینی در محل گروه‌های ضروری مثل فسفات، نیترات، آرسنات، فلورات، بورات، برومات و تنگستات؛ ۵- آسیب به تشکیلات فتوسنتزی که بیش‌ترین اثر ناشی از فلزات سنگین مربوط به آن است (Pendias and Pendias, 2001).

بر اساس بررسی‌های مرجع شناختی، هیچ‌گونه پژوهشی در مورد بررسی آثار میان‌کنش سرب و سالیسیلیک‌اسید بر شاخص‌های فیزیولوژیک گیاهان در دسترس نبوده است و پژوهش حاضر برای اولین بار گزارش می‌گردد.

پس از ۴۴ و ۱۰۰ روز از آغاز تیمار گیاهان با غلظت‌های مختلف سرب و سالیسیلیک‌اسید، از هر گروه تیمار ۱۰ نمونه گیاه جمع‌آوری و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک شامل وزن تر، وزن خشک، طول میانگره، ارتفاع و مساحت برگ اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز رشد در آن‌ها نشان داد که تیمار با استات سرب بعد از ۴۴ روز سبب بروز تغییر معنی‌دار با احتمال $P\leq ۰/۰۵$ در ارتفاع گیاهان و مساحت برگ نسبت به گروه شاهد می‌گردد و تغییر در سایر شاخص‌ها معنی‌دار نیست. همچنین نتایج آنالیز داده‌ها بعد از ۱۰۰ روز سبب بروز تغییر معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) در ارتفاع، فاصله میانگرهی، مساحت برگ، سطح ویژه برگی (SLA)، نسبت سطح برگ (LAR) نسبت به گروه شاهد می‌گردد. در هر دو مورد تفاوت‌ها بین گروه‌های تیمار سرب و سالیسیلیک‌اسید نیز معنی‌دار بوده، تیمار سالیسیلیک‌اسید در بیشتر موارد سبب بهبود عوارض سوء ناشی از سرب در گیاه و در مواردی حتی سبب افزایش رشد در گیاهان تحت تیمار می‌گردد که این نتایج با نتایج Choudhury و Panda (۲۰۰۴) که اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و کادمیوم را بر رشد ریشه گیاه برنج، و جعفری (۱۳۸۲) که اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و کادمیوم را بر روی گیاه لوبیا آزمایش کردند، همسو است.

در این تحقیق مقدار RGR در گروه‌های تیمار استات سرب کاهش نشان می‌داد که در گروه‌های تیمار سالیسیلیک‌اسید باز هم افزایش داشت و از آنجا که RGR متأثر از LAR و NAR است، هر دو این شاخص‌ها نیز در تیمار استات سرب کاهش دارند. میزان دوام بیوماس نیز در گروه‌های تیمار با استات سرب کاهش کمی نشان داد. همچنین با مقایسه نتایج برداشت‌های اول و دوم مشخص می‌شود که دوام تیمار با استات سرب تأثیرات بیشتری از غلظت آن دارد که به علت انباشت و مدت طولانی ماندگاری و عدم تجزیه فلز سرب در گیاه باشد. همچنین با مقایسه و مطالعه نتایج مشخص شد که تیمار با سالیسیلیک‌اسید ۵ میکرومول بیشترین اثر بازدارندگی را برای اثر فلز سرب دارد. با توجه به مطالب فوق و یافته‌های این پژوهش می‌توان چنین نتیجه گرفت که سرب موجب کاهش رشد گیاهان می‌شود که این موضوع با یافته‌های Kim و همکاران (۲۰۰۲) و همچنین با یافته‌های Yang و همکاران (۲۰۰۰) همسو است. همچنین گزارش نتایج در این پژوهش با گزارش‌های Sharma و Dubey (۲۰۰۵) مبنی بر این‌که سرب موجب کاهش ارتفاع گیاه، کاهش وزن خشک ریشه، بخش هوایی و کل گیاه می‌گردد نیز همسو است. کاهش سطح برگ نیز یک پاسخ عمومی گیاهان به محیط حاوی فلز سنگین است که در این پژوهش نیز به عنوان یکی از تأثیرات سرب بر گیاه مشاهده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

در گیاهان عالی، سرب به علت ممانعت بر فتوسیستم II و یا با ممانعت بیشتر در سطح پلاستوکینون سبب کاهش فتوسنتز و رشد گیاه می‌گردد. سرب همچنین با غیر فعال کردن آنزیم‌های غشایی، سبب آسیب غشا و با ممانعت از فعالیت ATPase غشایی بر یکپارچگی غشا تأثیر می‌گذارد (Adam *et al*., 2006). همزمان غلظت بالای سرب سبب آسیب فراساختار سلول‌های برگ، شامل متورم شدن کلروپلاست‌ها، شکستن و ناپدید شدن پوشش‌های کلروپلاست شده، همچنین آنزیم‌های روبیسکو و فسفوریبولوکیناز را غیر فعال کرده، از فعالیت یکی از آنزیم‌های مهم در بیوسنتز کلروفیل به نام دلتا-آمینولئولینیک‌اسید دهیدراتاز ممانعت کرده و با کاهش محتوای کلروفیل سبب کلروز و نکروز در برگ می‌گردد. نتایج بررسی‌های ریخت‌شناختی ما نشان داد که در گیاهان تیمار شده با سرب نشانه‌های کلروز و نکروز برگی در سطح برگ‌ها آشکار است، که با نتایج کاظمی (۱۳۸۲) که تأثیر سرب و کلسیم را بر گیاه گوجه‌فرنگی بررسی گردد و با نتایج Huang و همکاران (۱۹۷۴) با افزایش غلظت سرب در گیاه *Potamogeton crispus*، محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد و همزمان غلظت بالای سرب سبب آسیب فراساختار سلول‌های برگ شامل متورم شدن کلروپلاست‌ها، شکستن و ناپدید شدن پوشش‌های کلروپلاست و کلروز و نکروز برگی می‌گردد، همسو است.

با توجه به نتایج فوق می‌توان چنین نتیجه گرفت که تیمار با سرب سبب تغییر شاخص‌های رشد و تیمار با سالیسیلیک‌اسید در اغلب موارد سبب بهبود عوارض ناشی از تیمار سرب می‌گردد و می‌توان از تیمار سالیسیلیک‌اسید در سمّ‌زدایی و کاهش تأثیرات مسمومیّت با سرب استفاده نمود. همچنین مدت زمان تیمار نیز به علت انباشتگی و ماندگاری فلز در سلول‌های گیاه، بر رشد گیاه تأثیر دارد.

قدردانی

از زحمات، همراهی‌ها و همکاری‌های صمیمانه آقایان روح‌اله توکلی، امیرحسن محمدصالحی، نورالدین موسوی، روح‌اله حکمت و کوروش جمشیدی و خانم‌ها معصومه توکلی، میترا توکلی، عسل نامدار و عاطفه فعلی، در طول اجرای این پژوهش، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع

جعفری، ر. (۱۳۸۲) تأثیر برهمکنش کادمیوم و سالیسیلیک‌اسید بر روی رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه لوبیا *Phaseolus vulgaris* L.. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران.

غیور، ا. و کرم‌زاده، س. (۱۳۸۱) فیزیولوژی گیاهی. انتشارات سنجش، تهران.

کاظمی، ن. (۱۳۸۲) تأثیر برهمکنش سرب و کلسیم بر رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه گوجه‌فرنگی *Lycopersicon esculentum* Mill.. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران.

Adam, T., Nilesh, R., Sharma, C., Sahi, S. V., Singh, S. R. and Sajwan, K. S. (2006) Effects of lead and chelators on growth, photosynthetic activity and Pb uptake in *Sesbania drummondii* grown in soil. Environmental Pollution 144: 11-18.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (1999) Toxicological

www.SID.ir

Archive of SID

profile for lead, US Department of Health and Human Services. Public Health Service, Atlanta GA.

Chehregani, A. and Malayeri, B. (2007) Removal of heavy metals by native accumulator plants. International Journal of Agriculture and Biology 9(3):462-465.

Choudhury, S. and Panda, S. K. (2004) Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in *Oryza sativa* L. roots. Journal of Plant Physiology 30(3-4): 95-110.

Clarke, J. D., Volko, S. M., Ledford, H., Ausubel, F. M. and Dong, X. (2005) Roles of salicylic acid, jasmonic acid, and ethylene in cpr-induced resistance in arabidopsis. Plant Physiology 138: 1037-1045.

Delaney, T. P., Uknes, S., Vernooij, B., Friedrich, L., Weymann, K., Negrotto, D., Gaffney, T., Gut-Rella, M., Kessmann, H., Ward, E. and Ryals, J. (1994) A central role of salicylic acid in plant disease resistance. Science 266: 1247-1250.

Ewais, E. A. (1997) Effects of cadmium, nickel and lead on growth, chlorophyll content and proteins of weeds. Biologia Plantarum 39: 403-410.

Geebelen, W., Vangronsveld, J., Adriano, D. C., Poucke, L. C. V. and Clijsters, H. (2002) Effects of Pb-EDTA and EDTA on oxidative stress reactions and mineral uptake in *Phaseolus vulgaris*. Physiologia Plantarum 115: 377-384.

Gratão, P. L., Polle, A., Lea, P. J. and Azevedo, R. A. (2005) Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. Functional Plant Biology 32: 481-494.

Han, W. Y., Shi, Y. Z., Ma, L. F., Ruan, J. Y. and Zhao, F. J. (2007) Effect of liming and seasonal variation on lead concentration of tea plant (*Camellia sinensis* L. (*O. Kuntze*). Chemosphere 66: 84-90.

Han, W. Y., Zhao, F. J., Shi, Y. Z., Ma, L. F. and Ruan, J. Y. (2006) Scale and causes of lead contamination in Chinese tea. Environmental Pollution 139: 125- 132.

Hendry, G., Baker, A. and Ewart, C. F. (1992) Evidence for the presence of the ascorbate-glutathion cycle in mitochondria and peroxisomes of pea leaves. Plant physiology 114: 275-284.

Igwe, J. C. and Abia, A. A. (2007) Equilibrium sorption isotherm studies of Cd(II), Pb(II) and Zn(II) ions detoxification from waste water using unmodified and EDTA-modified maize husk. Electronic Journal of Biotechnology 10(4): 536-548.

Jaja, E. T. and Odoemena, C. S. I. (2004) Effect of Pb, Cu and Fe compounds on the germination and early seedling growth of tomato varieties. Journal of Applied Sciences and Environmental Management 8(2): 51-53.

Huang, C. Y., Bazzaz, F. A., and Vanderhoef, L. N. (1974) The inhibition of soybean metabolism by cadmium and lead. Plant Physiology 54: 122-124.

Kawano, T. and Furuichi, T. (2007) Salicylic acid: A plant hormone. Springer, Netherlands.

Kim, Y. Y., Yang, Y. Y. and Lee, Y. (2002) Pb and Cd uptake in rice roots. Physiologia Plantarum 116(3): 368-372.

Klessig, D. F., Durner, J., Noad, R., Navarre, D. A., Wendehenne, D., Kumar, D., Zhou, J. M., Shah, J., Zhang, S., Kachroo, P., Trifa, Y., Pontier, D., Lam, E., Silva, H. (2000) Nitric oxide and salicylic acid signaling in plant defense. PNAS 97(16): 8849-8855.

Lanphear, B. P. (1998) The paradox of lead poisoning prevention. Science 281: 1617-1618.

Olivares, E. (2003) The effect of lead on the phytochemistry of *Tithonia diversifolia* exposed to roadside automotive pollution or grown in pots of Pb-supplemented soil. Brazilian Journal of Plant Physiology 15: 175-201.

Pendias, A. K. and Pendias, H. (2001) Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, London.

Priscila, L. G., Polle, A., Lea, P. J. and Azevedo, R. A. (2005) Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. Functional Plant Biology 32: 481-494.

Salt, D. E., Smith, R. and Raskin, I. (1998) Phytoremediation. Annual Review Plant Physiology of Plant Molecular Biology 49: 643-668.

www.SID.ir

Archive of SID

Sharma, P. and Dubey, R. S. (2005). Lead toxicity in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology 17(1): 35-52.

Singh, B. and Usha, K. (2003) Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation 39(2):137-14.

Somashekaraiah, B. V., Padmaja, K. and Prasad, A. (1992) Phytotoxicity of cadmium ions on germinating seedlings of mung bean (*Phaseolus vulgaris*): Involvement of lipid peroxides in chlorophyll degradation. Physiologia Plantarum 85(1): 85-89.

Song, W. Y., Sohn, E. J., Martinoia, E., Lee, Y. J., Yang, Y. Y., Jasinski, M., Forestier, C., Hwang, I. and Lee, Y. (2003) Engineering tolerance and accumulation of lead and cadmium in transgenic plants. Nature Biotechnology 21: 914-919.

Truby, P. and Raba, A. (1990) Heavy metals uptake by garden plants from Freiburg sewage farm waste water. Agribiological Research 43(2): 139-146.

Van Eck, J. and Snyder, A. (2006) Eggplant (*Solanum melongena* L.). Methods of Molecular Biology 343: 439-47.

Vernooij, B., Friedrich, L, Morse, A., Reist, R., Kolditzjawhar, R., Ward, E., Uknes, S., Kessmann, H. and Ryals, J. (1994) Salicylic acid is not the translocated signal responsible for inducing systemic acquired resistance but is required in signal transduction. Plant Cell 6: 959-965.

Yang, Y. Y., Jung, J. Y., Song, W. Y., Suh, H. S. and Lee, Y. (2000) Identification of rice varieties with high tolerance or sensitivity to Lead and characterization of the mechanism of tolerance. Plant Physiology 124: 1019-1026.

www.SID.ir

Archive of SID

Study on the effects of different concentrations of Pb and salicylic acid on some growth factors in eggplant (*Solanum melongena* L.)

Majid Tavakoli *[1], Abdolkarim Chehregani rad [1,2], Hossein Lariyazdi [2] and Ali Pakdel

[1] Department of Biology, Islamic Azad University Broujerd Branch, Broujerd, Iran
[2] Department of Biology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Abstract

Polluting the environment with heavy metals is on the increase and lead is one of the most important environmental pollutants. Salicylic acid is known as a plant antitoxic. In this research, the effects of different concentration of lead acetate and Salicylic acid were studied on some growth factors of eggplant (*Solanum melongena* L.), which is one of the main agricultural plant in continents of Asia and Africa. For this purpose, different concentrations of lead acetate including 0.005, 0.01 and 0.015 m, salicylic acid including 1, 5 and 10 µm were spread on the experimental plants, and control group were spread with water. Results showed that treatment with lead acetate caused changes in growth factors and treatment with salicylic acid caused growth plant improvement, significantly. Results were significant for some growth factors including fresh and dry weight, leaf area, CGR, RLGR and LAR, but were not significant for NAR and LWR ($P \leq 0.05$).

Key Words: Eggplant, Salicylic acid, Lead, Growth factors.

* Correspong Author: tavakolimajid@hotmail.com

www.SID.ir