فصلنامه یافته‌های زیست شناسی
جلد 8، شماره 1

بررسی اثرات مخرب فلز سرب بر روی پارامترهای رشد گیاه کلزا و اثر اسید سالیسیلیک بر کاهش تعدیل اثرات مخرب فلز سرب

شیدا برومندجزی*[1]، منیره رنجبر[2]، حسین لاری یزدی[3]

تاریخ دریافت: 90/8/5 تاریخ پذیرش: 90/11/30

چکیده

آلودگی فلزات سنگین یکی از مهمترین مشکلاتی است که در اکثر نقاط دنیا وجوددارد. سرب یکی از سمی‌ترین فلزات سنگین است که عموما کاهش جوانه زنی و رشد گیاهچه در اثر سمیت آن مشاهده شده است. نقش مهم هورمون اسید سالیسیلیک در پاسخ به تنش‌های مختلف و تعدیل و تخفیف آسیب‌های ناشی از تنش در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است. در این تحقیق تاثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک بر بهبود ویژگی رشد گیاه کلزا رقم اپرا در شرایط رویارویی آن با تنش فلز سنگین سرب مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با 3 تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل کاربرد فلز سرب در 7 سطح0، ، 0/25، 0/5، 0/75، 1، 1. 5 و 2 میلی‌مولار و تیمار اسید سالیسیلیک در دو سطح 5 و 10 میکرومولار بود. نتایج نشان داد که با افزایش سطح سرب، طول ریشه و ساقه، سطح پهنک برگ، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، وزن‌تر ریشه و اندام هوایی، کاهش وکاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار صفات مورد مطالعه گردید($P<0.01$)، در صورتی که بر وزن خشک اندام هوایی اثر معنی‌داری نشان نداد ($P<0.05$). بطور کلی تیمار با اسیدسالیسیلیک باعث بهبود پارامترهای رشد گیاه کلزا گردید.

کلمات کلیدی: اسید سالیسیلیک، پارامترهای رشد، کلزا، سرب

*1. عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد فلاورجان Email:sheida_bg@yahoo.com
2. عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فلاورجان.
3. عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

الگوی فعالیت‌های صنعتی امروزی به آلودگی‌های زیست‌محیطی، به ویژه آلودگی با فلزات سنگین منجر می‌شود (1). در دهه گذشته مشخص شدکه آلاینده‌های محیطی، خیلی بیشتر از آن چیزی هستندکه 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 (2) بیشتر این ترکیبات، به ویژه فلز سنگین سرب تأثیرات سوء بر موجودات‌دارد، همچنین وجود آلاینده‌های سربی در خاک بر میزان تولید محصولات کشاورزی اثرات فاحشی می‌گذارد (3). بیشترین میزان سرب از طریق سیستم‌های ریشه‌ای جذب گیاهان می‌شود و مقدار ناچیزی هم از طریق برگ و مخصوصا برگ‌های‌دارای کرک جذب گیاهان می‌گردد(4). چنین شرایطی موجب مسمومیت گیاه، کاهش رشد و میزان محصول، زردی برگ‌های جوان، کاهش جذب برخی عناصر ضروری مانند آهن و موجب کاهش میزان فتوسنتز می‌شود (4) که با یافته‌های ما همسو است. *Lin* در سال2009 بیان کرد، تنش سرب سبب کاهش طول ریشه، ساقه و تولید بیومس در گیاه ذرت می‌گردد(5). مسمومیت سرب در درجه‌ی اول بازدارنده رشد ریشه است که به دلیل تجمع زیاد سرب در ریشه و اثر سمی آن می‌باشد(6) که با نتایج ما مطابقت‌دارد. *Estrella Gomez*- بیان کرد سرب یک عنصر غیر ضروری است که اثرات سوئی بر جوانه زنی و رشد گیاه‌دارد و منجر به کاهش جوانه زنی بذر، رشد گیاه و فرایند فتوسنتز می‌شود (7). *Ruley* و همکاران نشان دادند که افزایش سرب به خاک در یک دوره‌ی 2 و4 هفته‌ای سبب کاهش رشد طولی ریشه و ساقه در گیاه *Sesbania drummondi* می‌شود(8).

اسید سالیسیلیک یکی از ترکیبات فنلی است که در گیاهان تولید می‌شود. ترکیبات این گروه می‌توانند به عنوان تنظیم کننده رشد عمل کنند. شکاری و همکاران در سال 1389 گزارش کردند پیش تیمار کردن بذرهای گاوزبان با اسید سالیسیلیک موجب گردید تا سرعت و درصد گیاهچه‌های سبز شده در مزرعه افزایش یابد(9). کاربرد اسید سالیسیلیک و استیل سالیسلیک اسید(*ASA*) در برگ‌های ذرت و سویا باعث افزایش سطح برگ و ماده خشک آن شد، ولی ارتفاع گیاه و طول ریشه بدون اثر باقی ماند (10). در مطالعه‌ای دیگر که بر روی گیاهچه‌های لوبیا و ذرت انجام گرفته بود *SA* در غلظت‌های*ppm* 50، 250 و 1000 بر روی ریشه گیاه آفتابگردان (11) و برگ آن(12) به کار رفت و موجب افزایش وزن‌تر و خشک و کاهش تعرق در غلظت‌های بالاتر شد. پیش تیمار کردن بذر با هورمون‌های رشد گیاهی، نه تنها جوانه‌زنی و سبز شدن را افزایش می‌دهد، بلکه رشد و عملکرد نهایی گیاه را نیز تحت شرایط نرمال و تنش افزایش می‌دهد. نتایج به نقش اسید سالیسیلیک در تنظیم پاسخ گیاهان در برابر تنش فلزات سنگین اشاره‌دارند و پیشنهاد می‌کنند که اسید سالیسیلیک می‌تواند به عنوان یک تنظیم کننده رشد بالقوه برای بهبود رشد گیاه تحت تنش سرب استفاده شود (13). با توجه به اینکه تنش سرب از عوامل محدود کننده در تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود، بنابراین تحقیق روی مکانیسم مقاومت گیاهان به تنش سرب حائز اهمیت است. در این میان، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در بهبود وکاهش تنش سرب در گیاهان بسیار سودمند است، لذا در این پژوهش، تأثیر اسید سالیسیلیک بر رشد گیاهچه کلزا تحت شرایط تنش سرب مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

بذرهای گیاه کلزا رقم اپرا از موسسه‌ی جهاد کشاورزی استان لرستان تهیه و به کشت آن‌ها اقدام شد. سپس بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم 20٪ ضد عفونی سطحی شدند و بر روی سبدهایی به ابعاد 4×2 میلیمتری تا رسیدن به مرحله‌ی دو برگی رشد کردند، آنگاه به ظروف تیره‌ی 650 میلی لیتری حاوی محلول هوگلند نیم قدرت انتقال یافتند و بعد از گذشت 24 ساعت تحت تیمارهای مختلف

Archive of SID

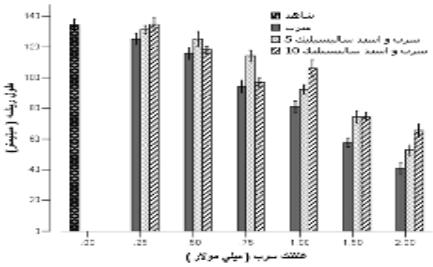
www.SID.ir

نیترات سرب با غلظت‌های (0، 0/25، 0/5، 0/75، 1، 1. 5 و 2 میلی‌مولار) و سرب با غلظت‌های فوق به همراه اسید سالیسیلیک 5 و 10میکرومولار در سه تکرار درون ژرمیناتوری تحت دمای 20 درجه‌ی سآنتی‌گراد به مدت 20 روز قرار گرفتند، طول دوره‌ی روشنایی و تاریکی به ترتیب 16و 8 ساعت بود. بعد از گذشت 20 روز گیاهان از محیط هوگلند خارج شدند و پس از شستشوی ریشه‌ها با آب مقطر برای شستن سرب سطحی، ریشه‌ها را از اندام‌های هوایی جدا کرده و طول ریشه و ساقه، با استفاده از کاغذ شطرنجی بر حسب میلیمتر و سطح پهنک برگ بر حسب میلیمتر مربع، وزن‌تر و خشک ریشه و اندام هوایی با ترازوی دیجیتالی بر حسب گرم محاسبه شدند. آزمایش های مختلف در قالب طرح کاملا تصادفی به صورت فاکتوریل در سه تکرار به اجرا در آمد. سپس به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی‌های آماری از نرم افزار *SPSS* و جدول آنالیز واریانس و آزمون *Duncan* و برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار *SPSS* استفاده گردید و نتایج به صورت نمودارهای مقایسه‌ای ارائه شد.

نتایج:

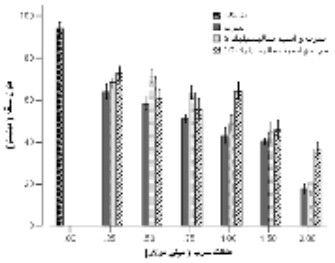
اثر سرب بر رشد ریشه: آنالیز داده‌های مربوط به رشد ریشه نشان داد که مسمومیت سرب در درجه‌ی اول باعث کاهش معنی‌داری در طول ریشه شده است به طوری که با افزایش غلظت سرب به طور معنی‌داری (P<0.01) از میزان طول ریشه کاسته شد. بیشترین کاهش مربوط به غلظت 2 میلی مولار سرب با مقدار 41 میلیمتر می‌باشد.

تحت تیمار توام سرب و اسید سالیسیلیک، طول ریشه نسبت به تیمارهای سرب به طور معنی‌داری(P<0.01) افزایش یافت(شکل 1).



شکل 1- بررسی اثر سرب و اسید سالیسیلیک بر میانگین طول ریشه در کلزا 20 روزه رقم اپرا، ستون‌ها و شاخص‌ها نشانگر میانگین 3 تکرار و خطای معیار هستند

اثر سرب بر رشد ساقه: در رقم اپرا طی تیمار 20 روزه مشاهده شد که با افزایش غلظت سرب، طول ساقه نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت (P<0.01). کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت‌های 5 و 10 میکرومولار باعث افزایش معنی‌دار طول ساقه نسبت به تیمارهای سرب گردید(P<0.01). در غلظت‌های 0/5 و 0/75 میلی‌مولار سرب، اسید سالیسیلیک با غلظت 5 میکرومولار موثرتر بوده، درحالی که در غلظت‌های 0/25، 1، 1/5و 2 میلی مولار سرب، اسیدسالیسیلیک 10 میکرومولار موثرتر بوده و سبب افزایش طول ساقه نسبت به تیمارهای سرب گشته است. همچنین بین دو غلظت اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری مشاهد شد(P<0.05)(شکل 2).

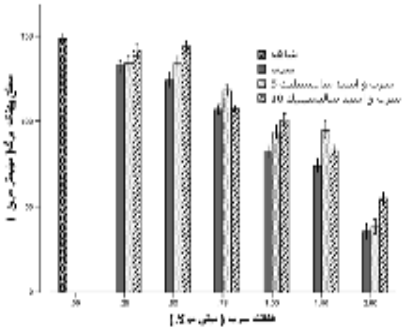


شکل 2- بررسی اثر سرب و اسید سالیسیلیک بر میانگین طول ساقه در کلزا 20 روزه رقم اپرا، ستون‌ها و شاخص‌ها نشانگر میانگین 3 تکرار و خطای معیار هستند

Archive of SID

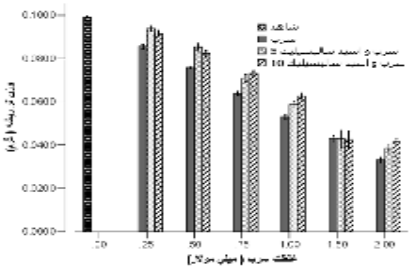
www.SID.ir

اثر سرب بر سطح پهنک برگ: در گیاهان 20 روزه‌ی اپرا با افزایش غلظت نیترات سرب، سطح پهنک برگ کاهش معنی‌داری($P<0.01$) یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک با دو غلظت 10 و 5 میکرومولار باعث افزایش معنی‌دار($P<0.01$) سطح پهنک برگ‌ها نسبت به تیمارهای سرب گردید. همچنین در غلظت‌های 0/25، 0/5، 1 و 2 میلی مولار سرب، اسید سالیسیلیک 10 میکرومولار موثرتر بوده، در حالی که در غلظت‌های 0/75 و 1/5 میلی مولار سرب، اسید سالیسیلیک 5 میکرومولار موثرتر بوده و سبب افزایش سطح پهنک برگ نسبت به تیمارهای سرب گشته است (شکل3).



شکل3- بررسی اثر سرب و اسید سالیسیلیک بر میانگین سطح پهنک برگ در کلزا 20 روزه رقم اپرا، ستون‌ها و شاخص‌ها نشانگر میانگین 3 تکرار و خطای معیار هستند

اثر سرب بر وزن‌تر ریشه و اندام هوایی: وزن‌تر ریشه‌ی گیاهان 20 روزه‌ی اپرا با افزایش غلظت نیترات سرب کاهش معنی‌داری یافت($P<0.01$). بیشترین کاهش مربوط به غلظت 2 میلی‌مولار سرب با مقدار 0/033 گرم و کمترین کاهش مربوط به غلظت 0/25 میلی‌مولار سرب با مقدار 0/085 گرم بوده است. با به کارگیری اسید سالیسیلیک توام با سرب، وزن‌تر ریشه نسبت به تیمارهای سرب افزایش معنی‌داری یافت($P<0.05$) (شکل4).

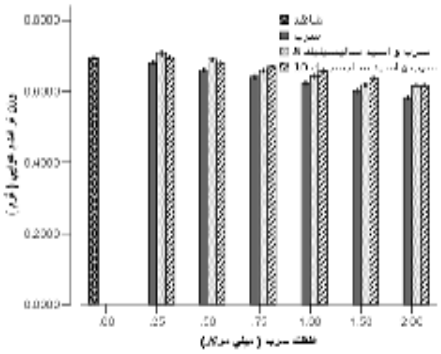


شکل 4- بررسی اثر سرب و اسید سالیسیلیک بر میانگین وزن‌تر ریشه در کلزا 20 روزه رقم اپرا، ستون‌ها و شاخص‌ها نشانگر میانگین 3 تکرار و خطای معیار هستند

وزن‌تر اندام هوایی گیاهان 20 روزه‌ی اپرا با افزایش غلظت نیترات سرب کاهش معنی‌داری یافت ($P<0.01$). بیشترین کاهش مربوط به غلظت 2 میلی‌مولار سرب با مقدار 0/583گرم و کمترین کاهش مربوط به غلظت 0/25 میلی‌مولار سرب با مقدار 0/682گرم بوده است. با به کارگیری اسید سالیسیلیک توام با سرب، وزن‌تر اندام هوایی نسبت تیمارهای سرب افزایش معنی‌داری یافت ($P<0.01$). بین دو غلظت اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری در سطح ($P<0.05$) مشاهده شد، همچنین در غلظت‌های 0/25، 0 و 0/5 میلی‌مولار سرب، اسید سالیسیلیک 5 میکرومولار موثرتر بوده و باعث افزایش وزن‌تر اندام هوایی نسبت به تیمارهای سرب گشته در حالی که در سایر غلظت‌ها (0/75، 1و1/5) میلی‌مولار سرب، اسید سالیسیلیک 10 میکرومولار موثرتر بوده و در غلظت 2 میلی‌مولار سرب اختلاف معنی‌داری بین دو غلظت اسید سالیسیلیک مشاهده نشد(شکل 5).

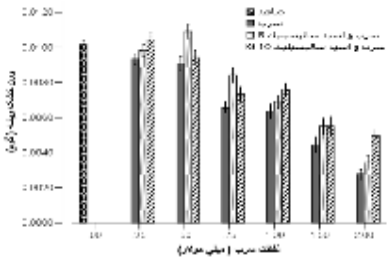
Archive of SID

www.SID.ir



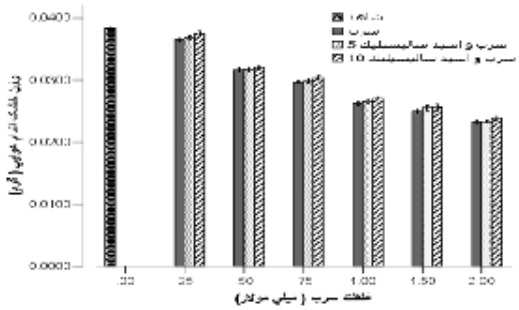
شکل 5- بررسی اثر سرب و اسید سالیسیلیک بر میانگین وزن‌تر اندام هوایی در کلزا 20 روزه رقم اپرا، ستون‌ها و شاخص‌ها نشانگر میانگین 3 تکرار و خطای معیار هستند

اثر سرب بر وزن خشک ریشه و اندام هوایی: وزن خشک ریشه‌ی گیاهان 20 روزه‌ی اپرا نیز با افزایش غلظت نیترات سرب کاهش معنی‌داری یافت($P<0.01$). تحت تیمار توام سرب و اسید سالیسیلیک، وزن خشک ریشه‌ها نسبت به تیمارهای سرب افزایش معنی‌داری یافت ($P<0.01$)(شکل 6).



شکل6- بررسی اثر سرب و اسید سالیسیلیک بر میانگین وزن خشک ریشه در کلزا 20 روزه رقم اپرا، ستون‌ها و شاخص‌ها نشانگر میانگین 3 تکرار و خطای معیار هستند

وزن خشک اندام هوایی گیاهان 20 روزه‌ی اپرا با افزایش غلظت نیترات سرب کاهش معنی‌داری یافت($P<0.01$). تحت تیمار توام سرب و اسید سالیسیلیک، وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمارهای سرب افزایش یافت ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود($P<0.05$) (شکل7).



شکل7- بررسی اثر سرب و اسید سالیسیلیک بر میانگین وزن خشک اندام هواییدر کلزا 20 روزه رقم اپرا، ستون‌ها و شاخص‌ها نشانگر میانگین 3 تکرار و خطای معیار هستند

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق تحت تیمارهای مختلف نیترات سرب، میانگین طول ریشه و ساقه، سطح پهنک برگ، وزن خشک وتر ریشه و اندام هوایی، نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری ($P<0.01$) یافتند. افزایش تجمع سرب در اندام‌های گیاهی به خصوص ریشه‌ها با افزایش غلظت آن در تیمارها در مطالعات مشابه دیده شده است(14). فلزات سنگین به وسیله‌ی مهار تقسیم سلولی و یا کاهش گسترش سلولی در ناحیه‌ی طویل شدن و یا هر دو آن‌ها سبب کاهش طول ریشه می‌شوند(15). با افزایش غلظت نیترات سرب، میانگین طول ساقه به طور معنی‌داری کاهش یافت($P<0.01$). نظیر چنین پدیده‌هایی را در ساقه‌ها به خصوص در ناحیه‌ی مریستمی می‌توان مشاهده کرد که علاوه بر کاهش قدرت تقسیم، خاصیت الاستیکی سلول‌ها و غشاء آن‌ها نیز کاهش می‌یابد(16). از طرفی تیمار سرب موجب کندی و تأخیر رشد و کاهش سطح برگ‌ها شده که این پدیده موجب کاهش سطح تعرق می‌گردد، بنابراین جریان ترکیباتی که باید به سمت ساقه‌ها واندام‌های هوایی انتقال یابند با کاهش مواجه می‌شوند و همین امر نیز موجب کندی رشد در بخش‌های هوایی می‌شود (4)که با یافته‌های ما همسو است. وزن‌تر وخشک ریشه نیز به دلیل مسمومیت با سرب کاهش می‌یابد. اثر کاهش زیست

Archive of SID

www.SID.ir

توده‌ی ریشه و رشد آن در اثر مسمومیت با سرب در گیاهان دیگر نیز گزارش شده است. نتایج مشابهی درباره‌ی اثرات بازدارندگی فلزات سنگین از جمله مس در گیاه Brassica pekinesis Rupr گزارش شده است(17)که با یافته‌های ما مطابقت‌دارد. سرب موجب کاهش ارتفاع گیاه، کاهش وزن خشک ریشه، بخش هوایی و کل گیاه می‌گردد. کاهش سطح برگ نیز پاسخ عمومی گیاهان به محیط حاوی فلز سنگین است (18).

به کارگیری اسید سالیسیلیک با دو غلظت 5 و 10 میکرومولار سبب افزایش معنی‌دار($P<0.01$) طول ریشه و ساقه، سطح پهنک برگ، وزن‌تر ریشه و اندام هوایی و وزن خشک ریشه گردید. ولی اثر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی نشان نداد($P<0.05$). در مورد نقش اسید سالیسیلیک بر پارامترهای رشد گزارش متعددی وجوددارد، از جمله گزارش شده است که اسید سالیسیلیک کاهش رشد ناشی از فلزات سنگین را بهبود می‌بخشد(19). همچنین تیمار با 0/5 میلی‌مول اسید سالیسیلیک، تقسیم یاخته‌ای را درون مریستم راسی گیاهچه‌های گندم افزایش داده و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد(20) که با نتایج ما همخوانی‌دارد. تیمار اسید سالیسیلیک در بیشتر موارد سبب بهبود عوارض سوء ناشی از سرب در گیاه و در مواردی حتی سبب افزایش رشد در گیاهان تحت تیمار گردید که این نتایج با نتایج Choudhury در سال 2004 که اثر متقابل اسید سالیسیلیک و کادمیوم را بر رشد ریشه گیاه برنج(21) و جعفری در سال 1382 که اثر متقابل اسید سالیسیلیک و کادمیوم را بر روی گیاه لوبیا آزمایش کردند(22)، همسو است. با توجه به نتایج فوق می‌توان چنین نتیجه گرفت که تیمار با سرب سبب تغییر شاخص‌های رشد و تیمار با اسید سالیسیلیک در اغلب موارد سبب بهبود عوارض ناشی از تیمار سرب گردید و می‌توان از تیمار اسید سالیسیلیک در سم زدایی وکاهش تأثیرات مسمومیت با سرب استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

از زحمات و همکاری‌های صمیمانه اساتید بزرگوارم و همچنین همراهی و مساعدت‌های جناب آقای مهندس برومند و سرکار خانم دکتر بهروز در طول اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1. Chehregani A, Malayeri B. Removal of heavy metals by native accumulator plants. *Int J Agric Biol*, 2007, 9(3): 462- 465.
2. Priscila L G, Polle A, Lea P J, Azevedo R A. Making the life of heavy metal stressed plants a little easier. *Funct Plant Biol*, 2005, 32: 481- 494.
3. Igwe J C, Abia A A. Equilibrium sorption isotherm studies of Cd (II), Pb(II) and Zn(II) ions detoxification from waste water using unmodified and EDTA- modified maize husk. *Electron J Biotechno*, 2007, 10(4): 536- 548.
4. Pallavi Sh, Rama Sh D. Lead toxicity in plants. *Braz J Plant Physiol*, 2005, Vol, 17, No, 1, 15- 22.
5. Lin CJ, Liu L, Liu T, Zhu L, Sheng D, Wang D. Soil amendment application frequency contributes to phytoextraction of lead by sunflower at different nutrient levels. *Environ Expr Bot*, 2009, 65: 410- 416.
6. Yell Yang Y. Identification of rice varieties with high tolerance or sensity to lead and characterization of the mechanism of to tolerance. *Plant Physiol*, 2000, Vol, 124, 1019- 1026.
7. Estrella- Gomez N, Mendoza- Cozatl D, Moreno- Sanchez R, Gonzalez- Mendoza D, Zapata- Perez O, Martinez- Hernandez A, Santamaria J M. The Pb- hyperaccumulator aquatic fern salvinia minima baker, responds to Pb^{2+} by increasing phytochelatins via changes in smpcs expression and in phytochelatin synthase activity. *Aquat Toxicol*, 2009, 91: 320- 328. .
8. Ruley AT, Nilesh C S, Shivendra V S, Shree R S, Kenneth S S. . Effect of lead and chelators on growth, photosynthetic activity and pb uptake in Sesbania dormancies grown in soil. *Environ Pollut*, 2006, 144: 11- 18.
9. شکاری ف، بالجانی ر، صبا ج، افصحی ک، شکاری ف. تأثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر خصوصیات رشدی گیاهچه گاوزبان (Borago officinalis). 1389، مجله دانش نوین کشاورزی، 53- 47: 18
10. Khan W, Prithiviraj B, Smith D. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *J Plant Physiol*, 2003, 160: 485- 492.
11. Canakcl S, Munzuroglu O. Effect of acetyl salicylic acid application to the roots of bean (Phaseolus vulgariz L.) and corn (Zea mays L.) seedlings on transpiration rate and mays L.) seedlings on transpiration rate and weight changes. *J Sci Eng*, 2002, 14(2): 1- 9.
12. Canakcl S, Munzuroglu O. Effect of sprayed acetyl salicylic acid application to the leaves of bean (Phaseolus vulgariz L.) and corn (Zea mays L.) seedlings on transpiration rate and weight changes. *J institute Sci*, 2000, 7(1): 83- 92.
13. Senaratna T, Touchell D, Bunn E, Dixon K. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul*, 2000, 30: 157- 161.
14. Kosobrukhov A, knyazeva I. Plantago major plants responses to increase content of lead in soil: growth and photosynthesis. *Plant Growth Regul*, 2004, 42: 145- 151.
15. Nalilni P, Chandra P S. Effect of heavy metals Co^{+2}, Ni^{+2} on growths and metabolism of cabbage. *Plant Sci*, 2002, 163: 753- 758.
16. Mohanty N, Vass I, Demeter S. Copper toxicity affects photosystem Π electron transport at QB. *Plant Physiol*, 1989, 90: 175- 179.
17. Chao L, Xiong ZT, Geng B. Phytotoxic effects of copper on nitrogen metabolism and plant grpwth in Brassica napus Rupr. *Ecotox Environ safe*, 2006, 64: 273- 280.
18. Sharma P Dubey R S. Lead toxicity in plants. *Braz J Plant Physiol*, 2005, 17(1): 35- 52.
19. Pal M, Szalai Z, Horvath E, Paldi E, Janda T. Effect of Salicylic acid during heavy metal stress. *Acta Biol Szegediensis*, 2002, 46(34): 119- 120.
20. Shakirova F M, Sakhabutdinova A R, Bezrukova M V, Fatkhutdinova D R. Changes In the hormonal status of wheat seedling inducing be salicylic acid and salinity. *Plant Sci*, 2003, 164: 317- 322.
21. Choudhury S, Panda S K. Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in Oryza sativa L. roots. *J Plant Physiol*, 2004, 30(3- 4): 95- 110.
22. جعفری، ر. تأثیر برهمکنش کادمیوم و سالیسیلیک اسید بر روی رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه لوبیا Phaseolus vulgaris L. ، 1382، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران

Archive of SID

www.SID.ir