اثر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه بر شاخص‌های گیاه‌پالایی سرب توسط ذرت (*Zea mays* L.)

راضیه منصوری صحبت آباد[۱]، عبدالرزاق دانش شهرکی[۲]، حمیدرضا متقیان[۳]
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشگاه شهرکرد
[۲] و [۳] به ترتیب استادیار گروه زراعت و گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده

جهت مطالعه اثر اکسین، جیبرلین و سیتوکنین بر شاخص‌های گیاه‌پالایی سرب توسط گیاه ذرت، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد به اجرا در آمد. در این آزمایش محلول‌پاشی با هورمون‌های اکسین با غلظت‌های ۱، ۱۰و ۱۰۰ میکرومولار، جیبرلین با غلظت‌های ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میکرومولار و سیتوکنین با غلظت‌های ۰/۵، ۵ و ۵۰ میکرومولار و تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمارهای مورد بررسی غلظت سرب اندام‌هوایی، غلظت سرب ریشه، مقدار سرب ریشه، مقدار سرب اندام‌هوایی، مقدار سرب جذب شده از خاک، کارایی جذب سرب، کارایی استخراج سرب، فاکتور انتقال سرب از خاک به ریشه (TF_1) فاکتور انتقال سرب از ریشه به اندام‌هوایی (TF_2) را افزایش داده است. با توجه به نتایج این آزمایش محلول‌پاشی اکسین با غلظت ۱۰ میکرومولار را می‌توان به‌عنوان کاربردی ترین غلظت جهت افزایش کارایی گیاه‌پالایی توصیه کرد.

واژه های کلیدی: آلودگی خاک، اکسین، جیبرلین، سیتوکنین، فلزات سنگین

مقدمه

در حال حاضر یکی از چالش‌های اساسی در زمینه محیط زیست، افزایش تدریجی غلظت فلزات سنگین در خاک به سبب عدم تجزیه آن‌ها توسط ریزجانداران می‌باشد. این‌گونه فلزات با توجه به داشتن خواص و اثرات بالقوه در ایجاد جهش در سلول، تخریب سلول و سرطان‌زایی، مخاطرات جدی را بر سلامت انسان و سایر موجودات زنده وارد می‌نمایند (عمویی و همکاران، ۲۰۰۶). سرب، از جمله فلزات سنگین است که دارای کارکرد زیستی مشخصی نمی‌باشد و از پتانسیل ایجاد مسمومیت برای گیاهان و سایر موجودات زنده، برخوردار است. این فلز، به دلیل پراکنش گسترده در سرتاسر نقاط جوامع شهری و صنعتی سبب کاهش حاصل‌خیزی خاک شده و به راحتی در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد (لون و همکاران، ۲۰۰۸).

روش‌های مختلفی برای زدودن فلزات سنگین وجود دارد. یکی از این روش‌ها استفاده از گیاهان جهت زدودن فلزات سنگین می‌باشد که گیاه‌پالایی نامیده می‌شود و در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در طول چند دهه اخیر نیز مطالعات متعددی جهت افزایش کارایی گیاه‌پالایی از جمله به کارگیری کودها و تنظیم‌کننده‌های pH خاک صورت گرفت است (کاسینا و همکاران، ۲۰۱۱). از گیاهان مختلفی جهت گیاه‌پالایی استفاده شده است که در این میان، گیاه ذرت دارای پتانسیل زیادی در جذب و خارج ساختن فلزات سنگین از خاک است. زیرا علاوه‌بر تولید زیست‌توده زیاد، به‌عنوان یک گیاه بیش‌اندوز فلزات سنگین (همانند سرب، نیکل، کادمیوم و غیره) نیز شناخته شده است (پارک و همکاران، ۲۰۱۲).

استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشدگیاهی (PGRs) به‌عنوان یک روش جهت بهبود کارایی گیاه‌پالایی موردبررسی قرار گرفته است که به واسطه‌ی افزایش زیست توده گیاه بر جذب فلزات اثر گذاشته و کارایی گیاه‌پالاینده را افزایش می دهد. این ترکیبات مزایای مختلفی در فرایند استخراج گیاهی دارند که می‌توان به اعمال راحت آن‌ها ، مقرون به صرفه بودن و عدم ایجاد اثرات سوء زیست محیطی اشاره نمود (کاسینا و همکاران، ۲۰۱۱).

تنظیم‌کننده‌های رشدگیاهی مانند اکسین (IAA) و سیتوکنین با افزایش میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای سبب افزایش فرایند جذب و انتقال فلزات سنگینی همچون سرب و روی می‌شوند (تاسی و همکاران، ۲۰۰۸). وانگ و همکاران در سال ۲۰۰۷ گزارش دادند که با اعمال تیمار اکسین، میزان سرب ریشه در گیاه ذرت افزایش پیدا کرد که افزایش تجمع سرب به

علت افزایش بیوماس خشک ناشی از اعمال تیمار هورمون است. با اعمال جیبرلین درجلبک ولگاریس میزان سرب جذب شده توسط گیاه ۳ درصد افزایش پیدا کرد (فالکووسکا و همکاران، ۲۰۱۱). غلظت ۱۰۰ میکرومولار IAA سبب افزایش تجمع سرب در بخش هوایی گیاه *Sedum alfredii* شد (لیو و همکاران، ۲۰۰۷).

با توجه به اهمیت آلودگی خاک به فلزات سنگین از جمله سرب و ضرورت کاهش آلودگی و همچنین اثر تنظیم‌کننده‌های رشد جهت ارتقاء توانایی گیاه در فرایند گیاه‌پالایی، این پژوهش به منظور مطالعه اثر اکسین، جیبرلین و سیتوکنین بر شاخص‌های گیاه‌پالایی سرب توسط گیاه ذرت صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر تنظیم‌کننده‌های رشد اکسین، جیبرلین و سیتوکنین بر جذب و تجمع سرب در گیاه ذرت *Zea mays* L. در خاک آلوده به سرب، پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) و محلول‌پاشی با هورمون‌های اکسین با غلظت‌های ۱، ۱۰و ۱۰۰ میکرومولار، جیبرلین با غلظت‌های ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میکرومولار و سیتوکنین (کینیتین) با غلظت‌های ۰/۵، ۵ و ۵۰ میکرومولار بودند.

خاک از اراضی حاشیه معدن سرب و روی باما (اصفهان) تهیه شد و برخی از خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک در (جدول ۱) آورده شده است. جهت کاشت از ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده شد. در هر گلدان ۵ کیلویی ۳ عدد بذر کاشته شد. ۲۲ روز پس از کشت اولین محلول‌پاشی انجام گرفت و محلول‌پاشی تیمارها ۲ بار دیگر با فاصله هر ۱۵ روز یک بار برای هورمون‌های اکسین و جیبرلین و با فواصل ۵ روز یکبار برای سیتوکنین انجام گرفت (هادی و همکاران، ۲۰۱۰). آبیاری ۲ روز۱ بار انجام گشت و در هر نوبت به میزان ۳۰۰ میلی‌لیتر آب به هر گلدان داده شد. جهت جلوگیری از شسته شدن فلزات سنگین و کاهش غلظت آن در ناحیه ریشه، در زیر هر گلدان یک عدد زیر گلدانی قرار گرفت.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مورد آزمایش

نیتروژن کل (٪)	کربن آلی (٪)	فسفر قابل جذب ($mgKg^{-1}$)	سرب قابل جذب ($mgKg^{-1}$)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	Ec (dSm^{-1})	pH	بافت خاک
۰/۰۳	۰/۳۱	۸/۹	۲۴/۴۲	۲۸/۵	۳۹	۳۲/۵	۱/۵۷	۷/۹۲	لومی

در ابتدای مرحله‌ی گلدهی (۷۰ روز پس از کشت) برداشت بوته‌های ذرت صورت گرفت، سپس بخش‌های گیاهی در آب مقطر به خوبی شسته شدند و نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد درون آون خشک گردید و پس از تعیین وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی، اندازه‌گیری غلظت سرب اندام هوایی و ریشه به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی (ASS) صورت گرفت و بر حسب $mg.Kg^{-1}$ ماده خشک بیان شد (مک براید و همکاران،۲۰۰۴). سپس جهت بررسی پتانسیل گیاه ذرت جهت استخراج فلز سنگین سرب از خاک آلوده از شاخص‌های کارایی جذب گیاهی سرب(رابطه۱)، کارایی استخراج گیاهی سرب (رابطه۲)، فاکتور انتقال سرب از خاک به ریشه (رابطه۳)، فاکتور انتقال سرب از ریشه به اندام هوایی(رابطه ۴) استفاده شد.

(۱) کارآیی جذب گیاهی سرب (میکروگرم سرب در گرم ماده خشک ریشه)= $\frac{\text{مقدار سرب جذب شده در کل گیاه}}{\text{وزن خشک ریشه}}$

(۲) کارآیی استخراج گیاهی سرب (میکروگرم سرب در گرم ماده خشک ریشه)= $\frac{\text{مقدار سرب جذب شده در اندام هوایی}}{\text{وزن خشک ریشه}}$

(۳) فاکتور انتقال سرب از خاک به ریشه= $\frac{\text{غلظت سرب در ریشه}}{\text{غلظت سرب قابل جذب در خاک}}$

(۴) فاکتور انتقال سرب از ریشه به اندام هوایی= $\frac{\text{غلظت سرب اندام هوایی}}{\text{غلظت سرب ریشه}}$

(۵) مقدار سرب جذب شده توسط گیاه= غلظت سرب * وزن خشک

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از این پژوهش به کمک روش تجزیه واریانس و مدل خطی (GLM) با استفاده از نرم‌افزار (SAS) صورت گرفت. مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار (Excel) انجام گرفت.

نتایج و بحث

روند تغییرات غلظت سرب و مقدار جذب سرب در گیاه همسو بوده است. با توجه به اینکه غلظت و مقدار جذب سرب اندام‌هوایی و ریشه تحت تیمار غلظت‌های مختلف ایندول‌استیک‌اسید افزایش پیدا کرد و بیشترین میزان افزایش در غلظت ۱۰ میکرومولار از این تیمار مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارهای اعمال شده در سطح بالاتری قرار داشت و به ترتیب سبب افزایش ۳۶/۳۲ و ۶۲/۷۲ درصدی مقدار جذب سرب ریشه و مقدار جذب سرب اندام‌هوایی در گیاه شد. نتایج مقایسه میانگین دادها نشان داد که تیمار ایندول‌استیک اسید با افزایش جذب ریشه، مقدار سرب ریشه و اندام‌هوایی را افزایش داده و به این ترتیب جذب سرب از خاک بیشتر شده و سرب قابل جذب خاک را پس از آزمایش کاهش داده است (جدول ۲).

پس از ایندول‌استیک‌اسید، سیتوکنین ۰/۵ میکرومولار سبب افزایش پارامترهای مورد بررسی شد. به طوریکه این غلظت از سیتوکنین با میانگین ۲۸۷/۶۸ میکروگرم برگلدان مقدار کل سرب جذب شده در گیاه را ۳۰/۲۳ نسبت به شاهد با میانگین ۲۲۰/۹۰ میکروگرم برگلدان افزایش داد. مقدار کل سرب جذب شده در گیاه حاصل جمع مقدار سرب جذب شده ریشه و اندام‌هوایی می‌باشد. سیتوکنین با غلظت ۵۰ میکرومولار نه تنها سبب افزایش جذب سرب در گیاه نشد بلکه مقدار سرب ریشه و اندام‌هوایی را در گیاه نسبت به شاهد کاهش داد. سیتوکنین ۵۰ میکرومولار از جذب سرب توسط گیاه ممانعت به عمل آورده و سرب قابل جذب خاک را کاهش نداد. با روند افزایش غلظت در تیمار سیتوکنین روند کاهشی در مقدار کل سرب جذب شده مشاهده شد (جدول ۲).

جیبرلین ۳۰۰ میکرومولار مقدار جذب سرب اندام‌هوایی را افزایش داده است و جیبرلین ۴۵۰ میکرومولار غلظت و مقدار سرب جذب شده در ریشه را در سطح بالاتری نسبت به شاهد قرار داد به طوریکه با افزایش غلظت جیبرلین مقدار جذب سرب و غلظت سرب ریشه گیاه افزایش پیدا کرد. از آنجایی که مقدار سرب جذب شده در ریشه بیشتر از اندام هوایی بود در نتیجه تیمار محلول‌پاشی جیبرلین ۴۵۰ میکرمولار اثر مثبت معنی‌داری بر مقدار کل سرب جذب شده توسط گیاه داشت (جدول ۲).

جدول ۲- جدول مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی بر مقدارسرب اندام‌هوایی، مقدار سرب ریشه، مقدار کل سرب جذب شده و غلظت سرب اندام‌هوایی، ریشه و خاک

تیمار	مقدار سرب اندام‌هوایی (µg. (pot-1	غلظت سرب اندام هوایی($mg.Kg^{-1}$)	مقدار سرب ریشه (µg. (pot-1	غلظت سرب ریشه($mg.Kg^{-1}$)	غلظت سرب خاک ($mg.Kg^{-1}$)	مقدار کل سرب جذب شده توسط گیاه
شاهد	۱۵/۱۳^{f}	۱/۰۶^{d}	۲۰۵/۷۶^{e}	۴۲/۱۰^{c}	۲۱/۴۸^{ab}	۲۲۰/۹۰^{ef}
جیبرلین ۱۵۰ میکرو مولار	۱۶/۹۸^{ef}	۱/۱۰^{d}	۱۹۸/۳۲^{ef}	۴۳/۱۱^{c}	۲۰/۷۶^{abc}	۲۲۷/۰۶^{fg}
جیبرلین ۳۰۰ میکرو مولار	۲۰/۶۳^{c}	۱/۳۰^{c}	۲۲۸/۲۴^{cde}	۴۵/۰۶^{bc}	۱۹/۴۵^{abcde}	۲۴۸/۸۷^{cde}
جیبرلین ۴۵۰ میکرو مولار	۱۸/۳۰^{de}	۱/۱۸ ^{cd}	۲۷۵/۷۷^{a}	۴۹/۹۱^{a}	۱۹/۰۸^{bcde}	۲۹۴/۰۷^{a}
اکسین ۱ میکرومولار	۲۵/۱۹^{a}	۱/۵۸^{a}	۲۱۵/۶۰^{de}	۴۳/۹۵^{bc}	۱۶/۹۳^{e}	۲۴۰/۷۹^{def}
کسین ۱۰ میکرومولار	۲۴/۶۲^{ab}	۱/۵۰^{a}	۲۸۰/۵۰^{a}	۴۹/۳۵^{a}	۱۸/۹۲^{cde}	۳۰۵/۱۲^{a}
اکسین ۱۰۰ میکرومولار	۲۳/۰۷^{b}	۱/۴۶^{ab}	۲۵۳/۶۶^{abc}	۴۳/۹۵^{bc}	۱۸/۷۲^{cde}	۲۷۹/۷۳^{abc}
سیتوکنین ۰/۵ میکرومولار	۲۲/۹۳^{b}	۱/۵۰^{a}	۲۶۴/۷۴^{ab}	۴۷/۴۴^{ab}	۱۸/۰۶^{de}	۲۸۷/۶۸^{ab}
سیتوکنین ۵ میکرومولار	۱۹/۰۲^{cde}	۱/۲۰^{cd}	۲۳۸/۲۶^{bcd}	۴۲/۹۶^{c}	۱۹/۸۳^{abcd}	۲۵۷/۲۸^{bcd}
سیتوکنین ۵۰ میکرومولار	۱۹/۹۵^{cd}	۱/۳۳^{bc}	۱۶۸/۷۰^{f}	۳۵/۳۳^{d}	۲۱/۶۸^{a}	۱۸۸/۶۵^{g}

در هر ستون میانگین‌ها دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

مقایسه میانگین دادها نشان داد که جیبرلین با ۴۵۰ میکرومولار کارایی جذب سرب توسط گیاه را ۱۷/۸۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. علت افزایش کارایی جذب گیاهی را می‌توان به افزایش مقدار جذب سرب و غلظت سرب با مصرف این غلظت از تیمار نسبت داد. ایندول‌استیک‌اسید۱۰ میکرومولار و همچنین سیتوکنین ۰/۵ میکرومولار به علت افزایش جذب سرب توسط ریشه و اندام‌هوایی در گیاه، کارایی جذب گیاه را افزایش داده‌اند. تنها سیتوکنین ۵۰ میکرومولار سبب کاهش معنی‌داری کارایی جذب گیاه نسبت به شاهد شده است (جدول ۳).

اعمال محلول‌پاشی ایندول‌استیک‌اسید افزایش ۳۵/۳۶ درصدی کارایی استخراج گیاهی نسبت به شاهد را به دنبال داشت. به طوریکه غلظت ۱ میکرومولار و ۱۰ میکرومولار از این تیمار دارای بالاترین کارایی در استخراج گیاهی است. همانطور که مشاهده شد در همین غلظت‌ها کارایی جذب گیاهی افزایش پیدا کرده است. سیتوکنین ۰/۵ و جیبرلین ۳۰۰ میکرومولار پس از ایندول‌استیک‌اسید ۱۰ میکرومولار قرار دارند. سایر تیمارهای اعمال شده با وجود افزایش کارایی استخراج گیاهی نسبت به غلظت‌های بیان شده تاثیر کمتری ایجاد کرده‌اند (جدول ۳).

فاکتور انتقال سرب از خاک به ریشه با مصرف ایندول‌استیک‌اسید۱۰ میکرومولار، سیتوکنین ۰/۵ میکرومولار و جیبرلین ۴۵۰ میکرومولار به ترتیب به میزان ۳۲/۹۹، ۳۲/۴۸و ۳۲/۹۹ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کرده است که این افزایش در جیبرلین و ایندول‌استیک‌اسید به یک میزان بود. تنها غلظت ۵۰ میکرومولار سیتوکنین، فاکتور انتقال سرب از خاک به ریشه گیاه را ۱۷/۲۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. در تیمار سیتوکنین با غلظت ۵۰ میکرومولار با وجود اینکه نسبت به سایر تیمارهای اعمال شده مقدار کمتری سرب از خاک توسط گیاه جذب شده است ولی میزان انتقال سرب از ریشه به اندام‌هوایی بیشتر بوده است. پس از آن ایندول‌استیک‌اسید ۱ میکرومولار نسبت به سایر غلظت‌های همین تیمار تاثیر بیشتری در فاکتور انتقال سرب از ریشه به اندام‌هوایی داشته است (جدول ۳).

جدول ۳- جدول مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی بر کارایی جذب گیاهی، کارایی استخراج گیاهی، فاکتور انتقال سرب از خاک به ریشه (TF_1) و فاکتور انتقال سرب از ریشه به اندام‌هوایی (TF_2)

تیمار	کارایی جذب گیاهی ($\mu g.g^{-1}$)	کارایی استخراج گیاهی ($\mu g.g^{-1}$)	TF1	TF2
شاهد	۴۵/۲۱^{de}	۳/۱۱^{e}	۱/۹۷^{e}	۰/۰۲^{fg}
جیبرلین ۱۵۰ میکرو مولار	۴۴/۲۴^{e}	۳/۴۴^{cde}	۲/۰۸^{e}	۰/۰۲^{fg}
جیبرلین ۳۰۰ میکرو مولار	۴۹/۱۶^{bc}	۴/۱۰^{b}	۲/۳۶^{bcd}	۰/۰۲^{e}
جیبرلین ۴۵۰ میکرو مولار	۵۳/۲۸^{a}	۳/۳۴^{de}	۲/۶۲^{ab}	۰/۰۲^{g}
اکسین ۱ میکرومولار	۴۹/۰۹^{bc}	۵/۱۴^{a}	۲/۶۰^{abc}	۰/۰۳^{ab}
کسین ۱۰ میکرومولار	۵۲/۴۲^{ab}	۴/۲۱^{b}	۲/۶۲^{a}	۰/۰۳^{ed}
اکسین ۱۰۰ میکرومولار	۴۷/۹۵^{cd}	۳/۸۵^{bcd}	۲/۳۵^{cd}	۰/۰۳^{bc}
سیتوکنین ۰/۵ میکرومولار	۵۱/۵۷^{ab}	۴/۱۳^{b}	۲/۶۱^{ab}	۰/۰۳^{cd}
سیتوکنین ۵ میکرومولار	۴۶/۴۴^{cde}	۳/۴۲^{de}	۲/۱۷^{de}	۰/۰۲^{ef}
سیتوکنین ۵۰ میکرومولار	۳۹/۵۳^{f}	۳/۹۹^{bc}	۱/۶۳^{f}	۰/۰۳^{a}

در هر ستون میانگین‌ها دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی سبب افزایش کارایی گیاه‌پالایی شد. ایندول‌استیک اسید ۱۰ میکرو مولار نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی شده از کارایی بالاتری برخوردار بود به طوریکه با افزایش مقدار جذب سرب ریشه و اندام‌هوایی جذب و استخراج گیاهی را بهبود بخشیده. طی این پژوهش مشاهده شد که بیشترین مقدار سرب جذب شده در ریشه گیاه ذرت ذخیره شده است و جیبرلین ۴۵۰ میکرومولار مقدار جذب ریشه را افزایش داده ولی در انتقال آن به اندام‌هوایی از کارایی کمتری برخوردار است و با وجود اثرات مثبت سیتوکنین با غلظت ۰/۵ میکرومولار بر شاخص‌های گیاه‌پالایی، تیمار سیتوکنین

۵۰ میکرومولار اثر منفی بر جذب گیاهی داشت. در نهایت می‌توان گفت تاثیر ایندول‌استیک‌اسید> سیتوکنین> جیبرلین بر شاخص‌های جذب و استخراج گیاهی و همچنین انتقال سرب بود و غلظت ۱۰ میکرومولار نسبت به سایر تیمارهای اعمال شده میزان کارایی شاخص‌های گیاه‌پالایی را بیشتر افزایش داده است.

منابع

Amouei A.I., Mahvi A.H .and Naddafi K. 2006. Effect on heavy metals Pb, Cd and Zn availability in soils by amendments. Journal Babol University of Medical Sciences, 7: 26-31.

Cassina L., Tassi E,. Morelli E., Giorgetti L., Remorini D., Chaney R.L. and Barbafieri M. 2011. Exogenous Cytokine Treatments of a Ni hyperaccumulator Alyssum murale Grown in a Serpentine Soil: Implications for Phytoextraction. International Journal of Phytoremediation, 13: 90- 101.

Falkowska M., Pietryczuk A. and Piotrowska A. 2011. The Effect of Gibberellic Acid (GA3) on Growth, Metal Biosorption and Metabolism of the Green Algae Chlorella vulgaris (Chlorophyceae) Beijerinck Exposed to Cadmium and Lead Stress. Polish Journal of Environmental Studies, 20: 53-59.

Hadi F., Bano A., and Fuller M.P. 2010. The improved phytoremediation of lead (Pb) and the growth of maize (Zea mays L.): the role of plant growth regulators (GA3 and IAA) and EDTA alone and in combinations. Chemosphere, 80: 457- 462.

Liu D., Li T., Yang X. and Islam E. 2007. Enhancement of lead uptake by hyperaccumulator plant species Sedum alfredii Hance using EDTA and IAA. Bulletin environmental contamination toxicology, 78: 280-283.

Lone M.I., Li H., Zhen P.J., Stoffella E. and Yang X. 2008. Phytoremediation of Heavy Metal Roots. Plant Science, 168: 855- 861.

McBride M.B., Richards B.K. and Steenhuis T. 2004. Bioavailability and crop uptake of trace elements in soil columns amended with sewage sludge products. Plant and Soil, 262: 71- 84.

Park J., Kim J.Y. and Kim K.W. 2012. Phytoremediation of soil contaminated with heavy metals using Brassica napus. Geosystem Engineering, 15(1): 10- 18.

Parsadoost F., Bahreininejad B., Safarisanjani A. and Kaboli, M. 2007. Phytoremediation of lead with native rangeland plants in Irankooh polluted soils. Pajuhesh. Sazandegi, 75: 54-63.

Tassi E., Pouget J., Petruzzelli G. and Barbafieri M. 2008. The effects of exogenous plant growth regulators in the phyto extraction of heavy metals. Chemosphere, 71: 66- 73.

Wang H., Shan X., Liu T. and Xie Y. 2007. Organic Acids Enhance the Uptake of Lead by Wheat Roots. Planta, 225: 1483- 1494.

The effect of Plant growth Regulators on phytoremediation indexes of lead by maize (Zea mays L.)

R. Mansouri Sohbatabad[1], A Danesh shahraki[2], H. R. Motaghian[3]

[1] MSc student of Agroecology, Shahrekord University

[2] Assistant Professors, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University

[3] Assistant Professors, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University

Abstract

To study the effect of auxin, GA and cytokinins on phytoremediation indices lead by corn, an experiment was conducted in a randomized complete block design with four replications at Research greenhouse of Shahrekord University. In this experiment, foliar application of Auxin at concentrations of 1, 10 and 100 µM, GA at concentrations of 150, 300 and 450 µM and cytokinin at concentrations of 0.5, 5 and 50 µM and control (spraying with water) were examined. The results showed that the effect of treatments increased on shoot Pb concentration, root Pb concentration, root Pb, shoot Pb, the amount of lead absorbed from the soil, Pb uptake efficiency, Pb extraction efficiency, Lead transfer factor from soil to the roots, Lead transfer factor from root to the Shoot was significant. According to these study results, In order to increase the Lead phytoremediation efficiency, foliar application of Auxin at concentration of 10 µM is recommended.

Keywords: Soil pollution, Auxin, Gibberellin, Cytokinin, Heavy Metals