علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره هفت، مهر ماه ۹۸

مطالعه میزان پالایندگی گیاه اسطوخودوس *Lavandula spica L.* تحت شرایط آلودگی با سرب

آناهیتا کیارستمی [۱]

وحید عبدوسی [۲]

پژمان مرادی [۳*]

pjmoradi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۱۲ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۲۷**

چکیده:

زمینه و هدف: باتوجه به افزایش روز افزون آلودگی در قسمت‌های مختلف زیست محیطی،گیاهان زینتی و دارویی_زینتی همانند گیاه اسطوخودوس به علت در دسترس بودن و قابل استفاده بودن در فضای سبز شهرها مورد توجه قرار گرفته‌اند. گیاه‌پالایی روشی کم هزینه و جدید است که میتوان از این روش در شهر های بزرگ برای کاهش آلودگی فلزات از خاک، آب و اتمسفر استفاده نمود. در این پژوهش تلاش شده است تاثیر سرب بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه اسطوخودوس به عنوان آلاینده‌ای خطرناک برای سلامتی انسان و سایر جانداران مورد ارزیابی قراربگیرد.

روش بررسی:در پژوهش تحمل آلودگی به فلز سرب در گیاه اسطوخودوس بر اساس آزمایش طرح بلوک کاملاً تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. تیمارها شامل: سرب در ۲ غلظت(۰و ۱۰۰ میلی گرم) و DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید)در ۲ غلظت(۱و۲ میلی مولار)بود.

یافته ها: نتایج نشان داد که تنش فلزات سنگین موجب کاهش برخی صفات مورد ارزیابی گردید و با اضافه نمودن DTPA (دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید)مقدار جذب فلز سنگین سرب در گیاه اسطوخودوس کاهش یافت.

نتیجه گیری: با افزودن ماده کلات کننده DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) میزان جذب این فلز سنگین توسط گیاه مورد مطالعه بطور چشمگیری کاهش یافت.

واژگان کلیدی: اسطوخودوس، سرب، گیاه پالایی، DTPA

۱- کارشناس ارشد علوم باغبانی، گروه باغبانی، واحد علوم وتحقیقات ،دانشگاه آزاد اسلامی،تهران ، ایران

۲- استادیار گروه باغبانی علوم، واحد علوم وتحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران *(مسوول مکاتبات)

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.7, September, 2019

A Study on the Refining Properties of *Lavandula* (*Lavandula spica* L.) in lead Contaminated Environments

Anahita kiarostami [1]
Vahid Abdosi[2]
Pezhman Moradi* [3]
Pjmoradi@gmail.com

Accepted: 2016.09.17 Received: 2016.07.02

Abstract:
Background and objective: Considering the ever increasing state of pollution in different aspects of the environment, ornamental plants and herbs such as *Lavandula* have become the center of attention mostly due to their availability and use in urban green spaces. Phytoremediation is a modern and economical method which can be applied to metropolises for decreasing metal contaminations in soil, water and atmosphere. Additionally, throughout this study we tried to determine the impact of lead on morphology and phyto-chemistry properties of *Lavandula* as a hazardous pollutant for the health of man and other organisms.
Method: Through this study, we examined the contamination resistance of *Lavandula* against lead through 3 completely randomized block design experiments. The treatments included: lead in 2 concentrations (0 and 100 mg) and DTPA in 2 concentrations (1 and 2 mM).
Results: The results suggested that heavy metals' stress causes the decrease of morphologic properties being studied and by adding DTPA, the lead absorption decreased in *Lavandula*.
Conclusion: by adding the DTPA chelate, the absorption level of this heavy metal by *Lavandula* decreased significantly.
Key Words: *Lavandula*, heavy metals, Phytoremediation, DTPA

1 -M.SC.in Horticultural science, Department Horticulture science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Assistant prof, Department of Horticultural science, science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3 - *Associate prof, Department of Horticultural science, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran.

مقدمه

آلاینده‌ها از جمله عوامل ایجاد اختلال در اکوسیستم بشمار می روند. از میان آنها فلزات سنگین به دلیل غیر قابل تجزیه بودن و آثار زیان بار فیزیولوژیک بر جانداران در غلظت‌های کم، حائز اهمیت ویژه هستند(۱). کشور پهناور ایران همچون سایر کشورها واقع در کمربند خشک زمین، دچار کم آبی بوده و شهرهای بزرگ کشور به ویژه تهران جهت جبران بخشی از این نیاز مجبور به مصرف حجم قابل توجهی از پساب‌های شهری و صنعتی می‌باشد. کاربرد درازمدت این پساب‌ها که عمدتاً برای کشت سبزی و صیفی به کار می‌روند منجربه تجمع فلزات سنگین به خاک و انتقال آنها به گونه‌های گیاهی با غلظتی بیش از حد مجاز شده است(۲). مسمومیت سرب برای حیوان، انسان و گیاه شناخته شده است. این عنصر بعد از جذب توسط گیاه برای آن ایجاد مسمومیت می‌کند و مسمومیت ناشی از سرب علائمی مشابه علائم کمبود آهن (زردی و کلرز) ایجاد می-نماید(۳). سرب فعالیت آنزیمی را به وسیله واکنش با گروه سولفیدریل آنزیم در سطح سلولی ممانعت می‌نماید(۴). عنصر سرب در انسان بر روی آنزیم های خون سازی، سیستم عصبی، کاهش باروری در زنان،تغییر در اسپرماتوزوئیدزایی و غیر طبیعی شدن کروموزوم‌ها تاثیر دارد(۳). گیاه‌پالایی یک تکنولوژی با هزینه کم و ساهده که از گیاهانی نظیر گیاهان علوفه ایی، گونه‌های چوبی و بوته‌ها به منظور خروج ، نگهداری و بی اثر کردن آلاینده های زیست محیطی نظیر فلزات سنگین ، عناصر کمیاب، ترکیبات آلی نفتی و مواد رادیواکتیو در خاک و آب استفاده می‌کنند. این گیاهان قادرند فلزات سنگین را از خاک جذب ، انتقال و تثبیت کرده و در اندام‌های خود تجزیه کنند(۵). به تازگی توجه پژوهشگران زیادی به روش استفاده از گیاهان برای خروج فلزات سنگین از خاک‌های آلوده معطوف شده است(۶،۷،۸). بعضی از گونه های اختصاصی گیاهان می-توانند فلزلت سنگین را به اندام هوایی انتقال دهند. برداشت اندام هوایی غنی از فلزات سنگین از مکان‌های آلوده می‌تواند در خروج فلزات سنگین از خاک بدون صرف هزینه‌های بالایی همچون خاک برداری و انتقال و خروج خاک های سطحی از منطقه موثر باشد(۹). بیش اندوزها (Hyperaccumulator) گیاهانی هستند که می توانند فلزات سنگین را تا حد غیر طبیعی در اندام هوایی خود تجمع دهند(۱۰،۶). دو روش برای افزایش میزان حلالیت فلزان سنگین از جمله سرب در خاک و در نهایت افزایش مقدار جذب شده عنصر توسط گیاه پیشنهاد می شود، که عبارتند از کاهش پی اچ (pH) خاک با استفاده از اسیدهای مختلف و افزایش میزان حلالیت عنصر با استفاده از انواع کلاتهای شیمیایی از جمله NTA (نیتریلوتری استات)، EDTA (اتیلن دی امین ترا استیک)،HEDTA(هیدروکسی اتیلن دی امین تری استیک اسید)، DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید)(۹). اسید ها و کلات‌هادر شرایط گلخانه ای و مزرعه ایی برای افزایش مقدار جذب فلزات سنگین توسط گیاهان در خاک مورد استفاده قرار میگیرند(۱۱). کریمی و همکاران(۱۲) نشان دادند که گیاه کنگرفرنگی توانایی نسبتاً زیادی در تحمل غلظتهای بالای سرب و انباشت آن در ریشه، ساقه و همچنین انتقال بیشتر سرب به بخش هوایی دارد.

اسطوخودوس گیاهی است چند ساله ، بوته مانند و پرپشت. گل های آن ارغوانی تیره و به صورت سنبله های فشرده است. چهار وجهی با ظاهر بیضوی دراز که راس آنها براکته ها ی بزرگ بنفش رنگ جای دارند.میوه این گیاه چهار فندقه و هر یک از آنها پس از رسیدن شکل بیضوی و رنگ قهوه ای شفاف پیدا میکند. این گیاه دارای برگ های باریک و دراز با لبه برگشته و پوشیده از کرک های پنبه ای در دو سطح پهنک است. این گیاه دارای ساقه های متعدد و چهار گوش به ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر است(۱۳).

اهداف عمده این تحقیق بررسی و مطالعه میزان پالایندگی گیاه اسطوخودوس *Lavandula spica L* تحت شرایط آلودگی با سرب ،به کارگیری یک روش اقتصادی و غیر مخرب برای تصفیه آلودگی های خاک و برطرف کردن مشکلات موجود در تصفیه و استخراج فلزات سنگین و کاهش هزینه ها میباشد. همچنین در این تحقیق سعی شده است تاثیر سرب بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه اسطوخودوس به

عنوان آلاینده ای خطرناک برای سلامتی انسان و سایر جانداران صورت پذیرد.

مواد و روش ها:

به منظور بررسی توانایی اسطوخودوس در گیه پالایی سرب از خاک ، آزمایشی در گلخانه پارک ملت به صورت گلدانی و عملیات آزماشگاهی نیز در آزمایشگاه رازی دانشگاه آزاد اسلامیواحد علوم وتحقیقات تهران انجام شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار به اجرا در آمد. تیمارها شامل استفاده از سطوح مختلف سرب در دو سطح(۰و۱۰۰ میلی گرم) و DTPA (دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید)به عنوان یک کلات کننده برای افزایش مقدار فلز سنگین توسط گیاه در دو سطح (۱و۲ میلی مولار) به صورت محلول پاشی در زمان های مشخص انجام گردید. برای اعمال تیمارها ۱۰۰میلی گرم سرب را در خاک مخلوط نموده و به مدت ۳هفته در کیسه های در بسته قرار داده تا فلزات فوق در خاک تثبیت گردد.سپس به گلدانهای مورد نظر انتقال یافته و قلمه های ریشه دار شده اسطوخودوس در آن کاشته شدند. بعد از کامل شدن دوره آزمایش بوته ها از خاک خارج گردیده و به آزمایشگاه دانشگاه انتقال داده شدند.در زمان برداشت گیاهان ارتفاع اندام هوایی،طول ریشه تعیین گردید. در مرحله بعد ریشه و اندام هوایی با ترازوی دیجیتالی وزن گردیدند به این تر تیب وزن تر ریشه و اندام همواییی نیز اندازه گیری شد. برای اندازه گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه داخل آون قرار داده شد بعد از دوشبانه روز ریشه و اندام هوایی از آون خارج شده و توسط ترازودیجیتالی وزن گردیدند. گیاهان خشک شده در آون، در مرحله بعد کاملاً به حالت پودری تبدیل شده و با مشخصات کامل هر نمونه عصاره گیری شدند. در آزمایشگاه عصاره گیاهی از روش هضم به روش سوزاندن خشک آماده شد و غلظت سرب عصاره با دستگاه جذب اتمی مدل varian spectra 200 تعیین شد سپس با استفاده از غلظت وزن خشک محتوای عناصر اندازه گیری شده. سنجش فعالیت SOD بر اساس روش (Minami an yoshikawa 1979) انجام گرفت در سنجش پرولین از روش Bates (۱۴) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار spss19 انجام شد و برای ترسیم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده گردید. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ انجام گرفت.

نتایج

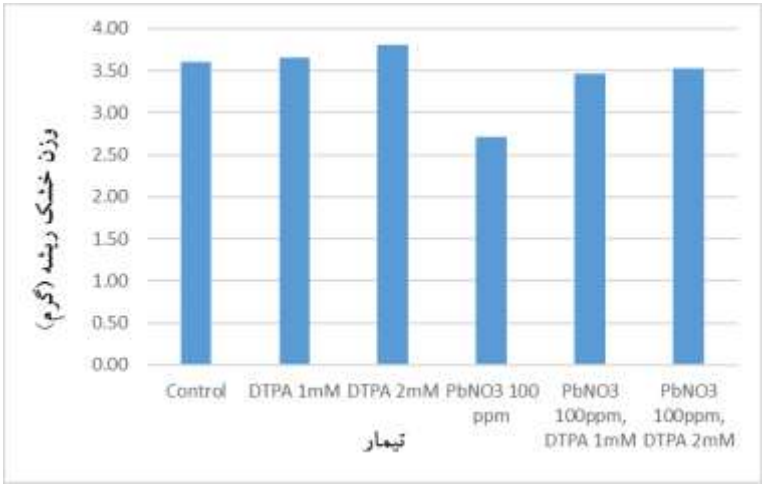
جدول تجزیه واریانس تفاوت معنی داری بین تیمارها در میزان جذب سرب در سطح ۱٪ نشان داد. کمترین مقدار جذب سرب در ریشه و اندام هوایی در دو میلی مولار DTPA(دی اتیلن تر امین پنتااستیک اسید)وبیشترین میزان مربوط به سرب ۱۰۰ است. همچنین اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف در میزان پرولین برگ در سطح ۱٪ می باشد به طوری که کمترین میزان پرولین درDTPA (دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) دو میلی مولار به میزان ۰/۲۳ می باشد.

تفاوت معنی دار ی بین تیمارها در میزان کلروفیل برگ در سطح۱٪ وجود دارد که بیشترین مقدار در دو میلی مولار DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) با میزان ۱/۵۴۶۷ میلی گرم کلروفیل است. بیشترین مقدار وزن تر ریشه که در DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) دو میلی مولار به میزان ۱۵/۴۳ گرم و بیشترین مقدار وزن خشک در DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) دو میلی مولار با مقدار ۳/۸۰ گرم می باشد. بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی مربوط به DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) دو میلی مولار با مقدار ۷/۲۳ گرم و بالاترین میزان وزن تر اندام هوایی مربوط به DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید)دو میلی مولار و DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید)یک میلی مولار به ترتیب به میزان ۳۰/۴۷ و ۲۹/۸۰ گرم است. مقدار سرب جذب شده در اندام هوایی نسبت به ریشه بیشتر بود.

بحث و نتیجه گیری

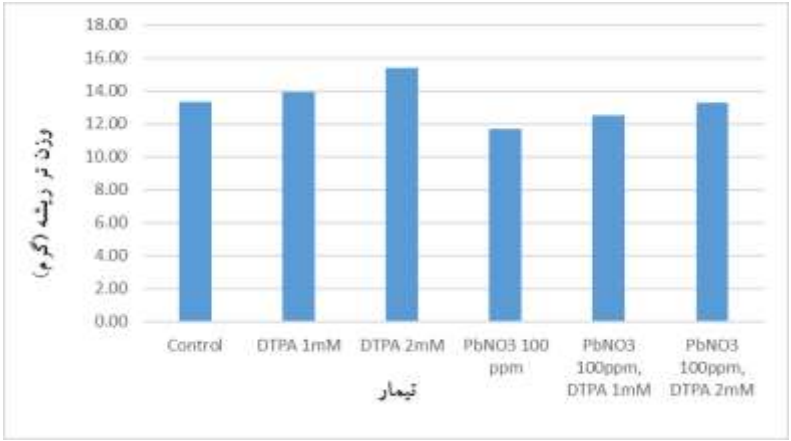
اثر غلظت های مختلف سرب و DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) بر وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی گیاه:

وزن ماده خشک اسطوخودوس و جذب کل سرب بخش هوایی گیاه، به عنوان نمایه هایی از تاثیر DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) بر گیاه پالایی و استخراج سرب توسط اسطوخودوس در تیمارهای آزمایشی است. همانطور که ملاحظه میشود سرب باعث کاهش ماده خشک گیاهی شد، ولی افزایش سطوح DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) باعث افزایش ماده خش شده است. بطور کلی مقدار استخراج سرب از خاک تحت تیمارهای کاربد DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید)بهبود یافت. بطوریکه کمترین میزان وزن تر و خشک در سرب ۱۰۰mg/lو بیشترین مقدار در تیمار دو میلی مولار DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید)مشاهده میشود. با افزایش میزان DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) میزان وزن خشک گیاه افزایش میابد. در مقایسه تیمارهایی که تنها سرب دریافت نمودند، مقدار وزن تر ماده نسبت به شاهد کاهش پیدا کرده که بیانگر تاثیر سمیت سرب بر رشد اسطوخودوس بود(نمودارهای ۴،۳،۲،۱).



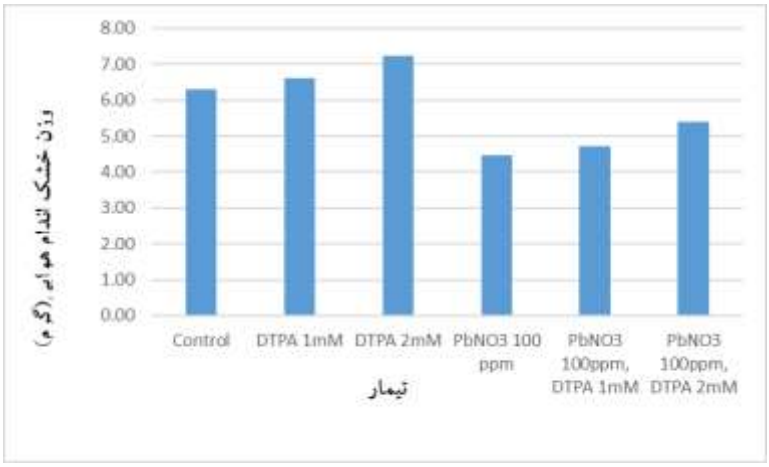
نمودار ۱-اثر تیمارهای مختلف سرب و (دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید)بر وزن خشک ریشه

Figure 1 – The effect of various lead and DTPA treatments on the dry weight of root.



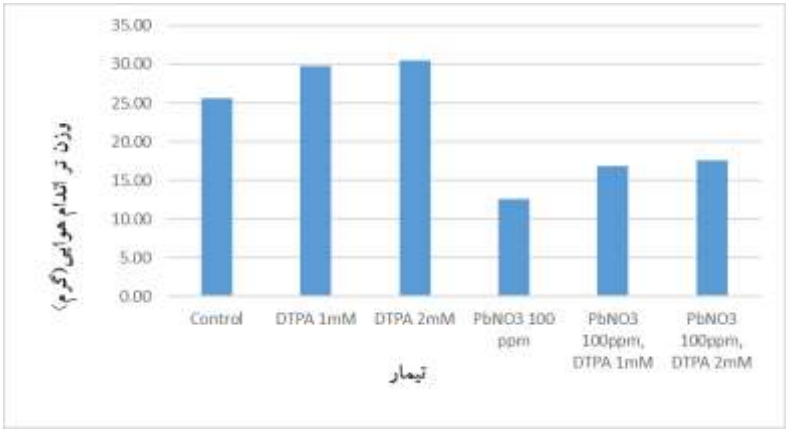
نمودار ۲-اثر تیمارهای مختلف سرب و (دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) بر وزن تر ریشه

Figure 2 – The effect of various lead and DTPA treatments on the wet weight of root.



نمودار۳-اثر تیمارهای مختلف سرب و (دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید)بر وزن خشک اندام هوایی

Figure 3 – The effect of various lead and DTPA treatments on the dry weight of aerial organs.



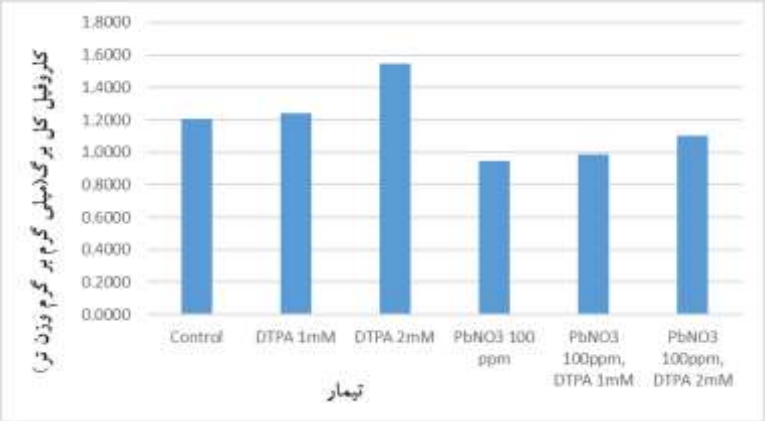
نمودار ۴-اثر تیمارهای مختلف سرب و (دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) بر وزن تر اندام هوایی

Figure 4 – The effect of various lead and DTPA treatments on the wet weight of aerial organs.

اثر غلظت های مختلف سرب بر محتوای کلروفیل اسطوخودوس:

در این مطالعه میزان کلروفیل تیمار سرب ۱۰۰mg/l نسبت به کنترل کاهش داشت. در تیمارهای ۱۰۰mg/l با افزودن DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) باعث ایجاد یک روند افزایش تدریجی در محتوای کلروفیل شد. به طوری که بیشترین کاهش میزان کلروفیل در گیاهان به ترتیب تحت تیمار DTPA 2mM و DTPA 2Mm+سرب ۱۰۰mg/l به میزان ۱/۵۴ میلی گرم بر گرم وزن تر و ۱/۱۰ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده میشود(نمودار ۵)یکی از علل کاهش مقدار کلروفیل ،مهار بیوسنتز آن به وسیله فلزات سنگین به خصوص سرب است. فلزات سنگین به وسیله مهار آنزیمهای گاما _آمینولوالونیک اسید دهیروژناز و پروتوکلروفیلد ردوکتاز سبب مهار بیوسنتز کلروفیل میشود. این فلزات سنتز گاما-آمینولوالونیک اسید و تشکیل کمپلکس آنزیم پروتوکلروفیلدردوکتاز با سوسبترا را مهار میکنند.برهم کنش متقابل فلز سنگین با گروه سولفیدریل آنزیمها مهمترین مکانیسم این مهار ها عنوان شده است(۱۵). علاوه بر مهار بیوسنتز کلروفیل به وسیله فلزات سنگین،این فلزات باعث تجزیه زیستی کلروفیل نیز میشوند. از اثرات دیگر فلزات سنگین بر بیوسنتز کلروفیل میتوان به جانشین شدن آن ها به جای منیزیوم مرکزی کلروفیل اشاره کرد که این جانشینی سبب

کاهش دریافت نور به وسیله کلروفیل و منجر به کاهش فتوسنتز میشود(۱۶). در این پژوهش نیز اثر سرب بر گیاه اسطوخودوس باعث کاهش معنی دار در میزان کلروفیل نسبت به گیاهان شاهد شد که با یافته های دیگر همسو بود.

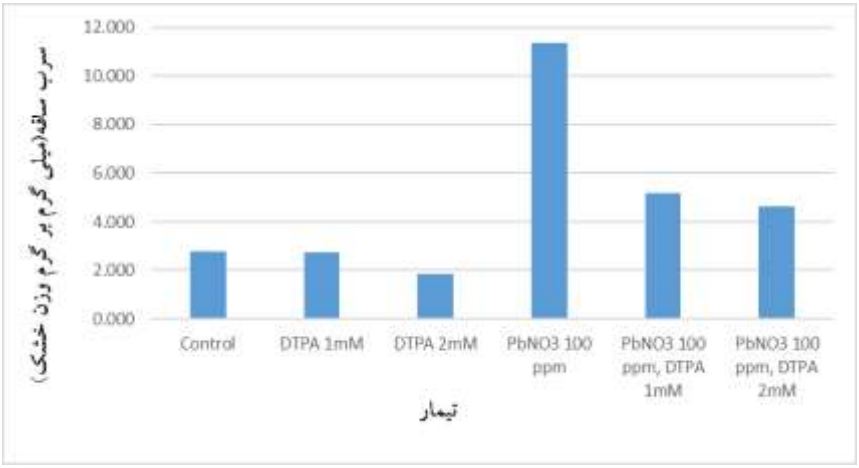


نمودار۵- اثر تیمارهای مختلف سرب و DTPA (دی اتیلن تری امین پنتااستیک اسید) بر میزان کلروفیل

Figure 5– The effect of various lead and DTPA treatments on the chlorophyll content.

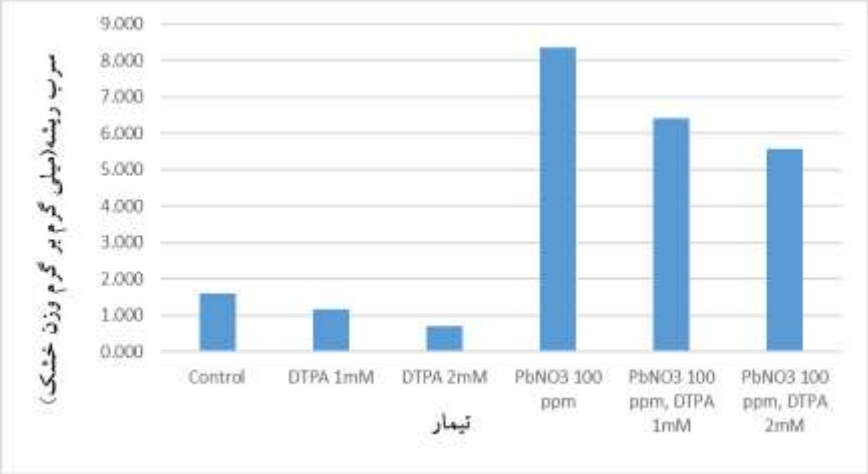
اثر غلظت های مختلف سرب و DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) بر میزان انباشت سرب در ریشه و بخش هوایی اسطوخودوس:

با افزایش سطوح تیمار سرب ، باعث افزایش میزان انباشت آن در ریشه گیاه شد. بالاترین میزان تجمع سرب در ریشه گیاهان برای تیمار سرب ۱۰۰mg/l حدود ۸ میلی گرم بر کیلو گرم وزن خشک بود. مقایسه میزان انباشت سرب بخش هوایی وریشه ای گیاه اسطوخودوس در تیمارهای مشابه نشان از توانایی بالای بخش اندام هوایی در ذخیر و انباشت میزان بیشتر سرب است. بررسی میزان انباشت سرب در بخش هوایی گیاه اسطوخودوس هم در پاسخ به سطوح تیمارهای آن روند افزایش را نشان داد بطوری که بیشترین میزان در غلظت سرب ۱۰۰mg/l مشاهده میشود(نمودار۶ و ۷).



نمودار۶- اثر تیمارهای مختلف سرب و DTPA (دی اتیلن تری امین پنتااستیک اسید) بر میزان سرب ساقه

Figure 6 – The effect of various lead and DTPA treatments on the cadmium content of stem.



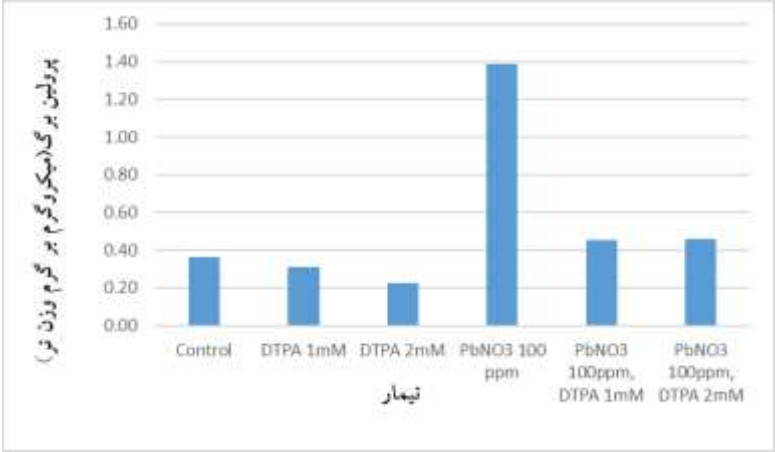
نمودار ۷- اثر تیمارهای مختلف سرب و DTPA (دی اتیلن تری امین پنتااستیک اسید) بر میزان سرب ریشه

Figure 7 – The effect of various lead and DTPA treatments on the cadmium content of root.

اثر غلظت های مختلف سرب بر محتوای پرولین اسطوخودوس:

پرولین گیاهان به عنوان یک عامل اساسی در فرآیندهای مهم رشد و نمو گیاه به استرس های محیطی میباشد. مقایسه سطح پرولین گیاه اسطوخودوس تحت تیمارهای مختلف سرب با گیاهان شاهد نشان داد که با افزایش غلظت سرب در محیط رشد گیاه ، میزان میزان پرولین آن افزایش معنی داری مییابد.نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین ها نشان داد که تیمار های شاهد و تیمارهای سرب اختلاف معنی داری دارند.به عبارتی تیمارهای سرب ۱۰۰mg/l بر سطح پرولین اسطوخودوس موثر میباشد. همچنین در تیمارهای DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) نیز اختلاف معنی داری داشتند. بیشترین میزان پرولین در کاربرد سرب ۱۰۰mg/l مشاهده میشود و کمترین میزان در تیمار دو میلی مولار DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) اتفاق افتاده است.افزودن DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) به سرب نیز باعث ایجاد روند کاهشی در سطح میزان پرولین میشود.(نمودار۸).

چهار دلیل:تحریک سنتز آن از اسید گلوتامیک ، کاهش صادرات آن از طریق آوند آبکش جلو گیری از اکسیداسیون آن در طول تنش، تخریب و اختلاف در فرایند سنتز پروتئین برای افزایش تجمع پرولین در زمان تنش پیشنهاد شده است(۱۷).سنتز بالای پرولین در طی تنش،نسبت +NAD(P) به NAD(P)H را ارزشی سازگار با متابولیسم در شرایط عادی نگه میدارد(۱۸).تجمع پرولین در گیاه *Silene vulgaris*را به کمبود آب که در نتیجه اثر عناصر سنگین حاصل میشود نسبت داد(۱۹). پرولین یک ماده تنظیم کننده اسمزی مهم دربسیاری از گونه های شورپسند و غیر شورپسندهای چون یونجه و ذرت خوشه ای میباشد. تجمع پرولین در برنج علامت بروز آسیب تنش شوری است و ناشی از افزایش میزان اورنتین دلتا آمینوترانسفراز(OAT) و پیش ساز آن (گلوتامات) میباشد(۲۰). پرولین در درون سلول های گیاهی ،به عنوان ماده حفظ تعادل اسمزی واکوئل عمل میکند(۲۱). به علاوه پرولین نقش اسمولاتی به عنوان مخزن کربن و نیتروژن دارد. همچنین پرولین حفاظت گیاه را در برابر صدمات رادیکال های آزاد انجام میدهد. کاهش مصرف پرولین در طی تنش ممکن است دلیل احتمالی انباشت پرولین باشد(۲۲).

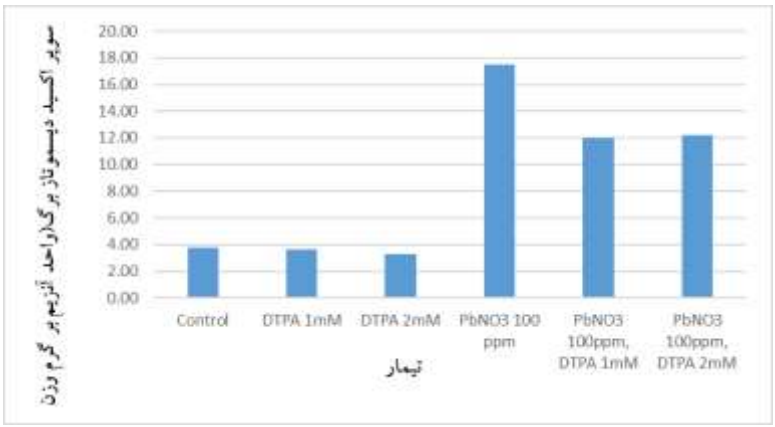


نمودار۸- اثر تیمارهای مختلف سرب و DTPA (دی اتیلن تری امین پنتااستیک اسید) بر میزان پرولین

Figure 8 – The effect of various lead and DTPA treatments on proline content.

اثر غلت های مختلف سرب بر میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسیددیسموتاز(SOD)اسطوخودوس:

با بیشتر شدن میزان تیمار سرب سبب افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسیددیسموتاز شده به نحوی که بیشترین میزان فعالیت مربوط به تیمار سرب ۱۰۰ میلی گرم با میزان ۱۷/۴۹ بوده است وکمترین مقدار متعلق به DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید) دو میلی مولار با میزان ۳/۳۱ بوده است که میتوان نتیجه گرفت که مقدار فلز سرب سبب تغییر در فعالیت این آنزیم در گیاه مورد بررسی گردید.سوپراکسیددیسموتاز ها(SOD) عبارتند از :آنزیمهای فلزی که عدم تناسب رادیکالهای آزاد سوپراکسید را به پراکسیدهیدروژن و اکسیژن کاتالیز میکند.و به نظر میرسدکه نقش مهمی را در حفاظت سلولها در مقابل اثرات زیانبخش غیر مستقیم ناشی از این رادیکالها بر عهده دارند(۲۳). مطالعات نشان داده که غلظت‌های بالای فلزات سنگین بیشتر باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی میشود تا افزایش فعالیت آنها(۲۴).



نمودار۹- اثر تیمارهای مختلف سرب و DTPA (دی اتیلن تری امین پنتااستیک اسید) بر میزان فعالیت آنزیم SOD

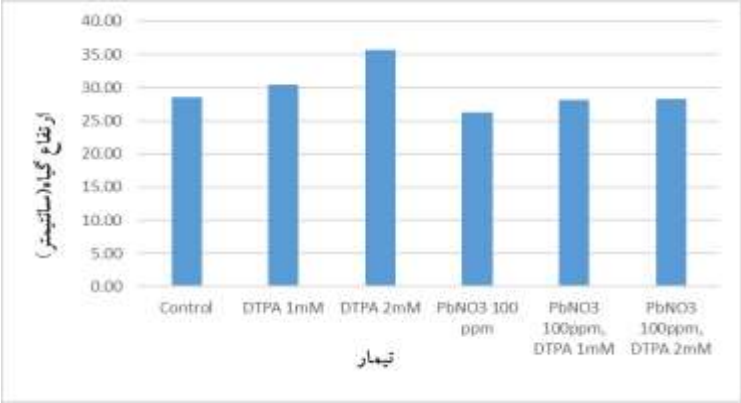
Figure 9 – The effect of various lead and DTPA treatments on the SOD Enzyme activity.

اثر غلظت‌های مختلف سرب بر ارتفاع و طول ریشه اسطوخودوس:

جدول تجزیه واریانس نشان میدهد که اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ برای ارتفاع و طول ریشه گیاه اسطوخودوس در بین تیمارها وجود دارد،بطوری که بیشترین ارتفاع در بین تیمارها متعلق به DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک

اسید)دومیلی مولار است که نسبت به گیاه شاهد اختلاف معنی دار میباشد و همچنین بیشترین طول ریشه مجدداً متعلق به DTPA(دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید)دو میلی مولار میباشد که نسبت به شاهد معنی دار بوده و میتوان از یافته های بدست آمده چنین نتیجه گرفت که فلز سرب بر طول ریشه و همچنین ارتفاع گیاه تاثیر منفی گذاشته و مانع از رشد هر دو صفت مورد ارزیابی میگردد.

سرب باعث کاهش طول ریشه و تولید بیوماس ،جلوگیری از سنتز کلروفیل ۲ و نیز تخریب سلول و آسیب به کروموزوم (۲۶)کم شدن ریشه و قسمت هوایی تحت تنش سرب ممکن است به دلیل انباشت بالای سرب در ریشه ، لیگینین شدن دیواره در معرض اثر فلز سنگین(۲۷) و برهم کنش فلزات سنگین با گروه سولفیدریل غشا سلول‌ها و غیر فعال کردن آن(۲۸) باشد.



نمودار۱۰- اثر تیمارهای مختلف سرب و DTPA (دی اتیلن تری امین پنتااستیک اسید) بر ارتفاع گیاه

Figure 10 – The effect of various lead and DTPA treatments on plant height.

نمودار۱۱- اثر تیمارهای مختلف سرب و DTPA (دی اتیلن تری امین پنتااستیک اسید) بر طول ریشه

Figure 11 – The effect of various lead and DTPA treatments on root length

نتیجه گیری کلی

باتوجه به خطرات ناشی از فلزات سنگین به ویژه فلز سنگین سرب بر انسان و دیگر موجودات زنده در کره زمین ، نتیجه بدست آمده از این پژوهش نشان میدهد که این فلز سنگین در تمام صفات مورد ارزیابی تغییر ایجاد کرده، سبب افزایش یا

کاهش مقدار و میزان آنها شده، وبا افزودن ماده کلات کننده DTPA(دی اتیلن تر امین پنتا استیک اسید) میزان چذب این فلز سنگین توسط گیاه اسطوخودوس بطورچشمگیری کاهش یافت.

منابع:

1. Alloway, B. J., 1990. Heavy Metals in Soils: Lead.Blackie and Glasgow. Ltd. London.p 177-196.
2. Yargholi, B, 2007, Quantitative-qualitative changes of Firozabad wastewater for use in agriculture, agricultural engineering research institute, P 56- 58.
3. Mohammadi Golnakeshi, M., 1997, The effect of heavy metals on water resources in Khuzestan province after the fire of Kuwait oil wells.
4. Yadav, S. K., 2010. Heavy metals toxicity in plants:An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants, South African Journal of Botany, 76:167–179.
5. Kling, J. ,1997**.** Phytoremediation of organics moving rapidly into field trials. Environ. Sci. Technol. 31, A129.
6. Chaney, R.L., M. Malik, Y.M. Lim, S.L. Brown, E.P. Brewer, J.S. Angle and A.J.M. Baker. ,1997. Phytoremediation of soil metals. Curr. Opinion Biotechnol. 8:279-284.
7. McGrath, S.P., C.M.D. Sidoli, A.J.M. Baker and R.D. Reeves. ,1993. The potential for the use of metalaccumulating plants for the in situ decontamination of metal-polluted soils. PP. 673–677. *In*: H.J.P. Eijsackers and T. Hamers (Eds.), Integrated Soil and Sediment Research: A Basis for Proper Protection. Kluwer Academic Pub., Dordrecht, The Netherlands.
8. Raskin, I., P.B.N.A. Kumar, V. Dushenkov and D.E. Salt., 1994. Bioconcentration of heavy metals by plants. Curr.Opin. Biotechnol. 5:285–290.
9. Blaylock, M.J., D.E. Salt, S. Dushenkov, O. Zakharova, C. Gussman and Y. Kapulnik., 1997. Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. Environ. Sci. Technol. 31:860–865.
10. Shen, Z.G., X.D. Li, C.C. Wang, H. M. Chen and H. Chua., 2002. Lead phytoextraction from contaminated soils with high-biomass plant species. J. Environ. Quality 31:1893-1900.
11. Huang, J.W., J.J. Chen, W.R. Berti and S.D. Cunningham., 1997. Phytoremediation of lead-contaminated soils: Role of synthetic chelates in lead phytoextraction. Environ. Sci. Technol. 31:800–805.
12. Karimi, N., Khan Ahmadi, M., Moradi, B., 2013, Effect of different lead concentrations on some Physiological parameters of artichoke plants. Plants of plant production research. Vol, 20, no.1.
13. Omid beygi, 2000, Production and Processing of Medicinal Plants, vol.3, Astan Quds publication.
14. Bates, L., R. P. Waldren and I. D. Teare., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress

studies. Plant and Soil. 39: 205-207.

15. Khatibi, M., Rashed, M.H., Ganjeali, A., and Lahooti, M. ,2008. The effects of different nickel concentration on some morpho-physiological characteristics of parsely. Iran. J. Field Crops Res. 2: 295-302.
16. Sharma,p., and Dubey ,R.S.H., 2005. Lead toxicity in plants.Plant physiol.17:35-52
17. Lutts,S.J.,Kint,M.,Bouharmount,J., 1996.Effect of various salts and mannitolon ion and prolin accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (orizasativum) callus cultures. journal of plant physiology, 149:186-195.
18. Hare, P.D., Cress, W.A., 1996. Metabolic implications of stress – induced prolin accumulation in plants. plant Growth regulation, 21(2):79-102.
19. Schat, H., Sharma, S. and Vooijs, R., 1997.Heavy metal induced accumulation of free proline in a metal tolerant and non tolerant ecotype of silene vulgaris. physiologia plantarum 101:477-482.
20. Stewart, G. R. and J. A. Lee. ,1974. The role of proline accumulation in halophytes. Planta.120: 279-289.
21. Flores, P., M. A. Botella., V. Martinez and A. Cerda., 2002. Response to salinity of tomato seedlings with a split-root system: nutrient uptake and reduction. Journal of Plant Nutrition. 25: 177-187.
22. Turhan, H. and C. Ayaz. ,2004. Effect of salinity on seedling emergence and growth of sunflower (Helianthus annuus L.) cultivars. Int J Agri Biol. 6 : 149–152.
23. Luis,A,Del Rio,D., Lyon,I., Bruce, G. and Marvinl, S.,1983 .Immunocyto chemical evidence for a peroxisomal localization of manganese superoxide dismutase in leaf protoplasts from a higher plant.planta,158:216-224
24. Schutzendubel, A. and Polle,A., 2002.plant responses to abiotic stress:heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization.J.Exp.Botany.53:1 351-1365
25. Garnczarska,M. and Ratajczok, D.,2000.Metabolic responses of lemna minor to lead ions,II . Induction of antioxidant enzymes in roots Acta physiologiae plantarum,22:429-432
26. Almeida,AF.,Valle,A.A.,Mielke,M .S.,Gomes,F.P., and Broz ,j., 2007.Tolerance and prospection of phytoremediator woody species of cd, pb, cu and cr: plant physiol.19:83-98
27. Khudsar,T.,uzzafar, M., soh ,W.Y., and Iqbal, M,. 2000. Morphological and anatomicalvariations of cajanus cajan raised in cadmium-rich soil.j.plant Biol 43:149-157