علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، شماره یک، بهار ۹۶

بررسی کارایی گیاه ختمی در جذب فلز سنگین سرب

آسیه کلاه کج[۱]
مریم محمدی روزبهانی[۲*]
mmohammadiroozbahani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۶ **تاریخ پذیرش:۹۴/۷/۱۱**

چکیده

زمینه و هدف: امروزه با توجه به ورود آلودگی ها ی مختلف به خاک ، این موضوع و به خصوص آلودگی خاک به فلزات سنگین اهمیت ویژه ای یافته است. سرب از جمله فلزاتی است که از منابع مختلف به خصوص از طریق سوخت بنزین وارد خاک می گردد. هدف از این تحقیق ارزیابی توان گیاه پالایی گیاه ختمی (*Althea officinalis*) در جذب فلز سنگین سرب می باشد.

روش بررسی: در این پژوهش میزان جذب عنصر سرب توسط گیاه ختمی در سال۱۳۹۲ در شهر اهواز، از طریق عملیات طرح با استفاده از نیترات سرب در آبیاری گیاهان، نمونه گیری و عصاره گیری از ریشه و اندام های هوایی، هضم نمونه ها و اندازه گیری توسط دستگاه جذب اتمی بررسی شد. پس از انجام آزمایشات نتایج با استفاده از نرم افزار spss مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

یافته ها: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داده استدر تیمار۲۵ ppm بیشترین جذب در اندام گل با میزان جذب ۵۰/۹۶ میکروگرم بر کیلوگرم بوده است. در تیمار ۵۰ ppm بیشترین جذب در ریشه با میزان ۶۳/۲۴ میکروگرم بر کیلوگرم و در تیمار ۱۰۰ ppm بیشترین جذب در گل با میزان۴۳/۵۰ میکروگرم برکیلوگرم بوده است. کمترین میزان جذب در تیمار۵۰ppm در اندام برگ با میزان ۲۶/۳۵ میکروگرم بر کیلوگرم می باشد.

بحث ونتیجه گیری: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که گیاه ختمی تقریبا یک گیاه استخراج کننده محسوب می شود. پیشنهاد می گردد در خصوص سایر فلزات سنگین نیز کاربرد این گیاه تعیین گردد.

واژه های کلیدی: فلزات سنگین، سرب، گیاه پالایی، ختمی.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی های محیط زیست ، واحداهواز ، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲- استادیار گروه آلودگی های محیط زیست ، واحداهواز ، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران [*](مسوول مکاتبات)

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, No.1, spring, 2017

Survey Effectiveness of *Althea officinal* in Pb Heavy Metal Accumulation

Asieh kolah kaj [1]
Maryam Mohammadi Rouzbahani [2]*
mmohammadiroozbahani@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: Nowadays due to the diffusion of various types of contamination, particularly heavy metals, into soil, the subject of soil pollution has gotten special significance. Indeed, lead is a heavy metal that enters soil from various sources, specifically through burning gasoline. The aim of this study was to evaluate the phytoremediation potential of marshmallow plant (*Althea officinalis*) for the absorption of lead.

Method: In this study, the uptake of lead by marshmallow plant was examined in the city of Ahvaz during 1392. The investigation was carried out through the use of lead nitrate while watering plants, and was followed by sampling and extraction of the roots and shoots. Digestion of the samples and measurements were analyzed by atomic absorption. Consequently, the results were considered in great detail using Spss software.

Findings: The results indicated the maximum absorption with attracting 50.96 micrograms per kilogram in the blossom after the treatment of 25 ppm. Treated with 50 ppm maximum absorption occurred at the root with 63.24 micrograms per kilogram, and in the treatment of 100 ppm maximum absorption was observed in the blossom with the 43.50 mg kg. Overall, following the treatment of 50 ppm, the root contributed for the maximum absorption with 63.24 mg kg, and the leaf had the minimum absorption with 26.35 mg kg.

Conclusion and Discussion: Results obtained from this study illustrated that marshmallow is a potential extracting plant. It is recommended this plant be examined for the absorption of other heavy metals.

Key Words: Heavy Metals, Lead, Phytoremediation, *Althea officinal*.

1- M.Sc in Department of Environmental Pollution, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran .
2-Assistant Professor, Department of Environmental Pollution, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran *(Corresponding Author).

مقدمه

خاک های آلوده به فلزات سنگین در حال حاضر یک مشکل اصلی زیست محیطی در سطح جهان هستند. از انقلاب صنعتی تا کنون، آلوده شدن محیط زیست با فلزات سنگین شدت یافته است. فلزات سنگین به وسیله فرآیندهای بسیاری از جمله مصارف صنعتی، ریزش‌های اتمسفری، استفاده از لجن فاضلاب، کود های حیوانی، فاضلاب شهری و فرآورده های جنبی آن ها، کودهای شیمیایی و آفت کشها در خاک تجمع می یابند(1). برای پالایش مناطق آلوده به فلزات سنگین و دیگر آلاینده ها، از روش های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی استفاده می شود. به طور کلی رفع آلودگی خاک به وسیله روش های فیزیکو شیمیایی تنها در مناطق کوچک مناسب است که به رفع آلودگی سریع و کامل نیاز دارند. هم چنین بعضی روش ها مانند شستشوی خاک تاثیر منفی بر فعالیت های بیولوژیکی، ساختار و حاصل خیزی خاک داشته و بعضی نیز نیازمند هزینه های مهندسی قابل توجهی هستند (۱و۲).

گیاه پالایی یک روش بیولوژیکی اصلاح و پاک سازی خاک های آلوده به فلزات سنگین بوده و مجموعه ای از واکنش هاست که در آن از گیاهان برای کاهش، حذف، تجزیه یا ساکن سازی سموم محیطی بالاخص نوع انسان ساخت آن استفاده می شود. قابلیت فراوان برخی از گونه های گیاهی در جذب انتخابی عناصر و ترکیبات آلوده کننده، امکان استفاده آن ها را در پاک سازی محیط های آلوده فراهم کرده است. تمامی گیاهان توانایی تجمع فلزاتی چون روی، مس، کبالت و .... را بعنوان عناصر ضروری برای رشد دارند ولی برخی از گیاهان قادر به تجمع فلزات سمی بصورت غیر ضروری می باشند. میزان جذب فلزات از خاک توسط گیاهان علاوه بر خصوصیات خاک، به ویژگیهای گیاه مانند نوع گونه، نوع اندام گیاهی تجمع دهنده، سن گونه و نوع فلز نیز بستگی دارد. گیاهان مختلف، حتی گیاهان یک گونه و بخش های مختلف یک گیاه رفتارهای متفاوتی را در مقابل عناصر سنگین از خود نشان می دهند. آن ها یا عناصر را به طور فعال از خود دفع کرده و از جذب و تجمع فلزات در ریشه ها و اندام های هوایی جلوگیری بعمل می آورند (گیاهان دافع)، یا عنصر خاصی را بمقدار متناسب موجود در خاک جذب می نمایند (گیاهان شناساگر) و یا به طور فعال عنصر خاصی را در غلظتهای بیشتر از خاک در ریشه، ساقه و برگ خود جمع می‌کنند (بیش انباشت کننده ها). در صورت جذب فلزات سنگین توسط گیاهان، این فلزات یا در ریشه جمع و تثبیت می شوند (تثبیت گیاهی) و یا در اندام های هوایی متمرکز می‌گردند (۱) .

سرب از جمله فلزات سنگین خطرناک در محیط زیست محسوب می گردد که از طریق منابع مختلف وارد محیط زیست می شود. از جمله منابع اصلی آن سوخت بنزین در اتوموبیل ها می باشد. هم چنین در پساب برخی صنایع نظیر رنگ رزی ها و صنایع نساجی به میزان بالا سرب وجود دارد. صنایع نظامی و کارخانجات پتروشیمی از دیگر منابع مصنوعی سرب می باشند (۳و۴).

سرب باعث ایجاد بیماری کم خونی می شود. علایم و انواع اثرات سرب بسته به میزان آن ممکن است به صورت جنون (هذیان حاد) و پسیکوز(شیدایی و نوعی جنون)، تشنج (انقباضات غیر ارادی عضلات)، فلج (فقدان کامل و یا ناکامل عمل عصبی در قسمتی از بدن) و یا به حالت کما ظاهر شوند (۵). دندان های کارگرانی که سرب تنفس می کنند در طول سالیان سیاه شده، غلظت سرب در خون شان بالاتر رفته و حتی در بعضی موارد منجر به مرگ آن ها می گردد(۶).

گیاه ختمی از جمله گیاهانی است که قابلیت رویش و رشد را در شرایط اقلیمی خوزستان دارا می باشد و در صورتی که قابلیت تجمع فلز سنگین سرب را داشته باشد میتواند برای پالایش این فلز پیشنهاد گردد.

در سال ۱۳۹۰ پژوهشی در رابطه با گیاه پالایی عنصر سرب به وسیله برخی از گونه های درختی در خاک های آلوده شهری شهر تهران انجام شد و نتایج نشان داد کاج الداریکا، سرو نقره ای و اقاقیا به ترتیب بیشترین غلظت سرب را در اندام هوایی دارا بوده انـد. با توجه به این موضوع این سه گونه

می توانند به منظور پالایش خاک های آلوده به عنصر سرب در مناطق مشابه استفاده قرار گیرند(۷).

در سال ۱۳۹۱ پژوهشی در رابطه با گیاه پالایی خاک های آلوده به برخی فلزات سنگین بوسیله چند گیاه بومی منطقه حفاظت شده ارسباران انجام گردید. نتایج نشان داد که غلظت سرب و کادمیوم خاک، در ریشه بیش از ساقه و برگ بوده و هم چنین غلظت سرب در اندام های زیر زمینی و روی در اندام های هوایی بالاتر بوده است. نتایج به دست آمده بالاترین غلظت روی در اندام هوایی گیاه علف مرغ به میزان۶۲/۶۵ میلی گرم بر کیلوگرم و بیشترین غلظت سرب در اندام های زیر زمینی گیاه تاج خروس وحشی به میزان ۷۱/۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم از خاک را نشان داد(۸).

در پژوهشی تجمع عناصر سرب ،روی و مس در گیاهان مختلف از جمله مرغ بررسی گردید. نتایج نشان داد که گیاه مرغ توانایی بالایی در تجمع این عناصر در ریشه و اندام هوایی دارد. میزان جذب سرب توسط ریشه و اندام هوایی این گیاه به ترتیب ۶۴۴ و۳۵۱ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد (۹). با توجه به موارد فوق پالایش سرب از خاک اهمیت زیادی داشته و می تواند خطرات این فلز را در محیط کم نموده و از ابتدا مانع ورود سرب به زنجیره غذایی گردد. هدف اصلی تحقیق، بررسی و تعیین کاربردی گیاه ختمی در جذب فلز سنگین سرب می باشد.

مواد و روش ها

در ابتدا قلمه های گیاه ختمی از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال استان خوزستان به تعداد مورد نیاز تهیه گردید. بهتر است قبل از قلمه زنی چند هفته به صورت مرتب کودهی، با کودهای شیمیایی مناسب و هورمون گیاهی، صورت گیرد تا درصد ریشه دهی افزایش یابد. خاک گلدان ها از ترکیب شن، ماسه، رس و کود /حیوانی تهیه گردید. ۳ نمونه از این خاک پیش از کاشت جهت بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل بافت خاک، pH و EC و هم چنین مقدار فلز سرب اولیه موجود در خاک به آزمایشگاه منتقل شد. اولین مرحله اعمال تیمارها ده روز پس از کاشتن قلمه ها انجام شد.

در این مرحله با استفاده از نیترات سرب ($PbNo_3$) و آب مقطر محلول های یک لیتری با غلظت۰و۲۵و۵۰و۱۰۰ppm از سرب تهیه گردید. برای هر غلظت ۳ تکرار در نظر گرفته شد. به این ترتیب که ۱۲گلدان برای تعیین میزان سرب جذب شده در ۴ تیمار۰و۲۵و ۵۰ و۱۰۰ppm مد نظر قرار گرفت. غلظت ها به طور دلخواه انتخاب شدند. محلول های تهیه شده در ۴ نوبت به فاصله ۷ روز (هر ۷ روز۱/۵لیتر) به خاک گلدان ها اعمال شد. بعد از چهار هفته آبیاری با محلول حاوی فلز سنگین، تیمارها از گلدان ها خارج، سپس با آب مقطر شسته، ریشه، ساقه، برگ و گل های هر کدام جدا و در بسته های جداگانه بسته بندی شدند. سپس برای انجام مراحل هضم به آزمایشگاه منتقل گردیدند. آماده سازی نمونه ها شامل:

۱. شست و شو ۲.وزن کردن ۳. خشک کردن ۴. آسیاب کردن

پس از نمونه برداری، نمونه های خاک به آزمایشگاه منتقل شد تا آماده سازی آن ها جهت هضم انجام شود. برای خشک کردن نمونه ها، آن ها در ظروف پتری دیش در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. پس از خشک شدن خاک ها ذرات کوچک تر از ۶۳ میکرون توسط الک جداسازی و با استفاده از هاون چینی پودر گردیدند. سپس به میزان ۰/۵گرم از هر نمونه پودر شده جهت هضم توزین شد، هضم نمونه های گیاه با استفاده از روش جکسون ۱۹۸۰ انجام گردید.در این روش برای هضم نمونه های گیاه، ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده گیاه به ارلن ۱۰۰cc منتقل گردید و سپس ۱۰ cc تیزاب سلطانی به هر کدام از نمونه ها اضافه نموده و با گذاشتن شیشه ساعت بر روی ارلن ها به مدت ۲۴ ساعت زیر هود قرار گرفت. سپس ارلن ها را بر روی هیتر با دمای ۷۰ الی ۸۰ قرار داده و عمل حرارت دادن به ملایمت آغاز گردید تا بخار خرمایی رنگی از تمامی نمونه ها متصاعد شد. پس از آن مقدار ۳cc تیزاب سلطانی به هر یک از ارلن ها اضافه و عمل حرارت دادن شدیدتر شد تا اکسیداسیون مواد گیاهی به اتمام رسد. این عمل تا زمانی ادامه داشت که حجم نمونه به ۲ الی۳cc کاهش یافت و نمونه کاملاً بی رنگ شد. پس از بی رنگ شدن کامل نمونه و کاهش حجم آن و بعد از خنک شدن ظرف، مقداری آب مقطر به آن اضافه گردید و نمونه های محلول با عبور از کاغذ

صافی شماره ۴۵ فیلتر شده و درون بالون ژوژه ۵۰cc ریخته و با اسید نیتریک۱٪ به حجم ۵۰cc رسانده شد. سپس نمونه ها درون ظروف پلاستیکی قرار داده شد تا میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم موجود در نمونه ها توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردد (جکسون ۱۹۸۰). پس از به دست آوردن مقادیر فلز سرب حاصل از آنالیزهای انجام شده بر روی خاک، گیاه از روش‌های آماری و آزمون‌های متفاوت با استفاده از نرم-افزار SPSS20 استفاده شده است.

محاسبه ضریب تجمع زیستی و عامل انتقال

ضریب تجمع زیستی و عامل انتقال نشان دهنده قابلیت گیاهان جهت تحمل و تجمع فلزات سنگین در اندام های خود بوده و بیان کننده توانایی آن ها جهت استخراج گیاهی و تثبیت گیاهی است. بر این اساس، گیاهانی که دارای ضریب تجمع زیستی بیشتر از ۱ بخصوص در مجموع اندام های هوایی خود بوده، جهت استخراج گیاهی و آنهایی که دارای ضریب تجمع زیستی بیشتر از ۱ در ریشه و عامل انتقال کوچک تر از ۱ می باشند، برای تثبیت گیاهی مناسب هستند.

فرمول ضریب تجمع زیستی

(µg/kg) غلظت کل فلز درخاک/ (µg/kg) غلظت فلزدربافت گیاهی :ضریب تجمع زیستی

فرمول فاکتورانتقال

(µg/kg) میزان در اندام های هوایی/(µg/kg) میزان فلز در اندام های زیرزمینی : عامل انتقال

یافته ها

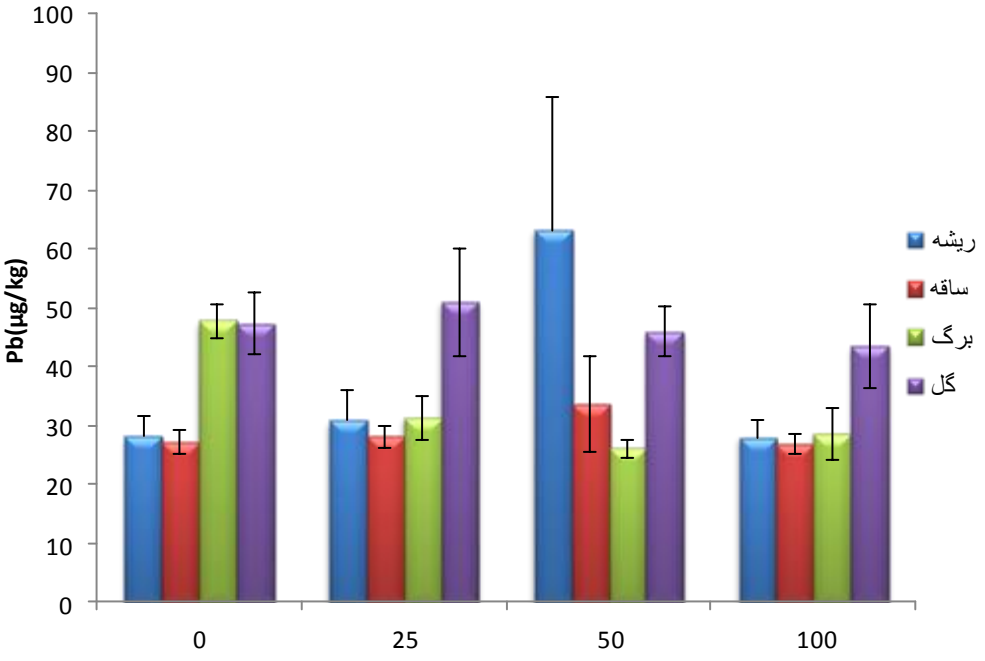
نتایج اندازه گیری غلظت Pb در ریشه، ساقه، برگ و گل گیاه ختمی (*Althea officinalis*) و همچنین خاک درتیمارهای مختلف

جدول ۱- میانگین غلظتPb (µg/kg) در تیمارهای مختلف

Table 1- The mean of Pb concentrations ((µg/kg) in different treatments

	نمونه شاهد	تیمار ۲۵	تیمار ۵۰	تیمار ۱۰۰
ریشه	۲۸/۱۱±۳/۴۸	۳۰/۸۳±۵/۱۰	۶۳/۲۴±۲۲/۶۱	۲۷/۹۲±۳/۰۰
ساقه	۲۷/۰۹±۲/۰۴	۲۶/۶۰±۰/۴۵	۳۳/۷۲±۸/۰۷	۲۶/۹۹±۱/۶۷
برگ	۴۷/۸۲±۲/۸۲	۳۱/۲۸±۳/۶۱	۲۶/۱۷±۱/۵۰	۲۸/۶۳±۴/۴۵
گل	۴۷/۲۴±۵/۲۷	۵۰/۹۶±۹/۲۰	۴۵/۹۶±۴/۱۹	۴۳/۵۰±۷/۰۴
خاک	۳۰/۴۷±۴/۹۵	۳۶/۲۱±۰/۷۴	۷۷/۴۳±۷/۱۴	۵۱/۱۹±۴/۰۷

همان طور که جدول ۱ نشان می دهد، بیشترین مقدار جذب Pb در تیمار نمونه شاهد در برگ بوده است که این مقدار۴۷/۸۲ میکروگرم بر کیلوگرم می باشد.در تیمار۲۵ ppm بیشترین جذب در اندام گل با میزان جذب ۵۰/۹۶ میکروگرم بر کیلوگرم بوده است. در تیمار ۵۰ ppm بیشترین جذب در ریشه با میزان ۶۳/۲۴ میکروگرم بر کیلوگرم و در تیمار ۱۰۰ ppm بیشترین جذب در گل با میزان۴۳/۵۰ میکروگرم برکیلوگرم بوده است.



نمودار۱- میانگین غلظت Pb در اندام های مختلف گیاه ختمی در نمونه شاهد وتیمارها

Diagram 1- The mean of Pb concentration in different tissues of *Althea officinal* in blank sample and treatments

جدول۲- نتایج حاصل از مقایسه میانگین غلظت سرب در اندام های مختلف (آنالیز واریانس یک طرفه)

Table2- The results of Pb concentarion means comparison in different tissues (one way annova)

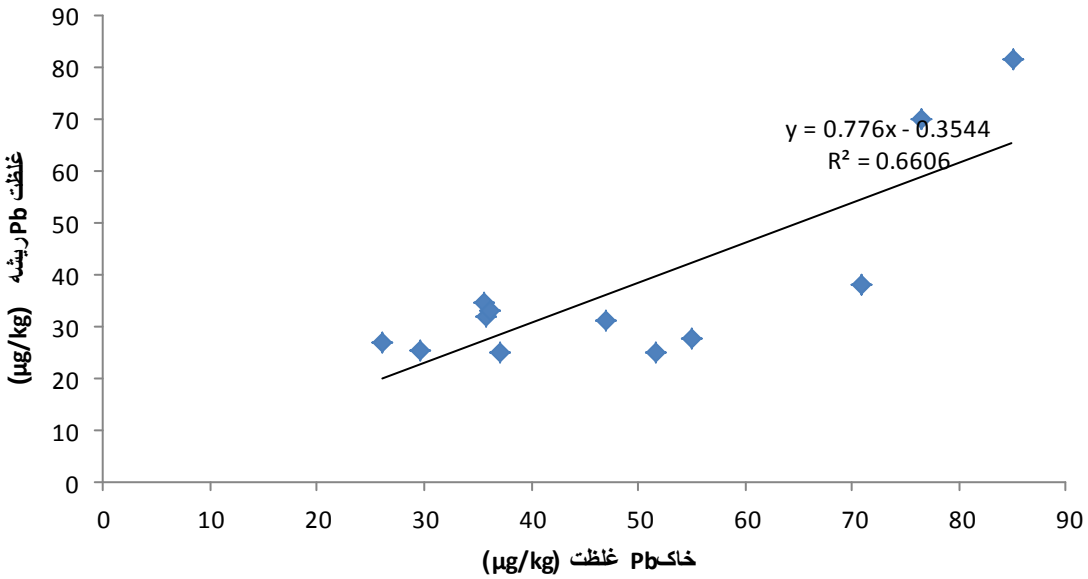
تیمارها	مجذور میانگین ها	df	F	Sig (p)
۰	۳۹۷/۹۶	۳	۳۰/۵۳	۰/۰۰۰
۲۵	۳۵۶/۵۸	۳	۱۱/۵۰	۰/۰۰۳
۵۰	۷۵۸/۸۳	۳	۵/۲۷	۰/۰۲۷
۱۰۰	۱۸۵/۱۳	۳	۹/۱۱	۰/۰۰۶
کل تیمارها	۹۹۴/۶۳	۳	۸/۴۶	۰/۰۰۰

طبق آزمون آنالیز واریانس یک طرفه، اختلاف معنی داری بین غلظت سرب در اندام های مختلف برای تمام تیمارها و کل در سطح $p<0/05$ مشاهده گردید. مطابق آزمون تکمیلی دانکن این اختلاف برای تیمار۰ بین برگ و گل با ریشه، ساقه و برای تیمارهای ۰،۲۵ و کل بین گل و سایر اندام ها وجود دارد و برای تیمار ۵۰ بین ریشه سایر این اندام ها اختلاف مشاهده گردید. طبق آزمون ضریب همبستگی پیرسون رابطه معنی داری بین غلظت سرب در خاک با اندام های مختلف برای ریشه، ساقه و برگ مشاهده گردید$p<0/05$. این رابطه برای برگ معکوس می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت طبق آزمون آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف معنی داری بین جذب فلز سرب در اندام های گیاه ختمی مشاهده گردید. این اختلاف در نمونه شاهد بین برگ و گل با سایر اندام ها دیده شد.

جدول۳- نتایج حاصل از بررسی رابطه بین غلظت Pb در اندام‌ها با خاک (ضریب همبستگی پیرسون)

Table3- The results of correlation between Pb concentration in tissues with soil(Pearson correlation)

متغیر	ریشه	ساقه	برگ	گل
خاک				
ضریب همبستگی پیرسون	۰/۸۱۳**	۰/۶۵۷**	-۰/۷۱۶**	-۰/۲۱۹
Sig(p)	۰/۰۰۰	۰/۰۸۴	۰/۹۳۷	۰/۳۰۴
N	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲



نمودار۲- رابطه غلظت Pb در خاک با ریشه

Figure 2-The correlation between Pb concentrations in soil with root

طبق آزمون آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف معنی داری بین غلظت سرب در خاک با اندام ریشه در سطح $p<0/05$ مشاهده گردید.

نتایج تعیین مقادیر عامل تجمع زیستی و عامل انتقال

عامل تجمع زیستی و عامل انتقال در سطوح مختلف سرب برای گیاه ختمی در جداول (۴و ۵) نشان داده شده است. مقادیر محاسبه شده برای BF و TC میانگین سه تکرار در هر تیمار است.

جدول۴- تعیین عامل تجمع زیستی در سطوح مختلف سرب برای گیاه ختمی

Table4- Determination of bio-concentration factor in different treatments for ***Althea officinal***

گونه	آلاینده	تیمار	عامل تجمع زیستی(BF)			
			ریشه	ساقه	برگ	گل
ختمی	سرب	۲۵	۰/۸۵۱	۰/۷۳۴	۰/۸۷۸	۱/۴۰۷
ختمی	سرب	۵۰	۰/۸۱۶	۰/۴۳۵	۰/۳۳۷	۰/۵۹۳
ختمی	سرب	۱۰۰	۰/۵۴۵	۰/۵۲۷	۰/۵۵۹	۰/۸۴۹

جدول۵- تعیین عامل انتقال در سطوح مختلف سرب برای گیاه ختمی

Table 5-Determination of translocation factor in different treatments for ***Althea officinal***

گونه	آلاینده	تیمار	عامل انتقال(TC)		
			ساقه	برگ	گل
ختمی	سرب	۲۵	۰/۷۳۴	۰/۸۶۳	۱/۴۰۷
ختمی	سرب	۵۰	۰/۴۲۹	۰/۳۲۷	۰/۵۹۳
ختمی	سرب	۱۰۰	۰/۵۱۹	۰/۵۱۹	۰/۸۴۹

بحث ونتیجه گیری

در این پژوهش بررسی کاربرد گیاه ختمی در جذب فلز سنگین سرب مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده میتوان گفت طبق آزمون آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف معنی داری بین جذب فلز سرب در اندام های گیاه ختمی دیده شد. این اختلاف در نمونه شاهد بین برگ و گل با سایر اندام ها دیده شد. در تیمار۲۵ ppm بیشترین جذب در اندام گل با میزان ۹/۲۰±۵۰/۹۶ میکروگرم بر کیلوگرم و کمترین جذب در اندام ساقه با میزان ۰/۴۵±۲۶/۶۰ میکروگرم بر کیلوگرم بوده است. طبق آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف معنی داری بین جذب درگل با سایر اندام ها مشاهده گردید. در تیمار ۵۰ ppm بیشترین جذب در اندام ریشه با میزان ۲۲/۶۱±۶۳/۲۴ میکروگرم بر کیلوگرم و کمترین میزان جذب مربوط به برگ با میزان ۱/۵۰±۲۶/۱۷ میکروگرم بر کیلوگرم بوده است. طبق آنالیزواریانس یک طرفه اختلاف معنی داری بین ریشه و گل با سایر اندام ها مشاهده گردید. در تیمار ۱۰۰ ppm بیشترین جذب در گل با میزان ۷/۰۴±۴۳/۵۰ میکروگرم بر کیلوگرم و کمترین جذب در اندام ساقه ۱/۶۷±۲۶/۹۹ میکروگرم بر کیلوگرم بوده است. براسا س آنالیز واریانس یک طرفه بین گل با سایر اندام ها اختلاف معنی داری مشاهده گردید. هم چنین آزمون ضریب همبستگی پیرسون رابطه معنی داری بین غلظت سرب در خاک با اندام های مختلف برای ریشه، ساقه و برگ مشاهده گردید. از طرفی با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش می توان گفت که بین جذفب سرب در تیمار شاهد و سایر تیمار ها اختلاف معنی داری وجود دارد. بهروز کرد و همکاران در سال ۱۳۹۰ پژوهشی در رابطه با گیاه پالایی عنصر سرب به وسیله برخی از گونه های درختی در خاک های آلوده شهری شهر تهران انجام دادند و نتایج نشان داد کاج الداریکا، سرو نساقره ای و اقاقیا به ترتیب بیشترین غلظت سرب را در اندام هوایی دارا بوده اند. با توجه به این موضوع، این سه گونه می توانند به منظور پالایش خاک های آلوده به عنصر سرب در مناطق مشابه مورد استفاده قرار گیرند باتوجه به این پژوهش می‌توان گفت گیاه ختمی جاذب خوبی برای فلز سرب

می باشد(۷). فاطمه اکبر پور و همکاران در سال ۱۳۹۱ پژوهشی در رابطه با گیاه پالایی خاک های آلوده به برخی فلزات سنگین به وسیله چند گیاه بومی منطقه حفاظت شده ارسباران انجام دادند و نتایج مطالعات نشان داد که غلظت سرب و کادمیوم در خاک در ریشه بیش از ساقه و برگ بوده و هم چنین غلظت سرب در اندام های زیر زمینی و روی در اندام های هوایی بالاتر بوده است. نتایج به دست آمده بالاترین غلظت روی در اندام هوایی گیاه علف مرغ به میزان ۶۲/۶۵ میلی گرم بر کیلوگرم و بیشترین غلظت سرب در اندام های زیر زمینی گیاه تاج خروس وحشی به میزان ۷۱/۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم از خاک را نشان داد. با توجه به پژوهش ما بیشترین جذب سرب درگیاه ختمی در اندام ریشه با میزان۶۳/۲۴ میکروگرم برکیلوگرم بوده است (۸).

تجمع عناصر سرب، روی و مس در گیاهان مختلف از جمله مرغ بررسی کردند. نتایج آن ها نشان داد که گیاه مرغ دارای توانایی بالایی در تجمع این عناصر در ریشه و اندام هوایی است. میزان جذب سرب توسط ریشه و اندام هوایی این گیاه به ترتیب ۶۴۴ و ۳۵۱ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد. باتوجه به پژوهش ما می توان گفت گیاه ختمی دارای توانایی بالایی درتجمع عنصر سرب دراندام ریشه است که درریشه با میزان۶۳/۲۴ میکروگرم برکیلوگرم است (۹).

این پژوهش نشان دادکه گیاه ختمی می تواند جاذب خوبی برای سرب باشد. ضریب تجمع زیستی و عامل انتقال نشان دهنده قابلیت گیاهان جهت تحمل و تجمع فلزات سنگین در اندام های خود بوده و بیان کننده توانایی آن ها جهت استخراج گیاهی و تثبیت گیاهی است. بر این اساس گیاهانی که دارای ضـریب تجمع زیستی بیشتر از ۱ به خصـوص در مجمـوع اندام های هوایی خود بوده اند، جهت استخراج گیاهی مناسب هستند. با توجه به مقادیر بالا می توان گفت که گیاه ختمی تقریبا استخراج کننده مناسبی برای فلز سرب از خاک می باشد. با توجه به نتایج بدست آمده گیاه ختمی جاذب خوبی برای فلز سرب است و می تواند برای پاکسازی خاک های آلوده به سرب مورد استفاده قرار بگیرد.

منابع

1. Alloway. B. l. 2005. Heavymetals in soils: Lead. BLackieand son Ltd. Glasgow and London: 177_196
2. Lombi E, Zhao FJ, Dunham SJ, McGrath SP (2007) phytoremediation of heavy metalcontaminated soils: natural hyperaccumulation versus chemically enhanced phytoextraction. J Environ Qual 30:1919-1926

۳. سمرقندی. م، کریمپور. ف .م و صدری. غ، ۱۳۸۹، بررسی مقدار فلزات سنگین موجود در سبزیجات پرورشی با آب های آلوده در حومه شهر همدان، فصل نامۀ انسان و محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان، انجمن متخصصان محیط زیست ایران، شماره ۶ و۵.

۴. کریمی .م ، ۱۳۹۲، بررسی تاثیر آلودگی هوای ناشی از کارخانه سرب و روی زنجان در میزان سرب خون ساکنین، گیاهان و خاک منطقه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران.

۵. سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۸۹، مقاله اثرات آلاینده های شیمیایی محیط بر انسان به ویژه زنان و کودکان، فصل نامه علمی محیط زیست جلد هشت، شماره دوم.

۶. آدام و مایکل (نویسنده)۱۳۹۱، سرب سرگردان، تجارت زایدات باتری های سمی سربی،۱۳۹۱ موشیدی. فرزانه (مترجم)، جلد نهم، شماره اول.

۷. کرد. بهروز، خادمی. امین و پورعباسی. سارا، ۱۳۹۰، گیاه پالایی عنصر سرب به وسیله برخی از گونه‌های درختی در خاک های آلوده شهری (تهران)، مجله علوم زیستی واحد لاهیجان، سال پنجم، شماره سوم.

۸. اکبرپور. فاطمه، صدری. فرهاد وگل علیزاده، داریوش، ۱۳۹۱،گیاه پالایی خاک های آلوده به برخی فلزات سنگین به وسیله چند گیاه بومی منطقه حفاظت

شده ارسباران، نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال اول، شماره چهارم.

۹. بهجت. ح، ۸۹-۱۳۸۸، بررسی میزان سرب موجود در آب، هوا و خاک شهر تبریز، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس تهران.