

بررسی دو گونه اکالیپتوس (*Eucalyptus Microtheca*, *Eucalyptus camaldulensis*) در

جذب فلزات سرب و مس از خاک

محمدرضا دهقان^۱، علیرضا مشکی^۲، مریم ملاشاهی^{۳*} و علی صلاحی^۳

^۱ سمنان، دانشگاه سمنان، دانشکده کویرشناسی، گروه بیابان‌زدایی

^۲ سمنان، دانشگاه سمنان، دانشکده کویرشناسی، گروه جنگل‌داری مناطق خشک

^۳ گرگان، مرکز تحقیقات استان گلستان

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۳

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی میزان توانایی دو گونه اکالیپتوس (*Eucalyptus Microtheca*, *Eucalyptus camaldulensis*) در جذب فلزات سنگین سرب و مس از خاک‌های آلوده بود. به‌منظور اجرای آزمایش نهال‌های ۶ ماهه و یک‌دست اکالیپتوس تهیه شدند. برای اعمال تیمار فلزات سنگین، سه تیمار مس (غلظت‌های ۵، ۱۰، ۲۰ میلی مولار) از منبع CuSO_4 و سه تیمار سرب (غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار) از منبع $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ برای افزودن به خاک (لومی) گلدان‌ها در نظر گرفته شد. سپس از برگ، ریشه و ساقه هر دو گونه اکالیپتوس در ۳ تکرار نمونه‌برداری شد. عصاره‌گیری به روش هضم خشک توسط اسید انجام شد. غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ICP-OES اندازه‌گیری شد. نتایج بین دو گونه نشان داد که این دو گونه به لحاظ جذب عناصر سرب و مس تفاوت معنی‌داری باهم ندارند. اما با مقایسه غلظت‌های مختلف در اندام‌های مختلف هر دو گونه مشاهده شد که ریشه‌ها عملکرد بهتری داشته (معنی‌داری در سطح $p < 0.05$)، در این راستا گونه *E. camaldulensis* نتایج بهتری را ارائه داد. به‌طوری‌که حداکثر میزان سرب جذب شده در ریشه‌های گونه *E. Microtheca* و *E. camaldulensis* به‌ترتیب برابر ۴۳۲۳/۳ و ۳۲۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده و حداکثر میزان مس جذب شده به‌ترتیب برابر ۱۳۸۲/۲ و ۸۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. همچنین تفاوت بین میزان جذب شده این عناصر با میزان آستانه تحمل هر دو گونه معنی‌دار بوده که نمایانگر توانایی بالای گونه اکالیپتوس در گیاه پالایی و حذف این مواد از خاک‌ها دارد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، گیاه پالایی، سرب، مس، اکالیپتوس

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۳۳۱۵۳۵۵۸۷، پست الکترونیکی: Maryam.Mollashahi@semnan.ac.ir

مقدمه

امروزه فعالیت‌های انسانی موجب رها سازی انواع آلاینده-ها به محیط شده است. برای نمونه مراکز صنعتی، معادن، مراکز دفن زباله، مصرف انواع آفت کش‌ها و علف کش‌ها موجب آلودگی محیط به آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین شده است. در واقع الگوی فعالیت‌های صنعتی امروزی منجر به آلودگی‌های زیست‌محیطی، به‌ویژه آلودگی با فلزات سنگین می‌شود (۶). با افزایش زندگی شهری میزان تخلیه آلاینده‌های فلزی در محیط اطراف افزایش یافته و از طرفی با توسعه مصرف انواع کودها و سموم، آلودگی زمین‌های کشاورزی به فلزات سنگین بیشتر می‌شود. Moura و همکاران در سال ۲۰۱۰ منشأ سرب موجود در محیط را عمدتاً ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند استفاده از کودهای شیمیایی و انتشار دود خودروها بیان کردند. در سال‌های اخیر موضوع آلودگی خاک‌ها به‌عنوان یکی از مهمترین

پیامدهای فعالیت‌های انسان بر محیط زیست مورد توجه بسیاری از محققان علوم طبیعی قرار گرفته است (۴).

گیاه‌پالایی، تکنولوژی پاکسازی خاک‌ها و سیستم‌های آبی از فلزات سنگین آلاینده است (۷). پاکسازی محیط‌زیست آلوده به فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی توسط جذب آنها به‌وسیله گیاهان یا گیاه‌پالایی امروزه جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. با توجه به اینکه روش‌های سنتی برداشت عناصر سنگین از خاک و آب بسیار پرهزینه و دشوار و اغلب ناموفق است، لزوم استفاده از گیاهان کاهش‌دهنده آلودگی خاک و آب روشن است.

تأثیر و کارایی گیاهان انباشت‌کننده فلزات سنگین به مقدار زیادی بستگی به خصوصیات گیاهان ازجمله سرعت رشد، بیوماس زیاد، دامنه تحمل و تجمع عناصر سنگین در خاک دارد. اکالیپتوس به دلیل سریع‌الرشد بودن، تولید چوب بیشتر، توان بالا در جذب و نگهداری بیشتر عناصر به‌ویژه فلزات سنگین از خاک آبیاری شده با فاضلاب در اندام‌های خود و تعریق فزونی نسبت به سایر گونه‌های درختی، در پالایش خاک از آلاینده‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کند (۱۸).

عنصر سرب در سال‌های گذشته به‌عنوان یک آلاینده فلزی عمده در محیط‌زیست و به‌عنوان یک عنصر سمی برای گیاهان توجه زیادی را به‌خود جلب کرده است. Broyer و همکاران در سال ۱۹۷۲ این موضوع را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که اگر سرب برای گیاهان ضروری باشد، غلظت آن باید در سطح ۶-۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم کافی باشد. افزایش سرب در خاک می‌تواند حاصلخیزی خاک را از بین ببرد و یک غلظت بسیار پایین سرب ممکن است از بعضی از فرایندهای حیاتی گیاه مانند فتوسنتز، تقسیم سلولی و جذب آب ممانعت کرده و با نشانه‌های سمی به‌صورت برگ‌های سبز تیره، پژمردگی برگ‌های مسن‌تر، توقف رشد شاخه و برگ و ریشه‌های کوتاه قهوه‌ای همراه باشد (۱۹).

در جهت کاهش غلظت فلزات سنگین و نیز کاهش عملکرد آنها در خاک مطالعات متعددی انجام شده است. به‌عنوان مثال Sallami و همکاران در سال ۲۰۱۳ به مطالعه توانایی گونه *Eucalyptus camaldulensis* در کاهش اثرات آلاینده ای مانند سرب در خاک پرداختند و نشان دادند که این گونه می‌تواند موجب تثبیت سرب در خاک‌های آلوده شده و از عملکرد آن بر موجودات زنده خاک بکاهد. از این رو روش‌هایی را برای تسهیل انتقال این دسته از آلاینده‌ها به ساقه و ریشه این گونه پیشنهاد کردند.

در میان علائم عمومی سمیت عنصر مس نیز، کلروز (زردی) و ناهنجاری شکلی ریشه متداول‌ترین علائم می‌باشند. در غلظت ۱۵ تا ۲۰ mg/kg کاهش رشد بافت‌ها در گیاهان حساس مشاهده شده است.

در سال ۲۰۱۳، Coupe و همکاران نیز به مقایسه سه گونه *Brassica juncea*، *Eucalyptus camaldulensis* و *Medicago sativum* در جذب فلزات سنگین (مس، روی و کروم) از خاک پرداختند و بیان کردند که گونه *Eucalyptus* دارای بهترین توان در پالایش این دسته از آلاینده‌ها از خاک می‌باشد.

با توجه به نیاز روزافزون جنگل‌کاری در ایران، لازم است که تحقیقی جامع بر روی گونه‌های اکالیپتوس و نقش این گیاهان در جذب عناصر سنگین انجام شود. گیاه‌پالایی یک گزینه کم‌هزینه، به‌ویژه برای مناطق آلوده محسوب می‌شود. به‌عنوان مثال Rad و همکاران در سال ۲۰۱۰، پس از آزمایش سازگاری و عملکرد هشت گونه اکالیپتوس با استفاده از فاضلاب شهری و صنعتی یزد، نتیجه گرفتند که گونه *E.camaldulensis* از نظر سازگاری، رشد ارتفاعی و قطری و قدرت جذب آب، موفق‌تر از سایر گونه‌ها بوده است.

در واقع هدف از انجام این مطالعه بررسی دو گونه اکالیپتوس *Eucalyptus Microtheca* و *Eucalyptus camaldulensis* در جذب فلزات سنگین

سرب و مس و توانایی اندام‌های مختلف این گونه از قبیل برگ، ساقه و ریشه در انباشت این مواد می‌باشد.

مواد و روشها

برای انجام این مطالعه در ابتدا نهال‌های ۶ ماهه و یک‌دست از هر دو گونه از نهالستان اداره کل مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شده و به گلخانه این مرکز منتقل گردیدند. سپس سه تیمار مس (غلظت‌های ۵، ۱۰، ۲۰ میلی مولار) و سه تیمار سرب (غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ میلی مولار) در نظر گرفته شد. برای فراهم نمودن غلظت‌های عناصر سنگین سرب و مس به ترتیب از نمک‌های $Pb(NO_3)_2$ و $CuSO_4$ استفاده شد. غلظت‌های مورد نظر در تیمارهای مختلف بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم تهیه گردید و بعد به خاک گلدان‌ها (لومی) اضافه شد. بدین شکل که آبیاری روزانه گلدان‌ها با آب مقطر (به میزان ۱۵۰ سی سی) و سطوح مختلف از فلزات سنگین به یک اندازه به‌صورت حجمی یا وزنی انجام شد. پس از ۱۳ هفته دوره کشت بخش هوایی در هر گلدان قطع و پس از اندازه‌گیری وزن تر و شستشو با آب مقطر به مدت سه روز در دمای $60^\circ C$ خشک و وزن خشک آنها اندازه‌گیری گردید (۲).

ریشه گیاهان نیز به دقت از خاک گلدان جدا گردید و پس از شستشو و اندازه‌گیری وزن تر، مقدار یک تا دو گرم از ریشه‌های ریز توسط قیچی جدا و با آب شستشو شده و در الکل ۵۰ درصد برای اندازه‌گیری میزان جذب ریشه نگهداری شدند. ریشه‌ها نیز در دمای $650^\circ C$ به مدت ۷۲ ساعت خشک و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تعیین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های گیاهی، برای آماده‌سازی نمونه‌ها از روش هضم خشک اسیدی استفاده شد (۱۰). در پایان، تعیین غلظت فلزات سنگین در تمام نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) انجام گردید. برای مقایسه میزان تجمع عناصر سنگین در

دو گونه اکالیپتوس *Eucalyptus microtheca* و *Eucalyptus camaldulensis* از آزمون تی مستقل (Independent-Samples T Test) استفاده شد و به‌منظور مقایسه مقدار میانگین عناصر سنگین جذب شده در گونه‌های اکالیپتوس با مقادیر مجاز و بحرانی تعریف شده استانداردهای جهانی، از آزمون تی یک نمونه‌ای (One Sample T-test)، با یک مقدار ثابت استفاده گردید. همچنین برای بررسی اثرات متقابل فاکتور ها از آزمون GLM استفاده شد (۱).

نتایج

در جدول ۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در تحقیق گلخانه‌ای نشان داده شده است.

نتایج اندازه‌گیری عنصر سرب (Pb): نتایج حاصل از غلظت‌های مختلف عنصر سرب در برگ، ساقه و ریشه دو گونه *E. microtheca* و *E. camaldulensis* مورد بررسی قرار گرفت و نشان داد که در مجموع بین اندام‌های دو گونه از نظر جذب عنصر سرب اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۱).

اما در بین اندام‌های مختلف دو گونه اختلاف در سطح ریشه‌ها معنی‌دار می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود میزان جذب در ریشه گونه *E. camaldulensis* بیشتر از گونه *E. microtheca* می‌باشد. جدول ۲ آزمون اثرات متقابل فاکتورها را در بین دو گونه و در غلظت‌های متفاوت در مورد عنصر سرب نشان می‌دهد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود تفاوت در تیمار غلظت‌های مختلف معنی‌دار می‌باشد. همین‌طور در میان اندام‌های مختلف تفاوت معنی‌دار بوده و علاوه بر این تفاوت اثر متقابل گونه و اندام نیز معنی‌دار می‌باشد.

نتایج اندازه‌گیری غلظت مس (Cu): نتایج حاصل از غلظت‌های مختلف مس در برگ، ساقه و ریشه دو گونه اکالیپتوس *E. microtheca* و *E. camaldulensis* مورد

بررسی قرار گرفت و نشان داد که در مجموع بین دو گونه
از نظر جذب عنصر مس اختلاف معنی داری وجود ندارد



شکل ۱- گیاهان اکالیپتوس در طول دوره داشت در گلخانه

جدول ۱- نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

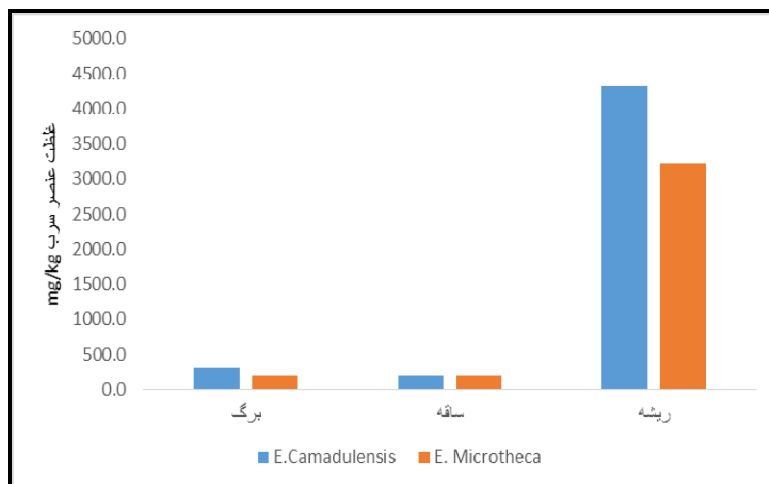
مس	سرب	pH	Ec (dS/m)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	درصد آهک	درصد کربن آلی	درصد نیتروژن کل	پتاسیم	فسفر
اولیه خاک	اولیه خاک									قابل جذب (میلی گرم به کیلوگرم)	قابل جذب (میلی گرم به کیلوگرم)
Mg/kg	Mg/kg										
۲۹/۳۵	۳۱/۲۰	۷/۰۹	۰/۲۷	۴۱	۳۷	۲۲	۱۲/۲۲	۱/۰۵	۰/۱۲	۲۵۳	۱۹

ادامه جدول ۱- آزمون t-test عنصر سرب بین دو گونه

آزمون تی تست						آزمون لوون		
حدود اعتماد در سطح ۰/۰۵			اختلاف	اختلاف	معنی	درجه	میزان F	معنی داری
حد بالایی	حد پایینی	انحراف معیار	میانگین	داری	آزادی	t میزان		
۶۲۶/۱۱	-۱۴۳۱/۱۱	۵۱۲/۶۰	-۴۰۲/۴۹	۰/۴۳۶	۵۲	-۰/۷۸	۳/۱۸	۰/۰۸

جدول ۲- آزمون اثرات متقابل فاکتورهای مختلف در مورد عنصر سرب

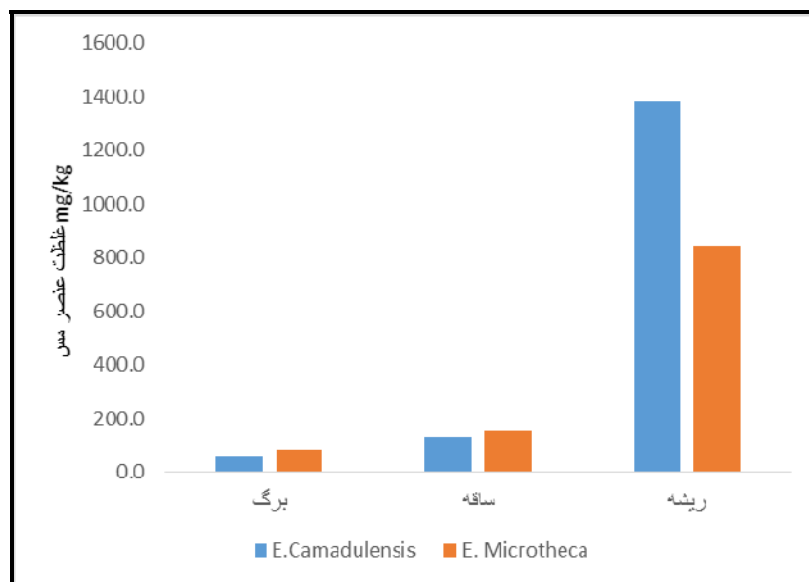
معی داری	آزمون F	میانگین مربعات	اثر تیمار غلظت
۰/۰۰	۳۱/۷۰۴	۱۲۱۵۴۸۱۰/۶۴	گونه
۰/۳۶	۱/۳۲۸	۲۱۸۷۰۶۴/۲۵	اندام
۰/۰۲	۴۵/۸۳۳	۷۵۴۹۵۷۹۸/۵۶	گونه*اندام
۰/۰۱	۴/۲۹۶	۱۶۴۷۱۸۰/۱۱۸	



شکل ۱- میانگین میزان جذب سرب در برگ، ساقه و ریشه دو گونه *E. microtheca* و *E. camaldulensis*

جدول ۳- آزمون t مستقل برای غلظت‌های مختلف مس بین دو گونه *E. microtheca* و *E. camaldulensis*

آزمون لون		آزمون تی تست				
آزمون F	معنی داری	میزان t	درجه آزادی	معنی داری	اختلاف میانگین	اختلاف انحراف معیار
۴/۹۴	۰/۰۶	-۰/۹۴	۵۲	۰/۳۴	-۱۶۱/۶۶	۱۷۰/۸۹
		حد پایینی		حد بالایی		
		۵۰۴/۵۹		۱۸۱/۲۷		



شکل ۲- میزان جذب عنصر مس در برگ، ساقه و ریشه دو گونه *E. microtheca* و *E. camaldulensis*

جدول ۵ دامنه عمومی عناصر سنگین در گیاهان (میلی گرم بر کیلوگرم) و حد آستانه و نیز دامنه سمیت را نشان می دهد.

جدول ۴ نشان می دهد که در مورد عنصر مس اثر غلظت های مختلف، اندام ها و نیز اثر متقابل گونه و اندام معنی دار می باشد.

نتایج حاصل از آزمون t داده ها نشان داد که در برگ و ساقه دو گونه مختلف اکالیپتوس *E. microtheca* و *E. camaldulensis* از نظر میزان مس اختلاف معنی داری وجود ندارد اما ریشه این دو گونه اکالیپتوس اختلاف معنی داری در سطح ۹۵ درصد از نظر جذب مس دارند (جدول ۴-۲ و شکل ۴-۱).

جدول ۴- آزمون اثرات متقابل فاکتورهای مختلف در مورد عنصر مس

معنی داری	آزمون F	میانگین مربعات	
۰/۰۰	۲۰/۳۸	۲۲۲۲۷۶۲/۹۳	اثر تیمار غلظت
۰/۴۷	۰/۷۴	۳۵۲۸۲۷/۸۰	گونه
۰/۰۴	۱۲/۸۹	۶۱۰۳۸۸۲/۳۹	اندام
۰/۰۱	۴/۳۴	۴۷۳۴۷۶/۱۵	گونه*اندام

جدول ۵- دامنه عمومی عناصر سنگین در گیاهان (میلی گرم بر کیلوگرم)

عنصر	نرمال	کمبود	حد آستانه	سمیت
Cu	۳-۳۰	<1-5	۲۰	۶۰-۱۲۵
Pb	۳	-	۳۰	۱۰۰-۴۰۰

Levy et al., 1999, Ibnu Hajar et al., 2014

جدول ۶- مقایسه غلظت عناصر سنگین در برگ *E. microtheca* و *E. camaldulensis* با غلظت بحرانی

اندام	صفت	گونه	میانگین (انحراف معیار)	درجه آزادی	مقادیر آستانه تحمل	معنی داری
برگ	Cu	<i>microtheca</i>	۸۴/۴۴ (۲۰/۰۸)	۸	۲۰	*۰/۰۰۰
		<i>camaldulensis</i>	۵۸/۱۱ (۲۱/۹۸)	۸	۲۰	*۰/۰۰۱
	Pb	<i>microtheca</i>	۱۹۳/۵۲ (۱۱۰/۴۷)	۸	۳۰	*۰/۰۰۲
		<i>camaldulensis</i>	۳۱۱/۷۹ (۱۲۰/۰۰)	۸	۳۰	*۰/۰۰۰
ساقه	Cu	<i>microtheca</i>	۱۵۶/۰۰ (۵۱/۰۷)	۸	۲۰	*۰/۰۰۰
		<i>camaldulensis</i>	۱۳۱/۱۱ (۴۰/۲۸)	۸	۲۰	*۰/۰۰۰
	Pb	<i>microtheca</i>	۲۰۶/۷۹ (۶۱/۲۹)	۸	۳۰	*۰/۰۰۰
		<i>camaldulensis</i>	۱۹۸/۷۳ (۸۴/۴۵)	۸	۳۰	*۰/۰۰۰
ریشه	Cu	<i>microtheca</i>	۸۴۵/۹۸ (۳۱۱/۸۷)	۸	۲۰	*۰/۰۰۰
		<i>camaldulensis</i>	۱۳۸۲/۲۰ (۹۰۳/۴۲)	۸	۲۰	*۰/۰۰۲
	Pb	<i>microtheca</i>	۳۲۲۶/۰۰ (۱۲۱۰/۴۳)	۸	۳۰	*۰/۰۰۰
		<i>camaldulensis</i>	۴۳۲۳/۲۹ (۱۵۰۶/۳۶)	۸	۳۰	*۰/۰۰۰

گونه *E. microtheca* از قدرت بالاتری در جذب هر دو عنصر برخوردار بوده است.

در این راستا Sallami و همکاران در سال ۲۰۱۳ گونه *E.camaldulensis* را از جمله گونه‌های مناسب برای گیاه-پالایی و حذف فلزات سنگین به‌ویژه برای حذف عنصر سرب از خاک‌ها معرفی کردند و بیان کردند که بیشترین غلظت مشاهده شده این عنصر در ریشه این گونه بوده که از این نظر با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در گونه *E. microtheca* نیز بیشترین میزان این عنصر در ریشه‌ها مشاهده شد. این مطلب نمایانگر توانایی ریشه‌ها در تجمع این عنصر در خود می‌باشد. Keneshlo در سال ۲۰۰۵ نیز اظهار داشته که در بین گونه‌های وارداتی، گونه اکالیپتوس بیشترین نقش را در جذب و کاهش آلودگی به‌ویژه سرب داشته است.

همچنین Coupe و همکاران در سال ۲۰۱۲ بیان کردند که گونه *E.camaldulensis* توانایی جذب و تجمع عنصر سرب تا غلظت ۵۴۸ mg/kg را در اندام‌های هوایی خود دارد که در این مطالعه این میزان در ساقه و برگ این گونه به ترتیب ۲۰۶ تا ۳۱۱ بوده که بسیار بیشتر از گونه‌های کشت شده در مناطق عاری از آلودگی به این عنصر می‌باشد. اما همان‌طور که در نتایج مربوط به دو عنصر مشاهده شد قدرت جذب هر دو عنصر در ریشه‌ها بسیار بیشتر از اندام‌های هوایی می‌باشد.

در مورد عنصر مس نیز نتایج مشابه عنصر سرب مشاهده شد، در این راستا Assareh و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان دادند که در غلظت‌های بالای عنصر مس (در حد سمیت) گونه *E.camaldulensis* مقاوم‌تر از گونه *E. microtheca* بوده و از قدرت جذب بالاتری برخوردار است؛ که از این نظر کاملاً با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین در مطالعات انجام شده ثابت شده ریشه‌ها در زمان بالا بودن شدت آلودگی به عنصر مس پس از جذب آن، از انتقال آن به اندام‌های هوایی و ایجاد تنش در گیاه جلوگیری کرده که

جدول ۶ به مقایسه غلظت عناصر سنگین در برگ *E.camaldulensis* و *E. microtheca* با غلظت بحرانی (حد آستانه) پرداخته است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود غلظت عناصر نسبت به حد آستانه تعریف شده (جدول ۵) برای اندام‌های مختلف دو گونه اکالیپتوس، نشان دهنده معنی‌دار بودن میزان جذب عناصر در اندام‌ها نسبت به حد آستانه است. همان‌طور که در جدول ۶ دیده می‌شود، در بسیاری از موارد غلظت عناصر در گیاه بالاتر از حد سمیت در گیاه بوده ولی از آنجایی که هیچ‌گونه علائم سمیت در این گیاهان وجود نداشت در نتیجه بیانگر توان بالای این گونه در تحمل شرایط آلودگی به این گونه عناصر می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

گونه اکالیپتوس و وارسته‌های مختلف آن از جمله گیاهانی هستند، با وجود اینکه بومی ایران نیستند اما نسبت به بسیاری از گونه‌های بومی از رشد سریعتری برخوردار هستند. در پنجاه سال اخیر به دلیل سازگاری این گونه به انواع خاک و نیز سریع‌الرشد بودن آن، در بخش‌های متعددی از کشور برای اهداف جنگل‌کاری تحت کاشت قرار گرفته است (۳). از این رو در مطالعات متعددی که در مورد این گونه انجام می‌شود سعی در بررسی توانایی این گونه در سازگاری با شرایط مختلف محیطی از جمله تعیین قابلیت گیاه‌پالایی آن در حذف آلاینده‌ها از محیط می‌باشد.

نتایج آزمون T-Test در مورد هر دو عنصر نشان داد که در مجموع بین دو گونه در جذب عناصر از خاک تفاوت معناداری مشاهده نمی‌شود. اما با مقایسه اندام‌های مختلف در گونه مشاهده شد که غلظت عناصر در اندام‌های مختلف هر گونه متفاوت است. همچنین نتایج نشان داد که ریشه‌ها قدرت جذب بسیار بیشتری نسبت به دیگر اندام‌ها داشته و در این میان گونه *E.camaldulensis* نسبت به

قدرت جذب ریشه‌های آن ۱۷ برابر قدرت جذب توسط برگ‌های آن است. نتایج این تحقیق نیز در مورد جذب هر دو عنصر، نمایانگر بالاتر بودن قدرت جذب و تمرکز ریشه‌های هر دو گونه به‌ویژه گونه *E.camaldulensis* نسبت به برگ‌های آن می‌باشد.

در نهایت می‌توان گفت که گیاه‌پالایی به‌عنوان روشی نوین برای حذف فلزات آلاینده از خاک‌ها کاربرد داشته و حذف فلزات خاص در مکان‌هایی با آلودگی بالا نیازمند شناخت گونه‌هایی با توان بالا (بیش‌اندوزها (hyperaccumulator)) از جمله گونه‌های مختلف اکالیپتوس، در جذب این دسته از آلودگی‌های زیست محیطی است.

این مطلب نمایانگر قابلیت زیاد بافت‌های ریشه برای نگه داشتن مس می‌باشد (۱۲). در بررسی اثرات متقابل نیز مشاهده شد که اثر تیمار غلظت‌های مختلف، اندام‌ها و نیز متقابل گونه در اندام هر دو عنصر معنی‌دار بوده است.

از دیگر نتایج این تحقیق این بود که با افزایش غلظت آلاینده‌ها در خاک میزان جذب آنها توسط اکالیپتوس افزایش یافته است که خود نشان دهنده توانایی بالای این گونه در بحث گیاه‌پالایی و زدودن آلاینده‌ها از خاک است.

Freitas و همکاران در سال ۲۰۰۴ بیان کردند که در بین گونه‌های متعددی که قابلیت رشد در خاک‌های آلوده را دارند گونه اکالیپتوس از جمله گونه‌هایی است که توانایی رشد را در خاک‌هایی که حاوی فاضلاب هستند، دارد و

منابع

- ۱- زارع چاهوکی، محمد. علی. ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل داده‌ها در پژوهش‌های منابع طبیعی با نرم‌افزار SPSS. چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران: ۳۱۰.
- ۲- سردابی، حسین، صالحه شوشتری، محمد حسن، بانج شفیع، شهرام، اشرف جعفری، علی، طغرائی، نوشین، ۱۳۹۲. بررسی soil using different plant Species. African Journal of Biotechnology, 54:1230-1241.
- 9- Freitas, H.M., Prasad, M.N.V., Pratas, J., 2004. Plant community tolerance to trace elements growing on the degraded soil of Sao Domingos mine in the south east of Portugal: environmental implications. Environment International, 30:65-72.
- 10- Heinrichs, H. 1989. Aufschlussverfahren in der analytischen. Geochemie (Teily). Labor Praxis 12(89): 1140-1146.
- 11- Ibnu Hajar, E.W., Bin Sulaiman, A.Z., Mimi Sakinah, A.M., 2014. Assessment of Heavy Metals Tolerance in Leaves, Stems and Flowers of *Stevia rebaudiana* Plant, Procedia Environmental Sciences, 20:386-393.
- 12- Kabata-Pendias, A. 2011. Trace elements in soils and plants. Fourth edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 505 pp.
- 13- Keneshlo, H., 2005. Restoration reforestation practices in forest ecosystems of Iran damaged by Kuwaiti burning oil wells. Final Report of
- 3- Assareh, M.H., Shariat A., Ghamari-Zare A., 2008. Seedling response of three *Eucalyptus* species to copper and zinc toxic concentrations, Caspian Journal Environmental Science and Technology, 6 (2): 97-103.
- 4- Barati, S., Mirghaffari N., Soffianian, A., Khodakarami L., 2012. Spatial Distribution of Chromium, Cobalt and Nickel in the Surface Soils of Hamadan Province. Journal of natural environment, 65 (3): 283-295.
- 5- Broyer, T. C., Johnson, C. N., Paull, R. E., 1972. Some aspects of lead in plant nutrition, Plant and Soil, 36: 301-313.
- 6- Chehregani, A., Malayeri, B., 2007. Removal of heavy metals by native accumulator plants. Chemosphere, 63: 811-817.
- 7- Clements S., Plamegren M.G., Kramer U, 2002. Along way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation. Trends in Plant Science, 7: 309-316.
- 8- Coupe, K., Sallami, E., Ganjian, E., 2012. Phytoremediation of heavy metal contaminated

- Research Project, Research Institute of Forests and Rangelands, 67 p.
- 14- Levy DB, Redente EF, Uphoff Gd. 1999. Evaluating the phytotoxicity of Pb-Zn tailings to big bluestem (*Andropogon gerardii* vitman) and switchgrass (*Panicum virgatum* L.). *Soil Sciences*, 164: 363-75.
 - 15- Moura M.C.S., Moita G.C., Neto J.M.M. 2010. Analysis and assessment of heavy metals in urban surface soils of Teresina, Piauí State, Brazil: a study based on multivariate analysis. *Comunicata Scientiae*, 1:120-127.
 - 16- Rad, M.H., Sardabi, H., Soltani, M. and Ghelmani, S.V., 2010. Comparison of different eucalypt species and provenances in respect to their vegetative growth, irrigated by wastewater of Yazd City of Iran. *Proceedings of Second Seminar on: the Position of Water Reuse and Effluents on Water Resources Management.Applications in Agriculture and Landscape Irrigation*, 20 Oct. 2010, Mashhad, I.R. Iran, Abstracts: 105-106.
 - 17- Salami, Kh., Coupe, S.J., Rollason, J., Ganjian, E., 2013. Soil amendments to enhance lead uptake by *Eucalyptus camaldulensis* cultivated on metal contaminated soil, *European Journal of Experimental Biology*, 3(6):7-13
 - 18- Shariat A. and Asareh M.H., 2006. Effects of different levels of heavy metals on seed germination and seedling growth of three Eucalyptus species. *Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 14(1):38-46
 - 19- Yang, Q. W., Qiu, J. W., Wang, H. B., Lan, C. Y. 2004. Lead in paddy soils and rice plants and its potential risk around Leaching Lead/Zinc Mine, Guangdong, and China. *Environment International*, 30: 883-889.

Investigation of two *Eucalyptus* species (*Eucalyptus Microtheca* , *Eucalyptus camaldulensis*) in absorbing Cu and Pb from soil

Dehghan M.¹, Moshki A.², Mollashahi M.² and Salahi A.³

¹ Desert Study Field, Faculty of Desert Study, Semnan University, Semnan, I.R. of Iran

² Forestry in Arid Regions, Faculty of Desert Study, Semnan University, Semnan, I.R. of Iran

³ Researches Center of Golestan province, Gorgan, I.R. of Iran

Abstract

Present study deal with to ability of two Eucalyptus species (*Eucalyptus Microtheca*, *Eucalyptus camaldulensis*) for Pb and Cu absorption from pollutant soil. To design a test, the 6-months seedlings of Eucalyptus were selected from seedling with similar quality. To heavy metals test, three treatments of Cu (5, 10, 20 mm) using CuSO₄ and three treatments of Pb (50, 100, 200 mm) using Pb(NO₃)₂ were choosing to adding soil (loam) pots. Then sampling were done from leave, root and stem of two species in 3 repeat. Dry acid digestion method was used to prepare the samples. The concentrations of heavy metals in the samples were analyzed using ICP-OES. Results between two species showed that totally there is no significant difference between two species (*Eucalyptus Microtheca*, *Eucalyptus camaldulensis*) in Pb and Cu absorption. But result of comparing between different concentrations and organs indicated roots showed better function and in this regard *E. camaldulensis* illustrated better results. As Maximum Pb absorbtion in root of two species (*E. camaldulensis* and *Eucalyptus Microtheca*) are 4323.3, 3226 mg/kg respectively and Maximum Cu absorbtion in root of two species are 1382/2, 846 mg/kg respectivel . Also, there is significant difference between absorption and threshold limit in two species that showed this species has a good ability for phytoremediation and removal pollutant from soil.

Key words: Soil Pollution, Phytoremediation, Pb, Cu, *Eucalyptus*