مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی
زمستان ۱۳۹۸، دوره ۱۸، شماره چهارم صفحه ۳۷۲ -۳۶۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی توانایی گیاه پالایی گونه عسلی *(Alyssum maritimum)* در پالایش خاک‌های آلوده به سرب

عیسی سلگی: دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران - نویسنده رابط: **e.solgi@yahoo.com**
راضیه یزدان یار: کارشناس ارشد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
مینا تقی زاده: استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/٦ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۳

چکیده

زمینه و هدف: گیاه‌پالایی به عنوان روشی امیدبخش برای اصلاح خاک است که به آسانی می‌تواند فلزات سنگین را جذب کرده و آلودگی را از خاک بزداید. در همین راستا پژوهش حاضر به ارزیابی توانایی گیاه‌پالایی گونه عسلی (*Alyssum maritimum*) در پالایش خاک-های آلوده به سرب می‌پردازد.

روش کار: آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج سطح محلول نیترات سرب و گونه عسلی در شرایط گلدانی اجرا شد. پس از رشد و گل‌دهی، غلظت سرب در اندام‌های مختلف گیاه به روش هضم اسیدی با استفاده از دستگاه جذب اتمی سنجیده شد. به منظور ارزیابی توانایی گونه انتخاب شده در پاک‌سازی محیط از فلزات سنگین، از دو شاخص فاکتور تغلیظ زیستی و فاکتور انتقال استفاده شد.

نتایج: یافته‌های این مطالعه نشان داد که بیشترین تجمع سرب در اندام برگ می‌باشد. با توجه به این یافته‌ها می‌توان انتظار داشت با افزایش غلظت سرب در خاک، تجمع در اندام‌های گونه عسلی نیز افزایش یابد. به‌طور کلی میزان انباشت سرب در اندام‌های این گونه گیاهی از الگوی ساقه<ریشه<برگ پیروی می‌کرد. نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های فاکتور تغلیظ زیستی و فاکتور انتقال در گونه عسلی، بیان‌گر مقادیری بالاتر از ۱ برای این شاخص‌ها بود که نشان دهنده پتانسیل بالا در انتقال و انباشت سرب در بخش هوایی گونه‌ی گیاهی مورد بررسی است.

نتیجه‌گیری: گونه گیاهی انتخاب شده با توجه به شاخص‌های تعریف شده برای گیاهان بیش اندوز فلزات سنگین و با در نظرگرفتن ضریب تغلیظ زیستی و فاکتور انتقال، توانایی بالایی در پالایش خاک‌های آلوده به سرب را دارد و می‌توان آن را در گروه گیاهان بیش‌اندوز قرار داد.

واژگان کلیدی: گیاه‌پالایی، سرب، گونه گیاهی عسلی، فاکتور تغلیظ زیستی، فاکتور انتقال

مقدمه

روند فزاینده آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین مشکلات محیط زیستی است که بشر با آن مواجه شده است (۱). آلودگی خاک به فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های گوناگون بشر از جمله معدن‌کاوی، صنایع ذوب فلزات، استفاده از لجن فاضلاب و کاربرد کودهای شیمیایی در زمین‌های کشاورزی است(۲). فلزات سنگین خطرناک مانند کادمیوم، کروم، مس، جیوه، سرب، آرسنیک و نیکل دارای ویژگی‌هایی از جمله انباشت پذیری، سمیت و تجزیه‌ناپذیری زیستی بوده که مشکلات محیط‌زیستی مرتبط با آن‌ها را چند برابر می‌نماید (۳). با توجه به توسعه کشور در زمینه صنعت و فناوری و افزایش روز افزون ضایعات و تولیدات فرعی کارخانجات و معادن و ورود آن‌ها به زمین‌های کشاورزی و گسترش آلودگی‌ها، آگاهی از آلودگی خاک‌های ایران به این عناصر و اقدام در جهت رفع آن ضروری به نظر می‌رسد (٤). برای حذف فلزات سنگین از خاک روش‌های فیزیکی و شیمیایی بسیاری مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بعضی از این روش‌ها نه

[Downloaded from sjsph.tums.ac.ir on 2025-04-15]

تنها به طور کامل ایمن و رضایت بخش نبوده بلکه پرهزینه، وقت‌گیر و مخرب محیط زیست هستند (۵). از این رو، در سال‌های اخیر دانشمندان و مهندسین درصدد طراحی و توسعه روش‌های زیستی بر آمدند که بتوانند مکان‌های آلوده به فلزات سنگین را بدون آنکه بر حاصل خیزی و تنوع بیولوژیکی خاک اثرات سوئی داشته باشند پاکسازی و تعدیل نمایند (٦). در این راستا به کارگیری روش‌های اقتصادی، غیر مخرب و دوستدار محیط‌زیست مانند گیاه‌پالایی برای پالایش آلودگی‌های خاک مهم است. گیاه پالایی با استفاده از گیاهان بومی، یکی از فناوری‌های نوظهور است و به دلیل فواید قابل مشاهده آن، کاربرد گسترده و مقرون به صرفه بودن آن به عنوان یکی از بهترین روش های پالایش خاک‌های آلوده به فلزات به شمار می‌آید (۷). گیاه پالایی از جمله بهترین روش‌های موثر، دوست‌دار محیط زیست، کم هزینه و با منشاء نور خورشیدی به منظور حذف فلزات سنگین از مناطق آلوده به آلاینده‌های آلی و معدنی در محیط‌های آبی و خشکی است (۸). به همین منظور فناوری گیاه پالایی برای پالایش آلودگی‌ها به دلایل کم هزینه بودن و پایین بودن فناوری مورد نیاز در دنیا بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۹،۵). در این راستا استخراج گیاهی یعنی انتقال فلز از یک منبع آبی و یا خشکی به زیست توده گیاهی یکی از روش‌های زیستی برای پالایش خاک آلوده به فلزات است (۱۰). بسیاری از گیاهان زینتی توانایی استخراج فلزات سمی از خاک را داشته و قادرند مقادیر بالایی از فلزات را در اندام‌های خود ذخیره کنند و در عین حال بدون ایجاد علائم سمیت به بقای خود ادامه دهند. از طرف دیگر این گیاهان عالی وارد زنجیره غذایی انسان نمی‌شوند و بنابراین فاقد مشکلات سلامتی برای انسان می‌باشند.

برای هر نوع خاص از آلاینده‌ها، فرآیند گیاه‌پالایی متفاوتی وجود دارد که ممکن است در برگیرنده انواع مختلفی از گیاهان حتی گل‌های زینتی باشد. روش‌های اصلی گیاه پالایی که برای خاک‌های آلوده به فلزات سنگین به کار می‌روند شامل تثبیت گیاهی و استخراج گیاهی هستند. گیاهان بیش اندوز یا فرا انباشت فلزات و گیاهان دارای زیست توده بالا برای پالایش زیستی آلودگی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. گیاهان بیش اندوز دوره رشد کوتاه و زیست توده کمی دارند در حالی که گیاهانی با زیست توده بالا به غلظت‌های بالای فلز حساس بوده و توانایی کمی در انتقال فلز از ریشه به اندام‌های هوایی دارند. از این رو پژوهش‌هایی برای شناسایی گیاهان بومی و بیش اندوز زراعی، غیرزراعی و زینتی با تولید زیست توده بالا و قدرت انتقال فلز از ریشه به اندام هوایی و جذب بیشتر فلز در حال گسترش هستند (۱۱). ٤٥ خانواده از گیاهان توانایی تجمع فلزات سنگین را دارند. برخی از خانواده‌های مهم شامل Brassicaceae، Fabaceae، Euphorbiaceae، Asteraceae، Lamiaceae و Scrophulariaceae هستند. حدود ۵۰۰ گونه گیاهی به عنوان بیش‌انباشتگر فلزات سنگین شناخته شده‌اند (۱۲). از جمله گیاهان اعضای خانواده چلیپائیان نقش کلیدی در فناوری گیاه‌پالایی دارند. بسیاری از گونه‌های این خانواده به عنوان بیش‌انباشتگر فلزات سنگین شناخته شده‌اند و دارای ژن‌هایی برای مقاومت و یا تحمل اثرات سمی فلزات هستند.

گیاه عسلی متعلق به خانواده شب بو می‌باشد که از نظر اقتصادی خانواده‌ی مهمی به شمار می‌آید. نام انگلیسی این گیاه Sweet Alyssum بوده و در فارسی به آن عسلی گفته می شود. گونه‌ی آلیسوم (*Alyssum maritimum*) گیاهی علفی و یک‌ساله با گل‌های سفید، معطر و بسیار زیبا است و از این جهت گیاه زینتی محبوبی شمرده می‌شود. آلیسوم گیاهی تند رشد، دارای طول عمرکوتاه و بومی جنوب اروپا و غرب آسیا است (۱۳). جذب، مقاومت و استخراج فلزات به طور گسترده‌ای در گونه‌های مختلف این خانواده انجام شده است با این وجود پژوهش‌های کمی در زمینه گونه آلیسوم در دسترس می‌باشد. در این پژوهش، توانایی گیاه‌پالایی گیاه عسلی (*Alyssum maritimum*) در محیط خاک آلوده به سرب بررسی و میزان انباشتگی عنصر سرب در دو بخش هوایی و زیر زمینی مطالعه شد. فرضیه این پژوهش بر این اساس است که گیاه عسلی گونه-ای فراانباشتگر است و نیز بیشترین انباشت عنصر سرب در برگ گیاه عسلی است.

روش کار

این پژوهش به صورت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ملایر انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با شش تیمار و شش تکرار انجام شد و شامل مراحل زیر بود:

[Downloaded from sjsph.tums.ac.ir on 2025-04-15]

تهیه نمونه‌های بذر: میزان بیست گرم بذر گیاه عسلی از فروشگاه بذر Mr.seed واقع در شهرستان کرج تهیه شد. به منظور رفع آلودگی احتمالی، بذرها ضدعفونی شدند.

تهیه نمونه‌های خاک: خاک مورد آزمایش از خاک غیر آلوده محوطه دانشگاه ملایر در نظر گرفته شد. نمونه‌های خاک ابتدا هواخشک شده و سپس برای سنجش ویژگی‌های خاک از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. ویژگی های خاک (جدول ۱) از جمله بافت خاک (توسط روش هیدرومتری)، pH (توسط pH متر، Model AZ 86552, Taiwan) و قابلیت هدایت الکتریکی (توسط EC متر، Model AZ 86503, Taiwan) اندازه‌گیری شدند. به منظور اندازه‌گیری pH و قابلیت هدایت الکتریکی خاک (EC) از نسبت ۱:۵ خاک به آب استفاده شد. جهت هضم نمونه‌های خاک، به یک گرم از نمونه-های خاک هواخشک و الک شده، ۹ میلی لیتر HCL، ۳ میلی لیتر HNO_3 و ۳ میلی لیتر $HCLO_4$ اضافه شده و در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٦ ساعت در دستگاه هضم کننده حرارت داده شد و سپس نمونه ها به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد.

طراحی آزمایش و تیمارها: قبل از کشت بذر به آماده-سازی خاک مورد نظر پرداخته شد. به این منظور خاک-های وزن شده برای هر گلدان را در کیسه‌های پلاستیکی ریخته و برای ایجاد آلودگی فلزات سنگین در خاک، عنصر سرب به شکل نمک نیترات سرب در مقدار مشخصی آب مقطر حل شد و به طور یکنواخت و به صورت لایه لایه به سطح خاک اسپری شد و کیسه‌ها به مدت یک هفته جهت تثبیت سرب در خاک دست نخورده باقی ماند. سپس این خاک‌ها همراه با کود دامی به نسبت۵۰:۵۰ در گلدان‌های پلاستیکی با ظرفیت سه کیلوگرم ریخته شد. بذرهای خریداری شده در مخلوطی از خاک و کود دامی به نسبت ۵۰:۵۰ کشت شد. پس از پرکردن گلدان‌ها توسط خاک‌های تثبیت شده با نیترات سرب و کود دامی، تعداد هشت عدد از بذرهای گیاه عسلی با فواصل منظم کشت شد. پس ازجوانه‌زنی بذرها، تعداد آنها به پنج گیاهچه (گیاهچه‌های سالم‌تر انتخاب شدند) در هر گلدان کاهش داده شد. این آزمایش با شش تکرار و پنج تیمار شامل استفاده از سطوح مختلف سرب (شاهد (غلظت صفر سرب) ، ۲۰۰، ٤۰۰، ٦۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر) انجام شد. گیاه عسلی نیاز آبی زیادی ندارد لیکن جهت دوری از تنش رطوبتی، آبیاری با فواصل زمانی منظم صورت گرفت و از آبیاری بیش از حد به منظور جلوگیری از شستشوی نمک سرب خودداری شد. همچنین برای کاهش تبخیر و از دست دادن رطوبت گلدان‌ها سطح هر گلدان توسط سنگریزه پوشانده شد (١٤). پس از گذشت مدت زمان سه ماه و گلدهی گیاه، عملیات برداشت/ برگ، ساقه و ریشه گیاه انجام شد. نمونه های گیاه پس از برداشت با آب مقطر شستشو شدند و در دمای اتاق به مدت چند روز هوا خشک شده و توسط آسیاب به حالت پودر درآمدند. هضم نمونه‌های گیاه توسط ۸ میلی لیتر HNO_3 و ۲ میلی لیتر $HCLO_4$ صورت گرفت.

اندازه گیری غلظت سرب: جهت تعیین غلظت سرب در نمونه‌های خاک و گیاه از دستگاه جذب اتمی شعله Analytik Jena مدل ContrAA 700 ساخت کشور آلمان استفاده گردید. حد تشخیص دستگاه جذب اتمی به روش شعله برای عنصر سرب ۱/۳ میلی گرم بر کیلوگرم بود. همچنین RSD (درصد خطای نسبی) نمونه‌ها کم‌تر از ۵٪ بود.

محاسبه کارایی گیاه پالایی: به منظور ارزیابی و بررسی توانایی گیاه انتخاب شده در پاکسازی محیط از فلزات سنگین، دو شاخص تغلیظ زیستی(BCF) و فاکتور انتقال(TF) طبق روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند. برای تعیین فاکتور تغلیظ زیستی از نسبت غلظت فلزات سنگین در بخش هوایی گیاه به غلظت این فلزات در خاک استفاده شد (۱۵). برای تعیین فاکتور انتقال سرب از خاک به گیاه از تقسیم غلظت عنصر در اندام هوایی به غلظت عنصر در ریشه استفاده شد (۱۱).

$$BCF = \frac{A}{B}$$ رابطه ۱

که در آن:BCF فاکتور تغلیظ،A غلظت فلز سنگین در برگ،B غلظت فلز سنگین در خاک می‌باشد. همچنین فاکتور تغلیظ زیستی مربوط به ریشه از حاصل تقسیم غلظت سرب موجود در ریشه به غلظت سرب موجود در خاک تعیین شد.

$$TF = \frac{C}{D}$$ رابطه ۲

که در آن:TF فاکتور انتقال، C غلظت فلز سنگین در بخش هوایی، D غلظت فلز سنگین در بخش ریشه می‌باشد.

[Downloaded from sjsph.tums.ac.ir on 2025-04-15]

تحلیل آماری داده ها توسط نرم افزارهـای SAS ۹/۱ و Excel ۲۰۰۷ صورت گرفت. ابتدا نرمال بودن داده ها بـا آزمون شاپیرویلک بررسی شد و از آنجا که توزیع داده هـا نرمال بود، برای آنالیز داده ها جهت تعیین میـزان انباشـت سرب در اندام هوایی، ریشه و خاک گیاه از آزمـون آنـالیز واریانس و به منظور مقایسه اثر غلظت سرب بر انـدام‌های هوایی، ریشه و خاک از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج

بر اساس آنالیز ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در این پژوهش، pH خاک در حد خنثی و میزان شوری خاک در حد بسیار پایین بود. خاک مورد استفاده دارای ۱۷/۵٤٪ رس، ۹٦/ ٦٦٪ شن، ۱۵/۵٪ سیلت بود. بافت خاک بر اساس اجزای تشکیل دهنده آن لومی–شنی تشخیص داده شد (جدول ۱). با توجه به شکل ۱ میزان انباشت سرب در اندام‌های این گونه گیاهی از الگوی ساقه<ریشه<برگ پیروی می‌کرد. افزایش سطوح تیمار سرب، سبب افزایش میزان غلظت آن در اندام‌های گیاه عسلی شد و بیشترین میزان انباشت سرب در برگ، ساقه و ریشه گیاه تحت تیمار غلظت۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سرب مشاهده شد. بیشترین تجمع سرب در اندام برگ و در غلظت۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات سرب مشاهده شد. هم‌چنین، کمترین غلظت سرب در اندام ساقه و در غلظت صفر میلی‌گرم بر لیتر بود (شکل ۱).

با اندازه‌گیری میزان عنصر سرب در خاک پس از پایان دوره آزمایش، به چگونگی وضعیت جذب فلز توسط گیاه می‌توان پی برد. بیشترین میزان سرب در خاک در انتهای آزمایش مربوط به بیشترین غلظت تیمار سرب یعنی۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. میزان تجمع سرب در خاک در غلظت‌های ٤۰۰ و٦۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اختلاف معنی‌داری نداشتند اما غلظت صفر میلی‌گرم بر لیتر با سایر غلظت‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۲).

فاکتور تغلیظ زیستی که بیانگر میزان انتقال فلزات از خاک به اندام‌های هوایی می‌باشد در این آزمایش بیانگر بالا بودن چشمگیر این فاکتور در برگ نسبت به ساقه بود. همچنین فاکتور تغلیظ زیستی در برگ نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری داشت ولی در ساقه این شاخص نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار نبود. نتایج حاصل از محاسبه‌ی فاکتور تغلیظ زیستی نشان داد بیشترین فاکتور تغلیظ زیستی در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و کم‌ترین فاکتور تغلیظ زیستی در غلظت صفر میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (شکل ۲).

با توجه به جدول ۳ در مقایسه میانگین اثر غلظت سرب در خاک بر فاکتور انتقال، با افزایش غلظت تیمار اعمال شده سرب تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر این فاکتور افزایش یافت ولی از غلظت ٤۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر میزان انتقال سرب به بخش‌های هوایی کاهش یافت. بیشترین فاکتور انتقال در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و کم‌ترین آن در غلظت صفر میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد (جدول ۳).

بحث

در این پژوهش ارزیابی توانایی گونه زینتی عسلی (*Alyssum maritimum*) برای پالایش خاک‌های آلوده به سرب تحت تیمارهای مختلف این عنصر مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش غلظت سرب در خاک غلظت آن در اندام‌های گیاهی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد گیاه عسلی توانایی بالقوه‌ای در جذب فلزات سنگین از خاک و کاهش غلظت آن در خاک دارد. این نتایج با یافته‌های Motesharezadeh و Savaghebi (۱۱) در گیاه آفتابگردان، Akbarpour Saraskanroud و همکاران (۱٤) در گیاهان تاج خروس وحشی، قدومه کوهی و علف مرغ، Taghizadeh و همکاران (۱٦) در جنس های چمن، Amouei و همکاران (۱۷) در گیاهان گاو پنبه، تاج خروس وحشی و ذرت، Yanqun و همکاران (۱۸)، Tin Win و همکاران (۱۹) در گیاه *Eichhornia crassipes*، Grytsyuk (۲۰) در گیاهان بومی علوفه‌ای مطابقت داشت. هم‌چنین Marry و همکاران (۲۱) در تحقیقات خود بیان نمودند که میزان جذب سرب توسط گیاهان متناسب با غلظت آن در محیط (اتمسفر و خاک) افزایش می‌یابد. همچنین نتایج تحقیق Moradi و همکاران (۲۲) نشان داد که غلظت فلز سنگین سرب در اندام‌های گیاه سورگوم با غلظت سرب در خاک رابطه مستقیم دارد.

یک گونه گیاهی در صورتی بیش انباشتگر سرب محسوب می‌شود که توانایی تجمع بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب را در بخش هوایی خود داشته باشد بدون آنکه تأثیری بر رشد و نمو آن داشته باشد (۲۳)، بنابراین با

[Downloaded from sjsph.tums.ac.ir on 2025-04-15]

توجه به مقادیر جذب شده سرب در اندام هوایی گیاه عسلی می‌توان این گونه را گیاه بیش‌انباشتگر سرب معرفی کرد. همچنین نتایج آزمون دانکن حاکی از اختلاف معنی‌داری غلظت سرب در اندام برگ با اندام‌های ساقه و ریشه بود که این اختلاف می‌تواند ناشی از قابلیت گیاه عسلی در انتقال سرب از اندام زیرزمینی به برگ باشد. مقایسه تجمع فلز سنگین سرب در غلظت‌های بررسی شده نشان داد که بیشترین تجمع در تمامی غلظت‌ها در اندام برگ می‌باشد. نتایج مشابهی در تجمع آهن در اندام هوایی برای گیاهان علفی *Zygophyllum fabago* و *A. macrostachyum* توسط Martinez-Sanchez (۲٤) گزارش شده است.

از شاخص‌های BCF و TF به عنوان ابزاری مناسب برای شناسایی توانایی گیاهان در حال رشد برای جذب یون‌های فلزی استفاده شده است. مقادیر BCF سرب در گیاه عسلی نشان داد که بیشترین مقدار در تیمار ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر سرب و معادل ۱۰/۳۲۹ بود ولی از تیمار ۲۰۰ تا ٦۰۰ میلی گرم بر لیتر تغییرات از نظر آماری معنی دار نبود و بعد از شاهد کمترین میزان در غلظت ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر سرب مشاهده شد. بررسی مقدارBCF نشان داد که گیاه عسلی از پتانسیل بالایی در تغلیظ سرب در بخش هوایی خود برخوردار است. بنابراین به عنوان یک گیاه انباشتگر سرب جهت گیاه پالایی خاک‌های آلوده به سرب قابل استفاده است که با پژوهش انجام گرفته توسط Martinez-Sanchez (۲٤) همسو است. مقدار تغلیظ زیستی بزرگتر از یک توانایی بالقوه گیاهان برای تجمع فلزات را نشان می دهد (۲۵). روند تغییرات فاکتور انتقال در سطوح مختلف آلودگی متفاوت بود و بیشترین میزان TF محاسبه شده در گیاه عسلی در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (معادل۷۲/۹٦۱) مشاهده شد و از این غلظت به بعد روند کاهشی داشت (که مطابق با نتایج BCF بود). نتایج Alaboudi و همکاران (۲۵) نیز نشان دادن که با افزایش سطوح سرب در خاک، فاکتور انتقال سرب در گیاه آفتابگردان کاهش می‌یابد که همسو با نتایج تحقیق حاضر است علت آن را می‌توان این‌چنین بیان نمود که گیاه عسلی یک گیاه علفی و دارای ریشه‌های نه چندان قوی است و احتمال دارد که تا حد غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر توانایی خوبی در انتقال سرب از ریشه به برگ داشته باشد و توانایی گیاه برای انتقال سرب در غلظت‌های بالاتر کاهش پیدا کرده است. پژوهش انجام شده توسط Martinez-Sanchez (۲٤).

در مورد گیاه علفی *T. kotschyi*، ضریب TF بزرگتر از یک را نشان داد. فاکتور انتقال بالاتر از یک، توانایی بالای گیاه در انتقال فلزات به بافت‌های گیاه را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به این که گونه عسلی در تمامی سطوح مورد بررسی غیر از غلظت شاهد سرب، دارای فاکتور انتقال بیشتر از یک است، برای پالایش سرب به روش استخراج گیاهی (Phytoextraction) مناسب است. طبق نتایج Mattina و همکاران (۲٦) نیز در روش گیاه‌پالایی، فاکتور انتقال عناصر از اندام زیرزمینی به هوایی را بسیار مهم عنوان نمودند و اظهار داشتند که از آن اغلب به منظور شناسایی گونه‌های فراانباشت‌کننده استفاده می‌شود.Lasat و همکاران (۲۷) در بررسی‌های خود ضریب انتقال سرب از اندام زیرزمینی به اندام هوایی را یکی از مهم‌ترین عوامل افزایش آن در اندام هوایی (برگ و شاخه) گیاهان ذکر نمود. Brooks (۲۳) بیان نمودند که گونه‌های گیاهی می‌توانند سرب را به اندام هوایی خود انتقال دهند که در نتیجه کم‌ترین انباشتگی این عنصر را در اندام زیرزمینی خود نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف تعیین توانایی *Alyssum maritimum* در حذف سرب از خاک آلوده انجام شد. با افزایش آلودگی سرب در خاک، جذب سرب توسط گیاه عسلی در اندام‌های گیاه به طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج نشان داد که این گونه توانایی تجمع سرب در بافت-های خود را دارد و بیشترین تجمع میزان سرب در برگ این گیاه بود. همچنین محاسبه مقدار تغلیظ زیستی و فاکتور انتقال بیان‌گر آن بود که گیاه عسلی از پتانسیل بالایی در تغلیظ سرب در بخش هوایی خود برخوردار است و بیشترین مقادیر این شاخص ها در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش به نظر می‌رسد که گیاه انتخاب شده با توجه به شاخص‌های تعریف شده برای گیاهان بیش اندوز فلزات سنگین و با در نظرگرفتن ضریب تغلیظ زیستی و فاکتور انتقال، پتانسیل بالایی در انتقال و انباشت سرب در بخش هوایی خود دارد

[Downloaded from sjsph.tums.ac.ir on 2025-04-15]

و می‌توان آن را در گروه گیاهان بیش اندوز قرار داد. همچنین گیاه عسلی با استفاده از مکانیسم استخراج گیاهی می‌تواند آلودگی سرب را از خاک حذف نماید. پژوهش-های دیگری برای بررسی عملکرد گیاه پالایی فلزات سنگین توسط این گیاه زینتی در ترکیب با کلات کننده به منظور به حداکثر رساندن راندمان حذف فلزات سنگین مورد نیاز است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله لازم می دانند از دانشگاه ملایر که حمایت مالی این تحقیق را به عهده داشته است صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

جدول۱- برخی از خصوصیات خاک مورد استفاده در خاک گلدان‌ها (تعداد=٦): ارزیابی توانایی گیاه پالایی گونه عسلی *(Alyssum maritimum)* در پالایش خاک‌های آلوده به سرب

پارامترهای خاک	واحد	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	انحراف معیار±میانگین
pH	-	٦/٥٧	٦/٨٥	٦/٦٦±٠/٩٢٧
EC	دسی زیمنس بر متر	٠/٨٧	٠/٩٦	٠/٩١±٠/٠٣٣

جدول۲- مقایسه میانگین غلظت سرب درخاک گلدان‌ها پس از برداشت گیاه عسلی

غلظت سرب (mg/l)	تجمع سرب (mg/kg)
٠	١٠/^{d}٦
٢٠٠	٦٤/^{c}٤٧
٤٠٠	١٠٦/^{b}٤٩
٦٠٠	٦٧/^{b}١٣٠
٨٠٠	٢٠٢/^{a}٦٤

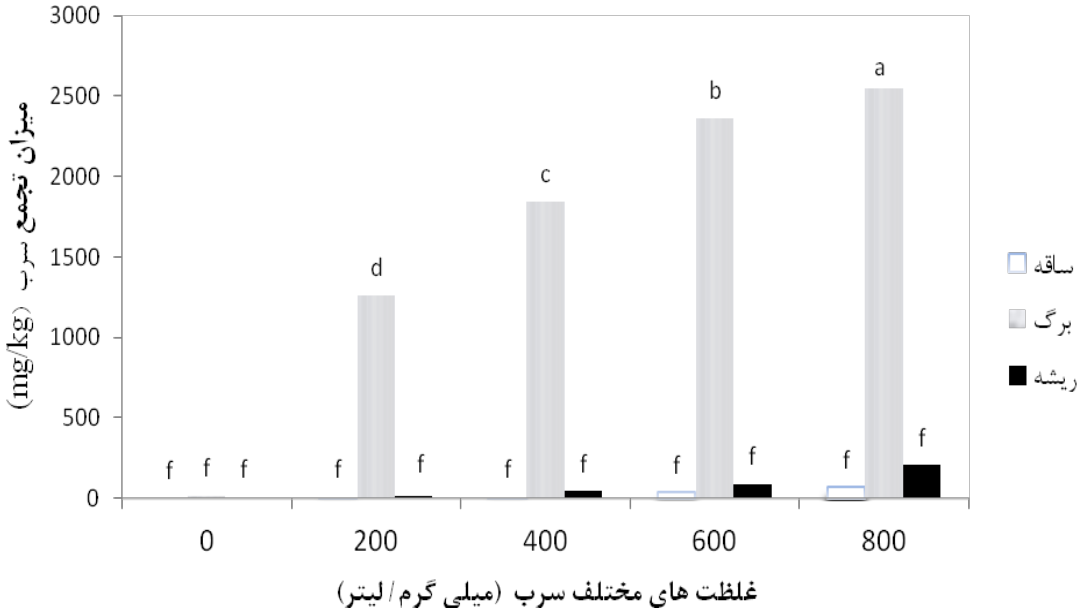
حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ٥٪ است

جدول۳- مقایسه میانگین اثر غلظت سرب در خاک بر فاکتور انتقال (TF) گونه عسلی: ارزیابی توانایی گیاه پالایی گونه عسلی *(Alyssum maritimum)* در پالایش خاک‌های آلوده به سرب

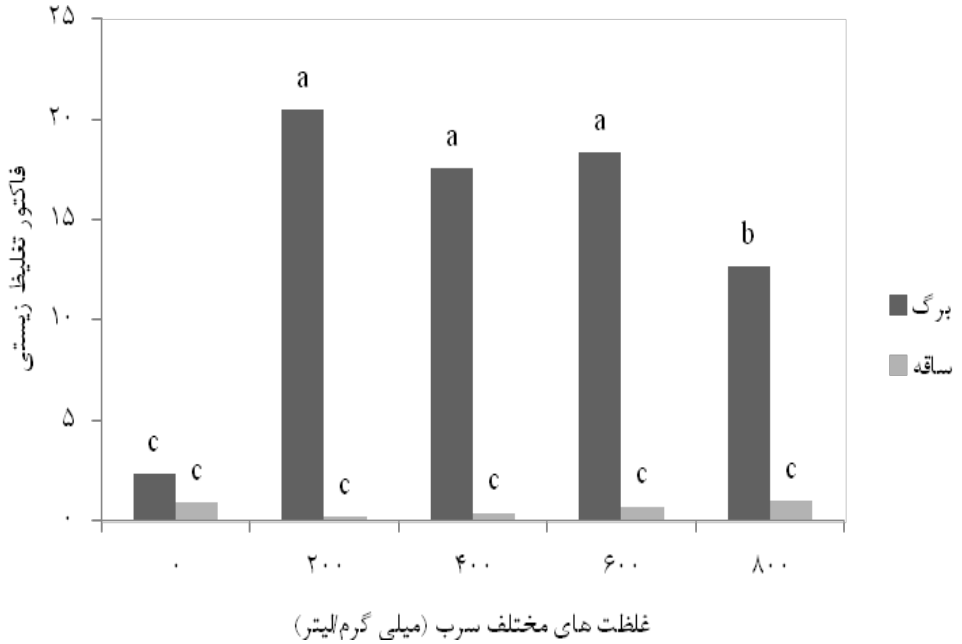
غلظت سرب (mg/l)	فاکتور انتقال(TF)
٠	٠/^{c}١٨٣
٢٠٠	٧٢/^{a}٩٦١
٤٠٠	٥٧/^{a}٠٩٩
٦٠٠	٢٤/^{b}٣٨٥
٨٠٠	١٤/^{bc}٠٨٩

حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ٥٪ است.

[Downloaded from sjsph.tums.ac.ir on 2025-04-15]



شکل ۱- میانگین اثر متقابل غلظت سرب بر میزان تجمع سرب در اندام‌ها (حروف غیرمشترک اختلاف معنی دار را نشان می‌دهد (p<۰/۰۵)): ارزیابی توانایی گیاه پالایی گونه عسلی *(Alyssum maritimum)* در پالایش خاک‌های آلوده به سرب



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع اندام در غلظت سرب بر فاکتور تغلیظ زیستی(BCF). (اعدادی که در هر ستون روی آنها حروف متفاوت درج شده است، باهم اختلاف معنی دار دارند): ارزیابی توانایی گیاه پالایی گونه عسلی *(Alyssum maritimum)* در پالایش خاک‌های آلوده به سرب

[Downloaded from sjsph.tums.ac.ir on 2025-04-15]

References

1. Solgi E, Parmah J. Analysis and assessment of nickel and chromium pollution in soils around Baghejar Chromite Mine of Sabzevar Ophiolite Belt, Northeastern Iran. Transactions of Nonferrrous Metals Society of China. 2015; 25:2380-2387.
2. Moslehi A. EDTA and compost effects on Pb and Cd phytoremediation by sunflower. MSc thesis. Shahid Bahonar University of Kerman. Keman. Iran. 2011. [Persian]
3. Rahmani HM, Yahya-Abadi M. Soil pollution and lead chemical forms. 01st Ground Improvement Conference. Amirkabir university, Tehran. 2001. [Persian]
4. Abbaspour A, Kalbasi M, Hajrasouliha SH, Glchin A.. Evaluation of pollution of some agricultural soil by cadmium and lead. 09th Soil Science Congress of Iran. Tehran, 2005. [Persian]
5. Ghori Z, Iftikar H, Bhatti MF, Minullah N, Sharma I, Kazi AG, Ahmad P. Phytoextraction: The Use of Plants to Remove Heavy Metals from Soil. Plant Metal Interaction. 2016; 385-409.
6. Naderi MR, Danesh-Shahraki A, Naderi R. A review on Phytoremediation of heavy metals contaminated soils. Human and Environment. 2013;10(23):35-49. [Persian]
7. Tauqeer HM, Ali S, Rizwan M, Ali Q, Saeed R, Iftikhar U, Ahmad R, Farid M, Abbasi GH. Phytoremediation of heavy metals by Alternanthera bettzickiana: Growth and physiological response. Ecotoxicol Environ Saf. 2016;126:138-146.
8. Hamidian AH, Norouznia H, Mirzaei R. Phytoremediation efficiency of Nelumbo nucifera in removing heavy metals (Cu, Cr, Pb, As and Cd) from water of Anzali wetland, Journal of Natural Environment. 2016; 69(3): 669-679.
9. Taghizadeh M, Kafi M. Introduction of phytoremediation technology of green space phytoremediator. 03rd National Congress on Urban Landscape and Greenspace. Kish Island. Municipalities and village administrators. 2008. [Persian]
10. Singer AC, Bell T, Heywood CA, Smith JAC, Thompson IP. Phytoremediation of mixed-contaminated soil using the hyperaccumulator plant Alyssum lesbiacum: Evidenc of histidine as a measure of phytoextractable nickel. Environmental Pollution.2007; 147:74-82.
11. Motesharezadeh B, Savaghebi GH. Study of Sunflower Plant Response to Cadmium and Lead Toxicity by Usage of PGPR in a Calcareous Soil. Journal of Water and Soil. 2011; 25(5):1069-1079. [Persian]
12. Ullah A, Mushtaq H, Ali H, Munis M, Javed MT, Chudhary HJ. Diazotrophs-assisted phytoremediation of heavy metals: a novel approach. Environmental Science and Pollution Research. 2015; 22(4):2505-2514.
13. Maghsoudloo MT, Valizadeh J, Ebrahimian chavoshlo S, Mohammadi-bolbolanabad M, Rahanshan N. Chemical assessment and evaluation of its Antioxidant effects of *Alyssum maritimum* and *Achillea wilhelmsii* in Sistan and Baluchestan province. ECO Phytochemistry of Medicinal Plants. 2014;2(3):1-9.
14. Akbarpour-Saraskanroud F, Sadri F, Golalizadeh D. Phytoremediation of heavy metal (Lead, Zinc and Cadmium) from polluted soils by Arasbaran protected area native plants. Journal of Soil and Water Resources Conservation. 2013; 1(4):53-66. [Persian]
15. Branquinho C, Serrano HC, Pinto MJ, Martins-Loucao MA. Revisiting the plant hyperaccumulation criteria to rare plants and earth abundant elements. Environmental Pollution Journal. 2006;146:437–443.
16. Taghizadeh M, Kafi M, Fattahi Moghaddam M, Savaghebi GH. Effects of lead concentrations on seed germination of Turfgrass Genus and its potential for Phytoremediation. Iranian Journal of Horticultural Science. 2012; 42(3):277-289. [Persian]
17. Amouei A, Mahvi AH, Naddafi K,

[Downloaded from sjsph.tums.ac.ir on 2025-04-15]

Fahimi H, Mesdaghinia A, Naseri S. Optimum operating conditions in the phytoremediation of contaminated soils with Lead and Cadmium by native plants of Iran. Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2012; 17(4):93-102. [Persian]
18. Yanqun Z, Yuana L, Schvartz C, Langlade L, Fand L. Accumulation of Pb, Cd, Cu and Zn in plants and hyperaccumulator choice in Lanping lead–zinc mine area, China. Environment International. 2004; 30:567– 576.
19. Tin Win D, Myint Than M, Tun S. Lead removal from industrial waters by water hyacinth. Assumption University Journal of Technology. 2003;6:187-192.
20. Grytsyuk N, Arapis G, Perepelyatnikova L, Ivanova T, VynogradOka V. Heavy metals effects on forage crops yield and estimation of elements accumulation in plants as affected by soil. Science of the Total Environment. 2006;354: 224-231.
21. Marry RH, Tiller KG, Alston AM. The effect of contamination of soil with copper, lead and arsenic on the growth and composition of plant. Journal of Plant and Soil. 1986; 91:115-128.
22. Moradi M, Yousefirad M, Eradatmand Asli D, Ehteshami M. The ability of sorghum plant in lead phytoremediation in the presence of mycorrhiza fungi. 1st National Conference on New Concepts in Agriculture. Azad University- Saveh Branch. November 2011. [Persian]
23. Brooks RR. Plants that hyperaccumulate heavy metal. CAB International. New York 380, 1998.
24. Martinez-Sanchez M, Garcia-Lorenzo M, Perez-Sirvent C, Bench J. Trace element accumulation in plants from an aridic area affected by mining activities. Journal of Geochemical Exploration. 2012; 123: 8-12.
25. Alaboudi KA, Ahmed B, Brodie G. Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (Helianthus annuus) plant. Annals of Agricultural Sciences. 2018; 63(1):123-127.
26. Mattina MJI, Lannucci-Berger W, Musante C, White JC. 2003. Concurrent plant uptake of heavy metal and persistent organic pollutants from soil. Environmental Pollution. 124: 375-378.
27. Lasat MM. Phytoextraction of metals from contaminated soil. Journal of Hazardous Substance Research. 2000; 2:1-25.

[Downloaded from sjsph.tums.ac.ir on 2025-04-15]

Assessment of Phytoremediation Potential of *Alyssum Maritimum* in Remediation of Lead-Contaminated Soils

Solgi E: **PhD. Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran-Corresponding author:e.solgi@yahoo.com**
Yazdanyar R: **MSc. Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran**
Taghizadeh M: **PhD. Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran**
Received: May 26, 2019 Accepted: Dec 23, 2019

ABSTRACT

Background and Aim: Phytoremediation is a promising method for improving soils that can easily absorb heavy metals, resulting in decontamination of the soil. The objective of this study was to assess the phytoremediation potential of *Alyssum maritimum* in the remediation of lead-contaminated soil.

Materials and Methods: A randomized complete block design was used with five levels of lead (Pb) concentration (as lead nitrate) and *Alyssum maritimum* with six treatments in the research greenhouse of Malayer University, Malayer, Iran. After growth and flowering of the plant**,** lead concentration in its different organs was measured by atomic absorption spectrometry. The bioaccumulation factor (BCF) and the translocation factor (TF) were used to determine the potential of plant species selected for removing heavy metals from the soil in the environment.

Results: Analysis of the data showed that the highest accumulation of lead nitrate was in the leaf. It could be expected, then, that an increase in the concentration of Pb in the soil would result in the accumulation of Pb in the organs of *Alyssum maritimum*. Generally the degree of Pb accumulation in various plant organs followed the pattern: leaf > root > stem pattern. The BCF and TF indices of *Alyssum maritimum* species were greater than 1, which would indicate a high potential for transfer and accumulation of lead in the above-ground parts of the plant.

Conclusion: The selected plant species has, based on defined criteria for a heavy metal hyperaccumulator plant and its bioaccumulation factor and translocation factor values, a high potential for remediation of lead-contaminated soil and can be included in the group of hyperaccumulator plants.

Keywords: Phytoremediation, Lead, *Alyssum maritimum,* Bioconcentration Factor*,* Translocation Factor

[Downloaded from sjsph.tums.ac.ir on 2025-04-15]