

تعیین غلظت فلزات سنگین (Cu، Pb و Zn) در ریشه گیاه درمنه در اراضی طبیعی اطراف معدن مس دره زرشک، تفت، یزد

مهديه دالوند^۱، امير حسين حميديان^{۲*}، محمدعلي زارع چاهوکی^۳، سيد علي اصغر ميرجلیلی^۴،

بابک متشع زاده^۵، عصمت اسماعیل زاده^۶

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- استاد گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- کارشناس ارشد HSE، طرح معادن مس تفت، شرکت ملی صنایع مس ایران

۵- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

۶- پژوهشگر محیط‌زیست، امور تحقیق و توسعه، مجتمع مس سرچشمه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۲۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۱/۹)

چکیده

به علت مشکلات محیط‌زیستی ناشی از فعالیت‌های معدن‌کاری مطالعه و بررسی آلاینده‌های حاصل از چنین فعالیت‌هایی از جمله فلزات سنگین در مناطق بهره‌برداری از معادن ضروری به نظر می‌رسد. تحقیق حاضر با هدف تعیین غلظت فلزات سنگین مس، سرب و روی در ریشه دو گونه از گیاه درمنه شامل درمنه کوهی (*Artemisia aucheri*) و درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) در اراضی طبیعی اطراف معدن مس دره زرشک بدون در نظر گرفتن نقش سایر معادن منطقه انجام شد. به همین منظور منطقه مطالعاتی بر اساس عواملی که مهم‌ترین آن‌ها جهت باد غالب و فاصله از معدن بود به ۱۰ بخش تفکیک شده و با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی تعداد ۱۰ نمونه درمنه و ۳ نمونه خاک سطحی از هر منطقه برداشت شد. مقدار فلزات مورد نظر در نمونه‌ها بعد از هضم اسیدی با استفاده از دستگاه ICP-OES اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج به دست آمده میانگین غلظت فلزات مس، سرب و روی در ریشه گیاه درمنه در کل منطقه به ترتیب ۹/۲۰، ۱/۶۵ و ۲۲/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. حداکثر غلظت مس، سرب و روی به ترتیب در روستای حسن‌آباد، معدن و روستای بیشه مشاهده شد. حداقل غلظت برای مس در بالادست تغلیظ و برای سرب و روی در روستای دره‌گازه دیده شد. بین غلظت فلزات در تمام مناطق اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) وجود داشت و به طور کلی با افزایش فاصله از معدن کاهش در غلظت فلزات مشاهده شد. نتایج همبستگی پیرسون نشان دهنده وجود همبستگی معنی‌دار ($p < 0.01$) بین غلظت مس و سرب در خاک و ریشه گیاه بود. پس از مقایسه غلظت‌ها با مقادیر طبیعی و بحرانی مشخص شد که غلظت‌های موجود در محدوده طبیعی برای گیاهان قرار دارند.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، درمنه کوهی (*Artemisia aucheri*)، درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) معدن مس، دره زرشک

۱- مقدمه

در آن جا ذخیره می‌شوند. ممکن است غلظت این عناصر در گونه‌های گیاهی رشد یافته در خاک‌های آلوده بالا باشد و در نتیجه احتمال بروز خطرات جدی را برای سلامت جمعیت‌ها ایجاد کند (Romero *et al.*, 2012).

اثرات فعالیت‌های معدن‌کاری در محیط‌زیست توسط پژوهشگران بسیاری در مناطق مختلف جهان مطالعه شده است. Abreu و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی اثرات معدن مس متروک میگوئل واکاس پرتغال روی خاک و گیاهان منطقه پرداختند. Wang و همکاران (۲۰۰۹) به توزیع و فراهمی زیستی فلزات سنگین Cu, Pb, Cd و Zn را در خاک‌های ریزوسفر گونه گیاهی *Paulownia fortunei* در نزدیکی یک کارخانه ذوب سرب- روی در گوانگ دونگ چین مطالعه کردند. Santos-Jallath و همکاران (۲۰۱۲) غلظت فلزات سنگین را در گونه‌های گیاهی بومی در منطقه کوئرتاروی مکزیک مورد بررسی قرار دادند. این پژوهش با هدف مطالعه گیاهان بومی که به طور طبیعی در دامپ‌های باطله معادن سرب، مس و روی رشد می‌کردند انجام شد. همچنین توانایی این گیاهان برای تجمع یا تثبیت فلزات موجود در باطله‌ها بررسی شد. Bech و همکاران (۲۰۱۲) آلودگی فلزات سنگین ناشی از معدن سرب را در مناطق غربی مدیترانه بررسی کردند. هدف از این تحقیق تعیین غلظت کل فلزات Cd, Pb, Sb و Zn در خاک و پوشش گیاهی مناطق اطراف باطله‌های معدن و همچنین ارزیابی پتانسیل پوشش گیاهی طبیعی برای اهداف گیاه پالایی بود. این پژوهشگر در مطالعه دیگری (۲۰۱۲) به شناسایی و توصیف گونه‌های گیاهی بردبار در برابر آلودگی فلزات سنگین در مناطق اطراف معدن پلی‌متالیک کارولینای پرو پرداخت. هدف از این پژوهش نیز یافتن گونه‌هایی بود که به طور بالقوه برای گیاه پالایی مفید هستند.

فعالیت‌های انسانی و آلودگی ایجاد شده در نتیجه صنعتی‌شدن و توسعه فناوری در دهه‌های گذشته منجر به انقراض تدریجی گیاهان و جانوران در محیط‌های زیست طبیعی شده است. فلزات سنگین از جمله آلاینده‌هایی هستند که معمولاً در نتیجه عوامل طبیعی یا انسانی در بخش‌هایی از محیط‌زیست از جمله آب، خاک و هوا یافت می‌شوند. این عناصر ممکن است از طریق فعالیت‌هایی مانند معدن‌کاری، دفع زباله‌های صنعتی و غیره در بوم‌سازگان‌های طبیعی افزایش یابند. در دهه‌های گذشته غلظت فلزات سنگین در محیط-زیست افزایش یافته و در مناطق بسیاری به سطوح سمی رسیده است (Meena *et al.*, 2010). فعالیت-های معدن‌کاری به عنوان یکی از منابع آلاینده شناخته شده‌اند که موجب انتشار عناصر سمی در برخی از مناطق می‌شوند (Alvarez-Ayuso *et al.*, 2012). آلودگی توسط فلزات سنگین باعث تجمع قابل توجه عناصر دارای پتانسیل سمیت در خاک‌های سطحی اطراف مکان‌های صنعتی می‌شود (Deram *et al.*, 2006). این عناصر در درازمدت با افزایش غلظت در خاک جذب گیاهان شده و در اندام‌های مختلف آن‌ها تجمع می‌یابند (Yargholi *et al.*, 2009). بنابراین ممکن است از طریق جذب توسط گیاهان، سطوح غذایی بالاتر در بوم‌سازگان‌های خشکی در معرض فلزات سنگین قرار بگیرند. جذب فلزات سنگین و تجمع به وسیله گیاهان عالی به مواردی از قبیل ماهیت و نوع فلزات، عوامل خاک و ویژگی‌های خود گیاه بستگی دارد (Deram *et al.*, 2006). جذب عناصر عمده و کمیاب توسط گیاهان ممکن است از طریق ریشه (مسیر ورودی اصلی) یا از طریق منافذ برگ‌ها بعد از ته‌نشست اتمسفری روی آن‌ها صورت بگیرد. بخش‌هایی از عناصر کمیاب که توسط ریشه جذب می‌شوند، در ریشه ذخیره شده و یا این که به بخش‌های هوایی گیاه انتقال یافته و

دره زرشک در محل روستای دره زرشک و در ارتفاع ۲۴۵۰ متری از سطح دریا قرار گرفته و توسط ارتفاعات کوه کله کفترو با ارتفاع ۲۹۳۵ متر در غرب و کوه تمبه مرسوخته با ارتفاع ۲۷۰۰ متر در شرق احاطه شده است. کانسار مس دره زرشک روی یکی از زون‌های تکتونیکی فعال ایران مرکزی در حاشیه غربی گرانیته شیرکوه قرار دارد. این منطقه به دلیل قرار گرفتن در دامنه‌های شیرکوه در مقایسه با شهر یزد آب و هوایی نسبتاً خنک دارد (National Iranian Copper Industries Company, 2011).

۲-۲ روش مطالعه

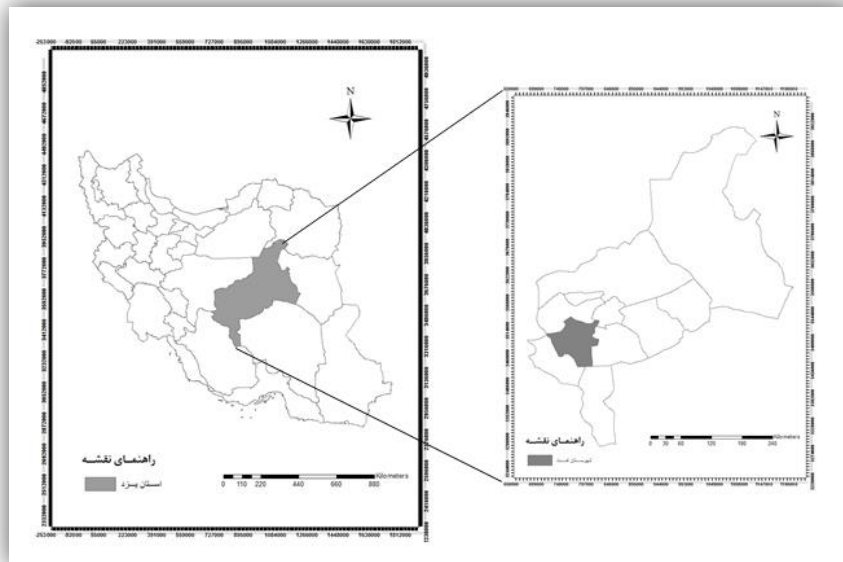
عملیات نمونه‌برداری در فصل تابستان و با روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی شده صورت گرفت. در گام اول اراضی طبیعی منطقه مطالعاتی بر اساس جهت باد غالب، فاصله تا مکان احداث معدن و تأسیسات مربوطه، شرایط توپوگرافی و تغییرات پوشش گیاهی به ۱۰ بخش تقسیم شد. این بخش‌ها از بالادست به پایین- دست منطقه به ترتیب با عناوین زیر نامگذاری شده‌اند: بالادست تغلیظ، کارخانه تغلیظ (فلوتاسیون)، دامپ باطله، معدن، کارخانه فرآوری (لیچینگ)، روستای حسن‌آباد، روستای دره‌گازه، روستای بیشه، دهستان دهشیر و سایت هفت (شکل ۲). لازم به ذکر است که دو منطقه آخر در فاصله بیشتری نسبت به سایر مناطق قرار گرفته‌اند. سپس از هر منطقه به روش تصادفی تعداد ۱۰ نمونه از ریشه گیاه درمنه (*Artemisia sp.*) که یکی از گیاهان غالب منطقه است برداشت و به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران انتقال یافت. درمنه در ۸ منطقه اول از نوع درمنه کوهی (*A. aucheri*) و در دو منطقه آخر از نوع درمنه دشتی (*A. sieberi*) است. همچنین از هر منطقه سه

Martinez-Sanchez و همکاران (۲۰۱۲) پژوهشی را در مورد غلظت عناصر کمیاب در گیاهان مناطق اطراف نواحی معدن‌کاری انجام دادند. این مطالعه با هدف تعیین غلظت عناصر کمیاب در ریشه و برگ‌های گونه‌های گیاهی رشد یافته در خاک‌های آلوده در اثر فعالیت‌های معدن‌کاری صورت گرفت تا مشخص شود کدام یک از بخش‌های گیاهان عناصر کمیاب را به میزان بیشتری تجمع می‌دهند. از آنجا که بهره‌برداری از معادن در اکثر موارد منجر به ورود فلزات سنگین به محیط‌زیست می‌شود، معدن دره زرشک نیز از این قاعده مستثنی نخواهد بود. از این رو هدف از این تحقیق بررسی غلظت فلزات سنگین Zn و Pb، Cu در ریشه دو گونه از گیاه درمنه شامل درمنه کوهی (*Artemisia aucheri*) و درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) در نواحی اطراف معدن مس دره زرشک است. می‌توان بر اساس نتایج به دست آمده تعیین کرد که مناطق مختلف با فواصل و جهت‌گیری متفاوت نسبت به مکان بهره‌برداری از پیت معدن و تأسیسات مربوطه از نظر غلظت فلزات سنگین در چه وضعیتی قرار دارند. همچنین غلظت فلزات مورد نظر در خاک مناطق مختلف اندازه‌گیری شده و روابط بین خاک و گیاه بررسی خواهد شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ منطقه مطالعاتی

دره زرشک در فاصله ۶۰ کیلومتری جنوب غربی یزد و ۴۵ کیلومتری جنوب غربی تفت در مسیر جاده یزد- شیراز و فاصله ۱۰ کیلومتری معدن مس علی‌آباد قرار دارد. این منطقه در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی واقع شده است (شکل ۱). معدن مس



شکل ۱: موقعیت استان یزد و شهرستان تفت

2004). در پایان تعیین مقدار فلزات سنگین در نمونه-های گیاه و خاک توسط دستگاه^۳ ICP-OES انجام شد.

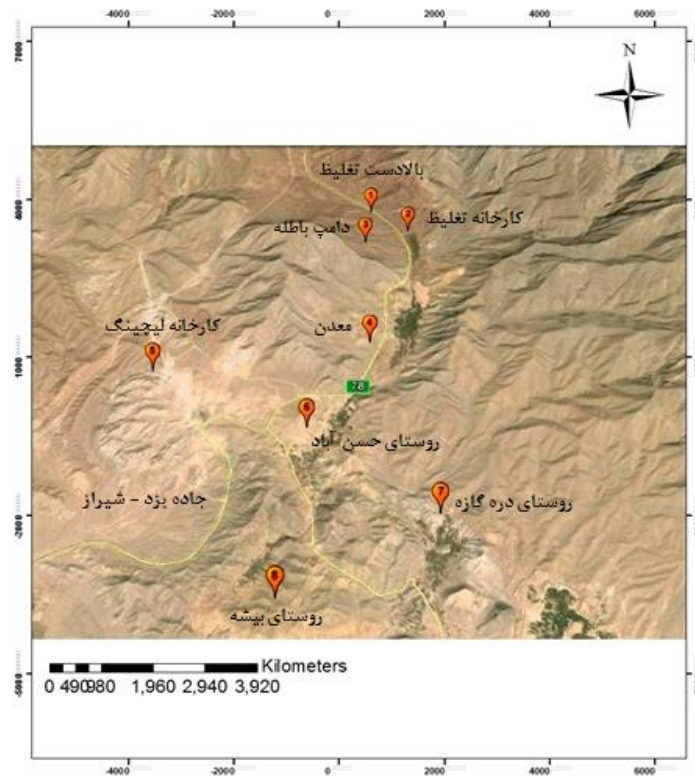
برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ استفاده شد. ابتدا نرمال‌بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگن‌بودن واریانس‌ها با آزمون لیون بررسی شد. به منظور بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت فلزات در ریشه درمنه‌های مناطق مختلف آزمون تجزیه واریانس یکطرفه ($p < 0.05$) انجام شد. برای مقایسه میانگین غلظت فلزات در ریشه درمنه‌های مناطق مختلف از آزمون توکی ($p < 0.05$) استفاده شد. به منظور مقایسه غلظت‌های به دست آمده با مقادیر طبیعی و بحرانی آزمون تی با یک مقدار ثابت انجام شد. برای بررسی همبستگی بین غلظت فلزات در خاک و ریشه درمنه از

نمونه خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری سطح خاک برداشت شد. برای تعیین غلظت فلزات سنگین در ریشه درمنه از هضم خشک اسیدی استفاده شد. ابتدا یک گرم از هر نمونه به مدت ۲۴ ساعت در دمای 105°C در آون و سپس برای مدت ۲۴ ساعت در دمای 10°C در کوره قرار گرفت. خاکستر هر نمونه در ۱۰ میلی‌لیتر محلول تیزاب سلطانی^۱ (۲/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک و ۷/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک) هضم شد. محلول ایجاد شده به مدت ۲ ساعت روی هات‌پلیت^۲ قرار گرفت. در آخر هر نمونه توسط آب دیونیزه حاوی ۱٪ اسید نیتریک به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد (Demirezen and Aksoy, 2004). آماده‌سازی نمونه‌های خاک برای تعیین غلظت کل فلزات سنگین نیز با استفاده از روش هضم خشک اسیدی با محلول تیزاب سلطانی (۳/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک و ۱۰/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک) استفاده شد (Sola et al.,

³ Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry

¹ Aqua regia

² Hotplate



شکل ۲: موقعیت مناطق نمونه برداری (دهستان دهشیر و منطقه سایت هفت به علت فاصله زیاد از محدوده معدن در نقشه مشخص نشده است)

ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. تمامی نمودارها میانگین غلظت فلزات سنگین مس، سرب و روی در ریشه درمنه کوهی (*A. aucheri*) و درمنه دشتی (*A. sieberi*) به تفکیک مناطق دهگانه و نیز میانگین کل منطقه در جدول ۱ آمده است.

۳- نتایج

جدول ۱: میانگین غلظت فلزات سنگین مس، سرب و روی در ریشه *A. aucheri* و *A. sieberi* (mg/kg)

نام منطقه	مس (Cu)	سرب (Pb)	روی (Zn)
بالادست تغلیظ	۶/۴۶ ± ۰/۳۷	۱/۵۵ ± ۰/۲۲	۲۲/۲۸ ± ۲/۱۵
کارخانه تغلیظ	۷/۸۹ ± ۰/۴۹	۱/۸۰ ± ۰/۱۷	۱۷/۰۲ ± ۰/۹۸
دامپ باطله	۹/۰۴ ± ۰/۵۳	۱/۸۹ ± ۰/۱۷	۲۲/۴۹ ± ۱/۱۱
معدن	۱۰/۵۸ ± ۰/۷۹	۵/۰۳ ± ۰/۵۷	۲۳/۴۷ ± ۱/۳۳
کارخانه لیچینگ	۸/۴۴ ± ۰/۳۰	۰/۹۷ ± ۰/۱۷	۳۳/۳۸ ± ۲/۵۶
روستای حسن آباد	۱۲/۸۶ ± ۱/۱۱	۱/۴۵ ± ۰/۲۱	۲۲/۷۹ ± ۲/۵۴
روستای دره گازه	۷/۹۹ ± ۰/۳۳	۰/۷۶ ± ۰/۲۴	۱۲/۰۵ ± ۰/۸۶
روستای بیشه	۱۱/۸۶ ± ۱/۱۲	۱/۲۱ ± ۰/۳۰	۳۷/۰۰ ± ۴/۴۷
دهستان دهشیر	۹/۰۹ ± ۰/۴۲	۰/۷۸ ± ۰/۳۰	۱۵/۴۳ ± ۰/۸۴
سایت هفت	۷/۸۳ ± ۰/۴۸	۱/۰۲ ± ۰/۱۲	۱۷/۱۰ ± ۱/۳۴
کل منطقه مطالعاتی	۹/۲۰ ± ۰/۲۷	۱/۶۵ ± ۰/۱۵	۲۲/۳۰ ± ۰/۹۸

گروه) نشان داد که بین غلظت سرب در ریشه درمنه- های معدن با سایر مناطق اختلاف معنی دار وجود دارد، اما بین سایر مناطق اختلاف معنی دار مشاهده نشد.

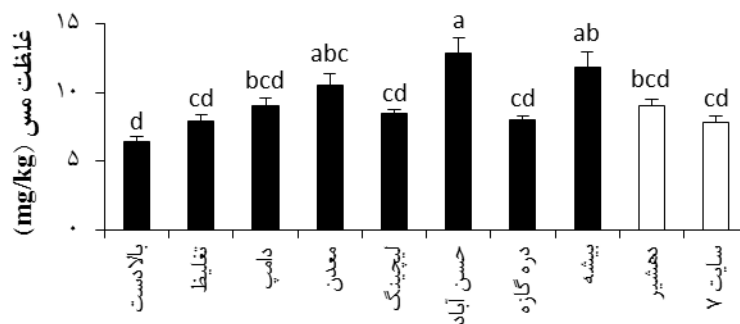
با توجه به جدول ۱ و شکل ۵، بیشترین غلظت روی در ریشه درمنه‌های روستای بیشه و پس از آن کارخانه لیچینگ، و کمترین غلظت آن در روستای دره‌گازه مشاهده شد. آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین غلظت روی در مناطق مختلف اختلاف معنی دار وجود دارد ($p < 0.05$). با توجه به نتایج مقایسه میانگین توکی ($p < 0.05$) (تفکیک میانگین‌ها به سه گروه) بین غلظت روی در ریشه درمنه‌های کارخانه لیچینگ و روستای بیشه اختلاف معنی دار وجود ندارد، اما این دو منطقه با مناطق دیگر دارای اختلاف معنی دار هستند.

بر اساس نتایج مربوط به همبستگی پیرسون بین غلظت عناصر مس، سرب و روی با یکدیگر در خاک همبستگی مثبت و معنی دار وجود داشت ($p < 0.01$). در میان فلزات سنگین مورد بررسی بین غلظت کل مس و سرب در خاک با غلظت آن‌ها در ریشه گیاه درمنه همبستگی مثبت و معنی دار وجود داشت ($p < 0.01$)، اما غلظت کل عنصر روی هیچگونه همبستگی معنی داری با غلظت این عنصر در ریشه درمنه نشان نداد.

در میان فلزات مورد بررسی روی با میانگین $22/30$ میلی‌گرم بر کیلوگرم از بیشترین غلظت و سرب با میانگین $1/65$ میلی‌گرم بر کیلوگرم از کمترین غلظت برخوردار است.

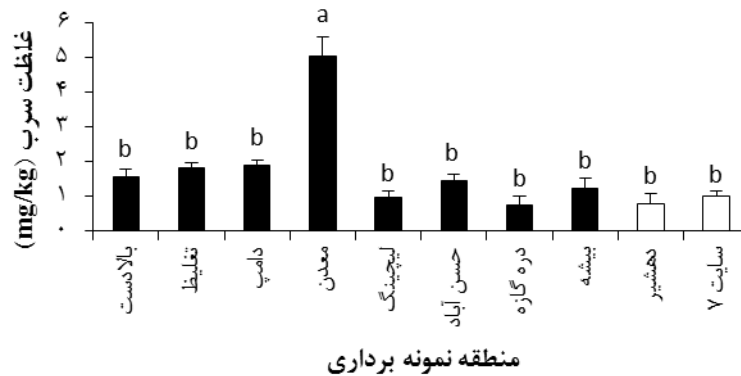
با توجه به جدول ۱ و شکل ۳ بیشترین غلظت مس در ریشه درمنه‌های برداشتی از روستای حسن‌آباد و پس از آن روستای بیشه و معدن مشاهده شد. کمترین غلظت نیز در بالادست تغلیظ دیده شد. آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین غلظت مس در مناطق مختلف اختلاف معنی دار وجود دارد ($p < 0.05$). با توجه به نتایج مقایسه میانگین توکی ($p < 0.05$) (تفکیک میانگین‌ها به چهار گروه) بین غلظت مس در ریشه گیاهان درمنه مناطق حسن‌آباد، بیشه و معدن اختلاف معنی دار وجود ندارد، اما این سه منطقه با بیشتر مناطق دیگر دارای اختلاف معنی دار هستند.

با توجه به جدول ۱ و شکل ۴ بیشترین غلظت سرب در ریشه گیاهان درمنه برداشتی از معدن و کمترین غلظت آن در روستای دره‌گازه دیده شد. بر اساس آزمون تجزیه واریانس بین غلظت سرب در مناطق مختلف اختلاف معنی دار وجود دارد ($p < 0.05$). نتایج مقایسه میانگین توکی ($p < 0.05$) (تفکیک میانگین‌ها به دو

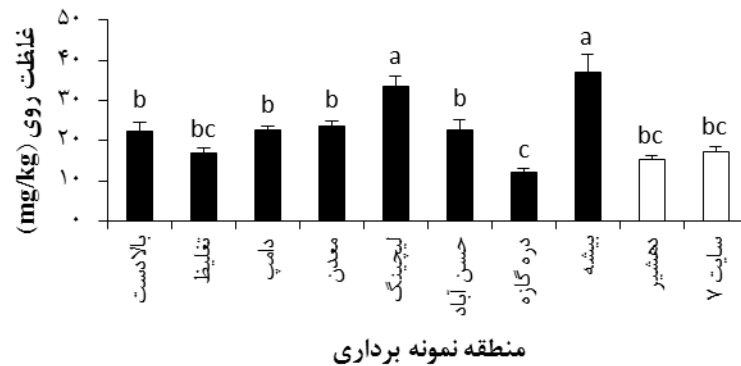


منطقه نمونه برداری

شکل ۳: میانگین (\pm خطای معیار) غلظت مس در ریشه *A.aucheri* (ستون‌های تیره) و *A.sieberi* (ستون‌های روشن) در مناطق دهگانه نمونه‌برداری. عدم وجود حداقل یک حرف مشابه روی ستون‌ها ($a > b > c > d$) بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین ستون‌ها است ($p < 0.05$).



شکل ۴: میانگین (± خطای معیار) غلظت سرب در ریشه *A. aucheri* (ستون‌های تیره) و *A. sieberi* (ستون‌های روشن) در مناطق دهگانه نمونه برداری. عدم وجود حداقل یک حرف مشابه روی ستون‌ها ($a > b$) بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین ستون‌ها است ($p < 0.05$).



شکل ۵: میانگین (± خطای معیار) غلظت روی در ریشه *A. aucheri* (ستون‌های تیره) و *A. sieberi* (ستون‌های روشن) در مناطق دهگانه نمونه برداری. عدم وجود حداقل یک حرف مشابه بر روی ستون‌ها ($a > b > c$) بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین ستون‌ها است ($p < 0.05$).

کرده است. اعداد مربوط به غلظت‌های طبیعی و بحرانی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در جدول ۳ آمده است. پس از انجام آزمون تی با یک مقدار ثابت ($p < 0.05$) مشخص شد که غلظت فلزات مس، سرب و روی در گیاه درمنه در تمام مناطق در محدوده طبیعی قرار دارد.

محاسبه فاکتور تجمع زیستی^۱ برای گونه‌های مورد بررسی نشان داد که برای هر سه عنصر مس، سرب و روی فاکتور تجمع زیستی و به بیان دیگر انتقال فلزات از خاک به ریشه در درمنه دشتی (*A. sieberi*) بیشتر از درمنه کوهی (*A. aucheri*) است. همچنین بیشترین مقدار فاکتور تجمع زیستی برای هر دو گونه مربوط به مس و کمترین مقدار آن مربوط به سرب بود (جدول ۲).

Alloway (۱۹۹۵) غلظت‌های طبیعی و بحرانی را برای تعدادی از فلزات سنگین در گیاهان عالی ارائه

¹ Bioaccumulation Factor

جدول ۲: فاکتور تجمع زیستی فلزات سنگین از خاک به ریشه *A. sieberi* و *A. aucheri*

درمنه دشتی (<i>Artemisia sieberi</i>)		درمنه کوهی (<i>Artemisia aucheri</i>)			
فاکتور تجمع	ریشه	خاک	فاکتور تجمع	ریشه	خاک
۰/۷۴	۷/۸۰	۱۰/۴۹	۰/۲۵	۹/۸۷	۳۹/۲۴
۰/۰۸	۱/۰۲	۱۳/۵۵	۰/۰۴	۱/۹۵	۵۴/۱۸
۰/۲۹	۱۵/۶۶	۵۴/۳۰	۰/۱۹	۲۴/۱۴	۱۲۶/۶۹

جدول ۳: محدوده طبیعی و بحرانی غلظت فلزات سنگین در گیاهان (mg/kg) (Alloway, 1995)

غلظت در ریشه درمنه	غلظت بحرانی در گیاه	محدوده طبیعی در گیاه	فلز سنگین
۹/۲۰	۲۰ - ۱۰۰	۵ - ۲۰	مس (Cu)
۱/۶۵	۳۰ - ۳۰۰	۰/۲ - ۲۰	سرب (Pb)
۲۲/۳۰	۱۰۰ - ۴۰۰	۱ - ۴۰۰	روی (Zn)

۴- بحث و نتیجه گیری

و در جهت باد است در معرض مس کمتر قرار گرفته‌اند. کارخانه لیچینگ احتمالاً به دلیل این که منطقه معدنی نبوده و با معدن نیز کاملاً در یک راستا قرار ندارد از غلظت مس کمتری در مقایسه با معدن، حسن‌آباد و بیشه برخوردار است. روستای دره‌گازه به دلیل قرار نداشتن در مسیر معدن و مناطق دهشیر و سایت هفت به علت دارا بودن فاصله زیاد از مکان احداث معدن از غلظت‌های مس کمتری برخوردارند. منطقه بالادست تغلیظ نیز به دلیل این که در شمالی‌ترین بخش منطقه واقع شده است و در جهت باد غالب قرار ندارد از کمترین غلظت مس برخوردار است. در تحقیق Bech و همکاران (۲۰۱۲) نیز غلظت فلزات سنگین در نواحی مختلف نمونه‌برداری که بر اساس پوشش گیاهی، فاصله از تأسیسات پردازش سنگ معدن و جهت باد انتخاب شده بود، در نقاط نزدیکتر به مکان احداث تأسیسات از غلظت بالاتری برخوردار بودند که به میزان زیادی با نتایج حاصل از تحقیق حاضر همخوانی دارد.

در تحقیق حاضر می‌توان نتایج حاصله را با توجه به مواردی از جمله جهت باد غالب، فواصل نمونه‌برداری، همچنین با توجه به مناطق اصلی بهره‌برداری از پیت معدن به این شرح تفسیر کرد. بالا بودن غلظت مس در معدن می‌تواند به این دلیل باشد که این منطقه در محل اصلی بهره‌برداری و روی کانسار اصلی واقع شده است. غلظت بالای مس در روستای حسن‌آباد نیز احتمالاً به این علت است که این منطقه در پایین‌دست و در راستای معدن قرار دارد، که این مورد منجر به انتقال فلز مس به حسن‌آباد شده است. مناطقی مانند کارخانه تغلیظ، دامپ باطله و کارخانه لیچینگ به محل بهره‌برداری نزدیک هستند، اما از وضعیت متفاوتی نسبت به معدن و روستای حسن‌آباد برخوردارند. کارخانه تغلیظ و دامپ باطله به علت این که در بخش شمالی‌تر و بالادست معدن قرار دارند و باد غالب در منطقه از شمال به جنوب است، احتمالاً نسبت به منطقه‌ای مانند روستای بیشه که در پایین‌دست معدن

بیشتری است. به طور کلی می‌توان گفت هر چه از منطقه بالادست تا روستای بیشه به سمت پایین‌دست می‌آییم به علت قرار گرفتن مناطق در یک مسیر و همچنین قرار گرفتن در جهت باد غلظت روی مشابه مس تقریباً رو به افزایش است، اما این عنصر در روستای دره‌گازه به علت قرار نداشتن در مسیر معدن و مناطق دهشیر و سایت هفت به دلیل دارا بودن فاصله زیاد از مکان احداث معدن از غلظت کمتری برخوردار است. در مطالعه Abreu و همکاران (۲۰۰۸) نیز پراکندگی عناصر کمیاب به فاصله ۱۵۰۰ کیلومتری از دامپ‌های باطله در جهت جنوب غربی معدن محدود شده بود.

بر اساس نتایج بین غلظت کل فلزات مس و سرب در خاک با غلظت این عناصر در ریشه درمنه همبستگی مثبت وجود داشت. در تحقیق Wang و همکاران (۲۰۰۹) نیز تجزیه‌های همبستگی نشان داد که مقادیر فلزات سنگین در ریشه‌ها عموماً و به صورت قابل توجهی با مقدار کل فلزات در خاک دارای همبستگی است. اما در نتایج مطالعه Santos-Jallath و همکاران (۲۰۱۲) همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاهان پایین بود. در تحقیق حاضر نیز بین غلظت روی در خاک و ریشه درمنه همبستگی وجود نداشت. بر اساس نتایج مقدار فاکتور تجمع زیستی (انتقال فلزات از خاک به گیاه) برای درمنه دشتی بیشتر از درمنه کوهی بود. نتایج Martinez-Sanchez و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که غلظت فلزات در گیاهان با توجه به نوع گونه متفاوت است. در مطالعه Abreu و همکاران (۲۰۰۸) مقدار عناصر کمیاب Cu، Zn و Mn برای گیاهان زراعی و گیاهان وحشی در محدوده طبیعی قرار داشت. در تحقیق حاضر نیز غلظت‌های به دست آمده در دامنه طبیعی برای گیاهان مورد مطالعه قرار دارند.

همانطور که در بخش نتایج بیان شد، غلظت فلز سرب در معدن به میزان زیادی بیشتر از سایر مناطق بوده، در حالی که بین مناطق دیگر اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود. بخشی از سرب نمونه‌ها می‌تواند ناشی از عبور جاده یزد- شیراز از منطقه باشد. همچنین روستای دره زرشک دقیقاً در این مکان واقع شده است، از این رو رفت و آمد اهالی طی سالیان دراز می‌تواند روی میزان سرب مؤثر باشد. با در نظر گرفتن این مورد نیز مناطقی از جمله بالادست تغلیظ، کارخانه تغلیظ، دامپ باطله، معدن، روستای حسن‌آباد و روستای بیشه که به جاده نزدیک‌ترند به میزان اندکی دارای غلظت بیشتری نسبت به سایر مناطق می‌باشند. در بین تمام مناطق نمونه- برداری روستای دره‌گازه از کمترین غلظت سرب برخوردار است. شاید مهم‌ترین دلیل این امر نبودن این منطقه در جهت معدن و واقع شدن در فاصله بیشتر در مقایسه با سایر مناطق از جاده باشد. با توجه به این که یکی از علل ورود سرب به محیط وسایل نقلیه و فعالیت‌های حمل و نقل می‌باشد و نظر به این که بیشترین فعالیت‌های حمل و نقل به منظور عملیات اکتشاف، بهره‌برداری و تجهیز کارگاه‌ها در منطقه معدن در حال انجام است طبیعی است که غلظت سرب در این منطقه نسبت به سایر مناطق بالاتر باشد. Bech و همکاران (۲۰۱۲) نیز به این نتیجه رسیدند که گیاهان واقع در مناطق با فعالیت‌های حمل و نقل بیشتر نسبت به گیاهان واقع در سایر مناطق غلظت‌های قابل توجهی از سرب را نشان می‌دهند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

در ارتباط با روی نیز می‌توان گفت توزیع این فلز در منطقه تا حدی مشابه توزیع فلز مس در منطقه است. به این ترتیب که در روستای بیشه و کارخانه لیچینگ و به دنبال آن معدن که محل اصلی بهره‌برداری است و نیز روستای حسن‌آباد، دامپ باطله و بالادست تغلیظ که به محل بهره‌برداری نزدیک هستند دارای غلظت

کلیه ملاحظات محیط‌زیستی و راهکارهای بهبود و بهسازی محیط‌زیست مد نظر مدیران شرکت ملی صنایع مس ایران قرار گیرد.

پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی اثرات تجمعی سایر معادن موجود در منطقه نیز مد نظر قرار گرفته شود. در پایان نیز پیشنهاد می‌گردد که با توجه به ذخیره عظیم کانسار مس دره زرشک، ضمن بهره‌برداری از این معدن

REFERENCES

Abreu, M.M.; Matias, M.J.; Magalhaes, M.C.F. and Basto, M.J. 2008. Impacts on water, soil and plants from the abandoned Miguel Vacas copper mine, Portugal. *Journal of Geochemical Exploration*, 96: 161 – 170.

Alloway, B.J. 1995. Heavy metals in soils. Second edition: 368 pp.

Alvarez-Ayuso, E.; Otones, V.; Murciego, A.; Garcia-Sanchez, A. and Santa Regina, I. 2012. Antimony, arsenic and lead distribution in soils and plants of an agricultural area impacted by former mining activities. *Science of the Total Environment*, 439: 35 – 43.

Bech, J.; Duran, P.; Roca, N.; Poma, W.; Sanchez, I.; Barcelo, J.; Boluda, R.; Roca-Perez, L. and Poschenrieder, C. 2012. Shoot accumulation of several trace elements in native plant species from contaminated soils in the Peruvian Andes. *Journal of Geochemical Exploration*, 113: 106 – 111.

Bech, J.; Roca, N.; Barcelo, J.; Duran, P.; Tume, P. and Poschenrieder, C. 2012. Soil and plant contamination by lead mining in Bellmunt (Western Mediterranean Area). *Journal of Geochemical Exploration*, 113: 94 – 99.

Demirezen, D. and Aksoy, A. 2004. Accumulation of heavy metals in *Typha*

angustifolia (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). *Chemosphere*, 56: 685 – 696.

Deram, A.; Denayer, F.O.; Petit, D. and Van Haluwyn, C. 2006. Seasonal variations of cadmium and zinc in *Arrhenatherum elatius*, a perennial grass species from highly contaminated soils. *Environmental Pollution*, 140: 62- 70.

Martinez-Sanchez, M.J.; Garcia-Lorenzo, M.L.; Perez-Sirvent, C. and Bech, J. 2012. Trace element accumulation in plants from an aridic area affected by mining activities. *Journal of Geochemical Exploration*,

Meena, A.K.; Bansel, P.; Kumar, S.; Rao, M.M. and Grag, V.K. 2010. Estimation of heavy metals in commonly used medicinal plants: a market basket survey. *Environ Monit Assess*, 170: 657 – 660.

National Iranian Copper Industries Company. 2011. Taft copper mine project, Environmental Impact Assessment report of Darreh Zereshk copper mine project.

Romero, A.; Gonzalez, I. and Galan, E. 2012. Trace elements absorption by citrus in a heavily polluted mining site.

Journal of Geochemical Exploration, 113: 76 – 85.

Santos-Jallath, J.; Castro-Rodriguez, A.; Huezo-Casillas, J. and Torres-Bustillos, L. 2012. Arsenic and heavy metals in native plants at tailings impoundments in Queretaro, Mexico. Physics and Chemistry of the Earth, 37 – 39: 10 – 17.

Sola, C.; Burgos, M.; Plazuelo, A.; Toja, J.; Plans, M. and Prat, N. 2004. Heavy metal bioaccumulation and macroinvertebrate community changes in a mediterranean stream affected by acid mine drainage and an accidental spill (Guadiamar river, SW Spain). Science of the Total Environment, 333: 109-126.

SPSS statistics, release 17.0.0 (2008). Copyright (1993-2007) polar engineering and consulting.

Wang, J.; Zhang, C.B. and Jin, Z.X. 2009. The distribution and phytoavailability of heavy metal fractions in rhizosphere soils of *Paulownia fortune* (seem) Hems near a Pb/Zn smelter in Guangdong, PR China. Geoderma, 148: 299-306.

Yargholi, B.; Abbasi, F. and Liaghat, A. 2009. Investigation of cadmium uptake from root ambient and its accumulation in different organs of common cucurbits in Iran. Journal of Agricultural Engineering Research, 10, 2: 31 – 44 (in Persian).

Determination of the concentration of heavy metals (Cu, Pb & Zn) in roots of *Artemisia* sp. in natural lands of Darreh Zereshk copper mine, Taft, Yazd

Mahdieh Dalvand¹, Amir Hossein Hamidian^{2*}, Mohammad Ali Zare Chahooki³,
Seyed Ali Asghar Mirjalili⁴, Babak Moteshare Zadeh⁵, Esmat Esmail Zade⁶

1. M.Sc. Graduated of environmental science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
2. Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
3. Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
4. M.Sc. HSE, Taft Copper Mine Project, National Iranian Copper Industries Company
5. Associate Professor, Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology, University of Tehran
6. Environmental Researcher, Research and Development, Sarcheshmeh Copper Complex

Received: 19-Dec.-2013

Accepted: 29-Jan.-2015

Abstract

Due to environmental problems caused by mining activities, it is necessary to study and investigate the concentrations of the pollutants such as heavy metals caused by these activities. The aim of this study is the determination of the concentration of heavy metals Cu, Pb and Zn in roots of two species of *Artemisia* namely *Artemisia aucheri* and *Artemisia sieberi* in the surrounding natural lands of Darreh Zereshk copper mine, regardless the role of other mines in the area. Therefore, the study area was divided into 10 regions based on factors such as wind direction and distance from mine. Ten samples of artemisia and three samples of surface soil were collected from each area using random sampling method. The metal concentrations were measured using ICP-OES, after acid digestion. Based on the results, mean concentrations of Cu, Pb and Zn in artemisia roots were 9.20, 1.65 and 22.30 mg/kg, respectively. Significant differences ($p < 0.05$) were observed between metal concentrations in all locations. The maximum concentration of Cu, Pb and Zn was observed in Hasan Abad, mine and Bisheh, respectively. The minimum concentration of Cu was observed in Baladast, and for Pb and Zn in Daregaze. Generally, the metal concentrations were observed to decrease with increasing distance from the mine. Pearson correlation results indicated a significant correlation ($p < 0.01$) between Cu and Pb concentrations in soil and in the plant roots. The observed metal concentrations were in normal range for plants, according to the normal and critical values.

Keywords: heavy metals, *Artemisia aucheri*, *Artemisia sieberi*, copper mine, Darreh Zereshk

* Corresponding Author: E-mail: a.hamidian@ut.ac.ir

Phone: +98-9109774245