بررسی تأثیر آلودگی های معدن مس بر روی خاک و گیاهان اطراف معدن مس بوانات

خداکرم شکری[۱*]، دکتر مجید شبان[۱]

۱*- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آلودگی‌های محیط زیست، گروه محیط زیست، واحد آباده، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آباده

*ایمیل نویسنده مسئول: khodakaramshokri@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۹۸/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش : ۹۸/۱۰/۱۵

چکیده:

هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر معدن مس بر روی خاک و گیاهان اطراف معدن مس بوانات است. مقدار غلظت فلزات سنگین (مس، سرب ، روی، منگنز و نیکل) در خاک و گیاهان مورد بررسی قرار گرفت . سه ایستگاه نمونه برداری برای خاک و گیاه شامل: بالادست منطقه معدنی ، منطقه معدنی کاری بوانات و پایین دست منطقه معدنی انتخاب شد. غلظت عناصر موجود در خاک و گیاه با استفاده از آنالیز ICP-OES اندازه گیری شد. پارامترهای EC، PH، CFC ، مس، سرب ، روی، منگنز و نیکل در نمونه های خاک نیز تعیین شد. گونه های بومی منطقه، شامل: انگور، بادام و گیاه مرتعی درمنه برای بررسی انتخاب شد. نتایج نشان دادند که حضور مس بوانات بر پراکنش غلظت عناصر مس، سرب ، روی، منگنز و نیکل در خاک موثر بوده و بالاترین غلظت در منطقه معدنی بوانات مشاهده شد. بیشترین غلظت مس در اندام زمینی درمنه (۵۳/۷۹) در منطقه معدنی بوانات است. بیشترین میزان فاکتور انتقال مربوط به عنصر منگنز در در بادام (۳/۶۵) و بیشترین میزان فاکتور تمرکز زیستی مربوط به سرب در انگور (۰/۶۰) است. معدن مس بوانات بر توزیع غلظت عناصر مورد بررسی در خاک و گیاهان بومی منطقه موثر بوده است.

کلمات کلیدی

" معدن مس بوانات " ," خاک " ," گیاهان بومی "," فلزات سنگین "

Investigation of the Impacts of Copper Mine Pollution on Soil and Plants Around the Banat Copper Mine

Khodakaram Shokri[1, *], Dr. Majid Shaban[1]

*Email Address: khodakaramshokri@yahoo.com

Abstract

The purpose of the present study is to investigate the impact of copper mine on soil and plants surrounding the Bavanat copper mine. The concentration of heavy metals (copper, lead, zinc, manganese and nickel) in soil and plants was investigated. Three sampling stations were selected for soil and plant including: upstream mineral zone, Bavanat mining area and downstream mineral zone. Elements of soil and plant elements were measured using ICP-OES analysis. EC, PH, CFC, Cu, Pb, Zn, Mn and Ni parameters were also determined in soil samples. Native species of the region, including: Grapes, almonds and Artemisia rangiens were selected for the study. The results showed that the presence of Bavanat copper was effective on the distribution of Cu, Pb, Zn, Mn and Ni in the soil and the highest concentration was observed in the Bavanat mineral zone. The highest concentration of copper in Artemisia terrestrial organs (53/79) was in the Banat mineral zone. The highest amount of manganese transfer factor was in almonds (3.65) and the highest concentration of bioconcentration was in lead (0.60). The Bavanat Copper Mine has been effective in distributing the concentrations of the investigated elements in soil and native plants of the area.

Keywords

“: Copper Mine”, “Soil”, “Native Plants”, “Heavy Metals”

۱- مقدمه

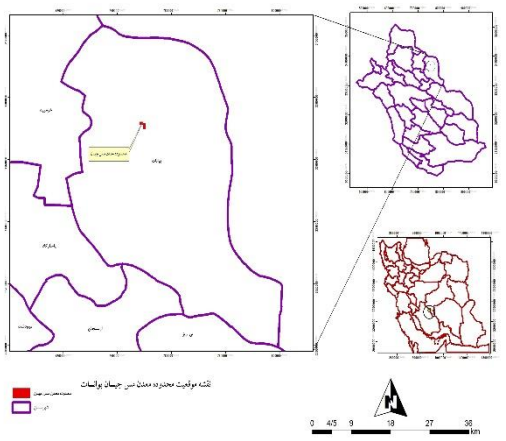
خاک از یک سو محیطی برای ته نشست ژئوشیمیایی آلاینده ها فراهم می کند و از سوی دیگر به عنوان واسطه طبیعی، انتقال مواد و عناصر شیمیایی به هوا کره، آبکره و موجودات زنده اعم از گیاهان و جانوران را کنترل می‌کند. اهمیت خاک برای بشر از آن روست که به طور مستقیم به عنوان منبع حفاظت و تولید غذا و به طور غیر مستقیم به عنوان منبع حفاظت و تولید غذا و به طور غیر مستقیم از طریق درهم کنش و ارتباط با اتمسفر، بیوسفر و هیدروسفر بر سلامت بشر اثرگذار است (دهرآزما و دیگران، 1394). فعالیت‌های انسانی و آلودگی ایجادشده درنتیجه صنعتی شدن و توسعه فناوری در دهه‌های گذشته منجر به آلودگی خاک و انقراض تدریجی گیاهان و جانوران در محیطهای زیست طبیعی شده است. فلزات سنگین ازجمله آلاینده‌هایی هستند که معمولاً درنتیجه عوامل طبیعی یا انسانی در بخش‌هایی از محیطزیست ازجمله آب، خاک و هوا یافت می‌شوند. این عناصر ممکن است از طریق فعالیت‌هایی مانند معدن کاری، دفع زباله‌های صنعتی و غیره در بوم‌سازگان‌های طبیعی افزایش یابند (دالوند و دیگران، ۱۳۹۵: ۳۶). مشکلات زیست محیطی که در اثر حضور فلزات سنگین بوجود می آیند به این دلیل است که این فلزات از پایداری خوبی در محیط زیست برخوردار هستند. این فلزات پس از ورد به بدن جانداران در بافت های بدن موجودات زنده مجتمع می شود و در سطوح بالاتر از زنجیره غذایی در غلظت های بسیار بیشتری انباشته می شوند. فلزات سنگین در بدن موجوات زنده جایگزین املاح و مواد معدنی مورد نیاز بدن جانداران می‌شوند و به این ترتیب سلامت موجودات زنده به خطر می افتد. تجمع فلزات سنگین بیشتر از حد استاندارد (مقدار غلظتی که توسط سازمان حفاظت محیط زیست کشور اعلام شده است) که عمدتاً ناشی از وجود معادن است سبب آلودگی خاک ، کاهش کیفیت و سلامت خاک می شود که این امر سلامت گیاه و به دنبال آن انسان را به خطر می اندازد (آنگاوویکوا و دیگران، ۲۰۱۴: ۴) گیاهان عناصر غذایی موردنیاز خود را به‌صورت یون‌های معدنی از خاک جذب می‌کنند. مواد معدنی به‌طور مداوم بین موجودات زنده در گردش هستند و ورود آن‌ها به کره حیات (بیوسفر) از طریق ریشه گیاهان انجام می‌شود. عناصر کم‌مصرف و پرمصرف ضروری، برای زندگی گیاه اهمیت دارند و بدون آن‌ها گیاه قادر به تکمیل چرخه رویشی و زایشی خود نیستند. با توجه با احتمال بالای آلودگی خاک با فلزات سنگین در مناطق فعال معدن کاری و محدوده مناطق معدنی معدن مس بوانات و قابلیت گیاهان بومی و زراعی منطقه به جذب این فلزات به بافت‌های گیاهی (اندام‌های هوایی و زمینی)، بنابراین احتمال آلودگی و افزایش غلظت این فلزات در گیاهان بالا است. گونه‌های مختلف گیاهی و اندام‌های گیاهی در هرگونه قابلیت تجمع متفاوت برای فلزات مختلف را دارد. افزایش انحلال‌پذیری عناصر موجود در خاک باعث افزایش احتمال حضور این عناصر در محلول اطراف ذرات خاک شده و درنتیجه تحرک عنصر را افزایش می‌دهد و باعث افزایش در دسترس‌پذیری زیستی عنصر برای گیاه می‌شود. تجمع این عناصر سنگین در گیاه در غلظت‌های بالا می‌تواند موجب مرگ گیاه شود (علیپور، ۲۰۱۵: ۵). تا کنون تحقیقات بسیاری در زمینه تأثیر معدن کاری بر آلودگی خاک و همچنین تأثیر این آلودگی بر تجمع فلزات سنگین در اندام‌های گیاهان بومی و زراعی منطقه در سطح ایران و جهان انجام شده است. با توجه به نتایج این تحقیقات می توان مناطق آلوده یا مستعد آلودگی را شناسایی و با مدیریت صحیح از ورود آلودگی‌ه به زنجیره غذایی و عواقب زیست محیطی آن جلوگیری کرد (چراغی و دیگران، ۱۳۹۱) . غضنفری و همکاران به منظور بررسی پراکنش عنصر مس در خاک تحت تأثیر فعالیت های معدن مس میدوک (شهر بابک) دو مسیر نمونه برداری با توجه به موقعیت روستاهای اطراف در نظر گرفته شد. نمونه برداری به صورت سیستماتیک از ۳۶۰ نقطه نمونه‌گیری انجام شد. هضم نمونه و اندازه گیری غلظت در آزمایشگاه به روش جذب اتمی انجام شد. شاخص زمین انباشتگی نشان می دهد که آلودگی عنصر مس در مسیر نمونه D (جنوب معدن) بیش تر است، که می تواند به دلیل قرار گرفتن این مسیر در راستای معدن و بر روی شیب در جهت باد غالب جنوبی باشد. نتایج همچنین نشان می‌دهد با فاصله گرفتن از معدن از درجه آلودگی مس در هر دو مسیر کاسته می شود که می تواند نشان دهنده نقش معدن در ایجاد آلودگی عنصر مس در خاک‌های منطقه باشد (غضنفری و همکاران، ۱۳۹۸: ۱). در خاک های ارتفاعات لاشکار معدن سرچشمه، در ۱۷ سایت از ریشه و اندام های هوایی درمنه نمونه برداری انجام دادند. میانگین مقادیر مشخص می سازد که میزان تجمع این عناصر در اندام هوایی و ریشه در نقاط مطالعاتی نزدیک به معدن بیش از سایر نقاط مورد بررسی بوده که این امر تأثیر معدن کاری بر تجمع عناصر سنگین در گیاهان بومی منطقه را نشان می دهد (محمدخانی و دیگران، ۲۰۱۱). دهر آزما و همکاران تحقیقی با عنوان ارزیابی تأثیر معدن متروکه مس چغندر س ر بر غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاهان بومی منطقه (جنوب غرب عباس آباد) انجام دادند. در این تحقیق غلظت سرب، روی، مس، منگنز و نیکل در خاک و گیاهان بومی منطقه مورد بررسی قرار گرفت.نتایج این پژوهش نشان داد که حضور کانسار بر پراکنش عناصر مس، سرب، روی، نیکل و منگنز (به استثنا نیکل) در خاک موثر بوده و بالاترین غلظت این عناصر در منطقه معدنی متروکه مشاهده شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان فاکتور انتقال مربوط به منگنز در افدرا است (دهر آزما و همکاران،۱۳۹۴). محققین طی تحقیقی نمونه هایی از باطله و گیاهان بومی منطقه را در معدن متروکه مس Rakhaواقع در ایالت Thankhand هند برداشت و پس از بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی برای تعیین میزان تجمع فلزات سنگین در گونه های گیاهی بومی، علف ارزنی، درنه سرخه، آمانیا و کرفو را آنالیز کردند. نتایج نشان داد که باطله ها غلظت های بالایی از مس و نیکل دارد و اسیدیته متوسط و

مقدار کمی عناصر مغذی دارد. گونه کرفو مقادیر قابل توجهی نیکل و روی در ریشه و مقادیر بیشتری منگنز در ریشه و اندام های هوایی نسبت به چهار گونه داشت. بالاترین غلظت متوسط مس در بافت های زیرزمینی گونه آمانیا مشاهده شد. گونه علف ارزنی مقادیر بیشتری از مس و نیکل در اندام های هوایی خود نسبت به سایر گونه ها داشت. محاسبه فاکتور انتقال (نسبت غلظت فلز در ساقه به ریشه گیاه) و در بین فلزات مس و روی و نیکل فاکتور انتقال مس کمترین میزان و فاکتور انتقال روی دارای بیشترین مقدار بود. در گونه آمانیا فاکتور انتقال نیکل بیشتر از روی بود (مناب، ۲۰۱۳). به طور کلی نتایج نشان می دهند که این گونه های بومی را می توان برای گیاه پالایی مناطق آلوده به فلزات سنگین مس، کادمیوم، آهن و روی استفاده کرد. نتایج نشان می دهد که به طور کلی گیاهانی که در مناطق معدنی رشد مناسبی دارند، با توجه به تجمع بالای فلزات سنگین در خاک این مناطق و در نتیجه در پیکره آن ها، می توانند گزینه های مناسبی ؛ رای گیاه پالایی در خاک مناطق صنعتی حاوی فلزات سنگین با شرایط مشابه اقلیمی در نظر گرفته شود (یون، ۲۰۱۵). گسترش سرباره‌های ذوب قدیمی مس (اطراف کانسار مس جیان، جنوب روستای مزایجان و روستای چیر) و آهن (کوه سفید توتک)، در کنار آثار معدن کاری شدادی در طول دره بوانات مؤید این موضوع است که استخراج و ذوب مواد معدنی به‌خصوص مس و آهن، قدمت دیرینه دارد. در این منطقه از استان فارس علاوه بر کانسار مس جیان (معدن در حال فعالیت)، آنومالی‌های زیادی از کانی‌های ثانویه مس به‌صورت رخنمون‌های سطحی در طول دره بوانات به چشم می‌خورند (مر و دیگران، ۱۳۹۳: ۱۴۷). با توجه به اهمیت ارزیابی کانسارهای فلزی و معادن مس بر خاک و گیاهان منطقه، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر آلودگی های معدن مس بر روی خاک و گیاهان اطراف معدن مس بوانات پایه گذاری شد.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

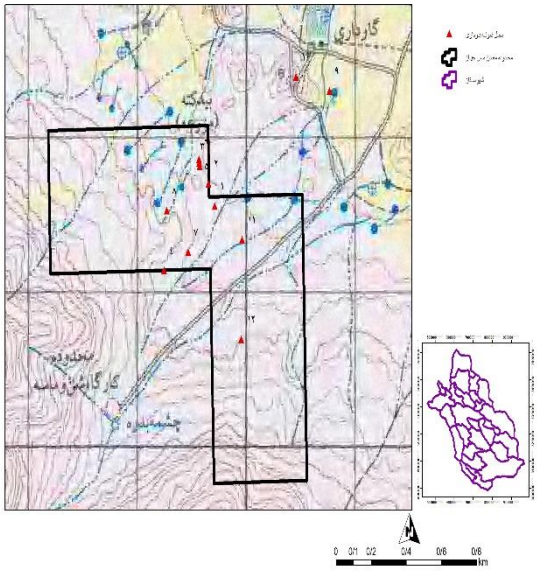
از لحاظ جغرافیایی منطقه موردمطالعه شهرستان بخشی از باغات (بوانات) به مرکزیت سوریان، در شمال شرق استان فارس با مختصات جغرافیایی"۵۳/۲۲ و '۳۵ و°۵۳ شرقی تا "۵۲/۴۱ و '۳۵ و°۵۳ شرقی و عرض جغرافیایی"۱۲ و '۲۷ و°۳۰ شمالی تا "۱۳/۳۹ و '۲۷ و°۳۰ شمالی واقع شده است و در فاصله تقریبی ۲۰۰ کیلومتری شیراز، ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی خرم بید و ۶۵ کیلومتری شمال شرقی سعادت شهر قرار دارد (احمدی و دیگران،۱۳۹۳: ۲).



شکل۱.نقشه موقعیت معدن مس بوانات

• روش نمونه برداری و آنالیز شیمیایی

در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۷ برای بررسی تأثیر معدن مس بر خاک و گیاهان منطقه، سه ایستگاه نمونه برداری برای خاک و گیاه شامل: محل بالادست منطقه معدن کاری (ایستگاه شماره ۱)، منطقه معدن کاری(ایستگاه شماره ۲) و پایین دست منطقه معدن کاری (ایستگاه شماره ۳) انتخاب شد. مناطق نمونه برداری بر روی نقشه زمین شناسی منطقه در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه های خاک هر منطقه، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری از خاک پای نمونه های گیاهی با استفاده از بیلچه برداشت شد. پس از نمونه برداری، نمونه های خاک به مدت ۷ روز در دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتی گراد و در محیطی بسته که رفت و آمد زیادی در آن انجام نمی شد، خشک و سپس از الک ۰/۰۶۴ mm عبور داده شدند. PH خاک ، نقش مهمی در تحرک و انتقال عناصر دارد. بنابراین نمونه‌های خاک برای تعیین PH به آزمایشگاه آبشناس فارس (مستقر در سازمان آب منطقه ای فارس) فرستاده شد..همچنین با هدف ارزیابی تأثیر حضور معدن مس بر تجمع فلزات سنگین در گونه های گیاهی بومی منطقه، سه گونه گیاهی، بادام ، انگور و گیاه مرتعی درمنه برای بررسی انتخاب شد. برای تهیه نمونه های گیاه، ۱۵ نمونه در هر منطقه و از هر گونه گیاهی ۵ نمونه برداشت شد. اندام های هوایی و زمینی نمونه های گیاهی پس از برداشت توسط آب شستشوی کامل دادند و سپس با آب مقطر تفکیک شدند. نمونه های آماده شده را سپس به مدت ۷۲ ساعت با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در آون قرار داده و خشک شدند. سپس نمونه ها به تفکیک اندام هوایی و زمینی به قطعات ریزتر تقسیم و در دستگها آسیاب خرد شدند. پس از آسیاب هر نمونه، برای کاهش خطا، قطعات داخلی آسیاب که در تماس با نمونه بوده با آب و سپس الکل صنعتی شسته و خشک شد. نمونه ها برای آنالیز با دستگاه جذب اتمی به آزمایشگاه شیمی شیراز برای تعیین غلظت عناصر فرستاده شد .



شکل۲..نقشه محل نمونه برداری

- **کنترل کیفی آنالیز**

برای اندازه گیری هدایت الکتریکی نمونه های خاک از طریق عصاره گیری با نسبت ۱ به ۵ خاک، در آزمایشگاه محیط زیست دانشگاه ارم شیراز و با استفاده از دستگاه EC سنج (مدل Jenway) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری درصد مواد آلی و کربنات کلسیم نمونه های خاک تهیه شده، ابتدا نمونه های وزن شده به مدت ۱۲ ساعت در آون با دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند تا رطوبت آنها خارج شود. در این مرحله می توانند درصد رطوبت خاک را بدست آورند. پس از این مرحله نمونه ها دوباره وزن شدند و سپس به مدت ۱۲ ساعت در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. بعد از گذشت ۱۲ ساعت، نمونه ها از کوره خارج شدند و دوباره وزن شدند. درصد ماده آلی نمونه ها با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

رابطه ۱ :

$$\%LOL550=((DW105-DW105)/DW550)*100$$

در این رابطه LOI_{550} نشان دهنده میزان هدر رفت جرم اولیه خاک در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد که بیان گر درصد مواد آلی خاک است. DW_{105} نشان دهنده وزن خشک نمونه پس از قرار دادن نمونه در آون به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد است. DW_{550} وزن خشک نمونه پس از قرار دادن نمونه در کروه در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ ساعت است. برای اندازه گیری درصد ماسه، سیلت و رس از روش همیدرومتری و الک استفاده شد. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه ۲ :

$$CEC=(2.5*LOI\%)+(0.579CLAY)$$

۳- نتایج

غلظت فلزات سنگین در نمونه های سنگ و خاک منطقه:

در طبیعت حرکت فلزات از سنگ به خاک و سپس به بدن موجود زنده است. به همین دلیل ضرورت دارد که در ابتدا مقادیر عناصر موردنظر در سنگ‌ها و خاک منطقه مورد مطالعه قرار گیرد سپس تأثیر حضور معدن بوانات بر نحوه توزیع این عناصر در خاک بررسی شود. در جدول ۱ غلظت فلزات سنگین در نمونه های سنگ برداشت شده و در جدول شماره ۲، مقادیر دیگر پارامترها فیزیکوشیمیایی (ph، Ec و ...) اندازه گیری شده در نمونه های خاک آورده شده است.

جدول۱:متوسط غلظت فلزات سنگین در نمونه های سنگ بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم

نمونه های سنگ	CU	Pb	Zn	Ni	Mn
بازالت	۱۹۵/۳۴	۱۲	۷۷/۷۹	۲۶	۹۶۸
تراکی بازالتی	۱۲۰/۴۲	۱۵/۲	۸۳/۱۱	۲۴/۳۴	۱۰۳۴/۹

خاک منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شرایط قلیایی دارد و محیط مناسبی برای رسوبگذاری فلزات سنگین را مهیا ساخته است که خود عامل مهمی در تمرکز فلزات سنگین در خاک محسوب می شود. با توجه به مقادیر متوسط غلظت عناصر سنگین در سنگ و نمونه های خاک تهیه شده(جدول شماره ۱ و ۲) به این نتیجه می رسیم که غلظت عناصر سنگین مورد نظر در این پژوهش (مس، سرب، روی، نیکل و منگنز) در نمونه های خاک منطقه معدنی مس بوانات بیشتر از غلظت آنها در نمونه های سنگ است. که این امر می تواند طی فرایندهای هوازدگی، انحلال، شستشو و دگرسانی از سنگ اتفاق افتاده باشد. همانطور که در جدول شماره ۲ مشاهده می شود بالاترین غلظت مس، سرب، روی، نیکل و منگنز در منطقه معدنی مس بوانات مشاهده شده است که این امر نشان دهنده تأثیرگذاری حضور معدن مس بوانات بر توزیع این عناصر در خاک منطقه دارد. همچنین اگر به غلظت عناصر در قسمت بالادست و پائین دست منطقه توجه کنیم متوجه می شویم که هر چه از منطقه معدن مس به سمت پائین دست حرکت کنیم از غلظت این عناصر کاسته می شود. و به غلظت ان در منطقه بالادست معدن نزدیک می شود که این خود می تواند تاییدی بر تأثیر منطقه معدن مس بر کیفیت خاک منطقه باشد. همانطور که در جدول شماره ۲ مشاهده می شود مقادیرEC در خاک منطقه بالا است. بالا بودن EC در خاک منطقه معدنی مس بوانات نسبت به دو منطقه دیگر نشان دهنده تمرکز بیشتر عناصر در این منطقه می باشد که بالا بودن مس، سرب ، روی، منگنز و نیکل در خاک این منطقه نسبت به مناطق دیگر این امر را تأیید می کند.

جدول ۲: متوسط غلظت عناصر سنگین و مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی در نمونه های خاک

پارامتر	نمونه های خاک		
	منطقه بالادست	منطقه معدنی	منطقه پایین دست
Cu (mg/kg)	۸۴	۶۵۷۲	۷۰
Pb(mg/kg)	۶۱	۹۷	۵۰
Zn(mg/kg)	۷۲	۱۱۲	۷۹
Ni(mg/kg)	۷۰	۸۱	۷۳
Mn(mg/kg)	۷۹۴	۱۰۱۱	۶۴۱
ph	۸/۳۰	۸/۲۶	۸/۳۰
EC (µs/cm)	۹/۳۴	۱۰/۷۷	۹/۳۴
ماده آلی (٪)	۲/۱۹	۳/۴۹	۳/۸۷
ماسه (٪)	۷۶	۸۰	۹۳
سیلت(٪)	۴	۵/۲	۱/۹
رس(٪)	۵/۸۵	۱۰/۵	۶/۳۷
بافت	ماسه لومی	لوم ماسه ای	ماسه ای

مقادیر CEC محاسبه شده با توجه به جدول ۳ (مقدار CEC انواع کلوئیدهای خاک) در گستره (meq/100g) ۱۵-۳ قرار می گیرد که حاکی از حضور بیشتر کانی رس کائولن با CEC اندک می باشد.

نام کلوئید	CEC (meq/100g)
هوموس	۳۰۰-۱۰۰
ورمیکولیت	۱۵۰-۸۰
مونت موریلونیت	۱۰۰-۶۰
ایلیت	۴۰-۲۵
کائولن	۱۵-۳
هیدروکسیهادی آهن و منگنز	۴

جدول ۳: مقدار CEC انواع کلوئیدهای خاک

غلظت فلزات سنگین در نمونه های گیاه:

بدلیل اینکه گیاهان اولین و مهم ترین عامل در انتقال فلزات از خاک به زنجیره غذایی هستند، در این بخش به بررسی میزان غلظت فلزات سنگین در اندام های هوایی و زمینی گیاهان بومی پرداخته شده است. غلظت فلزات سنگین به تفکیک اندام هوایی و زمینی در ۳ گونه گیاهی شامل بادام ، انگور و گیاه مرتعی درمنه به تفکیک در جدول ۴ آورده شده است. علت اهمیت میزان غلظت عناصر سنگین در گونه های گیاهی مورد مطالعه این است که تمامی گونه های مورد بررسی به عنوان گیاهان خوراکی و دارویی و مورد چرای دام شناخت شده و برداشت می شوند.

جدول ٤: غلظت عناصر سنگین (mg/kg) در گونه های گیاهی به تفکیک اندام های هوایی و زمینی

	عنصر	انگور		بادام		درمنه	
		هوایی	زمینی	هوایی	زمینی	هوایی	زمینی
منطقه بالا دست	Ni	٤/٣٤	٦/٩٥	٨/٣٩	٧/٣٦	٦/٣٩	١٣/٢٥
	Cu	٨/٧٥	١٣	١١/٤٧	١٠	٨/٩٦	١٤/١٥
	Pb	١	٠/٤٩	١/١٩	٠/٩٩	١/١٩	١/٠١
	Mn	٥٠	٣٣/٩٨	٤٠/٣٩	٢٠	٣٦/٠٥	٥٢/٤٢
	Zn	١٣	١٦/٠٦	١٤/٠٦	١٢/٠٨	١١	٨/٣٣
منطقه معدنی	Ni	٤/٦٢	٥	٨	٦/٣٣	٤/٣٦	٨
	Cu	١٢/٠٨	١٤	١٦	١٣/٠٤	١٩	٥٣/٧٩
	Pb	٢	١/٤٤	١/١٨	١/٦٩	١/٣٩	٠/٤٧
	Mn	٨٠/١٤	٦٢	٤٣	١٩/٣١	٤٠/٩	١٠٣/٦
	Zn	١١/٠٩	٢٤	٢٢/٦٣	١١/٠٧	١١/٦	٢٠/٠٧
پایین دست	Ni	٤/١١	٦	٦/٩٨	٤/٦١	٥/٨	١٠
	Cu	١١	١٢/٧١	١٤/٦٥	١٤/٣١	١٠/٢٩	٢٠
	Pb	١/٧٦	١/٤٩	١	١/٧	١/٧١	٠/٣
	Mn	٤٠	٢١	٤٠/٤١	١٩/١١	٢٨/٩	٤٢
	Zn	١١/٩	١٨/٨٥	١٧	١٤	٨/٥	٢٠/٨٦

انگـــور : همـانطور کـه در جـدول ۴ مشـاهده مـی شـود میـزان غلظت عنصر منگنـز و سـرب در انـدام هـوایی ایـن گیـاه نسـبت یـه اندام هـای زمینـی آن بیشـتر اسـت.(میزان تجمـع ایـن دو عنصـر در منطقه معدنی مس بیشـتر از دو منطقـه دیگـر اسـت.) کـه ایـن امـر نشان دهنده تحرک بالای ایـن عنصـر در گیـاه انگـور اسـت. میزان غلظت نیکـل، مـس و روی در انـدام هـای زمینـی ایـن گیـاه نسـبت بـه انـدام هـای هـوایی بیشـتر اسـت . میـزان تجمـع روی در گیـاه انگور در اندام های زمینی بیشتر از اندام های هوایی آن است.

بادام: بـا توجـه بـه داده هـای جـدول ۴ مشـاهده مـی شـود میـزان غلظـت فلـز نیکـل، مـس، روی، منگنـز و سـرب در انـدام هـوایی گیـاه بـادام بیشـتر اسـت. همچنـین میـزان تجمـع ایـن فلـزات در منطقه معدن مس نسبت به دو منطقه دیگر بیشتر است.

درمنـه: ایـن گیـاه فلـزات منگنـز، نیکـل، روی و مـس را بیشـتر در انـدام هـای زمینـی و سـرب را در انـدام هـای هـوایی خـود مجتمـع کرده است. بیشـترین میـزان غلظـت نیکـل در انـدام زمینـی درمنـه (در منطقـه بالادسـت منطقـه معـدنی مـس بـا غلظـت۱۳/۲۵) ، بیشـترین میـزان غلظـت مـس در انـدام زمینـی درمنـه (در منطقـه معدنی مس بـا غلظـت ۵۳/۷۹)، بیشـترین میـزان غلظـت سـرب

در انـدام هـوایی انگـور (در منطقـه معـدنی مـس بـا غلظـت ۲)، بیشـترین میـزان غلظـت منگنـز در انـدام زمینـی درمنـه (در منطقـه معـدنی مـس بـا غلظـت ۱۰۳/۶) و بیش ترین میـزان غلظـت روی در انـدام هـوایی بـادام (در منطقـه معـدنی مـس بـا غلظـت ۲۲/۶۳) وجـود دارد. در جـدول ۵ نیـز حـد نرمـال و بحرانـی نیکـل، مـس، روی، منگنز و سرب در گیاه ارائه شده است .

جدول ۵: حد نرمال و بحرانی عناصر در گیاه بر حسب mg/kg

حد غلظت	Ni	Cu	Pb	Zn	Mn
نرمال	۰.۰۲-۵[۵۰]	۵-۲۰[۵۰]	۰.۲-۵[۵۰] .۰	۲۷-۱۰۰[۱]	۱۵-۸۰[۵۰]
بحرانی	۱۰-۱۰۰[۵۰]	۲۰-۱۰۰[۱]	۳۰-۳۰۰[۵۰]	۱۰۰-۴۰۰[۵۰]	۵۰۰[۱]

KabataPendiasand

شاخص های بیوژئوشیمیایی:

برای تفسیر و تحلیل اثرات وجـود معـدن بـر میـزان پـراکنش فلـزات سـنگین در خـاک و گیاهـان منطقـه از دو شـاخص: فـاکتور تمرکـز زیسـتی(BCF)، فـاکتور انتقـال اسـتفاده شـده اسـت. فـاکتور تجمـع زیسـتی و فـاکتور انتقـال مشـخص کننـده توانـایی گیاهـان بـرای تحمـل و تجمـع فلـزات سـنگین در انـدام هـای خـود بـوده ایـن پارامترها با اسـتفاده از نسـبت غلظـت فلـز در انـدام هـای ریشـه بـه مقدار فلـز در خـاک (فـاکتور تجمـع زیسـتی ریشـه)، نسـبت غلظـت فلـز در انـدام هـای هـوایی بـه مقـدار فلـز در خاک(فـاکتور تجمـع زیسـتی انـدام هـای هـوایی) محاسـبه گردیـد. گونـه دارای مقـادیر تمرکز زیستی بالا (بیشتر از ۱) بـرای یـک فلـز خـاص مـی توانـد بـه عنـوان گونـه تثبیـت کننـده آن عنصـر در نظـر گرفتـه شـود. فـاکتور انتقال (TF) جهت ارزیـابی توانـایی گیـاه در انتقـال فلـز از ریشـه بـه ساقه مورد استفاده قرار مـی گیـرد. فـاکتور انتقـال از نسـبت غلظـت فلز در اندام های هوایی بـه غلظـت فلـز در انـدام زیرزمینـی (فـاکتور انتقـال) محاسـبه مـی شـود. در صـورتی کـ ه مقـدار فـاکتور انتقـال کمتر از ۱ باشد نشـان دهنـده تمایـل بیشـتر گیـاه بـه تجمـع عنصـر در اندام های زمینی نسـبت بـه انـدام هـوایی و در واقـع تحـرک کـم عنصـر در انـدام هـای گیـاهی اسـت. در جـدول ۶ تمرکـز زیسـتی (BCF) و فاکتور انتقـال در گیاهـان مـورد مطالعـه در منطقـه معـدنی مـس بوانـات (منطقـه بـالا دسـت منطقـه معـدنی مـس، منطقـه معدنی مس، پـائین دسـت منطقـه معـدنی مـس) ارائـه شـده اسـت. همانگونه که در جـدول ۶ مشـاهده مـی شـود انگـور، درمنـه امکـان تجمـع بیشـتر سـرب در انـدام هـای هـوایی نسـبت بـه انـدام هـای زمینی خود دارد. در سـه گونـه گیـاهی بـادام، انگـور و درمنـه مق ادیر TF در ارتباط با مـس و نیکـل کمتـر از ۱ بـوده اسـت کـه ایـن امـر نشان دهنده تحـرک پـذیری انـدک ایـن عنصـر در گیاهـان را نشـان می دهـد. بـالاترین مقـدار انتقـال فلـز (TF=3/65) در گیـاه بـادام برای عنصر منگنز دیده شد.

جدول ٦: تمرکز زیستی و فاکتور انتقال در گیاهان مورد مطالعه در منطقه (شامل منطقه بالادست معدن مس، منطقه معدن مس، پائیین دست منطقه مس)

	عنصر	انگور		بادام		درمنه	
		TF	BCF	TF	BCF	TF	BCF
منطقه شاهد	Ni	۰/٦٤	۰/۱۱	۰/٦۹	۰/۱٤	۰/٤۹	۰/۱۳
	Cu	۰/٦	۰/۱٤	۰/۸۷	۰/۱۲	۰/٤٦	۰/۱٥
	Pb	۲/۱۰	۰/٦۰	۱/۲۱	۰/۹	۲/٤۸	۰/۰٥
	Mn	۰/۸٦	۰/۰٦	۳/٦٥	۰/۰٥	۰/٦۹	۰/٥٥
	Zn	۰/۸	۰/۲٥	۰/٦۸	۰/٤٤	۰/۷۲	۰/۳٤
منطقه معدنی	Ni	۰/٦۱	۰/۱۳	۰/٥۹	۰/۱۷	۰/٥۷	۰/۳۸
	Cu	۰/٥۸	۰/۱۸	۰/٦۱	۰/۳٦	۰/٦۳	۰/۲٤
	Pb	۰/٤۳	۰/۳۱	۰/٤٥	۰/۱۷	۰/۲٥	۰/۰٥
	Mn	۰/۳۸	۰/۱۸	۰/٦۱	۰/۳۷	۰/۲۹	۰/۱۷
	Zn	۰/٤۷	۰/٦۷	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/٦٤	./٦٥
پایین دست	Ni	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳٤	۰/٦٥	۰/۳۱	۰/۲۳
	Cu	۰/۲۹	۰/۹٥	۰/٦٤	۰/٥٦	۰/۱٥	۰/۲۹
	Pb	۱/۱۳	۰/٤٦	۰/۸٥	۰/۱۸	۰/۰۳۱	۰/۱۷
	Mn	۰/۹۷	۰/۸٥	۰/۲٥	۰/٤۹	۰/۱۹	۰/٤۰
	Zn	۱/۱۲	۰/٦۷	۰/٤۳	۰/٤۲	۰/۱۷	۰/٥۳

٤- نتیجه‌گیری

با توجـه بـه یافتـه هـای پـژوهش مشـاهده مـی شـود کـه بـالاترین غلظ ت فلـزات سـنگین (مـس، سـرب، روی و منگنـز) در خـاک منطقـه معـدنی مـس بوانـات وجـود دارد کـه ایـن امـر حـاکی از تأثیرگـذاری حضـور معـدن مـس بوانـات بـر توزیـع ایـن عناصـر در خاکه منطقه و نهایتاً در گیاهـان بـومی منطقـه دارد. غلظـت نیکـل در منطقـه معـدنی مـس نسـبت بـه دو منطقـه دیگـر کـاهش یافتـه است و بیشـترین غلظـت را در منطقـه بالادسـت معـدن مـس شـاهد هسـتیم کـه دلیـل ایـن امـر را مـی تـوان حضـور بیشـتر الیـوین در الیوین تراکی در بازالـت هـای منطقـه نسـبت داد. در گیـاه انگـور بـه عنـوان یکـی از گیاهـان مـورد مطالعـه در ایـن پـژوهش، تجمـع فلـزات منگنـز و سـرب در انـدام هـای هـوایی بیشـتر از انـدام هـای زمینـی اسـت. تجمـع غلظـت مـس و نیکـل در انـدام هـای هـوایی نسبت به اندام هـای زمینـی در ایـن گیـاه کمتـر اسـت. بـا توجـه بـه یافتـه هـای پـژوهش در زمینـه تجمـع عناصـر سـنگین در گیاهـان بـومی منطقـه معـدن مـس بوانـات، در گیـاه بـادام تجمـع فلـزات سنگین معمـولا در قسـمت هـوایی گیـاه بیشـتر ذخیـره م ی شـوند. گیاه مرتعی درمنـه فلـزات سـنگین (منگنـز، نیکـل، روی و مـس) را بیشـتر در انـدام هـای زمینـی خـود تجمـع مـی کننـد و سـرب را در انـدام هـایی هـوایی خـود مجتمـع کـرده اسـت. بیشـترین میـزان فاکتور انتقـال مربـوط بـه عنصـر منگنـز در بـادام (۳/۶۵) و بیشـترین میـزان فـاکتور تمرکـز زیسـتی مربـوط بـه سـرب در انگـور (۰/۶۰) است .

منابع

- چراغی، م؛ دادالهی ، ع؛ صفاهیه، ع ؛ غانمی، ک ؛دورقی، ع. ۱۳۹۱. بررسی تجمع فلزات سنگین در بستر، برگ و ریشه گیاه حرا در استان خوزستان، مجله علوم و فنون دریایی.
- دالوند، م.، حمیدیان، الف.، زارع چاهوکی، م.، میرجلیلی، ع . متشرع زاده، ب؛ اسماعیل‌زاده، ع. ۱۳۹۵. تعیین غلظت فلزات سنگین (Znو Pb و Cu) در ریشه گیاه درمنه در اراضی طبیعی اطراف معدن مس دره زرشک، تفت، یزد، محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۱، ص ۴۶-۳۵.
- دهرآزما، ب؛ شمسی، ر. اصغری، ح؛ صادقیان، م. ۱۳۹۴. ارزیابی تأثیر معدن متروکه مس چغندر سر بر غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاهان بومی منطقه (جنوب غرب عباس‌آباد). نشریه علمی پژوهشی مهندسی معدن، دوره ۱۰، شماره ۲۷، ص ۹۴-۸۱.
- غضنفری مقدم، م؛ اورعی، ج. ۱۳۹۸. بررسی پراکنش عنصر مس در خاک تحت تأثیر فعالیت‌های معدن مس میدوک (شهر بابک)، علوم و تکنولوژی محیط زیست دوره بیست و یکم ، شماره ۲.
- مر، ف. دهقانی، ش. کشاورزی، ب. ۱۳۹۳.. «تعیین غلظت عناصر کمیاب در خاک و گیاهان اطراف معدن مس میدوک». مجله زمین‌شناسی اقتصادی، جلد ۶، ش ۲، ص ۳۱۴-۳۰۵.
- Angelovicova, Lenka and Fazekasova Danica. 2014.Contamination of the Soil and Water Environment by Heavy Metals in the Former Mining Area of Rudňany (Slovakia).Soil & Water Res.,9,(1):18-24.
- Alipoor, S.; 2015; "Basics of biogeochemical exploration in the discovery of mineral deposits and environmental studies". Urmia University Press. 319 pages.
- Manab, D,. Maiti, S. K; 2013; “Metal Accumulation In 5 Native Plants Growing On Abandoned Cu-Tailing Ponds”. Journal of Applied Ecology and Environmental Research, Vol. 5(1): p. 27-35.
- Yoon, J., Cao, X,. Zhou, Q., Ma. L.Q;2015; “Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site”, Science of the Total Environment, Vol. 368: p. 456-664.