

## ارزیابی تأثیر معدن متروکه مس چغندر سر بر غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاهان بومی منطقه (جنوب غرب عباس آباد)

بهناز دهر آزما<sup>۱\*</sup>، شمس رحمتی<sup>۲</sup>، حمیدرضا اصغری<sup>۳</sup>، محمود صادقیان<sup>۴</sup>

۱- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شاهرود behnaz\_dahrazma@shahroodut.ac.ir

۲- کارشناس ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه شاهرود shamcirahmati@yahoo.com

۳- دانشیار دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه شاهرود Hamidasghari@gmail.com

۴- دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود Sadeghianm1386@yahoo.com

(دریافت ۱۹ دی ۱۳۹۳، پذیرش ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۴)

### چکیده

کانسار مس و معدن متروکه چغندر سر در جنوب غرب عباس آباد، در شرقی ترین بخش استان سمنان واقع شده است. هدف تحقیق حاضر ارزیابی غلظت سرب، روی، مس، منگنز و نیکل در خاک و گیاهان بومی منطقه معدنی چغندر سر است. برای بررسی تأثیر منطقه معدنی مس چغندر سر بر آلودگی خاک منطقه، سه ایستگاه نمونه برداری برای خاک و گیاه شامل: بالادست منطقه معدنی متروکه (شاهد)، منطقه معدنی کاری متروکه و پائین دست منطقه معدنی متروکه انتخاب شد. غلظت این عناصر با استفاده از آنالیز ICP-OES اندازه گیری شد. همچنین پارامترهای pH، EC، CEC، کربنات کلسیم و مواد آلی، درصد ماسه، سیلت و رس در نمونه های خاک نیز تعیین شد. نتایج نشان دادند که حضور کانسار بر پراکنش غلظت عناصر مس، سرب، روی و منگنز (به استثنا نیکل) در خاک مؤثر بوده و بالاترین غلظت این عناصر در منطقه معدنی متروکه مشاهده شد. همچنین با هدف ارزیابی تأثیر حضور کانسار مس بر تجمع فلزات سنگین در گونه های گیاهی بومی منطقه، با توجه به تراکم و تاج پوشش و فراوانی گونه ها، پنج گونه گیاهی شامل اسپند، درمنه دشتی، افدرا، قیچ و کاروانکش برای بررسی انتخاب شد. غلظت این عناصر در نمونه های گیاهی (اندام های هوایی و زمینی) با دستگاه جذب اتمی تعیین شد. نتایج نشان داد که بیشترین غلظت مس در اندام زمینی درمنه (۵۲/۴۸ mg/kg) در منطقه معدنی متروکه است. محاسبه شاخص های بیوژئوشیمیایی نشان داد که بیشترین میزان فاکتور انتقال مربوط به عنصر منگنز در افدرا (۳/۲۹) است و بیشترین میزان فاکتور تمرکز زیستی مربوط به عنصر سرب در کاروانکش (۰/۴۸) است. به طور کلی حضور کانسار مس و معدن متروکه بر توزیع غلظت عناصر مورد بررسی به جز نیکل در خاک و گیاهان بومی منطقه مؤثر بوده است.

### کلمات کلیدی

معدن متروکه مس، خاک، گیاهان بومی، فلزات سنگین، چغندر سر

## ۱- مقدمه

عملیات استخراج فلزاتی که در کانسار عیار پائینی دارند، منجر به تولید مقدار بسیار زیادی سنگ باطله در محیط می‌شود، به طوری که فعالیت‌های معدن‌کاری سالانه در سطح جهان تولید هزاران میلیون تن سنگ باطله را در پی دارد [۱۰]. باطله‌های معدنی اغلب حاوی میزان بالایی از برخی فلزات کمیاب چون کادمیوم، آرسنیک، مس، منگنز، سرب و روی است [۱۱]. خاک‌های نزدیک مناطق اکتشاف معدنی قدیمی می‌توانند غلظت‌های بالایی از فلزات کمیاب داشته باشند که برای تشخیص و ارزیابی خطرات بالقوه زیست محیطی آن‌ها اغلب می‌توان از غلظت کل فلزات استفاده کرد [۱۲-۱۳].

اگرچه با به کارگیری روش‌ها و تجهیزات مدرن در مراحل معدن‌کاری می‌توان تا حد زیادی از آلوده شدن محیط زیست به فلزات سمی و ترکیبات آن‌ها پیشگیری کرد، با این حال در اثر فرایندهایی چون فرسایش بادی یا آبی که شستشو و انتقال عناصر و توزیع آن‌ها را در پی دارد، یا ضمن حمل و نقل و ذخیره‌سازی مواد معدنی این عناصر وارد محیط می‌شوند. گیاهان عناصر غذایی مورد نیاز خود را به صورت یون‌های معدنی از خاک جذب می‌کنند. مواد معدنی به طور 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 [۱۴-۱۶].

با توجه با احتمال بالای آلودگی خاک با فلزات سنگین در مناطق فعال معدن‌کاری و محدوده مناطق معدنی متروکه 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 [۱۷]. گونه‌های مختلف گیاهی و اندام‌های گیاهی در هر گونه قابلیت تجمع متفاوت برای فلزات مختلف می‌دارد [۱۸-۲۰]. افزایش انحلال‌پذیری عناصر موجود در خاک باعث افزایش احتمال حضور این عناصر در محلول اطراف ذرات خاک شده و در نتیجه تحرک عنصر را افزایش می‌دهد و باعث افزایش در دسترس پذیری زیستی عنصر برای گیاه می‌شود. تجمع این عناصر سنگین در گیاه در غلظت‌های بالا می‌تواند موجب مرگ گیاه شود [۲۳-۲۲-۲۱-۱۷-۱]. از سوی دیگر گیاهانی وجود دارند که قادر به تجمع بالای این عناصر در اندام‌های خود بوده و در

خاک از یک سو محیطی برای ته نشست ژئوشیمیایی آلاینده‌ها فراهم می‌کند و از سوی دیگر به‌عنوان واسطه طبیعی، انتقال مواد و عناصر شیمیایی به هواکره، آبکره و موجودات زنده اعم از گیاهان و جانوران را کنترل می‌کند [۱]. اهمیت خاک برای بشر از آن روست که به‌طور مستقیم به‌عنوان منبع حفاظت و تولید غذا و به‌طور غیر مستقیم از طریق درهم کنش و ارتباط با اتمسفر، بیوسفر و هیدروسفر بر سلامت بشر اثر گذار است [۲]. خاک علاوه بر اینکه محیط رشد گیاه است بسیاری از آلاینده‌ها از جمله فلزات بالقوه سمی را به هواکره، زیست کره و منابع آبی منتقل می‌کند [۳].

مشکلات زیست محیطی ناشی از حضور فلزات سنگین در محیط ناشی از پایداری آن‌ها در محیط زیست است. این عناصر برخلاف مواد آلی آلاینده از طریق فرایندهای شیمیایی و زیستی قابل تجزیه نیستند. این فلزات پس از ورود به بدن جانداران در بافت‌های بدن موجودات زنده مجتمع شده و در غلظت‌های بسیار بیشتری در سطوح بالاتر زنجیره غذایی انباشت می‌شوند. همچنین فلزات سنگین با جایگزینی به جای املاح و مواد معدنی مورد نیاز بدن جانداران موجب به خطر افتادن سلامت آنان می‌شوند [۴]. ذخایر طبیعی فلزی مهم‌ترین منبع آزادسازی این عناصر به محیط هستند [۵]. آلودگی خاک با فلزات سنگین ناشی از معادن سبب کاهش کیفیت و سلامت خاک می‌شود که این امر برای سلامت گیاه و به دنبال آن انسان مضر است [۶].

با در نظر گرفتن روند تکاملی صنعت معدن‌کاری فعال و بهره‌برداری از معادن بکر و همچنین با توجه به پتانسیل معدنی بالای کشور و نیاز شدید به تولیدات معدن، نظارت زیست‌محیطی بر معادن استخراج شده و متروکه امری ضروری است [۷]. شرایط زمین‌شناسی ایران از لحاظ زمین ساخت و تحمل فازهای مختلف کوهزایی باعث پیدایش انواع فرایندهای ولکانیسم، پلوتونیسم، متامرفسیسم، دگرشکلی‌های نظیر چین‌ها، گسل‌ها، شکستگی‌ها شده است. این ویژگی‌های زمین‌ساختی، فرسایش و همچنین پدیده‌های مختلف رسوبی به تشکیل کانسارهای مختلفی چه از خواستگاه ماگمایی و چه از خواستگاه دگرگونی و رسوبی در منطقه ساختاری ایران شده است [۸]. از جمله کانسارهای فلزی با گسترش بالا در ایران، کانسار مس است [۹].

واقع زیست‌انباشت کننده نامیده می‌شوند [۲۴] گاه‌یاز این گیاهان با توجه به تمایل آن‌ها در انباشت عناصر خاص، به عنوان شاخص‌های بیولوژیکی در اکتشافات معدنی استفاده می‌شود [۲۶، ۲۵، ۱۷]. تاکنون تحقیقات بسیاری در زمینه تأثیر معدن‌کاری و حضور معادن متروکه 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 می‌توان مناطق آلوده یا مستعد آلودگی را شناسایی و با مدیریت صحیح از ورود آلودگی به زنجیره غذایی و عواقب زیست محیطی آن جلوگیری کرد.

در تحقیقی توزیع غلظت فلزات مس، روی، آهن و منگنز در خاک‌های معادن متروکه مس و زمین‌های احیا شده با کشت پرتقال و زمین‌های بالادست معدن و زمین‌های شالی‌کاری در ناحیه معدنی Kochi Prefecture ژاپن بررسی شد. نتایج نشان داد که در خاک‌های معدنی غلظت کل مس و روی و منگنز و آهن افزایش می‌یابد. در زمین‌های بالادست آلودگی مس تشخیص داده نشد. محتوای کل منگنز در افق‌های سطحی در زمین‌های اطراف معدن‌کاری معدن نسبت به زمین‌های احیا شده با کشت پرتقال و زمین‌های شالی‌کاری افزایش داشت [۲۷].

در تحقیقی که توسط مایتی و مناب روی غلظت‌های کل و بخش‌های دسترس پذیر فلزات در رسوبات دریاچه سد باطله و باطله خشک معدن مس Rakha در هند انجام شد مشخص شد که غلظت متوسط مس، نیکل، منگنز، روی، سرب، کادمیم و کبالت، همچنین مقدار  $k, P, N, pH$  و کربن آلی در باطله مرطوب بیشتر از باطله خشک بود [۲۸].

محمدرضا خانی و همکاران به منظور بررسی غلظت عناصر مس و روی در اندام هوایی و زمینی گیاه درمنه کوهی در خاک‌های ارتفاعات لاشکار معدن مس سرچشمه، در ۱۷ سایت از ریشه و اندام‌های هوایی درمنه نمونه برداری انجام دادند. میانگین مقادیر مشخص می‌سازد که میزان تجمع عناصر مس و روی در ریشه این گیاه بیشتر از اندام هوایی بوده است. همچنین 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 معدن‌کاری بر تجمع عناصر سنگین در گیاهان بومی منطقه را نشان می‌دهد [۲۹].

اسلامی و همکاران در طی مطالعه‌ای خاک‌های اطراف معدن مس پورفیری میدوک در استان کرمان، را برای سنجش غلظت ۴۵ عنصر آنالیز کردند. نتایج این تحقیق، غنی‌شدگی عناصر مس، نقره، سرب و آرسنیک در نمونه‌های خاک گرفته شده از مناطق با آثار معدن‌کاری قدیمی و حفره اصلی معدن و همچنین آلودگی شدید خاک را نسبت به این عناصر نشان داد. برای سنجش میزان زیست‌انباشت عناصر در گیاهان منطقه، ریشه و اندام‌های هوایی سه گیاه گون، چوبک و برداشت و مورد آنالیز برای سنجش عناصر سنگین قرار گرفت. بر اساس نتایج، غلظت آرسنیک، نقره، مس و سرب در خاک و گیاهان در نزدیکی آثار معدن‌کاری قدیمی لاطلا و چاه-مسی بسیار بیشتر از استاندارد بود. بنابراین پیشنهاد کردند با حصارکشی و هشدار به دامداران روستاهای اطراف از چرای دام در این مناطق جلوگیری شود [۳۰].

استوارزاده و همکاران در تحقیقی به بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاهان اطراف معدن مس سرچشمه کرمان و نیز احتمال وجود گیاهان بیش تجمع‌کننده در منطقه برای انجام گیاه پالایی منطقه پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که برای گیاه پالایی منطقه از فلزات سنگین می‌توان از گونه‌های: بادآورد<sup>۱</sup>، ونسی<sup>۲</sup> و درمنه کوهی<sup>۱</sup> استفاده کرد زیرا این گیاهان به عنوان گیاهان فرا انباشته کننده در منطقه قادر به تجمع فلزات سنگین در بخش‌های مختلف خود هستند [۳۱].

اکسیو و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی ۴۹ گونه گیاهی بومی رشد کرده بر باطله ۵ معدن مس در شرق چین را بررسی کردند. غلظت کل مس، سرب، روی و کادمیم اندام‌های هوایی گونه‌ها (برگ و ساقه) تعیین شد. غلظت متوسط مس در گیاهان ۵ منطقه معدن‌کاری متروکه روند افزایشی با افزایش سن باطله معدن نشان داد. گونه بابونه برداشت شده از نقاط مختلف دارای بیشترین غلظت مس در مقایسه با سایر گونه‌ها بود. نتایج این تحقیق نشان داد که این گونه گزینه مناسبی برای انجام گیاه پالایی باطله معدن مس است [۳۲].

تحقیق در باره تأثیر معدن مس متروکه در شرق چین بر پراکنش غلظت عناصر سنگین مس، سرب، روی و کادمیم در خاک منطقه توسط محققین مشخص کرد که حضور معدن مس متروکه به ترتیب باعث افزایش غلظت این

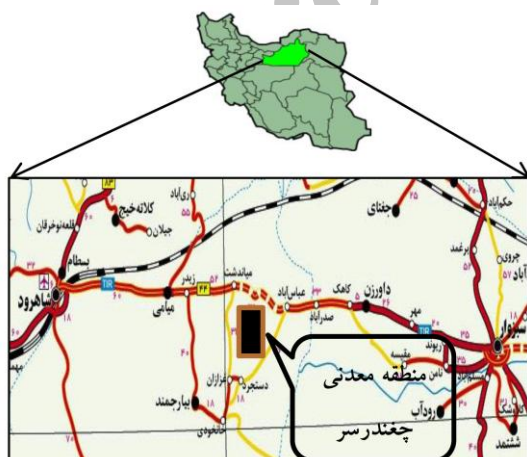
مناسب است. به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهند که این گونه‌های بومی را می‌توان برای گیاه‌پالایی مناطق آلوده به فلزات سنگین مس و سرب و روی استفاده کرد [۳۵]. نتایج نشان می‌دهد که به‌طور کلی گیاهانی که در مناطق معدنی رشد مناسبی دارند، با توجه به تجمع بالای فلزات سنگین در خاک این مناطق و در نتیجه در پیکره آن‌ها، می‌توانند گزینه‌های مناسبی برای گیاه‌پالایی در خاک مناطق صنعتی حاوی فلزات سنگین با شرایط مشابه اقلیمی در نظر گرفته شوند [۳۶].

با توجه به اهمیت ارزیابی تأثیر کانسارهای فلزی و معادن فلزی متروکه بر خاک و گیاهان منطقه، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر کانسار و معدن متروکه مس چغندر سر واقع در منطقه عباس آباد بر غلظت سرب، روی، مس، منگنز و نیکل در خاک و گیاهان بومی منطقه معدنی پایه-گذاری شد.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

### ۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه

کانسار مس (معدن متروکه) چغندر سر در استان سمنان در منطقه عباس آباد، در ۱۳۵ کیلومتری جاده شاهرود به سبزوار واقع شده است (شکل ۱). منطقه مطالعاتی با وسعت ۲۸ کیلومتر مربع بین عرض‌های جغرافیایی ۱۱° ۱۲' ۵۶° تا ۱۵' ۱۲' ۵۶° شمالی و طول‌های جغرافیایی ۳° ۱۸' ۳۶° تا ۳° ۲۲' ۳۶° شرقی قرار می‌گیرد.



شکل ۱: نقشه راه‌های دسترسی به منطقه [۳۷]

### ۲-۲- ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه

فلزات به میزان ۴/۶، ۲/۲، ۲ و ۱/۷ برابر غلظت زمینه در منطقه مورد مطالعه شده است [۳۳].

شاخص‌های زیستی مختلفی برای برآورد تمرکز و تجمع زیستی فلزات در گیاهان توسط محققین بررسی و ارائه شده‌است. محققین طی تحقیقی نمونه‌هایی از باطله و گیاهان بومی منطقه را در معدن متروکه مس Rakha واقع در ایالت Thankhand هند برداشت و پس از بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی برای تعیین میزان تجمع فلزات سنگین در گونه‌های گیاهی بومی، علف‌ارزنی، درنه سرخه، آمانیا و کرفو را آنالیز کردند. نتایج نشان داد که باطله‌ها غلظت‌های 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 از منگنز در ریشه و اندام‌های هوایی نسبت به چهار گونه داشت. بالاترین غلظت متوسط مس (۱۶۱۳ mg/kg) در بافت‌های زیرزمینی گونه آمانیا مشاهده شد. گونه علف‌ارزنی مقادیر بیشتری از مس و نیکل در اندام‌های هوایی خود نسبت به سایر گونه‌ها داشت. محاسبه فاکتور انتقال (نسبت غلظت فلز در ساقه به ریشه گیاه) نشان داد که میزان فاکتور انتقال تمامی نمونه‌های گیاهی برای منگنز بیش از ۱ و فاکتور انتقال روی برای گونه علف‌ارزنی کمتر از یک (تجمع بیشتر فلز در ریشه نسبت به ساقه) 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 [۳۴].

یون و همکاران غلظت کل فلزات سنگین در ۳۶ نمونه گیاهی از ۱۷ گونه متفاوت و خاک پای گیاهان را برای بررسی پتانسیل گیاه‌پالایی این گونه‌های بومی در شمال غرب منطقه Jacksavile فلوریدا بررسی کردند. این بررسی با محاسبه فاکتور انتقال<sup>۹</sup> و فاکتور تمرکز زیستی<sup>۱۰</sup> برای گونه‌های گیاهی انجام شد. گیاهان با تمرکز زیستی بیشتر از یک و فاکتور انتقال کمتر از یک به-عنوان گونه‌های مورد استفاده در تثبیت فلزات سنگین در محیط در نظر گرفته شد. محاسبه فاکتور انتقال مس (TF:12) و روی (TF: 6.3) در گیاه شاه‌پسند این گونه را برای تثبیت گیاهی این فلزات مؤثر دانست. محاسبه فاکتور تمرکز زیستی برای گیاه کوشاد نشان داد که این گونه برای زیست تثبیت محل‌های آلوده به سرب و مس و روی



شکل ۲: ساخت مگاپورفیری در تراکی آندزیت



شکل ۳: زئولیت و ملاکیت در تراکی آندزیت

نتایج مطالعات کانی‌شناسی، حضور کانیه‌های مس کالکوسیت، دژنیت، بورنیت، کولیت، مس ناتیبو، ملاکیت و آزوریت را بصورت اولیه و ثانویه در انواع سنگ‌های آندزیتی \_ بازالتی، تراکیتی و توف را نشان می‌دهد. وجود میانبارهای اکسیدهای آهن مگنتیت و هماتیت بصورت پراکنده در کالکوسیت نشان می‌دهد که در زمان تشکیل کانسار درجه حرارت و فوگاسیته اکسیژن بالا بوده‌است (شکل ۴).

بررسی داده‌های لیتوژئوشیمیایی و پارامترهای تکتونوماگمایی، نشان می‌دهد که این کانسار در نوعی ریفت درون قاره‌ای تشکیل شده است که طی آن ماگمای شوشونیتی از قسمت‌های عمیق به سمت بالا جایگزین شده و منجر به کانه‌زایی از نوع مانتو و پایپ شده است [۴۰].

مطالعات زمین‌شناسی عمومی منطقه نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه در تقسیم‌بندی ساختاری ایران از نظر آقانباتی (۱۳۸۳) بخشی از نوار آتشفشانی ایران مرکزی را شامل می‌شود که در لبه شمالی زون ایران مرکزی (شرق استان سمنان) قرار دارد. بررسی نقشه زمین‌شناسی چغندرسر (شکل ۲) نشان می‌دهد که واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه شامل سنگ‌های آذرین آتشفشانی با ترکیب بازیگ تا حدواسط (تراکی بازالت، تراکی آندزیت بازالتی و تراکی آندزیت) و واحدهای آتشفشانی \_ رسوبی (شیل و ماسه‌سنگ توفی و آهک نومولیت دار و ماسه سنگ قرمز، متعلق به محیط رسوبی کم عمق تا نیمه عمیق می‌باشند [۳۸]. برخی از نمونه‌های سنگ‌های منطقه در اشکال ۲ و ۳ آورده شده است.

مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی منطقه نشان می‌دهد که کانسار مس چغندرسر به صورت رگه‌ای، رگچه‌ای، جایگزینی است. حضور مس در این کانسار اغلب به صورت کانی‌های کالکوسیت و ملاکیت است که در آندزیت‌های خاکستری قرار دارند، همچنین اشکال دیگر مس چون مس خالص و میانبارهای بورنایت و کوپریت که جایگزین کالکوسیت شده‌اند، در منطقه مشاهده می‌شود. کانی باطله کانسار کلسیت است و عیار مس کانسار ۲/۲۳٪ تخمین زده شده‌است. مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی منطقه نشان می‌دهد که کانسار مس چغندرسر به صورت رگه‌ای، رگچه‌ای، جایگزینی است. حضور مس در این کانسار اغلب به صورت کانی‌های کالکوسیت و ملاکیت است که در آندزیت‌های خاکستری قرار دارند همچنین اشکال دیگر مس چون مس خالص و میانبارهای بورنایت و کوپریت که جایگزین کالکوسیت شده‌اند، در منطقه مشاهده می‌شود. کانی باطله کانسار کلسیت است و عیار مس کانسار ۲/۲۳٪ تخمین زده شده‌است [۳۹].

شرایط وزش باد در منطقه به نحوی است که از چهار سو مورد وزش باد قرار می‌گیرد [۴۲]. پوشش گیاهی منطقه اغلب شامل بوته‌ها و درختچه‌های کوتاه است که مقاوم به خشکی هستند [۴۱]. پوشش گیاهی غالب منطقه، تیپ قیچ و درمنه است [۴۳].

### ۳- مواد و روش‌ها

#### ۳-۱- نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌ها

نمونه‌های سنگ با توجه به تنوع سنگی و فراوانی در منطقه از انواع سنگ‌های بازالت و تراکی بازالت در محدوده معدن متروکه برداشت شد.

برای بررسی تأثیر منطقه معدنی متروکه مس چغندر سر بر آلودگی خاک منطقه، سه ایستگاه نمونه برداری برای خاک و گیاه شامل: محل بالادست منطقه معدن کاری متروکه (شاهد)، منطقه معدن کاری متروکه و پائین دست منطقه معدن کاری متروکه انتخاب شد. مناطق نمونه- برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه در شکل ۵ نشان داده شده است. همچنین با هدف ارزیابی تأثیر حضور کانسار مس بر تجمع فلزات سنگین در گونه‌های گیاهی بومی منطقه، با توجه به تراکم و تاج پوشش و فراوانی گونه‌ها، پنج گونه گیاهی شامل اسپند، درمنه دشتی، افدرا، قیچ و کاروانکش برای بررسی انتخاب شد.

برای تهیه نمونه‌های گیاه، ۱۵ نمونه در هر منطقه و از هر گونه گیاهی پنج نمونه برداشت شد. اندام‌های هوایی و زمینی نمونه‌های گیاهی پس از برداشت و شستشوی کامل با آب معمولی و سپس با آب مقطر، تفکیک شدند. نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و نمونه‌ها به تفکیک اندام هوایی و زمینی به قطعات ریزتر تقسیم و در دستگاه 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. نمونه‌ها برای آنالیز با دستگاه جذب اتمی به آزمایشگاه شیمی دامغان برای تعیین غلظت عناصر فرستاده شد. فلزات سنگین شامل مس، سرب، روی، نیکل و منگنز با توجه به غلظت آن‌ها در خاک، نحوه تغییرات و توزیع در خاک منطقه و تحقیقات پیشین صورت پذیرفته در ارتباط با ارزیابی تأثیر حضور کانسار مس بر غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه، برای ارزیابی‌های آتی در این تحقیق، انتخاب شد.



شکل ۴: دگرسانی اکسید آهن

ژئومورفولوژی منطقه متأثر از آب و هوا، جنس سنگ‌ها و فعالیت‌های تکتونیکی است و شامل تپه‌هایی با شیب ملایم تا متوسط و کوه‌های نسبتاً مرتفع است. رسوبات آبراه‌های شیلی و سیلت استونی در مناطق کم ارتفاع و پست مشاهده می‌شود. منطقه چغندر سر مورفولوژی ملایم و کم ارتفاع دارد که بلندترین نقطه آن در منطقه قله سیاه کوه با ارتفاع ۱۲۹۹ متر در نزدیکی معدن متروکه چغندر سر است [۴۱].

خروج محلول‌های حاوی کربنات مس از طریق گسل‌ها و شکستگی‌ها در اثر فعالیت‌های تکتونیکی، سبب کانه‌زایی مس در سنگ‌های تراکی آندزیتی شده است. شکستگی‌هایی که محل عبور سیال هستند سنگ‌هایی با بافت پورفیری دارند. این شکستگی‌ها به رنگ‌های سبز و قرمز دیده می‌شوند و اثرات حرکات تکتونیکی (اثر خش لغزش) در آن‌ها دیده می‌شود. رگه‌های کلسیتی در اثر عملکرد گسل در محل دهانه تونل و کنده‌کاری‌های قدیمی و ورود سیالات به فضاهای باز ایجاد شده، تشکیل شده است. منطقه از لحاظ تکتونیکی فعال بوده و شکستگی‌های مزدوج فراوان دارد که در اثر عملکرد این شکستگی‌ها و نیز گسل‌ها، الگوی زهکشی منطقه به صورت داربستی است [۴۱].

#### ۳-۲- اقلیم و پوشش گیاهی منطقه

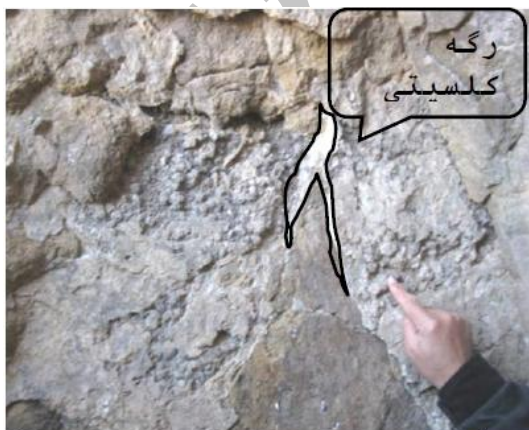
این منطقه از لحاظ آب و هوایی دارای آب و هوای خشک است و میزان بارش سالانه به کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر است. به دلیل عدم وجود آب کافی در این منطقه تولید محصولات کشاورزی به گونه‌ای محدود امکان‌پذیر است و دامداری و دامپروری نیز بندرت در منطقه دیده می‌شود.



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

نمونه‌های خاک			پارامتر
منطقه شاهد (بالادست منطقه معدنی متروکه)	منطقه معدنی متروکه	منطقه پائین دست منطقه معدنی متروکه	
۹۸	۷۱۲۲	۵۷	Cu (mg/kg)
۲۰	۳۴	۲۰	Pb (mg/kg)
۶۵	۹۶	۶۹	Zn (mg/kg)
۸۷	۵۳	۷۰	Ni (mg/kg)
۸۴۶	۱۰۲۳	۷۸۴	Mn (mg/kg)
۸/۳۹	۸/۵۰	۸/۳۹	pH
۸۹/۸	۲۷۷	۱۲۴/۵	EC ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )
۱۱/۱۱	۱۵/۳۳	۱۳/۶۵	CEC (meq/100g)
۳/۲۴	۵/۹۴	۴/۴۱	CaCO <sub>3</sub> %
۲/۸۶	۳/۲۸	۳/۸۸	ماده آلی (%)
۸۸	۸۲/۴	۹۱/۸۷	ماسه (%)
۵	۵/۱	۱/۲	سیلت (%)
۶/۹۱	۱۲/۵	۶/۹۳	رس (%)
ماسه لومی	لوم ماسه‌ای	ماسه‌ای	بافت خاک

مقادیر بالای pH را می‌توان به وجود رگه‌های کلسیتی موجود در کانسار نسبت داد (شکل ۶). از آنجا که مقدار CaCO<sub>3</sub> % نمونه‌های خاک در گستره (۱۰-۲)٪ قرار می‌گیرد، بر طبق FAO(2006) نمونه‌های خاک، جزء خاک‌های آهکی است.



شکل ۶: رگه‌های کلسیتی موجود در کانسار

به‌طور کلی مقادیر EC در خاک منطقه پائین است. بالاتر بودن EC در خاک منطقه معدنی متروکه نسبت به دو

جدول ۱ و جدول ۲ به ترتیب غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های سنگ برداشت شده و غلظت عناصر و مقادیر سایر پارامترهای فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک آورده شده است.

با مقایسه متوسط غلظت عناصر در سنگ و نمونه‌های خاک نتیجه می‌گیریم که غلظت عناصر سنگین مورد بررسی شامل مس، سرب، روی و نیکل در نمونه‌های خاک منطقه معدنی متروکه، بیشتر از غلظت آن‌ها در نمونه‌های سنگ است. این امر نشان می‌دهد که این عناصر در طی فرایندهای هوازدگی، شستشو، انحلال و دگرسانی از سنگ منشأ گرفته و به دلیل بارش کم و پائین بودن انحلال پذیری آن‌ها در pH قلیایی در خاک متمرکز شده‌اند.

به‌طور کلی با توجه به نتایج، بالاترین غلظت عناصر مس، سرب، روی و منگنز در خاک منطقه معدنی متروکه مشاهده می‌شود که این امر تأثیرگذاری حضور کانسار مس و سنگ‌های آتشفشانی حاوی مس را بر توزیع این عناصر در خاک منطقه نشان می‌دهد. همچنین مقایسه غلظت عناصر در منطقه شاهد با منطقه معدنی متروکه و پائین دست معدن متروکه نشان می‌دهد که با فاصله گرفتن از منطقه معدن کاری به سمت پائین دست، غلظت این عناصر کاهش یافته و به غلظت آن در منطقه شاهد نزدیک می‌شود که تأییدی مجدد بر تأثیر منطقه معدنی متروکه بر کیفیت خاک منطقه است. بررسی تأثیر معدن مس سرچشمه بر پراکنش عناصر سنگین در خاک، نیز نشان از افزایش غلظت فازات مس، مولیبدن، سرب، منگنز، کروم و روی در خاک منطقه را دارد که این امر تأکیدی بر صحت نتایج این تحقیق است [۴۷].

جدول ۱: متوسط غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های سنگ بر حسب (mg/kg)

نمونه‌های سنگ	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn
بازالت	۲۰۱/۲	۱۶	۶۷/۲	۲۳	۹۶۹/۸
تراکی بازالت	۱۳۰/۶	۱۷/۶	۸۴	۲۲/۷	۱۰۴۰/۶

خاک منطقه مورد مطالعه در این تحقیق شرایط قلیایی را دارد و این امر محیط مناسبی برای رسوبگذاری فلزات سنگین را مهیا ساخته و عامل مهمی در تمرکز فلزات سنگین در خاک محسوب می‌شود.



شاهد و منطقه معدنی متروکه) بیشتر است که این امر نشان‌دهنده تحرک بالای این عناصر در گیاه اسپند است. در حالی که در همین گیاه اغلب غلظت مس و نیکل در اندام‌های هوایی نسبت به اندام‌های زمینی آن کمتر است. **درمنه:** فلزات منگنز، نیکل، روی و مس را بیشتر در اندام‌های زمینی و سرب را در اندام‌های هوایی خود مجتمع کرده است.

**افدرا:** غلظت فلزات مورد بررسی در گیاه افدرا قابلیت تمرکز بیشتر فلزات سنگین در اندام‌های زمینی نسبت به اندام‌های هوایی در این گیاه را نشان می‌دهد. مطلب قابل توجه، تجمع یکسان مس در اندام‌های هوایی و زمینی افدرا است. تراکم پوشش گیاهی افدرا با نزدیک شدن به کانسار و معدن متروکه بیشتر می‌شود. البته حضور و تراکم بالای افدرا در مجاورت کانسارهای مس در تحقیقات دیگری نیز تأیید شده است [۴۹].

**قیچ:** فلزات منگنز و نیکل و سرب و روی در گیاه قیچ بیشتر در اندام‌های هوایی مجتمع شده، در حالی که غلظت مس در اندام‌های زمینی آن نسبت به اندام‌های هوایی بیشتر است.

**کاروانکش:** اندام‌های هوایی کاروانکش غلظت بالاتری از عناصر منگنز، نیکل و سرب را نسبت به اندام‌های زمینی نشان می‌دهند. در حالی که فلزات مس و روی بیشتر در اندام زمینی در این گیاه تمرکز دارد.

نتایج مقایسه غلظت فلزات سنگین در گونه‌های بومی را به تفکیک هر فلز می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

**Ni:** تجمع نیکل در اسپند و افدرا بیشتر در اندام زمینی، در قیچ بیشتر در اندام هوایی و در کاروانکش در اندام‌های زمینی و هوایی دیده شده است. بیشترین غلظت نیکل ۱۴ mg/kg در خاک در منطقه شاهد بوده و بالاترین تجمع در اندام زمینی درمنه در منطقه شاهد و در اندام زمینی اسپند در پائین دست منطقه معدن متروکه دیده شده است. تجمع این عنصر در اندام‌های هوایی و زمینی بسته به گونه گیاهی متفاوت است. غلظت نیکل در اندام‌های قیچ در بالادست منطقه معدنی متروکه، در اندام‌های زمینی افدرا و درمنه در منطقه معدن متروکه و در اندام‌های زمینی اسپند در منطقه پائین دست معدن کاری در محدوده بحرانی قرار می‌گیرد. غلظت این عنصر گیاهان سایر مناطق در محدوده نرمال است.

منطقه دیگر نشان از تمرکز بیشتر عناصر در این منطقه می‌باشد که بالا بودن مس، سرب، روی و منگنز در خاک این منطقه نسبت به مناطق دیگر این امر را تأیید می‌کند. درصد رس و مقادیر CEC بطور کلی پائین است. مقادیر CEC محاسبه شده با توجه به جدول ۳ (مقدار CEC انواع کلونیدهای خاک) در گستره (۱۰۰g / meq) ۱۵-۳ قرار می‌گیرد که حاکی از حضور بیشتر کانی رسی کائولن با CEC اندک می‌باشد. بافت خاک منطقه (جدول ۲) نیز این مطلب را تأیید می‌کند.

جدول ۳: مقدار CEC انواع کلونیدهای خاک [۴۸]

نام کلونید	CEC (meq / ۱۰۰ g)
هوموس	۱۰۰-۳۰۰
ورمیکولیت	۸۰-۱۵۰
مونت موریلونیت	۶۰-۱۰۰
ایلیت	۲۵-۴۰
کائولن	۳-۱۵
هیدروکسیدهای آهن، منگنز و آلومینیم	۴

#### ۲-۴- غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های گیاه

چون گیاهان اولین و مهم‌ترین عامل در انتقال فلزات سنگین از خاک به زنجیره غذایی هستند، در این بخش از تحقیق میزان غلظت فلزات سنگین در اندام‌های هوایی و زمینی گیاهان بومی غالب منطقه مطالعه شده است. غلظت فلزات سنگین مورد بررسی به تفکیک اندام هوایی و زمینی در ۵ گونه گیاهی بومی شامل اسپند، درمنه دشتی، افدرا، قیچ و کاروانکش در مناطق نمونه‌برداری به تفکیک در جدول ۴ آورده شده است. حد نرمال و بحرانی عناصر در گیاهان در جدول ۵ آورده شده است.

علت اهمیت میزان غلظت عناصر سنگین در گونه‌های گیاهی مورد مطالعه این است که تمامی گونه‌های مورد بررسی علاوه بر اینکه در منطقه مورد چرای دام واقع می‌شوند، به‌عنوان گیاهان دارویی شناخته شده و برداشت می‌شوند. نتایج بررسی غلظت فلزات در اندام‌های هوایی و زمینی به تفکیک گیاه به صورت زیر است:

**اسپند:** غلظت فلزات منگنز و سرب اغلب در اندام‌های هوایی گیاه اسپند نسبت به اندام‌های زمینی آن (در منطقه

حد نرمال است. غلظت این عنصر در اندام‌های زمینی و هوایی قیچ در منطقه معدنی متروکه و پائین‌دست منطقه معدنی متروکه کمتر از حد نرمال و در سایر نمونه‌ها در محدوده نرمال قرار می‌گیرد.

### ۳-۴ - شاخص‌های بیوزئوشیمیایی

در این بخش از تحقیق، برای تفسیر نتایج تأثیر معدنی متروکه بر پراکنش فلزات سنگین در خاک و گیاهان منطقه از شاخص‌های زیست محیطی ارتباط‌دهنده این پارامترهای استفاده شده است.

**فاکتور تمرکز زیستی:** یکی از فاکتورهای مهمی که برای اندازه‌گیری میزان تمرکز عناصر سنگین در نمونه‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، فاکتور تمرکز زیستی است که از رابطه ۴ بدست می‌آید [۳۵].

$$(4) \quad \text{غلظت عنصر مورد نظر در ریشه گیاه}$$

$$\text{BCF} = \frac{\text{غلظت عنصر مورد نظر در خاک}}{\text{غلظت عنصر مورد نظر در ریشه گیاه}}$$

گونه دارای مقادیر BCF بالا (بیشتر از ۱) برای یک فلز خاص می‌تواند به عنوان گونه تثبیت کننده آن عنصر، در نظر گرفته شود [۳۵]. با توجه به داده‌های جدول ۴، مقدار فاکتور BCF هیچ یک از گونه‌ها برای عناصر مورد بررسی بیشتر از یک نبوده است. در واقع این گونه‌ها را نمی‌توان برای تثبیت گیاهی عناصر مذکور در منطقه مورد استفاده قرار داد.

**Cu:** تجمع مس در اسپند، درمنه، افدرا، قیچ و کاروانکش بیشتر در اندام‌های زمینی این گیاهان دیده شده است که نشان از تحرک کمتر مس در این گیاهان دارد. بیشترین غلظت مس در منطقه معدنی متروکه بوده و بالاترین تجمع در اندام زمینی درمنه ( $52/48 \text{ mg/kg}$ ) در منطقه معدنی متروکه دیده می‌شود. غلظت مس در اندام‌های هوایی و زمینی قیچ و اندام‌های زمینی کاروانکش در منطقه بالادست معدنی متروکه، در اندام‌های زمینی درمنه و کاروانکش در منطقه معدنی کاری و در اندام‌های زمینی درمنه در منطقه پائین‌دست معدنی متروکه در محدوده بحرانی قرار می‌گیرد. غلظت این عنصر در گیاهان سایر مناطق در محدوده نرمال است.

**Pb:** امکان تجمع سرب در گیاه بسیار پائین است و در همه گیاهان چه در اندام‌های هوایی و چه در اندام‌های زمینی کمتر از  $3 \text{ mg/kg}$  می‌باشد. بیشترین تجمع در اندام هوایی قیچ ( $2/76 \text{ mg/kg}$ ) و در اندام هوایی کاروانکش ( $2/3 \text{ mg/kg}$ ) در منطقه دیده شد. این امر انحلال‌پذیری اندک سرب در خاک و امکان ورود اندک آن به گیاه را نشان می‌دهد. غلظت سرب در تمامی نمونه‌های گیاهی در محدوده نرمال است.

**Zn:** تجمع روی در اسپند و درمنه و افدرا و کاروانکش بیشتر در اندام زمینی و در قیچ بیشتر در اندام هوایی دیده شد. بیشترین غلظت روی در منطقه معدنی متروکه است و بیشترین تمرکز روی در این منطقه در اندام زمینی اسپند ( $23/2 \text{ mg/kg}$ ) و در اندام زمینی درمنه ( $\text{mg/kg}$ ) دیده شد. بنابراین می‌توان گفت که در ۵ گونه گیاهی مورد بررسی بیشترین تمرکز روی در اندام‌های زمینی است. غلظت روی در اندام‌های هوایی اسپند در منطقه شاهد در محدوده نرمال قرار می‌گیرد و در سایر نمونه‌ها زیر حد نرمال است.

**Mn:** تجمع منگنز در درمنه و افدرا بیشتر در اندام‌های زمینی و در اسپند، قیچ و کاروانکش در اندام‌های هوایی دیده شد. بالاترین مقدار منگنز در خاک منطقه معدنی متروکه و بیشترین تمرکز در درمنه در اندام زمینی ( $100/8 \text{ mg/kg}$ ) و در اسپند در اندام هوایی ( $\text{mg/kg}$ ) دیده شد. بیشتر گونه‌های مورد بررسی تمایل به تمرکز منگنز در اندام‌های هوایی دارند. غلظت منگنز در اندام‌های زمینی درمنه در منطقه معدنی متروکه بیش از

جدول ۴: غلظت عناصر سنگین (mg/kg) در گونه های گیاهی به تفکیک اندام های هوایی و زمینی

عنصر	اسپند		درمنه		افدرا		قیچ		کاروانکش	
	زمینی	هوایی	زمینی	هوایی	زمینی	هوایی	زمینی	هوایی	زمینی	هوایی
Ni	۵/۲۰	۶/۰۸	۴/۰۸	۵/۶	۸/۴	۸/۴	۱۲/۴	۵/۲	۶/۴	۸/۴
Cu	۸/۴	۱۲	۸/۸	۱۴/۴	۱۱/۶	۱۲	۲۴/۸	۲۴/۸	۱۷/۲	۲۴/۸
Pb	۱/۴۸	<۰/۴۴	۱/۱۲	۱/۰۴	۲/۲۸	۱/۳۲	۲/۷۶	۰/۶۸	۱/۱۲	۱/۴۸
Zn	۲۷/۲	۱۷/۲	۱۰	۹/۲	۱۳/۲	۱۱/۶	۱۴/۴	۸	۱۰/۸	۱۲
Mn	۷۷/۲	۵۸	۳۱/۶	۵۰/۸	۴۲/۴	۵/۲	۳۱/۲	۲۰	۳۰	۲۱/۲
Ni	۶/۵	۵/۶	۵/۲	۱۴	۵/۲	۱۰/۸	۶/۴	۷/۵	۸/۵	۴/۸
Cu	۱۵	۱۵/۲	۱۸/۴	۵۲/۴۸	۱۲/۴	۱۵	۱۲/۴	۱۵	۱۵/۵	۲۶/۵
Pb	۱/۲	۰/۴۴	۱/۳۶	۰/۴۸	۱/۱۶	۱/۴۸	۱/۲۸	<۰/۴۴	۱/۸۵	۱/۷۶
Zn	۱۱/۵	۲۳/۲	۱۱/۲	۲۱/۲	۱۱/۲	۱۶/۴	۱۸/۸	۹/۵	۱۳/۵	۱۵/۶
Mn	۵۶	۴۳/۶	۳۵/۲	۱۰۰/۸	۳۳/۲	۴۲	۱۰	۷/۵	۲۳/۵	۱۶/۸
Ni	۵/۶	۱۴	۵/۶	۹/۶	۴/۴	۶/۵	۹/۶	۵/۶	۵/۵	۴/۴
Cu	۱۶	۱۹/۲	۱۰/۴	۲۰	۱۴/۴	۱۴	۱۶/۸	۱۷/۶	۱۷	۱۰
Pb	۱/۷۶	۱/۴۸	۱/۷۲	۰/۶	۱	۱/۹	۱/۴۴	۱/۰۸	۲/۳	<۰/۴۴
Zn	۱۱/۶	۱۸/۴	۸/۸	۲۱/۲	۱۰/۴	۲۶	۱۳/۲	۸/۸	۱۸/۵	۱۰
Mn	۳۱/۶	۹۲	۲۹/۶	۴۳/۶	۱۹/۶	۲۱	۱۱/۲	۱۰/۸	۶۰	۱۶

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

حد غلظت	Ni	Cu	Pb	Zn	Mn
نرمال	۰/۰۲-۵ <sup>۰</sup>	۵-۲۰ <sup>۰</sup>	۰/۲-۵ <sup>۰</sup>	۳۷-۱۰۰ <sup>۱</sup>	۱۵-۸۰ <sup>۰</sup>
بحرانی	۱۰-۱۰۰ <sup>۰</sup>	۲۰-۱۰۰ <sup>۱</sup>	۳۰-۳۰۰ <sup>۰</sup>	۱۰۰-۴۰۰ <sup>۰</sup>	۵۰۰ <sup>۱</sup>

1- Kabata-Pendias and Pendias. 2001.  
50- Alloway. 1990.

حاکم بر گونه گیاهی از جمله عوامل اصلی در تعیین مقادیر این پارامتر می باشند [۳۵].

مقادیر TF محاسبه شده برای گیاهان منطقه (جدول ۶) نشان می دهد که اسپند، درمنه، قیچ و کاروانکش امکان تجمع بیشتر سرب در اندام های هوایی (تقریباً ۲ برابر) نسبت به اندام های زمینی خود دارند. مقادیر TF همه گونه های مورد بررسی در ارتباط با مس کمتر از ۱ بوده که این امر تحرک پذیری اندک این عنصر در گیاهان را نشان می دهد. مقادیر TF در گونه های گیاهی مورد بررسی بجز قیچ و کاروانکش در ارتباط با عنصر نیکل کمتر از ۱ می باشد. بالاترین مقدار انتقال فلز از اندام های زمینی به اندام های هوایی در گیاه افدرا برای عنصر منگنز (TF= 3.29) دیده شد.

**فاکتور انتقال :** این فاکتور جهت ارزیابی توانایی گیاه در انتقال فلز از ریشه به ساقه مورد استفاده قرار می گیرد، این فاکتور با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می شود [۳۴].

$$TF = \frac{\text{غلظت عنصر سنگین در اندام هوایی}}{\text{غلظت عنصر سنگین مورد نظر در اندام زمینی}} \quad (5)$$

غلظت عنصر سنگین مورد نظر در اندام زمینی

مقادیر کمتر از ۱ برای فاکتور انتقال نشان از تمایل بیشتر گیاه به تجمع عنصر در اندام های زمینی نسبت به اندام هوایی و در واقع تحرک کم عنصر در اندام های گیاهی دارد. انحلال پذیری عنصر در مایعات بافتی و متابولیسم

## جدول ۶: متوسط مقادیر فاکتورهای

تمرکز زیستی و فاکتور انتقال در گیاهان مورد مطالعه در منطقه ( شامل منطقه شاهد ( بالادست منطقه معدنی متروکه )، منطقه معدنی متروکه، پائین دست منطقه معدنی متروکه

فلز	اسپند		درمنه		افدرا		قیچ		کاروانکش	
	BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF
Ni	۰/۱۲	۰/۸۰	۰/۱۵	۰/۵۶	۰/۱۳	۰/۷۲	۰/۰۹	۱/۶۴	۰/۰۸	۱/۳۶
Cu	۰/۱۵	۰/۸	۰/۱۶	۰/۴۹	۰/۱۲	۰/۹۴	۰/۱۸	۰/۹۲	۰/۱۴	۰/۹۹
Pb	۰/۰۳	۲/۴۲	۰/۰۳	۲/۲۶	۰/۰۶	۱/۰۱	۰/۰۳	۲/۷۶	۰/۴۸	۲/۳۴
Zn	۰/۲۵	۰/۹	۰/۲۲	۰/۶۸	۰/۲۳	۰/۷۴	۱/۱۰	۱/۷۶	۰/۱۶	۱/۳۰
Mn	۰/۰۷	۰/۹۸	۰/۰۶	۰/۵۵	۰/۰۲	۳/۲۹	۰/۰۱	۱/۳۱	۰/۰۹	۲/۱۹

## ۵- نتیجه گیری

بالاترین غلظت مس، سرب، روی و منگنز در خاک منطقه معدنی متروکه مشاهده می‌شود که این امر تأثیرگذاری حضور کانسار مس و سنگ‌های آتشفشانی حاوی مس و معدن متروکه را بر توزیع این عناصر در خاک منطقه نشان می‌دهد. غلظت نیکل در منطقه معدنی متروکه کاهش یافته و بیشترین غلظت در منطقه شاهد است که دلیل این امر را می‌توان حضور بیشتر الیوین در الیوین تراکی در بازالت‌های منطقه دانست. مقادیر بالاتر pH و  $CaCO_3$  در منطقه معدن کاری قدیمی مشاهده می‌شود که به علت وجود رگه‌های کلسیتی موجود در کانسار است. مقادیر CEC و EC بطور کلی در خاک منطقه پائین است. بررسی غلظت فلزات در اندام‌های هوایی و زمینی گونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که غلظت فلزات منگنز و سرب در اندام‌های هوایی گیاه اسپند نسبت به اندام‌های زمینی آن بیشتر است که این امر نشان‌دهنده تحرک خوب این عناصر در گیاه اسپند است، در حالی که غلظت مس و نیکل در اندام‌های هوایی نسبت به اندام‌های زمینی آن کمتر است. گیاه درمنه فلزات منگنز، نیکل، روی و مس را بیشتر در اندام‌های زمینی و سرب را در اندام‌های هوایی خود مجتمع کرده است.

غلظت فلزات مورد بررسی در گیاه افدرا تمرکز بیشتری را در اندام‌های زمینی نسبت به اندام‌های هوایی نشان می‌دهد. فلزات منگنز و نیکل و سرب و روی در گیاه قیچ بیشتر در اندام‌های هوایی مجتمع شده، در حالی که غلظت مس در اندام‌های زمینی آن نسبت به اندام‌های هوایی بیشتر است. اندام‌های هوایی کاروانکش غلظت بالاتری از عناصر منگنز، نیکل و سرب را نسبت به اندام‌های زمینی نشان می‌دهند، در صورتی که فلزات مس و روی بیشتر در اندام زمینی کاروانکش تمرکز دارد. بیشترین میزان فاکتور انتقال مربوط به عنصر منگنز در افدرا (۳/۲۹) بیشترین میزان فاکتور تمرکز زیستی مربوط به عنصر سرب در کاروانکش (۰/۴۸) است.

## ۶- تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای مهندس جعفری، کارشناس محترم سازمان حفاظت محیط زیست استان سمنان مستقر در ایستگاه تحقیقاتی عباس آباد به سبب کمک‌های بی دریغشان قدردانی نمایند.

[17] Alipoor, S.; 2005; "*Basics of biogeochemical exploration in the discovery of mineral deposits and environmental studies*". Urmia University Press. 319 pages.

[18] Seo .K.W, Son.Y., Rhoades.Ch.C., Noh. N. J., Koo.J.W., Kim.J.G; 2008; "*Seedling Growth and Heavy Metal Accumulation of Candidate Woody Species for Revegetating Korean Mine Spoils*". Restoration Ecology, Vol. 16(4): p. 702-712.

[19] Lee, S., Usman, A. R. A., Abdel-Azeem, S.A.M., Awad, Y. M., Kim, M., Ham, K., Lim, J., Yang, J. E., Lee, S. S., Ok. Y. S; 2011; "*Risk Assessment and Phytoremediation Potential of Native Plant Species for Soils Contaminated with Cr, Cu and As in Gangwon Province, Korea*". Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences, Vol. 23 (1): p. 22-33.

[20] Jung, M.CH; 2008; "*Heavy Metal Concentrations in Soils and Factors Affecting Metal Uptake by Plants in the Visinity of a Korean CU-W Mine*". Sensors, Vol. 8: p. 2413-2422.

[21] Selinus,O. , Alloway, B., Centeno, J., Finkelman, R., Fug, R., Lindh, U., Smedley, P; 2005; "*Essential of Medical Geology*". Elsevier Academic Press, USA, p. 812 .

[22]Thronton, L; 1999; "*Bioavailibility of trace metals in the food chain*", 2<sup>nd</sup> Int, Vetiver Conf, Bangkok, Thailand.

[23] Reichman, S. M; 2002; "*The Responses of Plants to Metal Toxicity: A review focusing on Copper, Manganese and Zinc*", Australian Minerals & Energy Environment Foundation, Published as Occasional Paper No.14,ISBN 1-876205-13-X.

[24] Kabata-Pendias,A., and Mukherjee, A.B; 2007; "*Trace elements from soil to human*". New York, Springer.

[25]Wislocka, M., Krawczyk, J., Klink. A., Morrison.L; 2006; "*Bioaccumulation of Heavy Metals by Selected Plant Species from Uranium Mining Dumps in the Sudety Mts., Poland*". Polish J. of Environ. Stud, Vol. 15( 5), p. 811-818.

[26]-Holoubek. I., Korinek.p., Sed.A. z., Schneiderova .E., Holoubkova. I., Pacl. A., Trisha. J., Cuddling P., Caslavsky.J; 2000; "*The use of Mosses and Pine needles to Detect Persistent organic Pollutants at Local and regional Scales*". Environ. Pollut, Vol. 109 (2): p. 283-292.

[27] Iwasaki K.,Tsuji. M., Sakurai. K;1997; "*Fractionation of Copper and Manganese in Agriculture Soils near an Abandoned Copper Mine*". Soil Sci Plant Nutr, Vol. 43(1): p.157-169.

[28] Manab, D., Maiti. S. K; 2008; "*Comparison between availability of heavy metals in dry and wetland tailing of an abandoned copper tailing pond*". Environ Monit and Assess, Vol. 137: p. 343-350 .

[29] Mohamadkhani Deh Abasi, M., Fekri, M., Sarcheshmehpoor,M.;2011;"Cu and Zn concentrations in shoot and root of Artemisia in the soil contaminated Lashkar heights Sarcheshmeh

## مراجع

[1] Kabata-Pendias, A. and Pendias, H; 2001; "*Trace elements in soils and plants*". 3<sup>rd</sup> ed. CRC Press, LLC, Boca Raton, 413 pp.

[2] Abrahams, PW; 2002; "*Soils: their implications to human health*". The Science of the Total Environment, Vol. 291: p.1-32.

[3] Chen, T.B., Wong, J.W.C., Zhou, H.Y; 1997; "*Assesment of trace metal distribution and contamination in surface soil of Hong Kong*".,Environmental Pollution, Vol. 96: p.61-68.

[4] Mohamadi, M., Shirvani Mahanim S., Haghnia, Gh; 2006;"*Radishes and cress and study compared absorption of zinc and cadmium in their interactions*", Conference on soil, environment and sustainable development, Tehran.

[5] Aykol, A., Budakoglu, M., Kumral, M., Gultekin, A.H., Turhan, M., Esenli, V., Yavuz, F., Orgun, Y; 2003; "*Heavy metal pollution and acid drainage from the abandoned Balya Pb-Zn sulfide mine, NW Anatolia, Turkey*", Environmental Geology, Vol. 45: p. 198-208.

[6] Jarup, I;2003; "*Hazards of heavy metal contamination*", British Medical Bulletin, Vol. 68: p.167-182.

[7] Balmaki, B., et al.;2009; "*Research and environmental monitoring of mining Baba Ali in Bahar city*" Third Conference and specialized exhibition of environmental engineering, Tehran.

[8] Khosrotehrani, Kh.;2004; "*Geological Survey of Iran*"; Payam Noor University. Tehran.

[9] Ghorbani, M.; 2008; "*Economic geology (mineral deposits and signs Iran)*". Arian Zamin. Tehran.

[10] Siegel, F. R;2002; "*Environmental geochemistry of potentially toxic metals*". springer, p. 218.

[11] Berti, W. R. and Cunningham, S.D;2000; "*Phytostabilization of metals.in: Raskin I, Ensley BD(Eds).Phytoremediation of toxic metals using plant to clean up the environment*". John Willey & Sons, Inc., New York, p. 71-88.

[12] Kabata-Pendias, A; 2004; "*Soil-Plant transfer of trace elements – an environmental tissue*". Geoderma, Vol. 122: p. 143-149.

[13] Adriano, D.C.,Wenzel,W.W.,Vangronsveld ,J., Bolan,N.S; 2004; "*Role of assisted natural remediation in environmental cleanup*". Geoderma, Vol. 122: p. 121-142.

[14] Taiz, L. and E. Zeiger; "*Plant Physiology*", 4<sup>th</sup> ed; 2006; Sinauer associates,Inc., Publishers,U.S.A.

[15] Stevenson, F. J. and Fitch, A; 1981; "*Reaction with organic matter. In: Copper in soils and plants*", J. F. Loneragan, A. D. Robson and R. D. Graham,eds. Academic Press, New York, p. 69-95.

[16] Marschner, H; 2005; "*Mineral Nutrition of Higher plants*". Vol. I, translated by B. Kholdebarin, T. Eslamzadeh. Dept. of Biology, College of Sciences, Shiraz University.

- [40] Tavasoli, A., Lotfi, M.;2007; " *Determination of tectonomagmatic environment Choghondarsar mining area With focus on the mineralization factors (Semnan, northeast Iran)*", Twenty-sixth meeting of Earth Sciences, Tehran, Iran.
- [41] Mousavi Shahroodi, A.; 2009; "*Petrology and geochemistry of the volcanic rocks Choghondarsar (South West Abbas Abad) and mineralization associated with them*". Master thesis. Shahrood University of Technology.
- [42] Environmental Protection Agency report, Abbas Abad district; 2011.
- [43] Qoleno range management plan; 2008; Department of Natural Resources Shahrood.
- [44] Dean, W. E. JR; 1974; " *Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods*". J.sed. Petrol, Vol. 44: p. 242-248.
- [45] U.S. Dept. of Agri;1995; Handb.18.U.S.Govt. Print. Washington, DC., p. 503.
- [46] Malakouti, M. and Homaie, M; 1994; "*Fertility of arid region soils (Problems & solutions)*", Tarbiat Modarres Univ, p. 518.
- [47] Shayestehfar, M., Rezaei, A.; 2011; "*Evaluation of heavy metals contamination and distribution in Sarcheshmeh Copper Mine sediments using geochemical data and statistical analyzes*"; Iranian Journal of Mining Engineering, Vol. 6, No. 15: p. 25-34.
- [48] Miller, R.W. and R.L. Donahue;1990; "*Soils, an Introduction to Soils and Plant Growth*" 6<sup>th</sup> Edn., Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- [49] Pyatt, F. B., Gilmore, G., Grattan, J. P., Hunt, C. O., McLaren, S;2000; "*An Imperial Legacy? An Exploration of the Environmental Impact of Ancient Metal Mining and Smelting in Southern Jordan*", Journal of Archaeological Science, Vol. 27: p. 771-778.
- [50] Alloway, BJ; 1990; "*Heavy metals in soils*", Blakie and son Ltd, London, p. 339
- "Copper Mine". Fifth national conference and exhibition of environmental engineering, Tehran.
- [30] Eslami, A., et al.;2010; "*The determination of trace elements in soils and plants Meydouk Copper Mine*", Twenty nine meeting of Earth Sciences, Tehran, Iran.
- [31] Ostvarzadeh, H., et al.;2010; "*Phytoremediation of heavy metal copper from Sarcheshmeh Copper Mine*", Fourth conference of environmental engineering, Tehran.
- [32] Xiao, W. L., Luo, C. L., Chen, Y. H., Shen, Z. G., Li, X. D; 2008; "*Bioaccumulation of Heavy Metals by Wild Plants Growing on Copper Mine Spoils in China*". Journal of Communications in Soil Science and Plant Analysis, Vol. 39(3-4): p. 315-328 .
- [33] Qin, C., Luo, C., Chen, Y., Shen, Z.;2012, "*Spatial-Based Assessment of Metal Contamination in Agricultural Soils Near an Abandoned Copper Mine of Eastern China*". Bull Environ Contam Toxicol, Vol. 89: p. 113-118.
- [34] Manab, D., Maiti, S. K; 2007; "*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.
- [35] Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., Ma, L.Q;2006; "*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.
- [36] Juárez-Santillán, L.F. Lucho-Constantino. C. A., Vázquez-Rodríguez. G. A., Cerón-Ubilla. N. M., Beltrán-Hernández. R. I.; 2010; "*Manganese accumulation in plants of the mining zone of Hidalgo, Mexico*". Bioresource Technology, Vol. 101: p. 5836-5841.
- [37] *Atlas of the ways of Iran*; 2005.
- [38] Aghanabati, A.; "Iran Geology", Publication of Geological Survey of Iran. 586 pages.
- [39] Reporting of the Geological Survey of Iran, 2011; Abandoned data bank .

<sup>9</sup> TF: Translocation Factor

<sup>10</sup> BCF: Bioconcentration Factor

<sup>11</sup> Electrical Conductivity

<sup>12</sup> Dried weight

<sup>1</sup> Peganum harmala

<sup>2</sup> Artemisia Siberia

<sup>3</sup> Ephedra strpbilacea

<sup>4</sup> Zygophyllum eurypterum

<sup>5</sup> Traphaxis Espinosa

<sup>6</sup> Onopordon acanthinm

<sup>7</sup> Stipagrostis plumose

<sup>8</sup> Artemisia aucheri