بررسی گونه‌های گیاهی برای امکان‌سنجی اکتشاف کرومیت به روش بیوژئوشیمیایی در افیولیت‌های خواجه‌جمالی، نیریز، ایران

سید حسین قطمیری [۱] و سیدمحمدامین آل‌یس [۲*]

[۱] استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، شیراز، ایران
[۲] کارشناس ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۲/ ۰۷/ ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: ۰۲/ ۰۴/ ۱۳۹۴

چکیده

در اکتشاف معادن، بررسی جذب عناصر فلزی توسط گیاهان اهمیت دارد اما اکتشاف بیوژئوشیمیایی در ایران چندان مورد توجه نبوده است. هدف از این پژوهش بررسی گیاهان بومی در محدوده معادن خواجه‌جمالی برای امکان‌سنجی اکتشاف کرومیت و سنجش غلظت عناصر آهن، مس، سرب و نیکل توسط ضریب جذب زیست‌شناختی (BAC) و نیز بررسی و اعتبارسنجی استفاده از نمونه‌های گیاهی شاهد در کنار مطالعه نمونه خاک و با انجام آزمون‌های آماری استاندارد است. ناحیه خواجه‌جمالی جزو نوار افیولیتی آلپی است و در محدوده پهنه راندگی زاگرس قرار گرفته است. واحدهای سنگی در این منطقه بیشتر شامل سنگ‌هایی از توده افیولیتی نیریز است که بیشتر از نوع هارزبورژیت و دونیت هستند و کانه اصلی در آنها کرومیت است. در مطالعات پیشین غلظت عناصر فلزی مورد نظر در خاک منطقه محاسبه و به منظور بررسی میزان جذب پنج عنصر کروم، نیکل، آهن، مس و سرب در گونه‌های گیاهی بادام کوهی، پسته کوهی، باردلنگ، گون کوهی و ریواس، ۲۵ نمونه (از هر گونه گیاهی ۵ نمونه) در منطقه و ۵ نمونه خارج از منطقه به‌عنوان نمونه شاهد (از هر گونه گیاهی یک نمونه) برداشت شده و توسط دستگاه ICP-OES تجزیه شد. ضریب BAC در همه گونه‌های گیاهی مورد مطالعه برای هر پنج عنصر یادشده ضعیف یا بسیار ضعیف محاسبه شد. تحلیل آماری داده‌ها با آزمون‌های Oneway Anova و T-test نشان داد که گون کوهی و باردلنگ برای عنصر سرب و گیاه ریواس برای عنصر نیکل می‌توانند برای پی‌جویی قابل استفاده باشند. این پژوهش پیشنهاد می‌دهد که در مطالعات آینده برای مناطقی که پوشش گیاهی آنها ضریب BAC ضعیفی داشته و یا ضریب BAC در آنجا تعیین نشده است، مقایسه غلظت عناصر در گیاهان منطقه با گیاهان یک ناحیه شاهد به‌عنوان یک ابزار کمکی مدنظر قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: بیوژئوشیمی، کرومیت، عناصر فلزی، خواجه‌جمالی، رویشگاه ایران تورانی، نیریز.

***نویسنده مسئول:** سیدمحمدامین آل‌یس
E-mail: SMAAleyasin66@Gmail.com

۱- پیش‌نوشتار

معادن خواجه‌جمالی در ۱۰۰ کیلومتری شهرستان نیریز و در مختصات جغرافیایی ′۳۰ °۵۳ و ′۰۰ °۵۴ طول خاوری و ′۳۰ °۲۹ و ′۰۰ °۳۰ عرض شمالی قرار دارد. این محدوده در باختر روستای خواجه‌جمالی و شمال خاوری دریاچه طشک جای گرفته است. ابعاد این محدوده تقریباً ۴×۵ کیلومتر بوده و مساحت آن در حدود ۲۰ کیلومتر مربع است؛ که به دلیل پراکندگی بالا و فاصله بسیار زیاد پوشش گیاهی منطقه، توپوگرافی و نیز گسترده بودن محدوده مورد نظر، بررسی‌ها روی دو محدوده ۲/۵×۴ کیلومتری (با فاصله ۲ کیلومتر نسبت به هم) صورت گرفته است (شکل ۱). منطقه خواجه‌جمالی در ادامه نوار جنوبی رشته‌کوه‌های زاگرس جای گرفته است و از دید تقسیمات کشوری در استان فارس قرار دارد.

بر پایه مطالعات انجام شده در گذشته توسط کریمی و همکاران (۱۳۹۱) و مروج (۱۳۹۱) در زمینه بررسی پراکندگی ژئوشیمیایی فلزات سنگین در منطقه، میزان عناصر مورد نظر در خاک این محدوده اندازه‌گیری شده است که در این مطالعه میانگین غلظت آنها با توجه به محل نمونه‌برداری و الگوی پراکندگی عناصر در خاک منطقه، از ۱۵ نمونه خاک به دست آمد. نتایج حاصل از آن نشان می‌دهد میانگین غلظت عناصر به شرح زیر است: کروم ۱۶۳۲/۱ ppm، آهن ۴۱۷۵۰/۳ ppm، مس ۲۰/۳ ppm، سرب ۱۷/۴ ppm و نیکل ۷۶۴/۸ ppm.

در علم گیاه‌شناسی، گیاهانی در سراسر دنیا شناخته شده اند که روی خاک‌های غنی از برخی فلزات رویش و با آن شرایط سازگاری فیزیولوژیکی می‌یابند (Baker, 1981; Baker & Brook, 1989; Kramer, 2010). در واقع گیاه با انحلال و جذب فلزات و دیگر مواد معدنی و غیرآلی، آنها را درون بافت‌های خود متمرکز می‌کند و از این رو می‌تواند به عنوان ابزاری سودمند در اکتشاف منابع زیرزمینی کم‌ژرفا استفاده شود (Sasmaz et al., 2006). توانایی جذب عناصر در گیاهان بسیار متغیر است (فرجندی و باستانی، ۱۳۹۲).

در بیشتر اکتشافات بیوژئوشیمیایی توانایی گیاه در جذب عناصر شیمیایی به وسیله مقایسه میزان غلظت عنصر در گیاه نسبت به غلظت آن در خاک ارزیابی می‌شود که این مطلب توسط محاسبه ضریب جذب زیست‌شناختی (Biological Absorption Coefficient [BAC]) تعیین می‌شود. این ضریب عبارت است از BAC=Cp/Cs که در آن Cp مقدار عنصر در خاکستر گیاه و Cs مقدار همان عنصر در خاک است (Kovalevsky, 1995).

Baker (1981) گیاهان را بر پایه غلظت فلز موجود در بافت‌هایشان نسبت به خاک به سه گروه تقسیم کرده است:

۱) گیاهان اجتنابگر (Excluder) که ضریب BAC خیلی کمی دارند.

۲) گیاهان معرف (Indicator) که در محدوده گسترده‌ای از غلظت فلز محلول، ضریب BAC به نسبت ثابتی دارند.

۳) گیاهان ابرانباشتگر (Hyperaccumulator) که ضریب BAC بسیار بالایی دارند.

Perel′man (1966) نیز گیاهان را بر پایه مقدار ضریب BAC به پنج گروه زیر دسته‌بندی کرده است:

۱)جذب شدید (BAC: 10-100)؛ ۲) جذب قوی (BAC: 1-10)؛ ۳) جذب متوسط (BAC: 0.1-1)؛ ۴) جذب ضعیف (BAC: 0.01-0.1)؛ ۵) جذب خیلی ضعیف (BAC: 0.001-0.01).

گیاهان ابرانباشتگر و اجتنابگر برای پی‌جویی‌ها و اکتشافات به روش بیوژئوشیمیایی بسیار مورد توجه و دارای اهمیت هستند (Jimenez et al., 2011).

هدف از این پژوهش بررسی گیاهان بومی در محدوده معادن خواجه‌جمالی برای سنجش غلظت عناصر کروم، آهن، مس، سرب و نیکل با در نظر گرفتن ضریب جذب زیست‌شناختی (BAC)، و نیز بررسی و اعتبارسنجی استفاده از نمونه‌های گیاهی شاهد در کنار نمونه خاک و انجام آزمون‌های آماری استاندارد به عنوان ابزاری کمکی در مطالعات بیوژئوشیمیایی است.

۲- محدوده مورد مطالعه

۲- ۱. زمین‌شناسی

معادن کرومیت خواجه‌جمالی با توجه به شواهد موجود از نوع آلپی (نیامی) هستند که در ارتباط با ذوب و تبلور بخشی و آمیختگی ماگمایی تشکیل شده‌اند (مقتدری و همکاران، ۱۳۸۲؛ آقانباتی، ۱۳۸۳). مطالعات پیشین روی این منطقه نشان می‌دهد که منطقه توسط کوه‌های اولترامافیکی و آهکی پوشیده شده است و در خاور این ناحیه نیز آبرفت‌های سیلت و رسی دیده می‌شود (شهاب پور، ۱۳۹۰). روند کلی رشته‌کوه‌های این محدوده شمال باختری- جنوب خاوری است که در دامنه به شکل تپه‌های کم‌ارتفاع و به هم پیوسته محدود می‌شوند. همچنین محدوده مورد نظر در یک بازه ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۳۳۰۰ متری قرار گرفته است که پست‌ترین نواحی در حواشی دریاچه طشک و مرتفع‌ترین نقطه قله کوه دالنشین است (درویش‌زاده، ۱۳۸۳). به‌طور کلی واحدهای زمین‌شناسی منطقه شامل سازند سروک، سازند جهرم، پهنه توربیدیتی- رادیولاریتی و پهنه افیولیتی است که بیشتر سنگ‌های این محدوده شامل آهک ستبرلایه تا توده‌ای، آهک دولومیتی (بیومیکریتی تا بیواسپاریتی) به همراه چرت و سیلیس، تناوبی از لایه‌های رادیولاریتی، شیل و کنگلومرا و نیز هارزبورژیت همراه با عدسی‌های کرومیت و دونیت است (مروج، ۱۳۹۱).

از دیدگاه زمین‌ساخت، از بخش‌های شمال خاوری به سوی جنوب باختری این محدوده، پهنه‌های ساختاری همچون پهنه خرد شده زاگرس، پهنه افیولیتی و پهنه توربیدیتی- رادیولاریتی نمایان هستند. چنین تغییراتی در پهنه‌های ساختاری مطابق با کاهش ژرفای نزدیک به ۵۰۰۰ متری در پی‌سنگ نواحی شمال خاوری است. همچنین گستره زمانی واحدهای سنگی منطقه از پرکامبرین تا پلیستوسن زیرین گزارش شده است که این واحدها در پاره‌ای از مناطق توسط نهشته‌های کم‌ستبرای پلیستوسن بالایی و هولوسن پوشیده شده‌اند (یوسفی و کارگر، ۱۳۷۷).

۲- ۲.آب و هوا

این ناحیه در زمستان‌ها آب‌وهوای سرد و در تابستان‌ها، هوایی به نسبت معتدل دارد. در فصول سرد بارش‌های پراکنده در ارتفاعات منطقه رخ می دهد که از آذر ماه شروع می‌شود و میزان سالیانه آن به‌طور متوسط حدود ۳۰۰ تا ۳۷۰ میلی‌متر است. آب‌های حاصل از بارش به‌صورت رودخانه‌های فصلی جریان دارند که سوی آنها جنوب باختری است و بیشتر به دریاچه طشک در نزدیکی این منطقه می‌رسند (مدد، ۱۳۸۲).

۲- ۳. پوشش گیاهی

ناحیه خواجه‌جمالی در بخش کوهستانی رویشگاه ایران- تورانی قرار گرفته است که این رویشگاه بیشتر فلات مرکزی ایران را در بر می‌گیرد و حدود ۱۶/۲۸ درصد از جنگل‌های کشور را در خود جای داده است. هر چند این ناحیه بر اثر شرایط جوی دچار پراکندگی و فاصله زیاد میان درختان شده است اما به دلیل گستردگی بسیار زیادی که دارد، دارای گونه‌های گیاهی گوناگونی است. طولانی بودن فصل خشک و کمی مقدار بارندگی سبب می‌شود نوسان دما در این ناحیه زیاد باشد و به همین دلیل گیاهان ناحیه ایران- تورانی بیشتر به‌صورت کامفیت و کریپتوفیت هستند. این ناحیه در حدود سه چهارم از خاک ایران را اشغال کرده و حدود ۶۹٪ فلور ایران را تشکیل داده است (جوانشیر، ۱۳۵۵).

در منطقه خواجه‌جمالی بیشتر گونه‌های گیاهی به‌صورت درختچه‌ای و درختان کوتاه و بوته‌های علفی هستند. انواع گونه‌ها بیشتر مختص نواحی باختر و جنوب باختری ایران است که حتی برخی گونه‌ها تنها در این محدوده یافت می‌شوند. به‌طور کلی درخت‌ها بیشتر شامل بنه یا پسته کوهی (*Pistacia atlantica*) از تیره Anacardiaceae، بادام کوهی یا بخورک (*Amygdalus* sp.) از تیره Rosaceae و همچنین درختان انجیر (*Ficus carica*) از تیره Moraceae هستند و درختچه‌ها و بوته‌ها بیشتر از نوع نخود کوهی یا چلال (*Astragalus* sp.) از تیره Fabaceae، باردلنگ (*Ebenus stellata*) از تیره Fabaceae، بوته‌های کلاه میرحسن (*Acantholimon* sp.) از تیره Plumbaginaceae و نیز بوته‌های علفی فصلی که در طول سال بیشتر در فصل بهار روییده و در فصول دیگر سال خشک می‌شوند هستند (خاتم‌ساز، ۱۳۷۱؛ اسدی، ۱۳۷۱). همچنین در اوایل فصل بهار در ارتفاعات جنوبی کوه‌های اطراف منطقه گیاه ریواس (*Rheum ribes*) از تیره Polygonaceae در ارتفاع حدود ۲۱۰۰ متری رشد می‌کند که این گونه گیاهی نیز در فصول دیگر سال بیشتر خشک می‌شود. تصویر گیاهان مورد مطالعه در منطقه در شکل ۲ ارایه شده است.

۳- روش مطالعه

۳- ۱. نمونه‌برداری

در این مطالعه بر پایه مطالعات انجام شده روی غلظت عناصر در خاک منطقه توسط کریمی و همکاران (۱۳۹۱) و مروج (۱۳۹۱) و محاسبه میانگین غلظت آنها از ۱۵ نمونه خاک با در نظر گرفتن محل نمونه‌برداری و الگوی پراکندگی غلظت عناصر در خاک منطقه و نیز بهره‌گیری از مطالعات پیشین ژئوشیمیایی، نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و با در نظر گرفتن پراکندگی زیاد پوشش گیاهی منطقه، شبکه نمونه‌برداری با فواصل ۸۰۰ m × ۸۰۰ m طراحی شد (شکل ۱).

در این پژوهش برای بررسی روند جذب عناصر مورد نظر در گیاهان منطقه، ۲۵ نمونه گیاهی از ۵ گونه گیاهی بادام کوهی، پسته کوهی، باردلنگ، گون کوهی و ریواس (از هر گونه پنج نمونه) همراه با ۵ نمونه شاهد از هر یک از گیاهان، مورد مطالعه قرار گرفت که در هر یک از آنها پنج عنصر فلزی (Fe, Cu, Pb, Cr, Ni) بررسی شد. نمونه‌های گیاهی از M۱ تا M۲۵ و پنج نمونه شاهد از R۱ تا R۵ هستند. گونه‌های گیاهی مورد مطالعه به ترتیب شامل بادام کوهی (M۱-M۵)، پسته کوهی (M۶-M۱۰)، باردلنگ (M۱۱-M۱۵)، گون کوهی (M۱۶-M۲۰) و گیاه ریواس (M۲۱-M۲۵) است و نمونه‌های شاهد نیز بنا بر ترتیب یاد شده ارایه شده‌اند. در انتخاب نمونه‌های شاهد دو عامل اصلی مورد توجه بوده است که یکی توجه به اطلاعات موجود از وضعیت زمین‌شناسی منطقه، نقشه‌ها، داده‌های ژئوشیمیایی پیشین و الگوی پراکندگی عناصر در خاک منطقه و دیگری توجه به گسترش رویشگاه گونه‌های گیاهی مورد نظر است. بر پایه این دو عامل، محدوده برداشت نمونه‌های شاهد در فاصله‌ای نسبت به محدوده زمین‌شناسی مورد مطالعه به گونه‌ای انتخاب شد که از محدوده رویش همه گونه‌های گیاهی مورد نظر خارج نشود.

این محدوده در مختصات جغرافیایی ″۱۷ ′۳۶ °۵۳ طول خاوری و ″۲۷ ′۹۲ °۲۹ عرض شمالی جای گرفته و هر ۵ نمونه گیاهی شاهد در گستره حدود ۵۰۰ مترمربعی برداشت شده‌اند (شکل ۹). موقعیت محدوده برداشت نمونه‌های شاهد در تصویر ماهواره‌ای برگرفته از سایت www.maps.google.com است (شکل ۳). نمونه‌برداری گیاهان طی یک دوره عملیات صحرایی در اردیبهشت ۱۳۹۲ انجام شد. زمان برداشت نمونه‌های خاک مطابق با زمان برداشت نمونه‌های گیاه در دوره‌ای یک ساله و همانند انجام گرفته است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱؛ مروج، ۱۳۹۱). برای برداشت دقیق نمونه‌های گیاهی، همه نمونه‌گیری‌ها از بافت سرشاخه و برگ گیاهان صورت گرفت که در این امر، تمایل گیاه به پدیده فتوتروپیسم، مثبت در نظر گرفته شد. بیشتر عناصر فلزی در بخش‌های انتهایی گیاهان (سرشاخه‌ها، پوست و برگ‌ها) متمرکز می‌شوند (علی‌پور، ۱۳۸۴). باید در نظر داشت که رشد قارچ‌ها بر اثر رطوبت روی

بافت گیاه می‌تواند سبب جابه‌جایی عناصر شیمیایی شود که برای جلوگیری از تأثیر رطوبت و دما در تخریب بافت گیاهی، نمونه‌ها به‌صورت جداگانه درون کیسه‌هایی قرار گرفتند و ظرف مدت کمتر از ۷۲ ساعت مراحل آماده‌سازی آن برای ارایه به آزمایشگاه برای تجزیه انجام شد (علی‌پور، ۱۳۸۴). مراحل آماده‌سازی نمونه‌های گیاهی به شرح زیر است:

۱) شستشوی نمونه‌ها توسط آب مقطر برای زدودن هرگونه غبار موجود روی نمونه‌ها.

۲) خشک کردن در دمای تقریبی ۵۰ درجه سانتی‌گراد.

۳) پودر کردن که ابتدا توسط قیچی باغبانی قوی قطعات گیاه خرد و سپس به وسیله دستگاه آسیاب پودر شدند.

۴) خاکستر کردن که نمونه‌های پودر شده پس از توزین توسط ترازوی دیجیتالی دقیق، در بوته‌های چینی نسوز ریخته و درون کوره‌های آزمایشگاهی با دمای ۴۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند (قهرمان، ۱۳۷۳ و علی‌پور، ۱۳۸۴).

باید توجه داشت که شعله مستقیم برای خاکستر کردن نمونه مناسب نیست و سبب می‌شود برخی عناصر فرار در اثر گرمای شعله از محیط خارج شوند. همچنین فضای کوره در هنگام گرمادهی باید ایزوله باشد (علی‌پور، ۱۳۸۴). در پایان، خاکستر حاصل برای انجام تجزیه ICP-OES به آزمایشگاه بخش شیمی دانشگاه شیراز منتقل شد که با روش هضم اسید نیتریک و توسط دستگاه VISTA-PRO CCD Simultaneous ICP-OES اندازه‌گیری شد.

علت استفاده از اسید نیتریک برای انجام فرایند هضم آن است که نیازی به حل نمودن همه مواد آلی در این پژوهش نیست و همچنین این اسید کمترین اختلال را در خطای دستگاهی در روش ICP-OES ایجاد می‌کند. نتایج حاصل از تکرار نمونه‌ها و بررسی نمونه استاندارد با نمودار تناسب طول موج و غلظت، خطای کمتر از ۱ ppm را نشان می‌دهد.

در همه جدول‌ها، ۵ گونه گیاهی برای اختصار با نام‌های Type 1 تا Type 5 نام‌گذاری شده‌اند که ترتیب آن بدین صورت است :

Type 1: بادام کوهی *Amygdalus carduchorum*؛ Type 2: پسته کوهی *Pistacia atlantica*؛ Type 3: باردلنگ *Ebenus stellata*؛ Type 4: گون کوهی .*Astragalus* sp؛ Type 5: ریواس *Rheum ribes*.

مقدار غلظت عناصر مورد نظر در نمونه‌های گیاهی در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

۴– بحث

در این پژوهش ابتدا توانایی جذب ۵ عنصر آهن، کروم، نیکل، مس و سرب در ۵ گونه گیاهی بادام کوهی، پسته کوهی، باردلنگ، گون کوهی و ریواس توسط مقایسه میانگین غلظت عناصر یاد شده در نمونه‌های گیاه با نمونه‌های خاک به عنوان ضریب جذب زیست‌شناختی (BAC) محاسبه شده و در ادامه توانایی جذب این عناصر در گونه‌های گیاهی مورد مطالعه توسط مقایسه غلظت عناصر در نمونه‌های گیاهی اصلی با نمونه‌های گیاهان شاهد آنها به دست آمده است. در تحلیل موارد یاد شده از آزمون‌های آماری Oneway Anova و t-Test استفاده شده است.

– آزمون های آماری

الف – آزمون آماری تی (t-Test): آزمون t به‌طور متداول برای تعیین معنادار بودن تفاوت میان دو میانگین به کار می‌رود که این امر یک فرضیه آزمایشی (Experimental Hypothesis) است. اما در بیان آزمون معنی‌دار بودن داده‌ها، فرضیه آزمایشی مستقیماً مورد آزمون قرار نمی‌گیرد؛ بلکه در آن حالت منفی موجود به عنوان فرضیه صفر (Null Hypothesis H0) شناخته می‌شود و مورد آزمون قرار می‌گیرد.

ب –آزمون تحلیل واریانس یک عامله (Oneway Anova): برای مقایسه میانگین دو یا چند جامعه آماری از این آزمون استفاده می‌شود. در این آزمون باید متغیر وابسته کمی و متغیر مستقل گروه‌بندی (Factor) دارای سطوح محدودی باشند.

– میانگین مقادیر عناصر: آهن در میان دیگر عناصر مورد نظر در این پژوهش بیشترین مقدار میانگین غلظت (۱۰۵/۶۹ ppm) را داشته است. باید در نظر داشت که این عنصر جزو عناصر اصلی غذایی برای بیشتر گیاهان به شمار می‌رود و طبیعی است که گیاهان مورد مطالعه بیشترین مقدار غلظت از جذب این عنصر را نشان دهند (Brooks, 1973; Akcay et al., 1988). به دلیل تفاوت زیاد مقادیر عددی غلظت عنصر آهن، در همه نمودارها برای بیان مقدار عددی آن از ضریب Fe ×۰/۱ استفاده شده است تا در رسم نمودار و نیز امکان مقایسه با دیگر عناصر اختلال ایجاد نشود. پس از عنصر آهن به ترتیب، نیکل با میانگین غلظت ۲/۷۵ ppm، مس با میانگین غلظت ۰/۷۷ ppm، کروم با میانگین غلظت ۰/۴۵ ppm و سرب با میانگین غلظت ۰/۲۶ ppm توسط گونه‌های مورد نظر جذب شده اند (شکل ۲).

البته باید این مطلب مورد توجه باشد که هر چند مقدار عددی میانگین غلظت برخی عناصر یاد شده به ظاهر کم است اما مقادیر عددی بسیار کم می‌توانند تأثیر قابل توجهی در رفتار گیاه و تناسب تغذیه آن نسبت به جذب عناصر داشته باشند و در تحلیل داده‌های بیوژئوشیمیایی نباید از مقادیر عددی کوچک به سادگی عبور کرد (Brooks, 1973; Rashmi et al., 2010).

در مجموع ۵ عنصر مورد مطالعه در هر یک از ۵ گونه گیاهی نمونه‌گیری شده به میزان متفاوتی جذب شده‌اند و نسبت به یکدیگر اختلاف دارند که در برخی موارد اختلافات حاصل بسیار زیاد و قابل توجه اما در برخی از موارد نیز تغییرات کم و تقریباً ثابت است. در بادام کوهی تقریباً سطح جذب بیشتر عناصر نسبت به دیگر گونه‌های گیاهی پایین‌تر است و دو عنصر آهن و مس بیش از دیگر عناصر (به ترتیب ۳۶/۶۱ و ۰/۸۹ ppm) جذب شده اند. در پسته کوهی سطح جذب عناصر تقریباً پایین و اختلاف مقادیر کم است که در این گونه دو عنصر آهن و مس مقادیر عددی بالاتری (به ترتیب ۲۹/۴۷ و ۰/۸۳ ppm) نشان می‌دهند. در گیاه باردلنگ به جز اختلاف فاحش در تفاوت غلظت عنصر آهن با دیگر عناصر، بقیه عنصرها تقریباً سطح همگونی از جذب را داشته‌اند. سطح جذب بیشتر عناصر در این گونه گیاهی نسبت به دیگر گونه‌ها بالاتر بوده و در این گونه عناصر آهن و نیکل غلظت بیشتری (به ترتیب ۲۰۶/۴۲ و ۲/۸۱ ppm) داشته‌اند. در گون کوهی اختلاف غلظت آهن با دیگر عناصر مورد بررسی بیشتر است و دیگر عناصر در سطوح پایین‌تری از جذب جای گرفته‌اند. در این گونه عناصر آهن و نیکل در سطح بالاتری (به ترتیب ۱۵۹/۰۸ و ۲/۱۴ ppm) جذب شده‌اند. در ریواس مقادیر میانگین غلظت عناصر بدین صورت است که عناصر آهن و نیکل اختلاف غلظت بسیار بالایی نسبت به دیگر عناصر نشان می دهند (به ترتیب ۹۷/۲۵ و ۸ ppm) و دیگر عناصر در سطوح پایین‌تری از جذب به‌صورت به نسبت هماهنگ جذب شده‌اند (شکل ۳). در بیان شرح کلی مقادیر میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه به‌طور جداگانه نسبت به هر یک از ۵ گونه گیاهی می‌توان گفت به جز عنصر آهن و تا حدودی نیکل دیگر عناصر در سطوحی به نسبت هماهنگ و پایین‌تر جذب شده‌اند (شکل ۴).

در مجموع در میان ۵ گونه گیاهی مورد مطالعه گونه‌های ریواس، گون کوهی و باردلنگ بیشترین مقادیر از عناصر مورد نظر را جذب کرده‌اند و در مورد بررسی ۵ عنصر مورد مطالعه نیز دو عنصر آهن و نیکل بیشترین مقدار عددی غلظت جذب شده را دارند. جذب مقادیر بالای عنصر آهن توسط گیاهان به دلیل نیاز گیاه به این ماده غذایی برای انجام فتوسنتز و دیگر امور حیاتی خود است (Akcay et al., 1988; Ramana Reddy et al., 2012).

۴– ۱. محاسبه توسط ضریب جذب زیست‌شناختی (BAC)

– کروم: بالاترین مقدار کروم در منطقه در گیاه باردلنگ (۰/۹۲ ppm) گزارش

می‌شود. ضریب جذب زیست‌شناختی برای کروم در بادام کوهی و پسته کوهی ۰/۰۰۰۱، در باردلنگ ۰/۰۰۰۵، در گون کوهی ۰/۰۰۰۳ و در ریواس ۰/۰۰۰۲ به دست آمده است. بر پایه دسته بندی Perel'man (1966)، کروم در همه گونه‌های گیاهی مورد مطالعه جذب بسیار ضعیفی داشته است. گفتنی است که باردلنگ میزان BAC حدوداً ۵ برابر بالاتر از دیگر گونه‌ها را نشان می‌دهد. اما این مقدار نیز در محدوده جذب بسیار ضعیف قرار دارد. با توجه به نتایج به دست آمده همه گونه‌های گیاهی مورد مطالعه در مورد جذب کروم به‌صورت گیاهان اجتنابگر (Excluder) در منطقه رفتار می‌کنند.

– **آهن:** بیشترین غلظت این عنصر در گیاه باردلنگ (۲۰۶/۴۲ ppm) وجود دارد. ضریب BAC در مورد آهن برای گونه‌های گیاهی مورد مطالعه به این صورت است که بادام کوهی ۰/۰۰۰۸، پسته کوهی ۰/۰۰۰۷، باردلنگ ۰/۰۰۵، گون کوهی ۰/۰۰۴ و ریواس ۰/۰۰۲ را نشان می‌دهد. بر پایه دسته بندی Perel'man (1966)، آهن در همه ۵ گونه گیاهی مورد نظر بسیار ضعیف جذب شده است. هرچند میزان BAC در گونه گیاهی باردلنگ این مقدار تا چند برابر بیش از گونه‌های دیگر است. با توجه به آنکه آهن جزو عناصر غذایی گیاه به شمار می‌آید، جذب پایین آن توسط گونه‌های گیاهی می‌تواند نشانگر رفتار اجتنابگر گیاهان نسبت به جذب این عنصر باشد (Baker, 1981).

– **نیکل:** بیشترین مقدار نیکل در گونه گیاهی ریواس (۸ ppm) جذب شده است. میزان شاخص BAC برای عنصر نیکل در گیاه بادام کوهی ۰/۰۰۰۵، پسته کوهی ۰/۰۰۰۴، باردلنگ ۰/۰۰۳، گون کوهی ۰/۰۰۲ و ریواس ۰/۰۱ است. بر پایه دسته‌بندی Perel'man (1966)، نیکل در گونه گیاهی ریواس ضعیف و در دیگر گونه‌های گیاهی بسیار ضعیف جذب شده است. در این میان اختلاف حدوداً ۲۰ برابری جذب نیکل توسط ریواس نسبت به دیگر گونه‌های منطقه قابل توجه است. هر چند این گیاه با میزان BAC ضعیفی این عنصر را جذب کرده است. رفتار گونه‌های گیاهی نسبت به این عنصر اجتنابگر است و تنها می‌توان ریواس را به عنوان یک واسط گیاهی معرف بیوژئوشیمیایی برای نیکل در منطقه معرفی کرد.

– **مس:** بالاترین مقدار غلظت مس در گیاه باردلنگ (۱/۱۲ ppm) تمرکز یافته است. میزان BAC برای عنصر مس در بادام کوهی و پسته کوهی ۰/۰۴، باردلنگ ۰/۰۵ و برای گون کوهی و ریواس ۰/۰۲ است. همان گونه که از ارقام به دست آمده مشخص است میزان ضریب زیست‌شناختی برای عنصر مس در همه گونه‌های گیاهی مورد نظر تقریباً همسان است و بر اساس تقسیم‌بندی Perel'man (1966)، همه گونه‌ها جذب ضعیفی از این عنصر داشته‌اند. با توجه به سطح جذب این عنصر توسط گونه‌های گیاهی مورد نظر، همه گونه‌ها می‌توانند به عنوان یک معرف احتمالی برای عنصر مس مطرح باشند، هر چند رفتار اجتنابگر در جذب این عنصر برای گیاهان یاد شده دیده می‌شود.

– **سرب:** در گونه گیاهی ریواس بالاترین مقدار جذب عنصر سرب (۰/۳۳ ppm) دیده می‌شود. میزان شاخص BAC برای عنصر سرب در گونه‌های گیاهی بادام کوهی، پسته کوهی، باردلنگ و گون کوهی معادل با ۰/۰۱ و در ریواس ۰/۰۲ است. با توجه به دسته‌بندی Perel'man (1966)، همه گونه‌ها جذب ضعیفی از عنصر سرب داشته‌اند. در مورد جذب عنصر سرب می‌توان گونه‌های گیاهی مورد مطالعه را به عنوان معرف احتمالی جذب این عنصر مطرح کرد. اما رفتار جذبی گیاهان بر پایه ضریب جذب زیست‌شناختی نشان از اجتنابگر بودن آنها دارد.

۴– ۲. محاسبه توسط نمونه گیاهی شاهد

– **مقایسه اختلاف غلظت عناصر در نمونه اصلی با نمونه شاهد:** غلظت عناصر در نمونه‌های اصلی نسبت به مقدار آنها در نمونه‌های شاهد دارای اختلاف است که حاصل تفاضل این مقدار با پسوند عدد 1 پس از نام اختصاری هر عنصر مشخص شده است (جدول ۳).

برای نمونه در تیپ ۴: اختلاف غلظت Cr 1 = مقدار غلظت عنصر کروم در نمونه R۴– مقدار غلظت عنصر کروم در نمونه M۱۷.

در بیان تفاوت میان غلظت جذب شده از هر عنصر توسط یک گونه گیاهی نسبت به نمونه شاهد، آن گروه از گونه‌های گیاهی که در نمونه‌های خود دارای غلظت‌های متفاوت‌تری از هر عنصر نسبت به نمونه شاهد همان گونه هستند شرایط مطلوبی را برای بررسی این اختلاف ایجاد می‌کنند.

– **تفسیر تنوع جذب عناصر در گیاهان منطقه نسبت به نمونه شاهد:** در بررسی اختلاف مقدار عددی میانگین غلظت عناصر در نمونه‌های اصلی با مقدار آن در نمونه‌های شاهد برای تفسیر داده‌های آماری، تفاوت حاصل نسبت به صفر سنجیده شد (آزمون آماری t-Test)، که هدف آن است تا مشخص شود تفاوت حاصل میان غلظت‌های یاد شده در عناصر مورد آزمایش چه نسبتی داشته و آیا اختلاف این مقادیر نسبت به صفر معنادار بوده یا خیر و تا چه میزان قابل توجه است. برای مقایسه موارد فوق یک معیار ثابت (p value) برای سنجش در نظر گرفته شد. به‌گونه‌ای که P کوچک‌تر از ۰/۰۵ معنادار بودن و P بزرگ‌تر از ۰/۰۵ از نظر آماری اختلاف بدون معنی در نظر گرفته شده است. بر این اساس در گیاه بادام کوهی همه عناصر مورد نظر با مقادیر به نسبت یکسانی در مقایسه با نمونه شاهد این گونه گیاهی جذب شده و تفاوت در تنوع مقدار عناصر بدون معنی (P >۰/۰۵) تلقی می‌شود (جدول ۴). در پسته کوهی جذب ۲ عنصر آهن و کروم دارای تنوع معناداری هستند (P < ۰/۰۵) اما دیگر عناصر تنوع جذب معناداری ندارند (جدول ۵). در باردلنگ نسبت تنوع جذب سرب معنادار است (P < ۰/۰۵) و دیگر عناصر تنوع جذب معناداری ندارند (جدول ۶). در گون کوهی عناصر مس و سرب تفاوت در تنوع غلظت جذب شده معناداری نسبت به نمونه شاهد این گونه گیاهی دارند (P < ۰/۰۵) و دیگر عناصر تنوع معناداری نشان نمی‌دهند (جدول ۷). در ریواس تفاوت در تنوع جذب عناصر مورد آزمایش در نمونه‌های اصلی نسبت به نمونه شاهد نشان می‌دهد که ۳ عنصر آهن، کروم و نیکل تنوع جذب معناداری داشته (P < ۰/۰۵) و ۲ عنصر دیگر تنوع جذب معناداری ندارند (جدول ۸).

در تفسیر تنوع جذب عناصر در هر ۵ گونه گیاهی مورد مطالعه نسبت به نمونه‌های شاهد به‌صورت تجمیع یافته از آزمون آماری تحلیل واریانس یک عامله (Oneway Anova) استفاده شده است و در مقایسه آن همانند آزمون پیشین، معیار ثابتی به عنوان p value در نظر گرفته شد که این ثابت با مقدار کمتر از ۰/۰۵ معنادار و با مقدار بزرگ‌تر از ۰/۰۵ بدون معنی در نظر گرفته شده است. در واقع معنادار بودن این اختلاف‌ها بیانگر آن است که کدام یک از ۵ عنصر مورد آزمایش در مطلوب‌ترین شرایط جذب در میان کل گونه‌های گیاهی مورد مطالعه قرار دارند و برای تفسیر داده‌ها می‌توانند توانایی بیشتری داشته باشند. بر این اساس در آزمون یاد شده در میان عناصر موجود با در نظر گرفتن موارد بررسی شده در آزمون آماری پیشین (t-Test) این نتیجه به دست می‌آید که دو عنصر کروم و نیکل بهترین اختلاف‌ها را در میان موارد معنادار نسبت به نمونه‌های شاهد در همه گونه‌های گیاهی مورد نظر ایجاد کرده‌اند (P < ۰/۰۵) و در واقع این عناصر در نمونه‌های اصلی با شرایط جذب متفاوت‌تری نسبت به نمونه‌های شاهد مربوط جذب شده‌اند (جدول ۹).

۴– ۳. تفسیر داده های حاصل از نمونه خاک و نمونه گیاه شاهد

به‌طور کلی بررسی غلظت عناصر تمرکز یافته در بافت‌های گیاهی نسبت به غلظت آن عناصر در خاک محیط رشد گیاه توسط محاسبه میزان ضریب جذب زیست‌شناختی (BAC)، اطلاعات دقیقی از رفتار یک گیاه در محل رویش آن ارایه می دهد که با بررسی مناطق وسیع‌تر، می‌شود آن را به گستره بیشتری از مناطقی که مورد مطالعه قرار گرفته‌اند تعمیم داد. اما در بیان این مطلب که آیا یک گونه گیاهی مشخص با تغییر شرایط محیطی دچار تغییر رفتار در جذب و تمرکز عناصر در بافت‌های خود خواهد

شد و اینکه آیا این تغییر رفتار روی تناسب غلظت عناصر در گیاه و خاک و در پی آن ضریب BAC مؤثر خواهد بود، موضوعی است که می‌تواند قابل تأمل باشد. از این رو برای بررسی غلظت عناصر در خاک یک منطقه از راه مطالعه بیوژئوشیمی روی پوشش گیاهی آن ناحیه لازم است ضریب BAC به عنوان شاخصی استاندارد برای همه گیاهان آن محدوده محاسبه و ارایه شده باشد. از آنجا که رفتار گیاهان ممکن است بر پایه شرایط جغرافیایی و آب‌وهوایی، شرایط محیط رویش گیاه و ... در مناطق مختلف دارای تفاوت باشد، به نظر می‌رسد که تناسب ضریب BAC هر گیاه در یک ناحیه مشخص، همواره قابل تعمیم به نواحی گسترده‌تر دیگر نیست. بنابراین یکی از مسائل پیش روی مطالعات بیوژئوشیمیایی یک منطقه، نبود مطالعات پیشین با محاسبه و ارایه ضریب جذب زیست‌شناختی (BAC) گیاهان آن محدوده است. از سویی ممکن است ناحیه مورد نظر در مطالعات، دارای پوشش گیاهی با ضرایب BAC ضعیف یا بسیار ضعیف باشد. در این شرایط که نتیجه‌گیری و دست‌یابی به الگویی روشن از این مطلب بر پایه ضریب BAC به تنهایی امکان پذیر نیست، شواهد حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که مقایسه غلظت عناصر در گیاهان منطقه نسبت به محدوده‌ای متفاوت (منطقه شاهد) نیز می‌تواند به عنوان ابزار کمک کننده در ارزیابی‌های بیوژئوشیمیایی منطقه مورد توجه باشد.

در یافته‌های این پژوهش دیده می‌شود که در محدوده مورد پژوهش ضریب BAC برای هر ۵ گونه گیاهی مورد مطالعه نسبت به ۵ عنصر مورد نظر، ضعیف و یا بسیار ضعیف بوده است. اما به نظر می‌رسد که رفتار گیاهان این مطالعه میان محدوده اصلی و ناحیه شاهد دچار تغییرات معناداری شده که می‌تواند در این شرایط به عنوان یک شاخص یاریگر مطرح باشد.

برای نمونه از میان گیاهانی که ضریب BAC آنها برای عناصر "ضعیف" به دست آمده است، گیاهان باردلنگ و گون کوهی در جذب عنصر سرب و گیاه ریواس در جذب عنصر نیکل تفاوت معناداری میان منطقه مورد مطالعه و منطقه شاهد نشان داده‌اند که می‌توانند به عنوان معرف‌های احتمالی مطرح باشند.

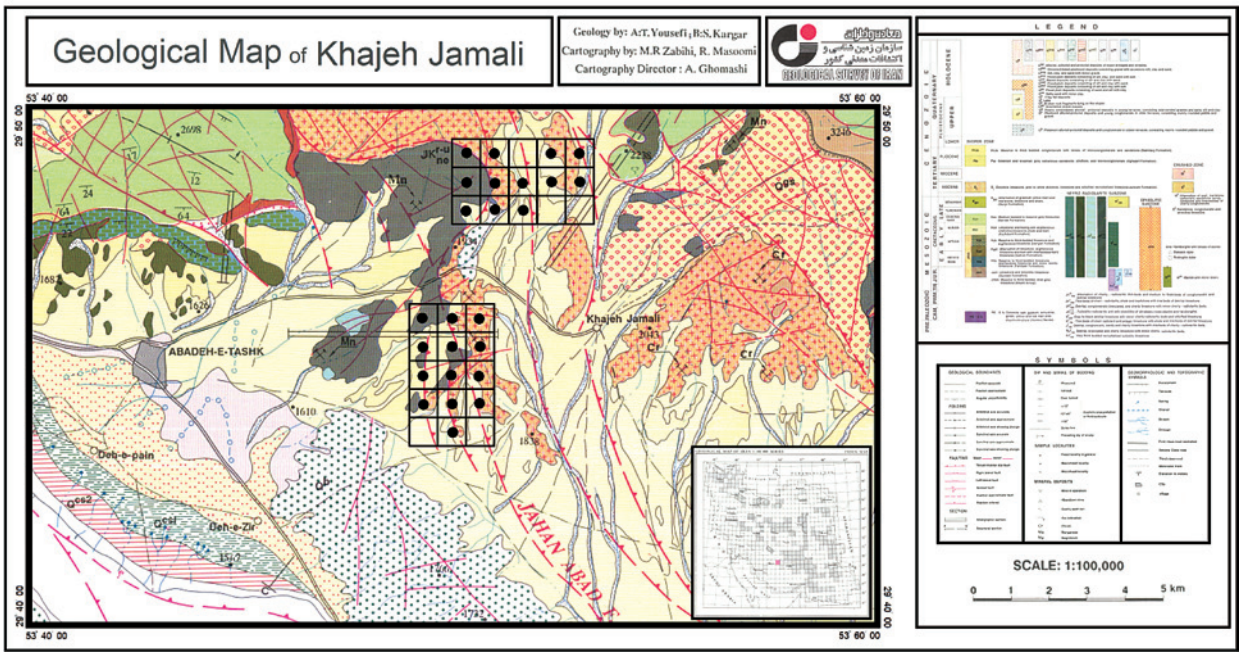
۵- نتیجه‌گیری

ضریب جذب زیست‌شناختی (BAC) هر ۵ گونه گیاهی مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه برای عناصر مورد نظر ضعیف و یا بسیار ضعیف به دست آمده است. همچنین پوشش گیاهی منطقه برای بررسی غلظت عنصر کروم دارای ضریب BAC بسیار ضعیف بود؛ با این وجود گیاهان پسته کوهی و ریواس جذب متفاوت و معناداری را از این عنصر در منطقه مورد مطالعه نسبت به منطقه شاهد نشان دادند.

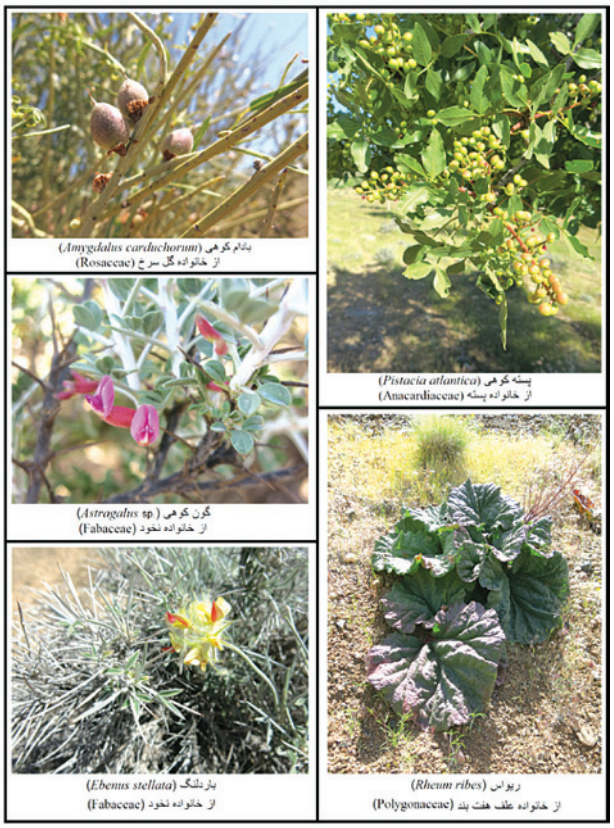
یافته‌های این مطالعه پیشنهاد می‌دهد که برای انجام بررسی‌های بیوژئوشیمیایی در مناطقی با پوشش گیاهی با ضریب BAC ضعیف و یا نامشخص، باید مقایسه غلظت عناصر در بافت‌های گیاهی منطقه مورد نظر با مناطق خارج از آن محدوده به عنوان یک ابزار کمکی در پژوهش‌های آینده مد نظر قرار گیرد. مطالعات بیشتری برای روشن شدن نقش تأثیر تغییر رفتار جذبی گیاهان مناطق مختلف در بررسی‌های بیوژئوشیمیایی باید انجام شود.

سپاسگزاری

لازم است از جناب آقای پروفسور هاشم شرقی استاد بزرگوار بخش شیمی دانشگاه شیراز، جناب آقای دکتر علیرضا افشاریفر معاونت محترم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز و سرکار خانم دکتر منصوره معینی استاد محترم بخش کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز به دلیل همکاری‌های ارزشمندشان سپاسگزاری شود. همچنین از سرکار خانم دکتر زینب السادات آل‌یس برای مشاوره و راهنمایی‌هایشان در نگارش این مقاله سپاسگزاری می‌شود.

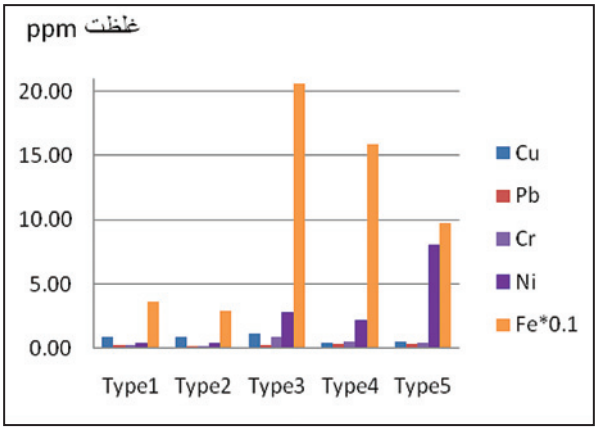


شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه خواجه‌جمالی ۱:۱۰۰۰۰۰ (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی آباده طشک) و موقعیت نمونه‌های برداشت شده در بررسی حاضر.

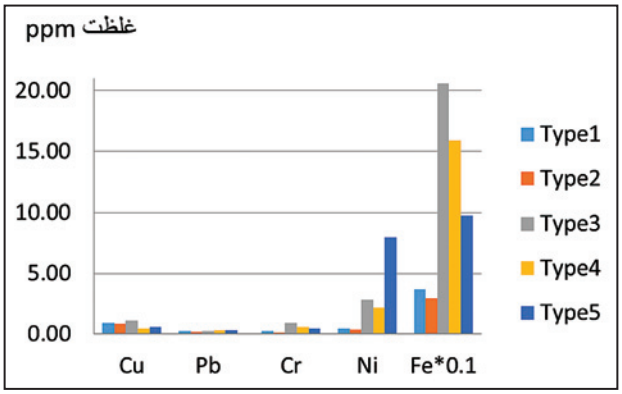


شکل ۲- تصاویر گیاهان مورد مطالعه در محدوده خواجه‌جمالی.

شکل ۳- تصویر ماهواره‌ای موقعیت برداشت نمونه‌های اصلی (A) نسبت به نمونه‌های شاهد (B).



شکل ۴- شرح کلی گونه‌های گیاهی نسبت به جذب عناصر.



شکل ۵- شرح کلی مقادیر هر عنصر در گونه‌های گیاهی.

جدول ۱- شرح مقدار عناصر در نمونه‌های گیاهی (بر حسب ppm).

Code	Type	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)	Fe (ppm)
M۱	۱	۰/۵۷۴۷	۰/۴۲۲۱	۰/۳۶۷۴	۰/۲۷۹۲	۲۵/۱۵۹۵
M۲	۱	۰/۵۸۰۸	۰/۲۸۰۹	۰/۲۱۳۹	۰/۳۹۷۲	۳۴/۳۶۹۶
M۳	۱	۰/۶۶۰۱	۰/۱۵۶۱	۰/۱۸۵۸	۰/۳۱۷۸	۳۶/۸۳۱۷
M۴	۱	۱/۹۵۰۳	۰/۰۶۰۳	۰/۱۴۶۷	۰/۳۴۴۷	۳۹/۰۰۳۱
M۵	۱	۰/۷۰۸۴	۰/۱۶۳۱	۰/۱۹۰۴	۰/۸۲۸۳	۴۷/۷۲۳۴
M۶	۲	۱/۵۷۰۴	۰/۵۵۷۱	۰/۲۱۶۷	۰/۴۴۲۴	۳۱/۲۷۱۱
M۷	۲	۱/۲۹۴۶	۰/۱۲۰۹	۰/۱۶۰۱	۰/۴۴۵۴	۳۱/۸۱۷۶
M۸	۲	۰/۳۹۲۷	۰/۰۴۴۸	۰/۰۹۵۴	۰/۲۸۷۹	۳۰/۹۵۰۴
M۹	۲	۰/۴۵۹۱	۰/۱۰۹۵	۰/۰۹۸۹	۰/۲۹۶۷	۲۶/۶۷۶۱
M۱۰	۲	۰/۴۶۰۱	۰/۱۱۰۱	۰/۱۰۱۳	۰/۳۰۰۱	۲۶/۷۰۱۱
M۱۱	۳	۰/۴۱۵۶	۰/۳۰۵۱	۰/۶۰۳۳	۱/۳۷۸۲	۱۴۵/۹۰۳۱
M۱۲	۳	۰/۱۶۳۷	۰/۰۹۳۵	۰/۰۱۶۱	۰/۰۴۴۵	۰/۰۹۲۱
M۱۳	۳	۱/۴۷۵۲	۰/۲۶۸۹	۱/۵۸۸۳	۴/۶۹۰۵	۲۶۰/۹۴۵۱
M۱۴	۳	۱/۷۷۶۶	۰/۲۴۴۶	۱/۱۹۶۴	۳/۹۸۴۲	۳۱۲/۶۰۰۱
M۱۵	۳	۱/۷۸۰۱	۰/۲۴۳۱	۱/۲۰۰۵	۴/۰۰۱۱	۳۱۱/۰۰۲۷
M۱۶	۴	۰/۵۱۷۷	۰/۵۸۵۳	۰/۶۸۵۲	۳/۵۵۱۴	۱۴۳/۵۰۳۱
M۱۷	۴	۰/۱۸۲۹	۰/۲۰۵۱	۰/۰۹۹۲	۰/۳۴۳۱	۱۷/۵۶۳۳
M۱۸	۴	۰/۴۷۰۵	۰/۳۵۹۱	۰/۷۰۷۴	۳/۵۰۹۵	۲۲۵/۲۰۸۱
M۱۹	۴	۰/۵۸۶۴	۰/۱۹۸۳	۰/۶۵۳۳	۱/۶۷۰۱	۲۰۴/۵۸۵۱
M۲۰	۴	۰/۵۹۰۳	۰/۲۰۱۲	۰/۶۴۹۷	۱/۶۶۸۶	۲۰۳/۹۷۶۳
M۲۱	۵	۰/۶۰۰۱	۰/۵۰۳۸	۰/۴۸۸۳	۷/۸۲۲۵	۸۴/۵۷۹۱
M۲۲	۵	۰/۸۰۵۳	۰/۲۱۸۸	۰/۲۳۲۳	۱۰/۴۷۹۷	۳۵/۰۶۸۲
M۲۳	۵	۰/۳۷۶۹	۰/۲۲۱۲	۰/۴۹۱۹	۶/۹۵۵۶	۱۴۱/۰۲۸۱
M۲۴	۵	۰/۵۶۶۷	۰/۴۲۹۷	۰/۳۵۴۱	۸/۵۲۵۴	۹۱/۴۰۶۵
M۲۵	۵	۰/۴۱۰۳	۰/۲۹۵۳	۰/۶۲۶۱	۶/۲۵۲۷	۱۳۴/۲۰۰۹

جدول ۲- مقدار عناصر در نمونه‌های شاهد (بر حسب ppm).

Control	Cu	Pb	Cr	Ni	Fe
R1	۱/۱۴۲۴	۰/۳۶۹۵	۰/۲۴۵۷	۰/۳۳۵۷	۴۰/۴۱۴۹
R2	۱/۰۶۰۷	۰/۲۷۰۷	۰/۲۶۸۶	۰/۳۱۸۸	۲۰/۲۰۹۷
R3	۰/۹۴۲۳	۰/۴۱۹۸	۰/۳۴۶۳	۰/۹۰۳۸	۴۰۰۳/۹۷
R4	۱/۰۳۹۷	۰/۵۸۱۹	۰/۸۱۷۴	۰/۸۳۲۵	۱۷۰/۶۳۴۰
R5	۰/۵۲۶۴	۰/۴۳۲۹	۰/۲۴۴۶	۴/۴۲۶۷	۱۸/۲۹۵۹

جدول ۳- شرح اختلاف غلظت‌ها.

Code	Type	Cu1	Pb1	Cr1	Ni1	Fe1
M۱	۱	-۰/۵۶۷۷	۰/۰۵۲۶	۰/۱۲۱۷	-۰/۰۵۶۵	-۱۵/۲۵۵۴
M۲	۱	-۰/۵۶۱۶	-۰/۰۸۸۶	-۰/۰۳۱۸	۰/۰۶۱۵	-۶/۰۴۵۳
M۳	۱	-۰/۴۸۲۳	-۰/۲۱۳۴	-۰/۰۵۹۹	-۰/۰۱۷۹	-۳/۵۸۳۲
M۴	۱	۰/۸۰۷۹	-۰/۳۰۹۲	-۰/۰۹۹۱	۰/۰۰۹۱	-۱/۴۱۱۸
M۵	۱	-۰/۴۳۳۶	-۰/۲۰۶۴	-۰/۰۵۵۳	۰/۴۹۲۶	۷/۳۰۸۵
M۶	۲	۰/۵۰۹۷	۰/۲۸۶۴	-۰/۰۵۱۹	۰/۱۲۳۶	۱۱/۰۶۱۴
M۷	۲	۰/۲۳۳۹	-۰/۱۴۷۷	-۰/۱۰۸۵	۰/۱۲۶۶	۱۱/۶۰۷۹
M۸	۲	-۰/۶۶۸۱	-۰/۲۲۵۹	-۰/۱۷۳۲	-۰/۱۰۰۱	۱۰/۷۴۰۷
M۹	۲	-۰/۶۰۱۶	-۰/۱۶۱۲	-۰/۱۶۹۷	-۰/۰۲۲۱	۶/۴۶۶۴
M۱۰	۲	-۰/۶۰۰۶	-۰/۱۶۰۶	-۰/۱۶۷۳	-۰/۰۱۸۷	۶/۴۹۱۴
M۱۱	۳	-۰/۵۲۶۷	-۰/۱۱۴۷	۰/۲۵۷۱	۰/۴۷۴۴	۴۸/۵۰۲۸
M۱۲	۳	-۰/۷۷۸۶	-۰/۳۲۶۳	-۰/۳۳۰۲	-۰/۸۵۹۳	-۹۷/۳۰۸۲
M۱۳	۳	۰/۵۳۲۹	-۰/۱۵۰۹	۱/۲۴۲۱	۳/۷۸۶۷	۱۶۳/۵۴۴۸
M۱۴	۳	۰/۸۳۴۳	-۰/۱۷۵۲	۰/۸۵۰۱	۳/۰۸۰۴	۲۱۵/۱۹۹۸
M۱۵	۳	۰/۸۳۷۸	-۰/۱۷۶۷	۰/۸۵۴۲	۳/۰۹۷۳	۲۱۳/۶۰۲۴
M۱۶	۴	-۰/۵۲۲۱	۰/۰۰۳۴	-۰/۱۳۲۲	۲/۷۱۸۹	-۲۷/۱۳۱۱
M۱۷	۴	-۰/۸۵۶۸	-۰/۳۷۶۸	-۰/۷۱۸۲	-۰/۴۸۹۴	-۱۵۳/۰۷۱۰
M۱۸	۴	-۰/۵۶۹۲	-۰/۲۲۲۸	-۰/۱۱۱۱	۲/۶۷۷۱	۵۴/۵۷۴۱
M۱۹	۴	-۰/۴۵۳۳	-۰/۳۸۳۶	-۰/۱۶۴۱	۰/۸۳۷۶	۳۳/۹۵۱۱
M۲۰	۴	-۰/۴۴۹۴	-۰/۳۸۰۷	-۰/۱۶۷۷	۰/۸۳۶۱	۳۳/۳۴۲۳
M۲۱	۵	۰/۰۷۳۷	۰/۰۷۰۹	۰/۲۴۳۷	۳/۶۹۵۸	۶۶/۲۸۳۲
M۲۲	۵	۰/۲۷۸۹	-۰/۲۱۴۱	-۰/۰۱۲۳	۶/۳۵۳۱	۱۶/۷۷۲۳
M۲۳	۵	-۰/۱۴۹۵	-۰/۲۱۱۷	۰/۲۴۷۳	۲/۸۲۸۹	۱۲۲/۷۳۲۲
M۲۴	۵	۰/۰۴۰۳	-۰/۰۰۳۲	۰/۱۰۹۵	۴/۳۹۸۷	۷۳/۱۱۰۶
M۲۵	۵	-۰/۱۱۶۱	-۰/۱۳۷۶	۰/۳۸۱۵	۲/۱۲۶۰	۱۱۵/۹۰۵۰

جدول ۴- تفسیر آزمون t-Test برای گونه گیاهی بادام کوهی.

		Test Value = 0		
			95% Confidence	Interval of the Difference
	Sig. (p value)	Mean Difference	Lower	Upper
Cu۱	۰/۴۰۳	-۰/۲۴۷۴۶۰۰	-۰/۹۸۳۳۰۲	۰/۴۸۸۳۸۲
Pb۱	۰/۰۷۰	-۰/۱۵۳۰۰۰۰	-۰/۳۲۵۶۲۸	۰/۰۱۹۶۲۸
Cr۱	۰/۵۵۰	-۰/۰۲۴۸۸۰۰	-۰/۱۳۰۹۵۷	۰/۰۸۱۱۹۷
Ni۱	۰/۳۸۶	۰/۰۹۷۷۶۰۰	-۰/۱۸۱۴۴۰	۰/۳۷۶۹۶۰
Fe۱	۰/۳۵۶	-۳/۷۹۷۴۴۰۰	-۱۳/۹۱۱۷۹۷	۶/۳۱۶۹۱۷

جدول ۵- تفسیر آزمون t-Test برای گونه گیاهی پسته کوهی.

		Test Value = 0		
			95% Confidence	Interval of the Difference
	Sig. (p value)	Mean Difference	Lower	Upper
Cu۱	۰/۴۱۵	-۰/۲۲۵۵۴۰۰	-۰/۹۱۴۱۷۸	۰/۴۶۳۰۹۸
Pb۱	۰/۴۲۹	-۰/۰۸۱۹۲۰۰	-۰/۳۴۰۳۵۹	۰/۱۷۶۵۱۹
Cr۱	۰/۰۰۵	-۰/۱۳۴۶۰۰۰	-۰/۲۰۱۱۰۳	-۰/۰۶۸۰۹۷
Ni۱	۰/۶۶۱	۰/۰۲۱۱۸۰۰	-۰/۱۰۳۰۷۷	۰/۱۴۵۴۳۷
Fe۱	۰/۰۰۱	۹/۲۶۸۵۶۰۰	۶/۰۶۹۱۲۵	۱۲/۴۶۷۹۹۵

جدول ۶- تفسیر آزمون t-Test برای گونه گیاهی باردلنگ.

		Test Value = 0		
			95% Confidence	Interval of the Difference
	Sig. (p value)	Mean Difference	Lower	Upper
Cu۱	۰/۶۳۲	۰/۱۷۹۲۴۰۰	-۰/۷۸۲۳۶۷	۱/۱۴۰۸۴۷
Pb۱	۰/۰۰۶	-۰/۱۸۸۴۶۰۰	-۰/۲۸۸۹۵۶	-۰/۸۷۹۶۴
Cr۱	۰/۱۰۶	۰/۵۷۳۸۴۰۰	-۰/۱۹۰۷۷۳	۱/۳۳۸۴۵۳
Ni۱	۰/۰۹۹	۱/۹۱۲۵۲۰۰	-۰/۵۷۰۱۵۷	۴/۳۹۵۱۹۷
Fe۱	۰/۱۴۳	۱۰۹/۰۲۷۸۰۰۰	-۵۷/۲۷۵۱۳۳	۲۷۵/۳۳۰۷۳۳

جدول ۷- تفسیر آزمون t-Test برای گونه گیاهی گون کوهی.

		Test Value = 0		
			95% Confidence	Interval of theDifference
	Sig. (p value)	Mean Difference	Lower	Upper
Cu۱	۰/۰۰۲	-۰/۵۷۰۹۴۰۰	-۰/۷۷۸۵۰۸	-۰/۳۶۳۳۷۲
Pb۱	۰/۰۲۳	-۰/۲۷۲۶۸۰۰	-۰/۴۸۲۴۴۰	-۰/۰۶۲۹۲۰
Cr۱	۰/۰۸۹	-۰/۲۵۷۹۴۰۰	-۰/۵۷۸۶۳۱	۰/۰۶۲۷۵۱
Ni۱	۰/۰۹۹	۱/۳۱۶۳۶۰۰	-۰/۳۸۸۱۵۲	۳/۰۲۰۸۷۲
Fe۱	۰/۷۷۶	-۱۱/۵۴۵۱۲۰۰	-۱۱۶/۸۷۴۵۴۱	۹۳/۷۸۴۳۰۱

جدول ۸- تفسیر آزمون t-Test برای گونه گیاهی ریواس.

Test Value = 0				
			95% Confidence	Interval of the Difference
	Sig. (p value)	Mean Difference	Lower	Upper
Cu۱	۰/۷۶۸	۰/۰۲۵۴۶۰۰	-۰/۱۹۸۴۷۷	۰/۲۴۹۳۹۷
Pb۱	۰/۲۲۶	-۰/۰۹۹۱۴۰۰	-۰/۲۹۱۸۸۱	۰/۰۹۳۶۰۱
Cr۱	۰/۰۲۰	۰/۱۹۳۹۴۰۰	۰/۰۵۰۷۶۹	۰/۳۳۷۱۱۱
Ni۱	۰/۰۰۴	۳/۸۸۰۵۰۰۰	۲/۰۸۱۸۳۲	۵/۶۷۹۱۶۸
Fe۱	۰/۰۱۷	۷۸/۹۶۰۶۲۰۰	۲۳/۳۵۹۸۴۲	۱۳۴/۵۶۱۳۹۸

جدول ۹- تفسیر کلی اختلاف عناصر در گونه‌های گیاهی.

	Mean Square	Sig. (p value)
Cu۱ Between Groups	۰/۴۱۲	۰/۲۲۳
Within Groups	۰/۲۶۴	
Pb۱ Between Groups	۰/۰۲۹	۰/۳۴۲
Within Groups	۰/۰۲۴	
Cr۱ Between Groups	۰/۵۳۵	۰/۰۰۳
Within Groups	۰/۰۹۴	
Ni۱ Between Groups	۱۲/۵۱۱	۰/۰۰۱
Within Groups	۱/۶۰۸	
Fe۱ Between Groups	۱۴۶۷۱/۱۰۷	۰/۰۶۰
Within Groups	۵۴۴۲/۵۸۱	

کتابنگاری

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ۵۸۶ ص.

اسدی، م.، ۱۳۷۱- فلور ایران، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۳۵۴ ص.

جوانشیر، ک.، ۱۳۵۵- اطلس گیاهان چوبی ایران، انجمن حفاظت منابع طبیعی، ۱۶۳ ص.

خاتم‌ساز، م.، ۱۳۷۱- فلور ایران، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۳۵۲ ص.

درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیر کبیر، ۴۳۴ ص.

شهاب‌پور، ج.، ۱۳۹۰- زمین‌شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ۵۴۷ ص.

علی‌پور، ص.، ۱۳۸۴- مبانی اکتشافات بیوژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه ارومیه، ۳۱۹ ص.

فرجندی، ف. و باستانی، ح.، ۱۳۹۲- استفاده از روش بیوژئوشیمیایی به منظور پی‌جویی کانه‌زایی مس، سرب و روی در محدوده مسجد داغی جلفا (آذربایجان شرقی)، فصلنامه علوم زمین، شماره ۸۷ (سال بیست و دوم)، ص ۵۱ تا ۶۴.

قهرمان، ا.، ۱۳۷۳- کروموفیت های ایران (سیستماتیک گیاهی)، مرکز نشر دانشگاهی، ۷۴۳ ص.

کریمی، م. و مروج، م. و شاکری، ع.، ۱۳۹۱- توزیع ژئوشیمیایی فلزات سنگین در خاک‌های پیرامون معدن کرومیت خواجه‌جمالی (معدن دوتویی)، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین.

مدد، م.، ۱۳۸۲- اطلس ملی ایران (زمین‌شناسی)، سازمان نقشه‌برداری کشور، ۹۴ ص.

مروج، م.، ۱۳۹۱- بررسی توزیع ژئوشیمیایی فلزات سنگین (کروم، نیکل و...) در خاک‌های پیرامون معدن کرومیت خواجه‌جمالی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، ۱۹۱ ص.

مقتدری، ا.، خاکزاد، ا. و لیاقت، س.، ۱۳۸۲- تشکیل کرومیت و ژئوشیمی عناصر گروه پلاتین و نادر خاکی همراه آن در مجموعه معادن خواجه‌جمالی، فصلنامه علوم زمین، شماره ۴۸-۴۷ (سال یازدهم)، صص ۷۸ تا ۸۷.

یوسفی، ت. و کارگر، س.، ۱۳۷۷- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آباده طشک، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

Akcay, M., Lermi, A. & Van, A., 1988- Biogeochemical exploration for massive Sulphide deposits in area of dense vegetation, an orientation survey around the Kankoy Deposit , Trabzon , Turkey, Journal of Geochemical Exploration 63, 173 – 187.

Baker, A. J. M., 1981- Accumulators and excluders strategies in the response of plants to heavy metals.. J. Plant Nutr. 3, 643.

Baker, A. J. M. & Brooks, R. R., 1989- Terrestrial higher plants witch hyperaccumulate chemical elements- a review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery 1, 81-126.

Brooks, R. R., 1973- Biogeochemical parameters and their significance for mineral exploration, J Apple Ecol 10, 825 – 836.

Jimenez, M. N., Bacchetta, G., Casti, M., Navarro, F. B., Lallena, A. M. & Fernandez- Ondo no, E., 2011- Potential use in phytoreme diation of three plant species growing on contaminated mine-tailing soils in Sardinia. Ecol. Eng. 37, 392- 398.

Kovalevsky, A. L., 1995- Barrier-free biogeochemical prospecting. in : Brooks RR, Dunn CE, Hall GEM (eds) Biological systems in mineral exploration and processing. Ellis Horwood, London, pp 283-300.

Kramer, U., 2010- Metal hyperaccumulation in plants. Annu. Rev. Plant Biol. 61, 517-534.

Perel′man, A. I., 1966- Landscape Geochemistry (Translation No. 676, Geol. Surv. Of Canada, 1972) Vysshaya Shkola, Moscow, 388.

Ramana Reddy, K. V., Chandra Sekhar Reddy, L. & Damodaram, B., 2012- Biogeochemical study of aquatic mosses in chromite mineralized zone of Byrapur, Karanta, India", Indian Streams Research Journal, Vol 1.

Rashmi, B. N., Prabhakar, B. C., Gireesh, R. V., Suresh, B., Nijagunaiah R. & Ranganath, R. M., 2010- Geobotanical and Biogeochemical study of chromite bearing areas of Nuggihalli schist belt, Karantaka, India", Current Science , Vol 99 , No5 .

Sasmaz, A., Sagiroglu, A. & Sen, O., 2006- Hyperaccumulator plants of the Keban Mining District and Their Possible Impact on the Environment, Polish J. Environ. Stud. 15(2) : 317-325.

http://www.maps.Google.com

Investigation of flora types in Khajeh-Jamali ophiolites area of Neyriz – Iran for exploration of chromite by biogeochemical method

S. H. Ghetmiri [1] **& S. M. A. Aleyasin** [2*]

[1] Assistant Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran
[2] M. Sc., Department of Geology, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran

Received: 2014 October 04 Accepted: 2015 June 23

Abstract

Surveying the uptake of metal substances by plants has a very important role in mineral exploration, but biogeochemical exploration has not been paid much attention in Iran. The aim of current study was surveying vegetative species of Khajeh-jamali mineral area to evaluate the probability of biogeochemical exploration of chromite and to evaluate the uptake of Iron, Copper, Lead and Nickel in the floral plants providing biological absorption coefficient (BAC). Also it aimed to evaluate the reliability of comparing metal uptake of the plants with control groups as an assisting method of exploration. The area is located on the Zagros thrust zone belong to the Alps ophiolitic band. Rock units of this area are mainly composed of rocks from Neyriz ophiolite assemblage, which are mostly of Harzburgite and Dunite types with chromite as the major mineral. The concentrations of metal substances in this area are assessed in previous studies.To study six substances of Chrome, Nickel, Iron, Cupper, Lead, and Zinc, in five herbal species including *Amygdalus carduchorum ,Pistacia atlantica*, *Ebenus stellata, Asragalus* sp. and *Rheum ribes*, twenty five samples (5 from each species) were collected in the study area and five samples (one for each species) were collected from an area outside of the region as control. The samples were analyzed by ICP-OES method. The resultant data was statistically analyzed using One-way Anova and T-test. BAC was in "low" or "very low" range for all the five plant species. The results showed that *Rheum Ribes* could be useful in Nickle exploration and *Ebenus stellata* for Lead exploration. This study suggests future biogeochemical investigations of areas with flora having undefined or low BAC to consider comparison of plants' substance uptake with controls as an assisting method.

Keywords: Biogeochemistry, Chromite, Metal Elements, Khajeh-jamali, Iran-Turanian Vegetative area, Neyriz.

For Persian Version see pages 19 to 28

*Corresponding author: S. M. A. Aleyasin; E-mail: SMAAleyasin66@Gmail.com

Created with nitroPDF professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional