Archive of SID

نشریه علمی-پژوهشی "مهندسی معدن"
Iranian Journal of Mining Engineering
(IRJME)

دوره دوازدهم، شماره۳۵، تابستان ۱۳۹۶، صفحه۱۰۵تا۱۲۵
Vol. 12, No. 35, 2017, pp105-125

اهمیت اکتشافی و زیست محیطی عناصر سنگین در گیاهان و خاک‌های محدوده شهری کرمان

حبیبه عطاپور*[1]؛ مژگان طاهری[2]

۱استادیار بخش مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان:atapour@uk.ac.ir
۲ دکتری پترولوژی، مرکز زمین شناسی و اکتشافات معدنی کرمان، taherisis@yahoo.com

(دریافت۴ خرداد ۱۳۹۵، پذیرش ۷ اسفند ۱۳۹۵)

چکیده

بررسی ژئوشیمی زیست محیطی گیاهان و خاک در مساحتی به وسعت ۶۲۰ کیلومتر مربع در اطراف شهر کرمان انجام شد. تعداد ۴۶ نمونه از برگ درختان و بوته های مختلف، به روش تصادفی منظم برداشت شد. نمونه ها در سازمان زمین شناسی کشور، آماده سازی و با روش ICP-OES و جذب اتمی شعله ای تجزیه شد. داده های ژئوشیمیایی گیاهان نشان می‌دهد که مقدار مس در برگ درخت گز، یونجه و ریشه و برگ شیرین بیان به-ترتیب ۱۲۹/۵ ۱۰۹/۲۸، ۱۰۰/۸۴ و ۱۰۰/۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. میانگین مولیبدن در برگ پسته و یونجه ۱۴/۸۵ و ۱۸/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و سرب در برگ پسته و شیرین بیان بین ۱۸/۹۲ تا ۱۹/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر است. مقدار روی در برگ درخت گز، شیرین بیان و یونجه به‌ترتیب ۴۲۴/۳۸، ۲۹۵/۸، ۲۸۳/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. مقدار کروم ،۱۰/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت نارون و ۴۳/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ گیاه شیرین بیان است و مقدار نیکل در برگ پسته و شیرین بیان، ۱۳/۹ و ۳۷/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۳۸/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ریشه آن می‌باشد. مقدار وانادیم، ۱۰/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت نارون و میانگین مقدار استرانسیم بین ۳۲۵/۹۰میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه برگ درخت زبان گنجشک تا ۱۹۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت سرو متغیر است. میانگین آرسنیک ۷/۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت گز، ۲۳/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در بوته شیرین بیان و ۱۲/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ریشه آن است. ضریب همبستگی عناصر در خاک و گیاه مبین انتقال ضعیف عناصر به گیاه می‌باشد. نقشه های ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر مس در گیاهان محدوده شهر، مولیبدن در محدوده شهر و نزدیکی فرودگاه، سرب در محدوده شهر و روی در بخش‌های شمالی شهر و کروم و نیکل در حاشیه شمال غربی شهر کرمان است.

کلمات کلیدی

ژئوشیمی ، عناصر سنگین و سمی، آلودگی گیاهان، محدوده شهری کرمان

www.SID.ir

*نویسنده مسئول مکاتبات

Archive of SID

۱-مقدمه

بررسی ژئوشیمیایی عناصر سنگین و سمی علاوه بر اهمیت اکتشافی، اهمیت زیست محیطی ویژه ای دارد واز طرفی بر سلامت گیاه، حیوان و انسان تأثیر می گذارد.. در طول قرن گذشته افزایش قابل توجهی در جمعیت شهری صورت گرفته و بر اساس گزارش سال ۲۰۱۵ سازمان ملل[۱] تا سال ۲۰۵۰، بیش از۳/ ۶ میلیارد انسان در شهرها و حواشی آن زندگی می کنند. این رشد به‌طورمستقیم تحت تأثیر استفاده از زمین، پوشش گیاهی و چرخه بیوژئوشیمیایی عناصر (به ویژه عناصر سنگین و سمی) است که سلامت انسان ومحیط زیست را به مخاطره می-اندازد[۱]. آلودگی‌های انسان زاد و فعالیت های صنعتی در مناطق شهری باعث انتقال مقادیر قابل توجهی از عناصر سنگین از هوا به خاک، آب و گیاهان می‌شوند[۲،۳]. امکان جذب عناصر از ریشه گیاهان مستلزم انتشار ژئوشیمیایی زیستی از محلول های خاک به گیاه می‌باشد. توانایی گونه‌های گیاهی در جذب فلزات سمی تحت عنوان فعالیت انحصاری جذب و دفع نامیده می شود، به-طوری که با افزایش عناصر سمی در خاک میزان آن در بخش های هوایی گیاه (ساقه و برگ) ثابت می‌ماند تا این‌که به حد آستانه رسیده و از آن پس، با مقدار تقریباً ثابت عنصر در خاک، غلظت آن در گیاه افزوده می‌شود[۴]. جذب ترکیبات مختلف در گیاه متفاوت است، کروم و اورانیم در گونه‌های گیاهی خاصی به-صورت کمپلکس اگزالاتی و کمپلکس با پروتئین منتقل می‌شوند. انتقال عناصر از خاک به گیاه به عواملی مانند pH، Eh، نوع کانی-های رسی و فراوانی کمپلکس ها در خاک بستگی دارد[۴]. انباشته شدن عناصر در لایه های حاوی مواد آلی خاک تابع پوشش گیاهی، روش جذب عناصر توسط ریشه، عبور از بخش-های هوایی گیاه و نهایتاً نهشته شدن کمپلکس‌های فلزی در برگ‌ها و چوب است. زمانی که برگ‌ها در پاییز می ریزند، ترکیبات پایدارتر مانند کربنات‌های قلیایی و قلیایی خاکی، سولفات‌ها، فسفات‌ها و کمپلکس‌های هومیک آهن و منگنز توسط آب باران شسته شده و توسط خاک دوباره بازیابی می‌شوند. سازنده‌های محلول و غیر محلول و کمپلکس های هومیک در افق مواد آلی خاک باقی می‌مانند. این فرآیند سبب غنی شدگی بسیاری از عناصر مهم در بالاترین لایه خاک می‌شود[۴]. لایه‌های حاوی مواد آلی در خاک بیشتر از عناصری مانند آرسنیک، بریلیم، کادمیم، کبالت، ژرمانیم، طلا، نقره، سرب، روی، منگنز، اسکاندیم، قلع و اورانیم غنی شدگی نشان می‌دهند[۴].

عناصر در محیط های خشکی در مدت زمان طولانی توانایی مقاومت در محیط های آبی را داشته و از خاک به آب‌های زیرزمینی منتقل شده و از طریق ریشه گیاهان جذب می‌شوند[۵]. توانایی گیاهان در جذب فلزات مختلف انتخابی است، به‌طوری که بالا بودن مقدار یک فلز منجر به رشد بیشتر گیاه و یا سازگاری گونه‌ای و نابودی گونه دیگری می‌شود که تحت تأثیر فرآیندهای فتوسنتز و میزان کلروفیل گیاه است. مثلاً افزایش مقدار مس مانع از انجام فرآیند فتوسنتز و سرب سبب کاهش مقدار کلروفیل می‌شود. همچنین، آرسنیک بر فرآیندهای متابولیک تأثیر داشته و روی و قلع باعث رشد و توقف رشد برگ‌ها می‌شود[۵].

تأثیر عناصر سنگین و سمی برگیاهان به دلیل اهمیت اکتشافی و آثار زیست محیطی و مخاطراتی که می‌تواند در زنجیره غذایی ایجاد کند، در بسیاری از مناطق دنیا بررسی شده است [۱۴-۳]. داده های زیادی درباره چرخه بیوژئوشیمیایی عناصر در گیاهان مناطق شهری وجود دارد[۲۰-۱۵].. وانگ[۱۷]، با استفاده از ایزوتوپ های مختلف مقدار نیتروژن در خاک و گیاهان مناطق شهری را بررسی کرده است. کلکروا و دوسکولوا [۲] عناصر سنگین در گیاه قاصدک (dandelion) را در جمهوری چک بررسی کردند.

مطالعات ژئوشیمی گیاهان در ایران نیز توسط قدیریان و قطبی راوندی[۲۲] جهت عناصر مس، سرب، روی و نیکل، در ۱۴۶ گونه از گیاهان خودرو در معدن مس سرچشمه کرمان، پاری زنگنه و همکاران[۲۳]، عناصر سرب، روی و کادمیم، درگیاهان خودروی (خار شتر، تاج خروس و غیره) شهرک صنعتی روی در زنجان، چهرگانی و همکاران[۲۴] عناصر سرب، روی، مس، کادمیم و نیکل را درگونه های علوفه ای جاز، تاج خروس، پیچک و مینای وحشی در معدن انگوران، قدیریان و بیکر [۲۵]، عناصر نیکل، کروم، کبالت، منگنز، آهن، منیزیم و کلسیم را در ۱۷۶ گونه گیاهی موجود روی خاک‌های ناشی از سنگ‌های اوالترامافیک در مناطق نایین و انارک، قدیریان و همکاران [۲۶] عناصر سرب و

www.SID.ir

Archive of SID

روی را در ۶۶ گونه گیاهی از منطقه معدنی ایرانکوه، مظفری و همکاران [۲۷] عناصر سرب، کادمیوم و نیکل در اندام‌های مختلف سرو خمره ای و سرو نقره‌ای شهرک صنعتی البرز، استان قزوین، فرجندی و باستانی [۲۸] عناصر مس، سرب و روی، کادمیم، رنیم در گیاهان خودروی فرفیون، درمنه، علف هفت بند، اسفند، ترتیزک صحرایی، خارشتر و غیره را در محدوده مسجد داغی جلفا (آذربایجان)، زینلی نژاد و فرزامی سپهر [۲۹] عناصر مس، سرب و روی و نیکل را در برگ درختان اکالیپتوس، انجیر معابد و کونوکارپوس را در شهر اهواز و صفاری و همکاران [۳۰] عنصر مس را در گیاهان خودروی منطقه دوست بیگلو مشکین شهر انجام شده است. قابل ذکر است که مطالعات قبلی فقط تعداد کمی از عناصر را بررسی کرده و تا کنون در شهر کرمان بررسی-های عناصر سنگین و سمی در گونه های مختلف گیاهی انجام نشده، بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی ژئوشیمیایی گیاهان اطراف منطقه شهری کرمان پایه‌گذاری گردید.

۲- زمین شناسی محدوده شهری کرمان

محدوده شهری کرمان (به وسعت ۶۰۰ کیلومتر مربع) در طول جغرافیایی ″۳۰′۵۲′°۵۶ تا ″۳۰′۷′°۵۷ شرقی و عرض ″۳۰′۲۲′°۳۰ ـ ″۳۰′۷′°۳۰ شمالی قرار گرفته و واحدهای چینه شناسی آن (شکل ۱) شامل کنگلومرای قاعده‌ای و ماسه سنگ-های آرنایتی، دولومیت- سنگ آهک دولومیتی و شیل، لایه های فسفاتی، سنگ آهک خاکستری، مارنی سیلورین – دونین است که به‌صورت نا هم شیب بر روی واحدهای اینفراکامبرین قرار دارند .گسترده‌ترین واحدهای سنگی در محدوده کرمان را سنگ-های آهکی کرتاسه بالایی تشکیل می‌دهد. مطالعات هوکریده و همکاران [۳۱] و عطاپور و همکاران [۳۲] نشان می‌دهد بیشترین رخساره سنگی کرتاسه متعلق به سنونین و از سنگ‌های آهکی خاکستری تا روشن رنگ ریفی هپیوریت‌دار است. حرکات کوهزایی فاز لارامید در اواخر کرتاسه باعث تشکیل این رخنمون-ها در اطراف شهر (کوه صاحب الزمان) شده است. مرز بالایی آهک‌های کرتاسه فوقانی در منطقه مورد مطالعه کنگلومرای پالئوسن است که به‌طور دگرشیب بر روی سنگ آهک‌های ریفی هپیوریت‌دار قرار گرفته است [۳۳ و ۳۲]. واحدهای کواترنر شامل پادگانه ها و نهشته‌های آبرفتی (شن، ماسه، سیلت) و پهنه های سیلتی- رسی و دشت‌های بادی است [۳۲].

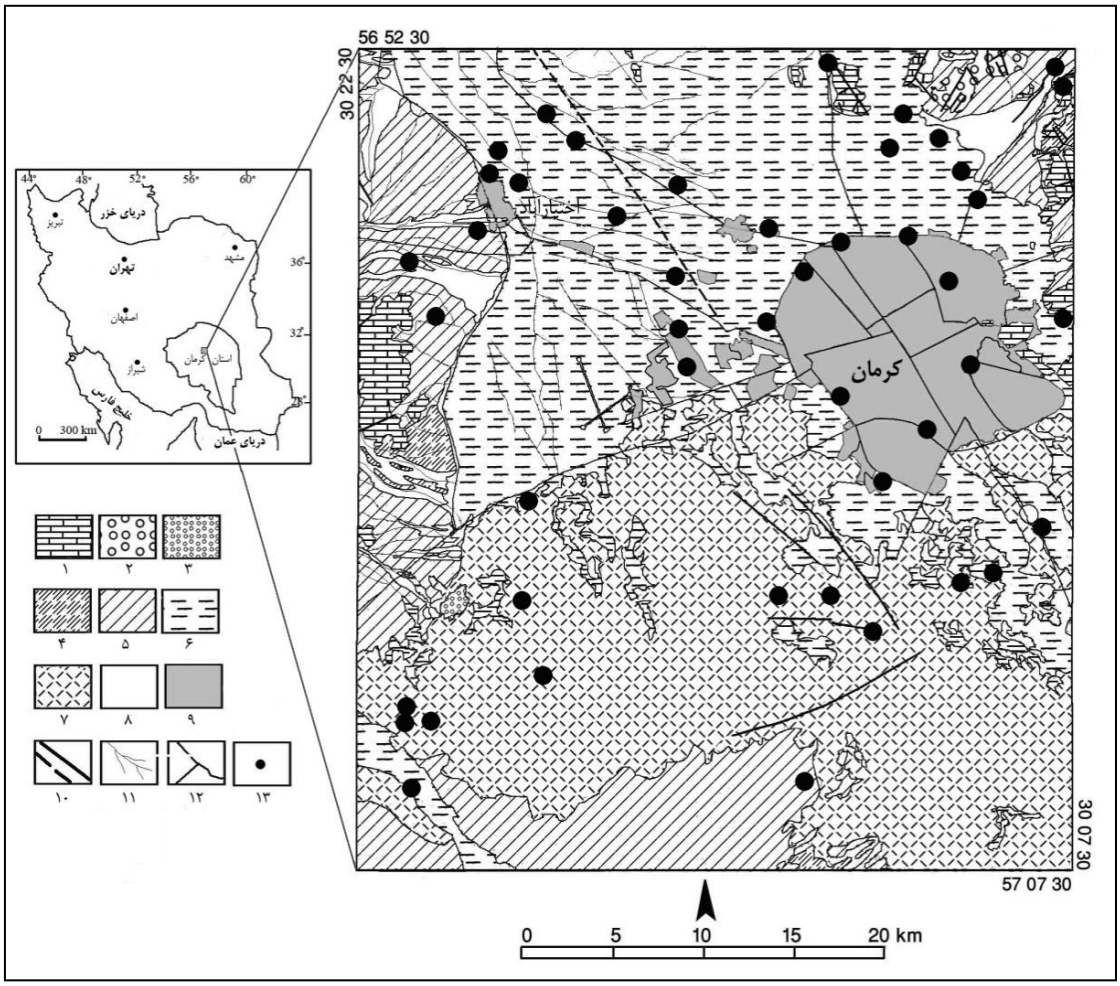
۳- روش نمونه‌برداری و اندازه‌گیری

پوشش گیاهی غالب در محدوده اطراف شهر کرمان بیشتر درختان گز (دشت جنوبی کرمان)، پسته (باغستان های شمال و غرب شهر) و کاج و سرو محدوده شهر و بعضاً درختان میوه درباغ های اطراف و بوته های شیرین بیان خودرو و ریشه آن و بوته‌های یونجه، جو، گندم و سبزی های کاشته شده در مزارع حاشیه شهر است.

نمونه‌برداری در فصل بهار سال ۱۳۸۷، در محدوده ورقه ۱:۵۰۰۰۰ کرمان به مساحت حدود ۶۲۰ کیلومتر مربع انجام شد. به دلیل موقعیت شهری شبکه نمونه برداری به‌صورت منظم تصادفی پیشنهادی آزانس بین المللی انرژی اتمی [۳۲] انجام شد، به‌طوری که منطقه به تعدادی. شبکه مستطیلی تقسم شده و در هر شبکه به‌طور تصادفی تعدادی از نمونه‌های برک درختان یا بوته های موجود در شبکه، برداشت شد. با توجه به این‌که منطقه مورد مطالعه در محدوده گرم و خشک و حوضه های رسوبات بادی واقع است، در بعضی از شبکه‌های مستطیلی پوشش گیاهی قابل توجهی وجود ندارد. تعداد ۴۶ نمونه گیاه و هر گیاه به میزان حدود ۵۰۰ گرم، در این مطالعه جمع آوری شد که شامل برگ درخت پسته(۱۳ نمونه)، درخت گز(۱۲ نمونه)، برگ درخت سرو و سنجد (هر کدام ۲ نمونه) و برگ درختان زردآلو، انار، زبان گنجشک، نارون، هر کدام یک نمونه، برگ بوته های یونجه (۴ نمونه)، بوته گندم (۴ نمونه)، بوته جو (۱ نمونه)، بوته شیرین بیان و ریشه آن (هر کدام یک نمونه) است. در غالب مناطق از یک گیاه و خاکی که گیاه روی آن می‌روید، نمونه‌گیری به عمل آمده تا ارتباط عناصر در خاک و گیاه بررسی شود. نمونه‌های گیاهی پس از شسته شدن با آب مقطر در برابر نور آفتاب خشک شد و پس از آماده‌سازی، غلظت ۵۲ عنصر به ویژه عناصر سنگین در آزمایشگاه مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی کشور (کرج) با روشICP-OES اندازه گیری شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه (۱- سنگ آهک های کرتاسه بالایی، ۲-کنگلومرای قاعده ایی پالئوسن، ۳-کنگلومرای نئوژن، ۴- پادگانه ها و نهشته‌های آبرفتی، ۵-آبرفت‌های جوان، ۶- پهنه های سیلتی – رسی، ۷- تپه‌های ماسه‌ای، ۸- آبرفت‌های عهد حاضر، ۹- مناطق مسکونی، ۱۰- گسل، ۱۱- آبراهه، ۱۲- خیابان و جاده، ۱۳ – محل نمونه برداری (نقل با تغییرات از:[۴۴-۳۹].

روش آماده‌سازی نمونه‌های گیاهی برای سنجش از طریق OES-ICP به شرح زیر است: نمونه‌های گیاهی خشک شده را در آسیاب پودر کرده و از الک با قطر ۳۰۰ میکرون عبور می‌دهند. ۰/۵ میلی‌گرم از نمونه را وزن کرده، سپس ۶ سی سی اسید نیتریک ۶۵ درصد، یک سی سی اسید کلریدریک ۳۷ درصد و یک سی سی H_2O_2 به آن اضافه کرده و پس از بستن درب ظرف-ها آن‌ها را درون مایکروویو قرار می‌دهند. دستگاه مایکروویو روش تأیید شده‌ای برای گرمایش گیاهان دارد که پس از انتخاب آن، دستگاه را روشن می‌کنند. بعد از اتمام عمل هضم، درب مایکروویو را باز کرده و بخش حرارت دیده را زیر هود قرار می‌دهند. سپس درب ظرف محتوی گیاه را باز کرده و نمونه‌های هضم شده را فیلتر کرده و درون بالن ۵۰ میلی لیتری با آب رقیق کرده و برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه ICP ارسال می‌کنند. برای بررسی دقت داده‌ها، آزمایشگاه به ازاء هر ده نمونه یک نمونه تکراری را اندازه گیری می‌کند که حدود ۵ درصد از نمونه را شامل می‌شود. نتایج دقت داده‌ها، در جدول ۱ بیان شده است. برای اطمینان از صحت داده‌ها تعدادی از نمونه‌های گیاهی در آزمایشگاه مدیریت زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه جنوب خاوری با استفاده از روش جذب اتمی نیز تجزیه شد. روش خاکستر کردن و تجزیه گیاه در آزمایشگاه شیمی تجزیه

www.SID.ir

Archive of SID

(بر اساس مطالعات بروکز) [۵] به شرح ذیل انجام شده است. نمونه برگ خشک شده را آسیاب کرده و در حرارت ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت در کوره مافل (muflle) قرار داده تا خاکستر شود و بعد از آماده شدن خاکستر، ۰/۱ میلی‌گرم از نمونه را درون لوله آزمایش قرار داده و پس از اضافه کردن ۱۰ سی سی اسیدکلریدریک یا اسید نیتریک ۲ مولال به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب جوشان و انحلال کامل از کاغذ صافی عبور داده شد.

جدول ۱: مقادیر دقت محاسبه شده در نمونه‌های برگ و بوته درختان (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

نوع نمونه	Cu	Mo	Pb	Zn	Cr	Ni	V	Sr	Ba
برگ درخت پسته	۳۹/۵۳	۲/۱۶	۵/۴۳	۲۰۸/۳	۲/۰۶	۳/۷۱	۱/۰۲	۶۹۵/۶	۱۱/۱۱
تکرار نمونه	۵۹/۷	۱/۸۹	۶/۷۱	۱۷۳/۹۷	۱/۳۷	۲/۸۲	۱/۸۹	۷۷۹/۰۹	۱۲/۴۳
میانگین	۵۰/۳۰	۱/۹۸	۶/۲۹	۱۸۵/۴۲	۱/۶۰	۳/۱۱	۱/۶۰	۷۵۱/۲۶	۱۱/۹۹
انحراف معیار	۷/۶۲	۰/۱۳	۰/۶۰	۱۶/۲۰	۰/۳۲	۰/۴۲	۰/۴۱	۳۹/۳۶	۰/۶۲
دقت (درصد)	۸۴/۸۵	۹۳/۵۷	۹۰/۴۰	۹۱/۲۶	۷۹/۷۶	۸۶/۴۸	۷۴/۴۸	۹۴/۷۶	۹۴/۸۱
برگ بوته یونجه	۱۰۲/۹	۸/۶۰	۴/۰۲	۳۸۳/۵۷	۶/۲۹	۱۰/۵۵	۵/۴۴	۲۷۷۶/۹۸	۵۰/۴۸
تکرار نمونه	۱۲۷/۲	۷/۹۳	۱۴/۰۵	۳۱۲/۲۱	۲/۳۸	۶/۸۵	۳/۰۸	۲۶۵۲/۲۴	۳۷/۷۴
میانگین	۱۱۵/۱	۸/۲۷	۹/۰۳	۳۴۷/۸۹	۴/۳۴	۸/۷۰	۴/۲۶	۲۷۱۴/۶۱	۴۴/۱۱
انحراف معیار	۱۷/۲۲	۰/۴۷	۷/۰۹	۵۰/۴۶	۲/۷۶	۲/۶۲	۱/۶۷	۸۸/۲۱	۹۰/۰۱
دقت (درصد)	۸۵/۰۳	۹۴/۲۷	۲۱/۵۲	۸۵/۵۰	۳۶/۳۱	۶۹/۸۷	۶۰/۸۴	۹۶/۷۵	۷۹/۵۸
برگ بوته گندم	۸۵/۴۸	۱۱/۴۴	۴/۸۷	۱۴۲/۹۹	۵/۰۶	۵/۶۴	۱/۱۸	۴۰۹/۱۸	۴۸/۷۰
تکرار نمونه	۹۱/۶۱	۱۳/۱۰	۴/۵۴	۱۴۳/۷۱	۷/۳۰	۳/۵۳	۱/۸۸	۲۶۰/۴۴	۴۳/۲۴
میانگین	۸۸/۵۵	۱۲/۲۷	۴/۷۱	۱۴۳/۳۵	۶/۱۸	۴/۵۹	۱/۵۳	۳۳۴/۸۱	۴۵/۹۷
انحراف معیار	۴/۳۳	۱/۱۷	۰/۲۳	۰/۵۱	۱/۵۹	۱/۴۹	۰/۵۰	۱۰۵/۱۷	۳/۸۷
دقت (درصد)	۹۵/۱۱	۹/۵۴	۹۵/۰۱	۹۹/۶۵	۷۴/۳۳	۶۷/۴۳	۶۷/۶۱	۸۶/۵۹	۹۱/۵۹

۴- غلظت عناصر در نمونه‌های گیاهی

بررسی تغییرات مقادیر عناصر در برگ درختان و بوته‌های گیاهی به شرح ذیل است:

۴-۱- مس

میانگین مس بین ۳۷/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه برگ درخت سرو تا ۱۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت انار متغیر (جدول ۲) است که در مقایسه با مقادیر متوسط خاکستر گیاهان (جدول ۳) کمتر از متوسط جهانی بیان شده در جدول ۳ است. بر حسب گونه گیاهی، کمترین مقدار مس از ۲۸/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سرو) تا ۵۹/۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت گز) و بیشترین مقدارآن از ۴۷/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سرو) تا ۱۲۹/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت گز) متغیر است. همچنین، میانگین مقدار مس در برگ یونجه، ریشه و برگ شیرین بیان به‌ترتیب، ۱۰۹/۲۸، ۱۰۰/۸۴ و ۱۰۰/۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمتر از متوسط جهانی (جدول ۳) است. لازم به ذکر است که مس یکی از اجزای تشکیل‌دهنده بسیاری از آنزیم های گیاهی است و نقش عمده‌ای در تولید انرژی دارد. این عنصر در درختان پسته بیشترین تأثیر را در سطح پهنک برگ می‌گذارد و در صورت کمبود آن، برگ‌ها کوچک می‌شوند و با کوچک شدن سطح برگ گیاه از نظر فتوسنتز و تولید انرژی به شدت تحت تأثیر قرار گرفته و موجب ضعف عمومی درخت می‌شود[۳۶]. علائم کمبود مس در پسته شامل ریز و قرمز شدن برگ و میوه در درختان پسته و سوختگی برگ های جوان در رویش‌های ثانویه (رشد صیفی یا رشد در تیرماه) است[۳۶]. برگ‌های انتهای شاخساره به شدت کوچک و گرد می‌شوند. نتیجه آن ضعیف شدن برگ‌های جوان انتهای شاخه وپیچش آن‌ها می‌شود[۳۶]. بررسی نمودار توزیع مس (شکل ۲) نشان می‌دهد که برگ درخت گز بالاترین مقدار مس را در بین گروه‌های نمونه برداری دارد. بررسی نمودار فراوانی این عنصر نیز در نمونه‌های گیاهی (شکل۲) سه جمعیت متفاوت را

www.SID.ir

Archive of SID

نشان می‌دهد که پایین‌ترین مقدار آن متعلق به درخت سرو و گز و بالاترین میانگین آن مربوط به برگ درخت انار است. نمودار درصد تجمعی مس (شکل ۲) نیز به خوبی جمعیت‌ها را تفکیک می‌کند.

جدول ۲: میانگین، حداقل، حداکثر و انحراف معیار عناصر در برگ گیاهان نمونه‌برداری شده (میلی گرم بر کیلوگرم)

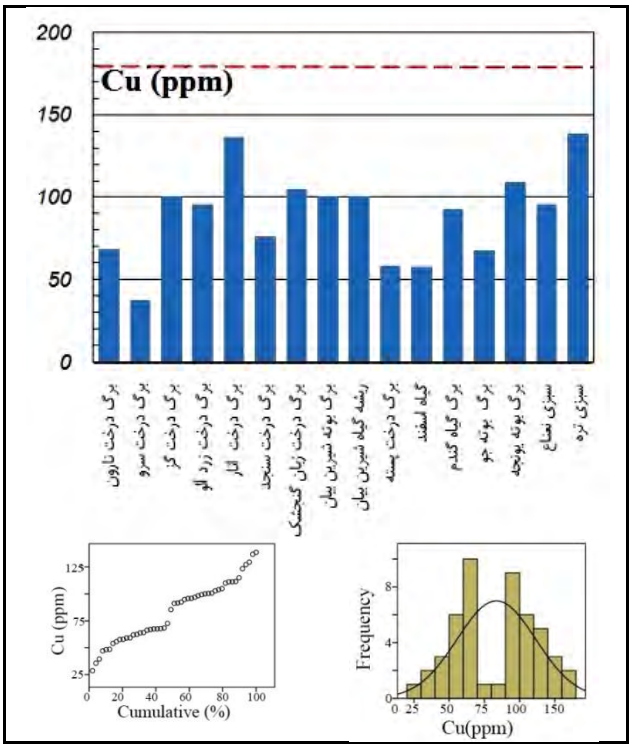
نمونه	مقدار	Cu	Mo	Pb	Zn	Cr	Ni	V	Sr	Ba	As
برگ درخت سرو	حداقل	۲۸/۷۰	۳/۶۵	۴/۷۲	۱۴۲/۸۷	۷/۲۲	۵/۰	۵/۶۰	۵۳۵/۷۶	۲۶/۵۷	۷/۵۰
	حداکثر	۴۷/۰۸	۳/۶۵	۸/۹۰	۱۷۱/۵۱	۹/۵۹	۶/۵	۶/۵	۳۳۰۹/۸	۳۳/۵۹	۷/۵۰
	میانگین	۳۷/۸۹	۳/۶۵	۶/۸۱	۱۵۷/۱۹	۸/۴۱	۵/۸	۶/۰۵	۱۹۲۲/۸	۳۰/۰۸	۷/۵۰
	انحراف معیار	۱۳/۰۰	---	۲/۹۶	۲۰/۲۵	۱/۶۷	۱/۰۸	۰/۶۴	۱۹۶۱/۵	۴/۹۷	---
برگ درخت گز	حداقل	۵۹/۲۵	۱/۰۵	۳/۴۴	۱۵۸/۹۸	۳/۱۲	۴/۶۰	۲/۶۰	۳۰۱/۵۷	۱۴/۹۵	۷/۵۰
	حداکثر	۱۲۹/۵۰	۵/۳۴	۱۵/۱۵	۴۲۴/۳۸	۹/۹۷	۱۵/۱	۱۰/۲۸	۳۴۱۷/۷	۸۲/۷۰	۱۰/۶۰
	میانگین	۱۰۰/۸۴	۲/۴۶	۸/۲۶	۲۷۲/۰۱	۵/۸۷	۷/۵۰	۴/۹۵	۱۱۳۶/۰	۳۸/۸۳	۷/۷۶
	انحراف معیار	۲۲/۶۰	۱/۵۱	۳/۴۰	۸۵/۴۲	۲/۲۴	۲/۸۸	۲/۱۵	۸۱۲/۹۶	۲۱/۰	۰/۸۹
برگ درخت سنجد	حداقل	۴۸/۲۴	۳/۲۹	۰/۷۵	۲۶۵/۸۸	۴/۲۱	۱۳/۵	۱/۸۶	۶۰۳/۹۷	۸/۳۴	۷/۵۰
	حداکثر	۱۰۴/۰۱	۳/۲۹	۲/۳۶	۲۹۰/۸۴	۶/۰۳	۲۱/۲	۳/۸۱	۱۱۴۷/۵	۲۸/۰۸	۷/۵۰
	میانگین	۷۶/۱۳	۳/۲۹	۱/۵۶	۲۸۷/۳۶	۵/۱۲	۱۷/۳	۲/۸۴	۸۷۵/۷۴	۱۸/۲۱	۷/۵۰
	انحراف معیار	۳۹/۴۴	---	۱/۱۴	۱۷/۶۵	۱/۲۸	۵/۴۴	۱/۳۸	۳۸۴/۳۴	۱۳/۹۵	---
برگ درخت زرد آلو	مقدار	۹۵/۷۵	۵/۸۹	۷/۸۱	۲۶۱/۳۲	۲/۸۲	۵/۸	۲/۴۲	۹۴۴/۰۱	۲۵/۱۵	۷/۵۰
برگ درخت انار	مقدار	۱۳۶/۸۴	۲/۹۲	۳/۲۰	۲۱۹/۲۱	۲/۷۹	۳/۸	۲/۴۱	۱۱۳۳/۱	۲۹/۷۸	۷/۵۰
برگ درخت پسته	حداقل	۳۵/۶۴	۱/۰۶	۱/۱۷	۱۷۰/۸۷	۱/۳۷	۲/۸	۱/۰۲	۲۷۰/۹۷	۸/۳۰	۷/۵۰
	حداکثر	۷۲/۶۲	۱۴/۸۵	۱۸/۹۲	۳۶۹/۶۷	۷/۴۷	۱۳/۹	۲/۵۰	۱۷۴۳/۱	۳۵/۱۹	۷/۵۰
	میانگین	۵۸/۳۳	۵/۷۴	۶/۱۴	۲۴۵/۱۷	۳/۸۲	۶/۲	۱/۸۷	۷۱۴/۳۲	۱۸/۴۴	۷/۵۰
	انحراف معیار	۱۱/۰۵	۷/۸۹	۴/۶۹	۶۳/۸۴	۲/۲۷	۳/۴۸	۰/۴۸	۵۲۳/۲۵	۸/۶۴	---
برگ درخت زبان گنجشک	مقدار	۱۰۴/۹۴	۲/۰	۱/۵۹	۲۶۸/۲۷	۱/۴۹	۱۵/۱	۱/۰۷	۵۹۸/۹۴	۸/۰۵	---
برگ درخت نارون	مقدار	۶۸/۳۶	۱/۲۱	۴/۶۱	۲۳۸/۴۱	۱۰/۳۶	۱۱/۶	۹/۷۸	۱۹۸۱/۱	۶۳/۹	۷/۵۰
برگ بوته گندم	حداقل	۸۵/۴۸	۱/۴۴	۲/۴۹	۱۳۷/۲۸	۱/۰۶	۳/۲	۴/۹۱	۶۸۰/۰	۲۹/۸۴	۷/۵۰
	حداکثر	۹۸/۳۵	۱۳/۱۰	۴/۸۷	۲۰۶/۹۸	۱۶/۰۹	۹/۰	۱/۴۸	۳۲۵/۹۰	۱۵/۸۳	۷/۵۰
	میانگین	۹۲/۵۸	۹/۸۳	۳/۶۲	۱۵۷/۷۴	۷/۵۸	۵/۳	۱/۱۸	۲۶۰/۴۴	۴۳/۲۴	۷/۵۰
	انحراف معیار	۵/۴۷	۵/۶۳	۱/۲۶	۳۲/۹۵	۶/۲۷	۲/۶۷	۵/۴۶	۵۲۹/۶۸	۸۹/۴۸	۱۴/۷۸
برگ بوته جو	مقدار	۶۷/۵۱	۹/۰۶	۷/۱۳	۱۹۴/۳۹	۱۱/۷۲	۷/۴	۳/۱۱	۳۶۹/۰۴	۵۹/۸۴	۱۱/۰۷
برگ بوته یونجه	حداقل	۹۶/۹۰	۷/۹۳	۴/۰۲	۱۹۲/۰۵	۲/۱۳	۶/۸	۱/۹۵	۱۲۶/۱۰	۲۰/۶۷	۴/۱۲
	حداکثر	۱۲۷/۲۶	۳۱/۸۲	۱۴/۰۵	۳۸۳/۵۷	۶/۲۹	۱۲/۶	۱/۵۸	۲۷۱/۸۶	۳۰/۱۶	۷/۵۰
	میانگین	۱۰۹/۲۸	۱۸/۶۳	۷/۱۲	۲۸۳/۸۵	۳/۷۹	۹/۳	۱/۳۶	۱۷۷۲/۲	۲۶/۵۵	۷/۵۰
	انحراف معیار	۱۳/۱۴	۱۲/۱۹	۴/۶۷	۸۲/۶۵	۱/۹۴	۲/۷۸	۵/۴۴	۲۷۷۶/۹	۵۰/۴۸	۷/۵۰
بوته سبزی تره	مقدار	۱۳۸/۷	۲/۸۵	۱۰/۲۰	۳۸۱/۲	۷/۱۵	۷/۳۶	۱۰/۵۴	۱۵۵۷/۶	۵۸/۲۲	>۱۰
بوته سبزی نعناع	مقدار	۹۵/۹	۳/۰۶	۸/۶۷	۲۳۱/۷	۱۱/۵۷	۱۰/۱۹	۹/۰۲	۲۴۰۴/۶	۹۶/۶۱	>۱۰
برگ بوته شیرین بیان	مقدار	۱۰۰/۴۲	۱/۲۲	۱۹/۰۶	۲۹۵/۸۰	۴۳/۸۹	۳۷/۸	۷۳/۲۱	۶۴۸/۲۲	۲۰۴/۵	۲۳/۶۶
ریشه بوته شیرین بیان	مقدار	۱۰۰/۸۴	۹/۰۳	۸/۲۴	۲۰۰/۶۳	۴۳/۶۲	۳۸/۳	۳۱/۸۴	۲۰۴۰/۷	۱۰۶/۶	۱۲/۳۸

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: مقدار عناصر در بخش خشک شده گیاهان، خاکستر و خاک (بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم)

عنصر	عیار عادی [۴]	تغییرات عادی [۳۷]	تغییرات سمی[۳۷]	خاکستر [۴]	خاک [۴]	عنصر	عیار عادی [۴]	تغییرات عادی [۳۷]	تغییرات سمی [۳۷]	خاکستر [۴]	خاک [۴]
Al	۲۰	---	---	---	---	Na	۲۰۰	---	---	---	---
Ag	۰/۰۵	۰/۵	۵-۱۰	۱	۱	Ni	۳	۰/۱-۵	۱۰-۱۰۰	۶۵	۴۰
As	---	۷-۵۰	۱۵۰	۴	۵	P	۷۰۰	---	---	---	---
B	۵	۱۰-۲۰۰	۵۰-۲۰۰	۷۰۰	۱۰	Pb	---	۵-۱۰	۳۰-۳۰۰	۷۰	۱۰
Ba	۳۰	---	۵۰۰	۲۸۰	۵۰۰	Rb	۲	---	---	---	---
Be	---	>۱-۷	۱۰-۵۰	۰/۷	۶	REE	۰/۴	---	---	---	---
Ca	۵۰۰۰	---	---	---	---	S	۵۰۰	---	---	---	---
Cd	---	۰/۰۵-۰/۲	۵-۳۰	۰/۱	۰/۵	Sb	---	۱-۱/۷	۲-۲۰	۱	۰/۵
Co	۰/۴	۰/۰۲-۱	۱۵-۵۰	۹	۱۰	Se	۰/۱	۰/۰۰۱-۲	۵-۳۰	۱	۰/۵
Cu	۹	۵-۳۰	۲۰-۱۰۰	۱۸۰	۲۰	Si	۱۵۰۰	---	---	---	---
Cr	۰/۴	۰/۱-۰/۵	۵-۳۰	۹	۲۰۰	Sn	---	---	۶۰	۱	۱۰
F	---	۵-۳۰	۵۰-۵۰۰	---	---	Sr	۲۰	---	---	۳۰	۳۰۰
Fe	۵۰۰	---	---	۶۷۰۰	٪ ۱-۵	Ti	۲	۰/۵-۲	۵۰-۲۰۰	---	---
Hg	---	---	۱-۳	۰/۰۱	۰/۰۱	Tl	---	---	۲۰	---	---
K	۳۰۰۰	---	---	---	---	V	۱	۰/۲-۱/۵	۵-۱۰	۲۲	۱۰۰
Li	۰/۱	۳	۵۰-۵۰۰	۲	۳۰	U	۰/۰۵	---	---		---
Mg	۷۰۰	---	---	---	---	Zn	۷۰	۲۷-۱۵۰	۱۰۰-۴۰۰	۱۴۰۰	۵۰
Mn	۴۰۰	۲۰-۳۰۰	۳۰۰-۵۰۰	۴۸۰۰	۸۵۰	Zr	---	۰/۵-۲	۱۵	---	---
Mo	۰/۶۵	۰/۲-۱	۱۰-۵۰	۱۳	۲/۵						



شکل ۲: نمودار توزیع، فراوانی و درصد تجمعی مس، خط چین میانگین جهانی عنصردر خاکستر گیاه [۳۷].

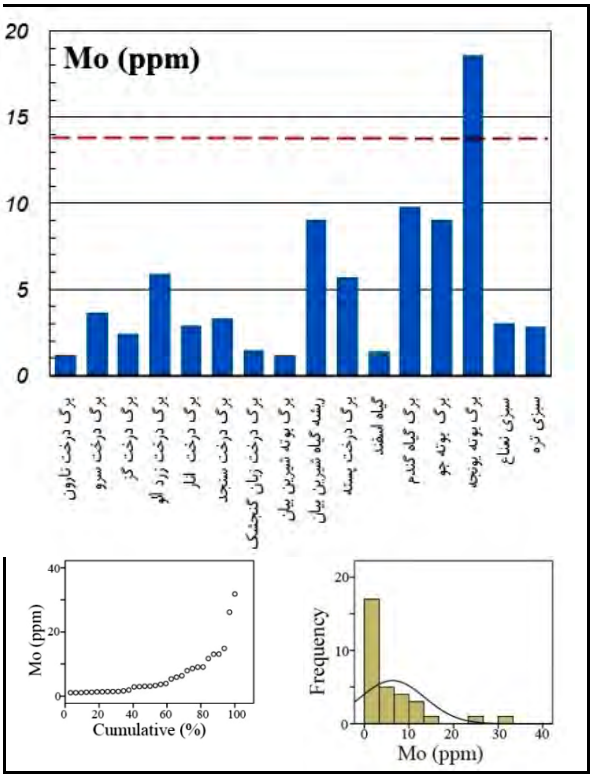
۴ -۲- مولیبدن

میانگین مقدار مولیبدن بین ۱/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه برگ درخت نارون تا ۵/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت زردآلو (جدول ۲) متغیر است که در مقایسه با متوسط جهانی خاکستر گیاهان (جدول ۳) کمتر است. کمترین مقدار مولیبدن نیز از ۱/۰۵میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت گز) تا ۳/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سرو) و حداکثر آن از ۳/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سنجد) تا ۱۴/۸۵میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت پسته) متغیر است. مقدار این عنصر در یونجه (۱۸/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از متوسط جهانی (جدول ۳) و در برگ جو (۹/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ریشه شیرین بیان (۹/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قابل توجه می‌باشد. بررسی نمودار توزیع مولیبدن (شکل ۳) نشان می‌دهد که برگ درخت پسته بالاترین مقدار مولیبدن را در بین برگ درختان دارد. همچنین، نمودار فراوانی (شکل ۳) این عنصر نشان دهنده سه جمعیت متفاوت در بین نمونه‌های گیاهی است که پایین‌ترین مقادیر متعلق به درخت نارون و زبان گنجشک و بالاترین میانگین

www.SID.ir

Archive of SID

آن مربوط بـه بـرگ بوتـه یونجـه اسـت. نمـودار درصـد تجمعـی مولیبدن (شکل ۳) نیز به خوبی جمعیت ها را تفکیک می‌کند.

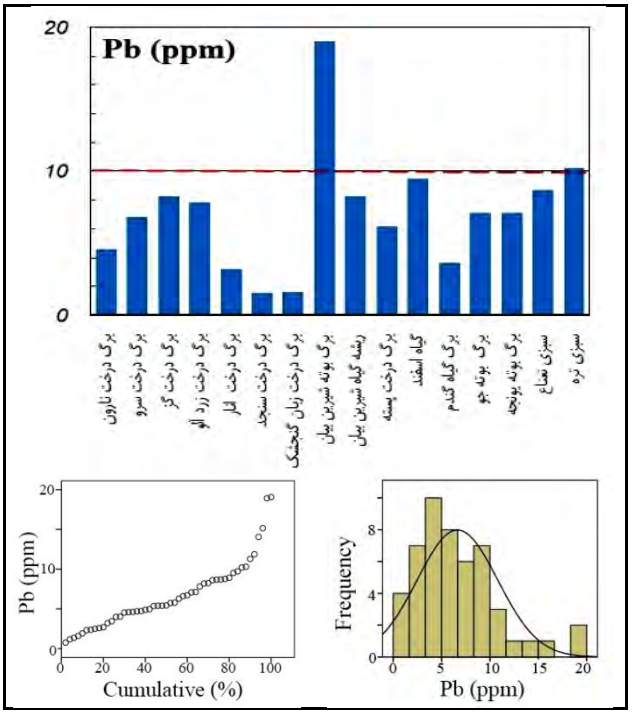


شکل ۳:نمودار توزیع، فراوانی و درصد تجمعی مولیبدن، خط چین میانگین جهانی عنصردر خاکستر گیاه [۳۷].

۴-۳- سرب

میانگین مقدار سرب بین ۱/۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت سنجد تا ۸/۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت گز (جدول ۲) متغیر و کمتر از متوسط جهانی (جدول ۳) است. کمترین مقدار سرب از ۰/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سنجد) تا ۴/۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سرو) و حداکثر آن از ۲/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت سنجد تا ۱۸/۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه برگ درخت پسته (جدول ۲) متغیر است. مقدار این عنصر در برگ بوته شیرین بیان (۱۹/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قابل توجه است، اما از متوسط جهانی (جدول ۳) کمتر است. لازم به توضیح است که درختان گز نزدیک به پست فشار قوی برق در دشت‌های جنوبی نیز سرب نسبتهً بالایی (۱۵/۱۵میلی‌گرم درتن) را نشان می‌دهند.

نمودار درصد تجمعی سرب (شکل ۴) نیز به خوبی جمعیت ها را تفکیک می‌کند. سرب یک عنصر غیر ضروری و غیر مفید برای گیاهان است و معمولا به میزان ۱ تا ۱۰ میلی‌گرم بر گرم در برگ گیاهان مختلف یافت می شود [۲۲].



شکل ۴: نمودار توزیع، فراوانی و درصد تجمعی سرب، خط چین میانگین جهانی عنصردر خاکستر گیاه (اسمیت و همکاران[۳۷]).

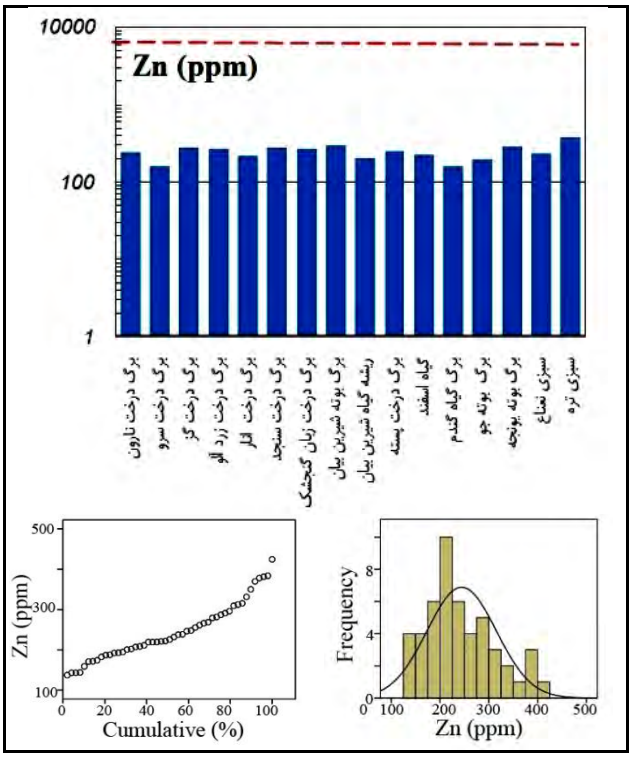
۴-۴- روی

میانگین روی بین ۱۵۷/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت سرو تا ۲۷۸/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه برگ درخت سنجد (جدول ۲) متغیر است که در مقایسه با مقادیر متوسط خاکستر گیاهان (جدول ۳) کمتر است. کمتـرین مقـدار روی از ۱۴۲/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سرو) تا ۲۶۸/۲۷ میلی‌گـرم بـر کیلوگرم (بـرگ درخـت زبـان گنجشـک) وبیشـترین مقـدارآن از ۱۷۱/۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم (بـرگ درخـت سـرو) تـا ۴۲۴/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخـت گـز) متغیـر اسـت. روی یـک عنصر ضروری برای رشد گیـاه اسـت[۲۲] و در سـاختار هورمـون اکسین (هورمون رشد) سهیم می‌باشد[۱۵].

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین، حضور این عنصر در گل‌انگیزی و تولید گرده و گرده افشانی ضروری است. علائم کمبود روی شامل تأخیر در باز شدن جوانه های گل و مواج شدن برگ‌ها است. کمبود روی به ویژه در شرایط تنش شوری منجر به کاهش میزان فتوسنتز و هدایت روزانه در درختان پسته و کوچک شدن برگ‌ها می‌شود [۱۵]. افزایش شوری در خاک تحت شرایط کمبود روی باعث کاهش فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز (Carbonic anhydrase) و محتوای کلروفیل شده و کاهش وزن تازه و خشک ریشه، شاخه و برگ و میزان رشد نسبی را در پی دارد [۳۴]. بررسی نمودار توزیع روی (شکل ۵) نشان می‌دهدکه برگ درختان توزیع یکنواختی از روی را نشان می‌دهند. بررسی نمودار فراوانی روی در نمونه‌های گیاهی (شکل ۵) یک جمعیتی با توزیع متقارن و زنگی شکل است. نمودار درصد تجمعی روی (شکل۵) نیز به خوبی یک جمعیتی بودن را نشان می‌دهد. میانگین مقدار روی نیز در برگ شیرین بیان (۲۹۵/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و برگ یونجه (۲۸۳/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، حائز اهمیت است، اما از متوسط جهانی (جدول ۳) کمتر است.



شکل ۵: نمودارتوزیع، فراوانی و درصد تجمعی روی، خط چین میانگین جهانی عنصردر خاکستر گیاه [۳۷].

۴-۵- کروم

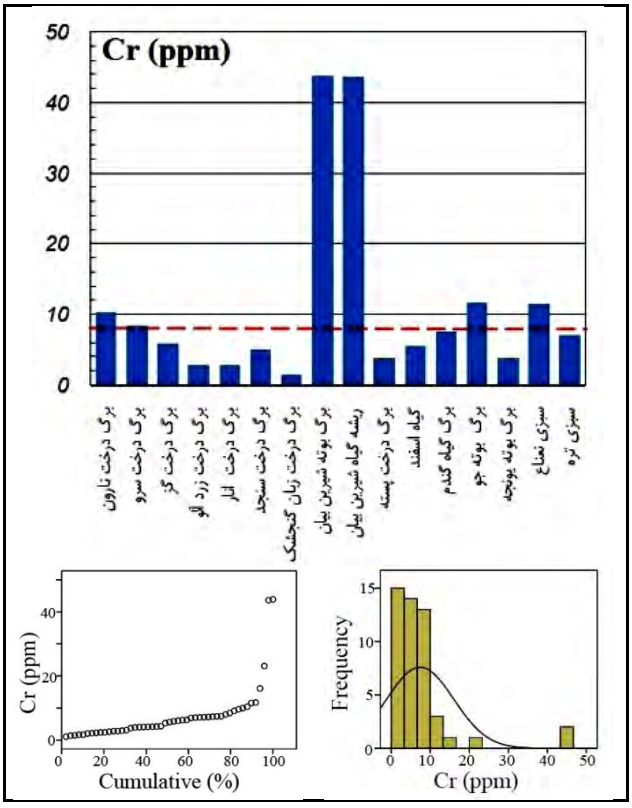
میانگین کروم بین ۱/۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم (در برگ درخت زبان گنجشک) تا ۱۰/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم (در برگ درخت نارون) متغیر است که در مقایسه با مقادیر متوسط جهانی خاکستر گیاهان (جدول ۳) در محدوده عادی یا کمی بیش از آن است. حداقل مقدار کروم از ۱/۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت پسته) تا ۷/۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سرو) می‌باشدو حداکثر آن از ۶/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت سرو تا ۱۰/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه برگ درخت نارون (جدول ۲) متغیر است. بررسی میانگین مقدار کروم مؤید تغییرات این عنصر از ۳/۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در بوته یونجه تا ۴۳/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ شیرین بیان است. مقدار این عنصر در ریشه شیرین بیان (۴۳/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و بوته آن (۴۳/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از متوسط جهانی (۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم، جدول ۳) بیشتر می‌باشد. بررسی نمودار توزیع کروم (شکل ۶) مبین توزیع عادی است گر چه مقدار آن در برگ بوته شیرین بیان غیر عادی می‌باشد. نمودار فراوانی کروم (شکل ۶) نیز مؤید سه جمعیت با تمایل مثبت بوده و نمودار درصد تجمعی آن (شکل ۶) نیز به خوبی جمعیت‌ها را تفکیک می‌کند. میانگین این عنصر از ۳/۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در بوته یونجه تا ۴۳/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ شیرین بیان متغیر است. مقدار این عنصر در ریشه شیرین بیان (۴۳/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و بوته آن (۴۳/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از متوسط جهانی (۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم، جدول ۳) بیشتر است. بررسی نمودار توزیع کروم (شکل ۶) مبین توزیع عادی است، گر چه مقدار آن در برگ بوته شیرین بیان غیر عادی می‌باشد. نمودار فراوانی کروم (شکل ۶) نیز مؤید سه جمعیت با تمایل مثبت بوده و نمودار درصد تجمعی آن (شکل ۶) نیز به خوبی جمعیت ها را تفکیک می‌کند.

۴-۶- نیکل

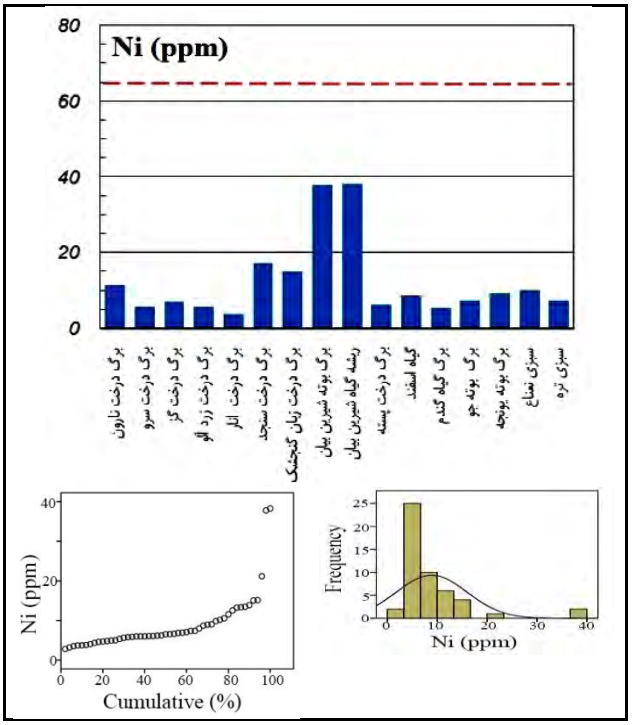
میانگین نیکل بین ۳/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم (در برگ درخت انار) تا ۱۷/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم (در برگ درخت سنجد) متغیر است که کمتر از متوسط جهانی(جدول ۳) است. حداقل مقدار نیکل از ۲/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت پسته) تا ۱۳/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سنجد) تغییر می‌کند. همچنین، بیشترین مقدار نیکل از ۶/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶: نمودار توزیع، فراوانی و درصد تجمعی کروم، خط چین میانگین جهانی عنصردر خاکستر گیاه [۳۷].



شکل ۷: نمودار توزیع، فراوانی و درصد تجمعی نیکل، خط چین میانگین جهانی عنصردر خاکستر گیاه [۳۷]

سرو تا ۱۳/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه برگ درخت پسته (جدول ۲) متغیر است.

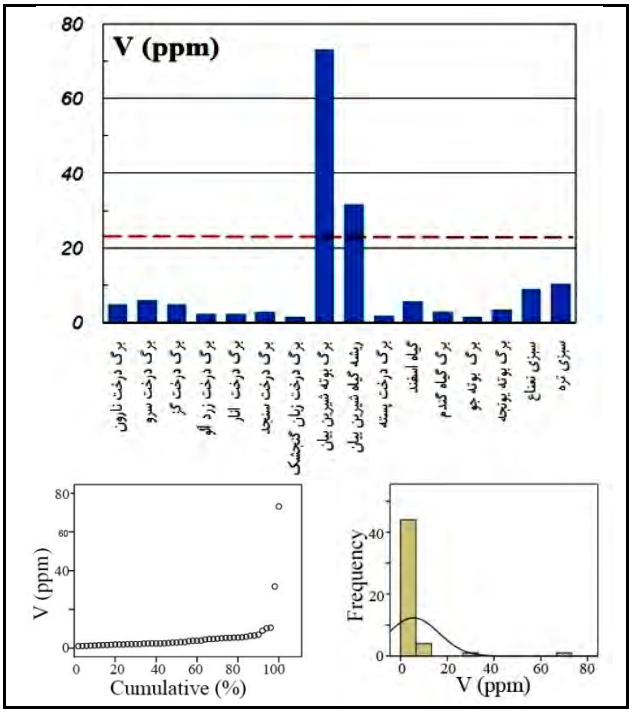
مقدار نیکل در برگ شیرین بیان (۳۷/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ریشه آن (۳۸/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) (جدول ۲) قابل توجه است، اما از متوسط جهانی (جدول ۳) کمتر می‌باشد. بررسی نمودار توزیع نیکل (شکل۷ - الف) نشان می‌دهدکه برگ درخت زبان گنجشک و سنجد بالاترین میانگین مقدار نیکل را در بین گروه‌های نمونه برداری درختان دارد. نمودار فراوانی نیکل (شکل ۷) سه جمعیت متفاوت در بین نمونه‌های گیاهی را تفکیک می‌کند که پایین‌ترین مقادیرآن متعلق به درخت انار و بالاترین میانگین مربوط به برگ درخت سنجد و بیشترین مقدار در ریشه و بوته شیرین بیان (جدول ۲) است. نمودار درصد تجمعی نیکل (شکل ۷) نیز به خوبی جمعیت ها را تفکیک می‌کند.

۴-۷- وانادیم

میانگین مقدار وانادیم بین ۱/۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت زبان گنجشک) تا ۶/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سرو) متغیر است که در مقایسه با متوسط جهانی خاکستر گیاهان (جدول ۳) در مرز توزیع عادی است. کمترین مقدار وانادیم از ۱/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت پسته) تا ۵/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سرو) است. حداکثر آن از ۲/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت پسته) تا ۱۰/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم (نمونه برگ درخت نارون، جدول ۲) متغیر است. بررسی نمودار توزیع وانادیم در نمونه‌های برگ درختان (شکل ۸) نشان-دهنده توزیع عادی این عنصر در غالب نمونه‌ها است. مقدار این عنصر در بوته شیرین بیان (۷۳/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، قابل توجه می‌باشد. بررسی نمودار فراوانی (شکل ۸) نیز مؤید سه جمعیت با تمایل مثبت است و نمودار درصد تجمعی وانادیم (شکل ۸) نیز جمعیت ها را تفکیک می‌کند.

www.SID.ir

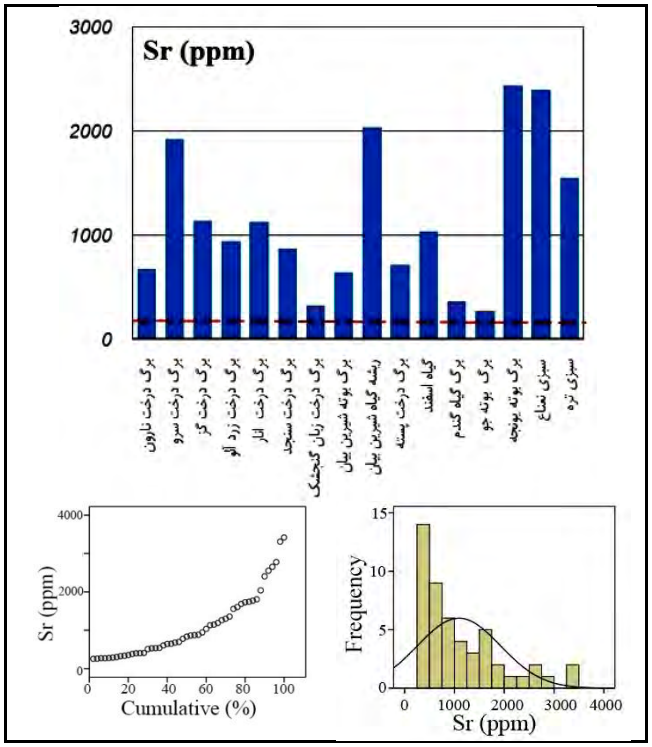
Archive of SID



شکل ۸: نمودارتوزیع، فراوانی و درصد تجمعی وانادیم، خط چین میانگین جهانی عنصردر خاکستر گیاه [۳۷].

۴-۸- استرانسیم

میانگین مقدار استرانسیم بین ۳۲۵/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه برگ درخت زبان گنجشک تا ۱۹۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت سرو متغیر (جدول ۲) است که بیشتر از متوسط جهانی است و می‌تواند به دلیل فراوانی این عنصر در خاک‌های کربناتی منطقه و جانشینی استرانسیم به جای کلسیم در ساختار کلسیت باشد. کمترین مقدار استرانسیم از ۲۷۰/۹۷میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت پسته) تا ۶۰۳/۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سنجد) است. همچنین، بیشترین مقدار آن از ۱۱۴۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سنجد) تا ۳۴۱۷/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت گز) متغیر است. در بین تمام گونه‌های گیاهی، برگ جو با ۲۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم، کمترین و برگ یونجه با ۲۴۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین مقدار استرانسیم را نشان می‌دهند. بررسی نمودار توزیع استرانسیم (شکل ۹) مبین توزیع غیر عادی این عنصر و با مقداری بالاتر از متوسط جهانی است. بررسی نمودار فراوانی استرانسیم در نمونه‌های گیاهی (شکل ۹) مبین توزیع غیرعادی با تمایل مثبت و دو جمعیتی است. نمودار درصد تجمعی استرانسیم (شکل ۹) نیز جمعیت‌ها را تفکیک می‌کند.



شکل ۹: نمودارتوزیع، فراوانی و درصد تجمعی استرانسیم، خط چین میانگین جهانی عنصردر خاکسترگیاه [۳۷].

۴-۹- باریم

میانگین مقدار باریم بین ۱۵/۸۳میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه برگ درخت زبان گنجشک تا ۳۸/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ درخت گز متغیر (جدول ۲) است و کمتر از متوسط جهانی (جدول ۳) است. کمترین مقدار باریم از ۸/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت پسته) تا ۲۶/۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سرو) متغیر است. بیشترین مقدار باریم از ۲۸/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت سنجد) تا ۸۲/۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (برگ درخت گز) متغیر است. میانگین مقدار باریم در بوته شیرین بیان با ۲۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم، قابل توجه است. بررسی نمودارهای توزیع، فراوانی و همبستگی باریم (شکل ۱۰) بیانگر توزیع عادی این عنصر می‌باشد.

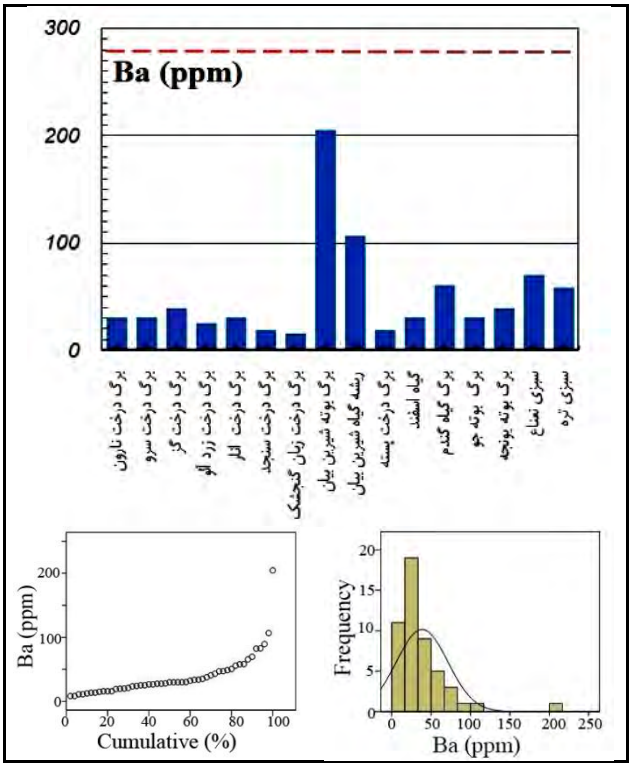
۴-۱۰- آرسنیک

میانگین مقدارآرسنیک نمونه‌ها، کمتر از حد اندازه گیری دستگاه می‌باشد (جدول ۲) .اما مقدار آن در برگ درخت گز (۷/۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، بوته گندم(۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، بوته شیرین بیان(۲۳/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، و ریشه آن (۱۲/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) (جدول ۲)، در مقایسه با متوسط جهانی

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۳) غیر عادی می‌باشد. بررسی نمودار توزیع، فراوانی و درصد تجمعی آرسنیک (شکل ۱۱) نیز مؤید فراوانی این عنصر در گیاه شیرین بیان است.

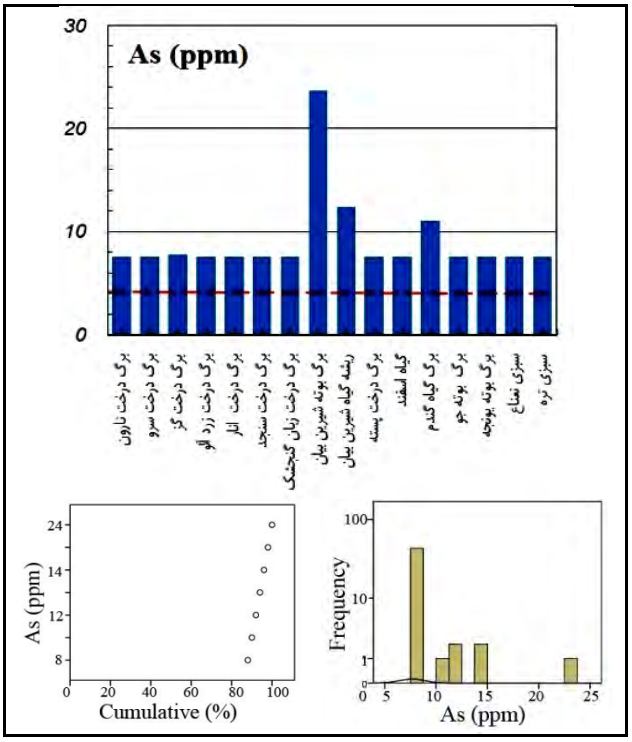


شکل ۱۰:نمودارتوزیع، فراوانی و درصد تجمعی باریم، خط چین میانگین جهانی عنصردر خاکستر گیاه [۳۷].

۵- ارتباط مقدار عناصر در گیاه و خاک محل رویش آن

بررسی تمرکز مقادیر عناصر در گیاهان مستلزم چرخه ژئوشیمیایی عناصر از خاک و یا سنگ به گیاه است، به‌طوری که مقادیر عناصر در گیاهان با تمرکز آن‌ها در خاک مرتبط بوده و در شرایطی که مقدارعناصر برای گیاهان قابل تحمل نباشد، دچار مسمومیت می‌شوند. تغییرات مقادیر عناصر در گیاه و خاک محل رویش آن با استفاده از محاسبه ضریب تمرکز زیستی و یا ضریب انتقال انجام شود. تمرکز زیستی عناصر گیاهان از خاک به گونه گیاه، نوع خاک و شرایط آب هوایی بستگی داشته و مقدار آن برابر با مقدار عنصر در گیاه به همان مقدارعنصر در خاک محل رویش آن می‌باشد[۳۷].

بررسی ضریب تمرکز زیستی در گیاهان منطقه مورد مطالعه (جدول ۴ و شکل ۲) نشان می‌دهد که ضریب تمرکز زیستی مس



شکل ۱۱: نمودارتوزیع، فراوانی و درصد تجمعی آرسنیک، خط چین میانگین جهانی عنصردر خاکستر گیاه (اسمیت و همکاران[۳۷]).

بین ۰/۸ در برگ درخت سرو تا ۴/۹ در برگ درخت زبان گنجشک متغیر است. همچنین، تغییرات میزان انتقال مولیبدن از خاک به گیاه بین ۰/۵ در برگ درخت پسته تا ۱۵/۲ در برگ بوته یونجه می‌باشد. مقادیرضریب تمرکز زیستی سرب به میزان ۰/۱ در برگ درخت پسته تا ۰/۸ در برگ بوته شیرین بیان است. با توجه به این‌که روی یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه می‌باشد، مقادیر ضریب تمرکز بالاتری نسبت به عناصر دیگر نشان می‌دهد و از ۱/۶ در برگ درخت سرو تا ۴/۹ در برگ درخت گز واقع درحاشیه باند فرودگاه کرمان متغیر است. بررسی تغییرات مقدار نیکل در نمونه‌ها نشان‌دهنده بالابودن ضریب تمرکز زیستی این عنصر در برگ بوته شیرین بیان (۰/۸) و کاهش آن در برگ درخت پسته (۰/۱) است. همچنین، بیشترین مقدار ضریب تمرکز وانادیم (۰/۷)، باریم (۰/۵)، آرسنیک (۱/۱) در برگ بوته شیرین بیان و کمترین مقدار آن به ترتیب برگ درخت گز(۰/۴)، برگ درخت پسته (۰/۸) است. بررسی تغییرات ضریب انتقال یا تمرکز زیستی استرانسیم بین ۶/۲ در برگ بوته یونجه تا ۰/۴ در برگ درخت پسته متغیر است. با توجه به این‌که مقدار استرانسیم در

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴ - مقدار ضریب تمرکز زیستی عناصر در گیاهان نمونه برداری شده

نوع خاک	نوع گیاه (برگ)	Cu	Mo	Pb	Zn	Ni	V	Ba	Sr	As
کشاورزی	درخت پسته	۲/۳	۱/۶	۰/۲	۳/۳	۰/۲	۰/۰۱۱	۰/۱	۱/۲	۰/۶
		۱/۶	۱/۶	۰/۳	۲/۵	۰/۱	۰/۰۱۱	---	۲/۰	۰/۷
		۳/۴	۱/۸	۰/۴	۳/۵	۰/۲	۰/۰۱۵	۰/۰۲۳	۱/۴	۰/۸
		۲/۴	۱/۴	۰/۴	۳/۴	۰/۲	۰/۰۲۵	۰/۰۴۵	۰/۴	۰/۶
		۱/۸	۰/۹	۰/۲	۲/۹	۰/۱	۰/۰۲۲	۰/۰۲۷	۰/۴	۰/۴
		۲/۲	۰/۸	۰/۴	۴/۰	۰/۳	۰/۰۲۱	۰/۱	۵/۲	۰/۶
		۱/۱	۱/۶	۰/۱	۲/۰	۰/۱	۰/۰۲۴	۰/۰۲۷	۱/۲	۰/۶
		۱/۸	۰/۹	۰/۳	۳/۴	۰/۲	۰/۰۱۹	---	۲/۳	۰/۳
		۱/۱	۰/۹	۰/۱	۱/۷	۰/۱	۰/۰۲	۰/۱	۰/۹	۰/۳
		۱/۹	۳/۷	۰/۱	۳/۵	۰/۲	---	۰/۰۳	۰/۵	۰/۴
	بوته جو	۲/۷	۵/۴	۰/۳	۲/۴	۰/۲	۰/۰۱۷	۰/۱	۰/۷	۰/۶
	درخت سرو	۰/۸	۱/۵	۰/۳	۱/۶	۰/۲	۰/۰۷	۰/۱	۵/۲	۰/۵
	بوته یونجه	۳/۰	۵/۷	۰/۲	۴/۶	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۶/۲	۰/۵
	درخت سنجد	۱/۶	۱/۱	۰/۱	۳/۳	۰/۳	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳	۱/۱	۰/۷
	بوته یونجه	۲/۹	۱۵/۲	۰/۲	۲/۲	۰/۱	۰/۰۴۴	۰/۱	۲/۲	۰/۵
	درخت انار	۴/۲	۱/۲	۰/۲	۲/۹	۰/۱	۰/۰۲۵	۰/۱	۱/۹	۰/۶
	بوته گندم	۲/۵	۸/۶	۰/۱	۱/۸	۰/۱	۰/۰۳۸	۰/۱	۰/۵	۰/۳
	درخت زبان گنجشک	۴/۹	۱/۱	۰/۱	۴/۷	۰/۶	---	۰/۰۴۶	۰/۸	۰/۷
ماسه بادی	درخت گز	۱/۹	۰/۷	۰/۷	۳/۴	۰/۲	---	۰/۱	۱/۳	۰/۲
		۳/۴	۰/۷	۰/۸	۲/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۲/۴	۰/۵
تبخیری	بوته شیرین بیان	۳/۱	۰/۹	۰/۸	۳/۳	۰/۸	۰/۷	۰/۵	۱/۵	۱/۱
مجاور جاده باغین	درخت گز	۳/۱	۱/۷	۰/۳	۴/۷	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۱/۳	۰/۴
مجاور باند فرودگاه	درخت گز	۴/۳	۱/۷	۰/۳	۴/۹	۰/۱	---	۰/۱	۱/۷	۰/۶
مجاور خط آهن	درخت پسته	۲/۸	۰/۵	---	۲/۵	۰/۱	---	۰/۰۳۱	۰/۸	۰/۵

خاک منطقه به دلیل فراوانی کلسیم در سنگ ها و خاک‌ها می‌باشد، ضریب انتقال زیادی را در بعضی از گیاهان نشان می‌دهد. بررسی نمودارهای فراوانی عناصر مختلف در برگ درختان و خاک مجاور آن‌ها (شکل ۱۲) نشان می‌دهدکه استرانسیم، باریم، روی و مس به ترتیب بالاترین مقدار را در خاک کشاورزی داشته و ضریب تمرکز زیستی عناصر استرانسیم، روی و مس (جدول ۴) نسبت به عناصر دیگر بیشتر است. لازم به ذکراست که ضریب تمرکز زیستی (همانگونه که در پاراگراف اول بند ۵ آمد است)، حاصل تقسیم مقدار عنصر در گیاه بر مقدارهمان عنصر در خاک محل رویش آن است). درخت سرو بیشترین مقدار سرب، نیکل، کروم و وانادیم را در خود متمرکز می‌کند. بیشترین مقادیر سرب در برگ درختان گز مجاور جاده کرمان- باغین (شکل ۱۲- ج)،کنار باند فرودگاه (شکل ۱۲- چ) و نزدیک دکل برق فشار قوی (شکل ۱۲- ح) یافت می‌شود که به نظر می‌رسد به دلیل آلودگی خاک از عنصر سرب است بیشترین مقدار مولیبدن در برگ بوته یونجه و جو متمرکز شده است، در حالی‌که بوته شیرین بیان با کمبود مولیبدن و فراوانی سرب، کروم، نیکل، وانادیم و آرسنیک (شکل ۱۳) مشخص می‌شود. بررسی نمودارهای همبستگی عناصر

www.SID.ir

Archive of SID

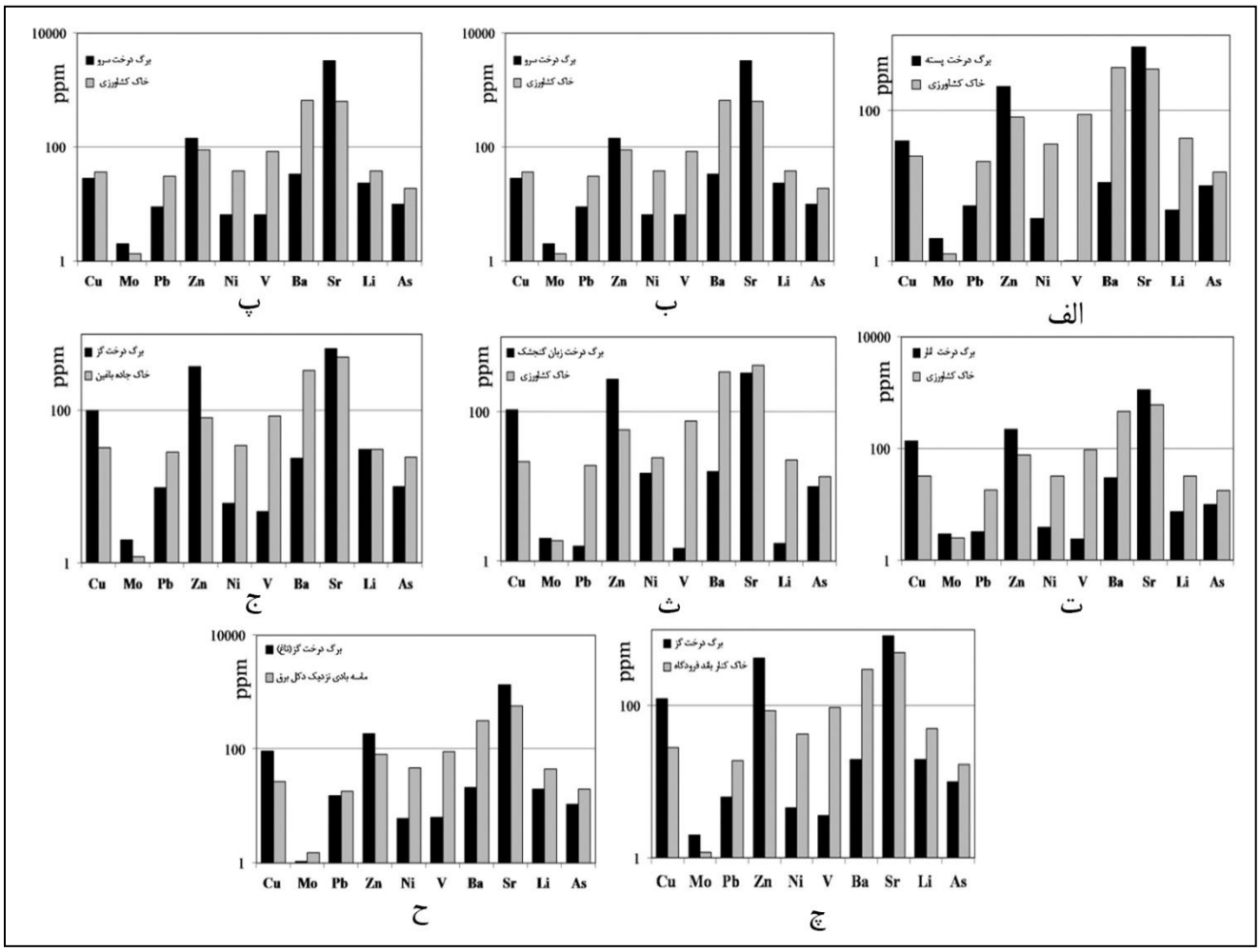
مختلف در خاک و گیاه (شکل ۱۴) مبین ضعیف بودن ضریب همبستگی عناصر می‌باشد که ممکن است به ترکیب شیمیایی گونه‌های خاص گیاهی مرتبط باشد.

۶- بحث

حدود ۸۰۰۰ گونه گیاهی در ایران وجود دارد که با توجه به کمبود بارش در ایران مرکزی، بیشتراز نوع علفی هستند. بررسی تغییرات مقادیر عناصر در گیاهان و ارتباط بین غلظت فلزات در گیاهان و خاک در ایران نیاز به داده های ژئوشیمیایی زیادی دارد، اما متاسفانه اطلاعات کمی در دسترس است[۲۲،۲۹]. افزایش در مقادیر عناصر سنگین و سمی در گیاهان به دو عامل سنگ‌ها و خاک‌های کانی‌زا و آلودگی‌های زیست محیطی بستگی دارد. صنعتی شدن شهرها باعث افزایش مقادیر قابل‌توجهی از عناصر سنگین به هوا، خاک و آب می‌شود. بخش زیادی از این آلودگیها ناشی از انتقال عناصر سمی مانند مس، سرب وروی از گازوئیل و بنزین است که جو شهرهای بزرگ را به شدت آلوده کرده و در مواردی به برگ درختان در مناطق آلوده انتقال می‌یابد. تغییرات مقدار عناصر سنگین در فصول مختلف نیز قابل توجه است به‌طوری که در فصل بهار کمترین و در زمستان بیشترین آلودگی را نشان می‌دهد که به دلیل جذب این عناصر از هوا و خاک های آلوده مناطق شهری انجام می‌شود [۱۶،۱۸]. گسترش باغ‌های پسته و میوه در اطراف شهر کرمان و وجود مزارع سبزی که مورد استفاده شهروندان قرار می‌گیرد، یکی از نگرانی‌های زیست‌محیطی محسوب می‌شود. از این رو بررسی مقادیر عناصر سنگین و سمی در گیاهان محدوده شهری داده‌های جدیدی را ارائه می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



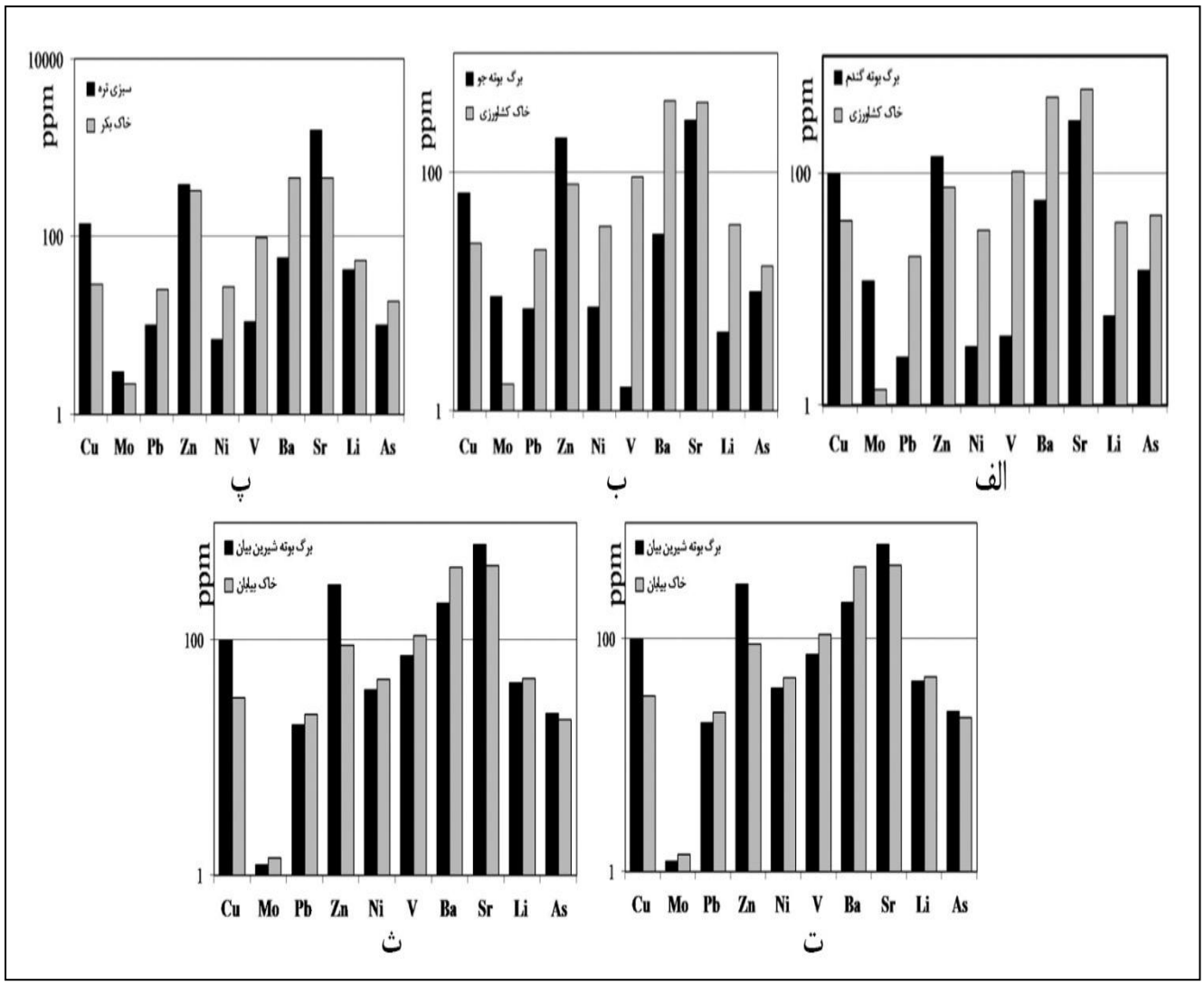
شکل۱۲: مقایسه فراوانی عناصر مختلف در برگ درختان پسته، سرو، انار، سنجد، زبان گنجشک با خاک کشاورزی و برگ درختان گز با خاک های با احتمال آلودگی کنار جاده، باند فرودگاه و ماسه‌های بادی

براساس مقایسه مقادیر عناصر در گیاهان منطقه مورد مطالعه با میانگین گیاهان (جدول ۳) نشان می‌دهد که مقادیر عناصر درحد غیر عادی و آلودگی نیست. مثلا گیاه شیرین بیان بیشترین مقدار عناصر سرب (۱۹/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، نیکل(۳/ ۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، کروم (۴۳/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، استرانسیم (۲۰۴۰/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و وانادیم (۷۳/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)را در خود متمرکز می‌کند. سبزی تره بیشترین مقدار مس (۱۳۸/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، سبزی نعناع، بیشترین مقدار استرانسیم (۲۴۰۴/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و یونجه بیشترین مقدار مولیبدن (۳۱/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را داراست. همچنین، ضریب تمرکز زیستی (جدول ۴) و مقایسه نمودارهای فراوانی خاک و گیاه و همبستگی ضعیف عناصر موجود در خاک و گیاه مبین انتقال ضعیف عناصر از خاک به گیاه می‌باشد (شکل۳ تا ۱۱). به نظر می‌رسد به دلیل کم بودن ضریب تمرکز این عنصر در گیاه شیرین بیان، این گیاه مقادیر کم از عناصر را برای رشد خود نیاز دارد. مطالعات زینلی نژاد و فرزامی سپهر [۲۹]، که عناصر سنگین را در گیاهان مجاور معدن میدوک اندازه‌گیری کرده، مقدار قابل‌توجهی آهن (۴-۸ گرم بر کیلوگرم) را در برگ و ریسه این گیاه گزارش کرده است. متاسفانه به دلیل داده‌های بسیار اندک در ژئوشیمی گیاهی، به‌ویژه گیاهان دارویی در ایران، ترکیب شیمیایی این گیاهان در مناطق دیگر ایران در دسترس نیست تا بتوان بوته و ریشه شیرین بیان را در منطقه مورد مطالعه با موارد مشابه دیکر در ایران مقایسه کرد. بررسی نقشه های ژئوشیمیایی (شکل ۱۵) نشان می‌دهد که علیرغم پایین بودن مقدار غالب عناصر و فقدان آلودگی برگ گیاهان در منطقه مورد مطالعه، بیشترین مقادیر مس در گیاهان محدوده

www.SID.ir

Archive of SID

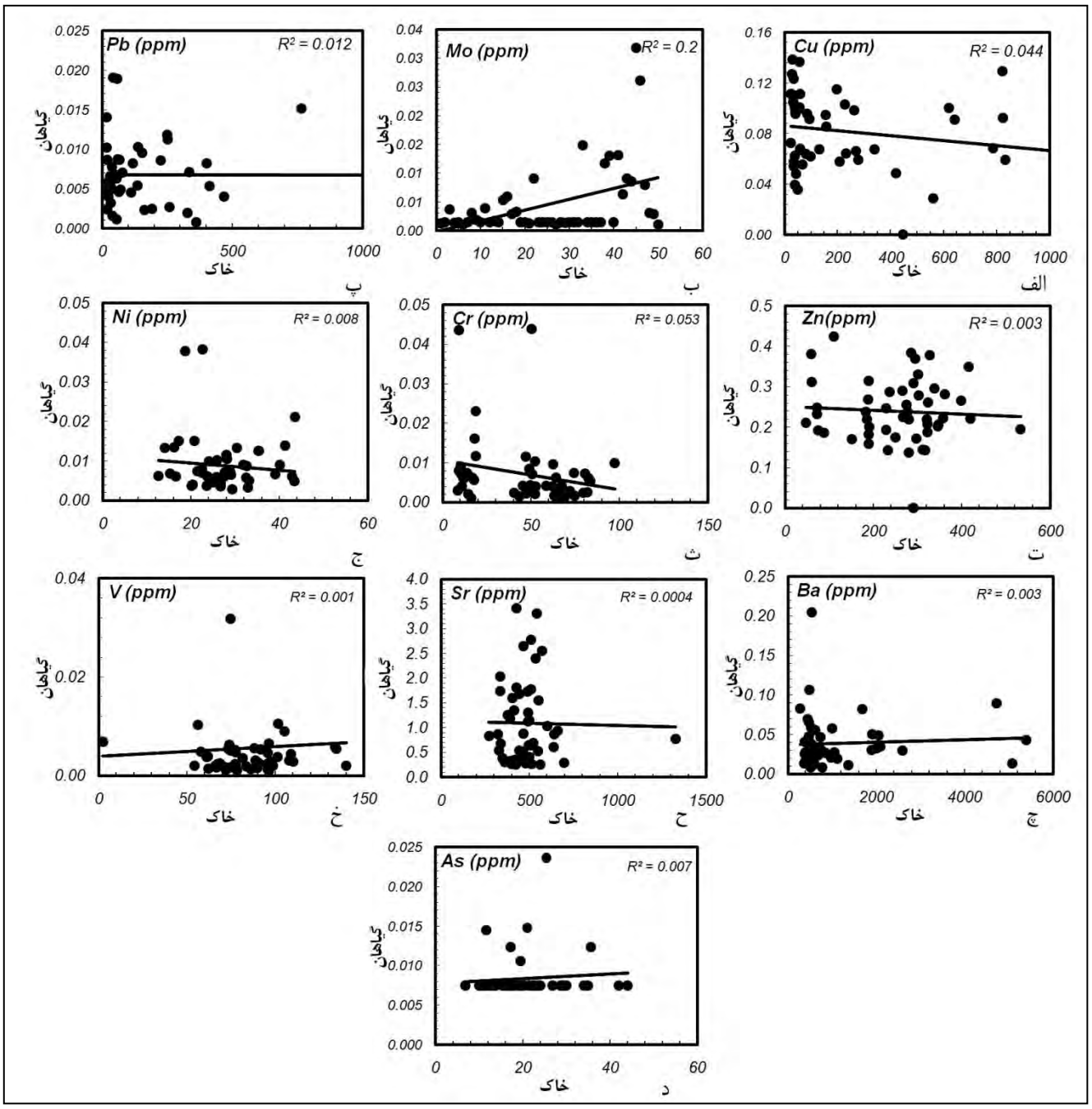
شهر، مولیبدن در محدوده شهر و نزدیکی فرودگاه، سرب محدوده شهر و روی در بخش‌های شمالی شهر و کروم و نیکل در حاشیه شمال غربی شهر کرمان متمرکز شده‌اند. نمونه‌برداری از ریشه گیاهان در منطقه، به گیاه شیرین بیان محدود می‌شود. مقایسه تغییرات مقدار عناصر در برگ و ریشه گیاه مذکور نشان می‌دهد که استرانسیم، مولیبدن و نیکل تمرکز بیشتری در ریشه گیاه داشته و عناصری مانند مس، سرب، روی، کروم، وانادیم، باریم و آرسنیک (جدول ۲) در برگ این گیاه بیشتر متمرکز شده‌اند.



شکل۱۳: نمودار فراوانی عناصر در برگ بوته گندم، جو، یونجه و شیرین بیان و خاک مجاور آن‌ها و برگ سبزی تره و خاک بکر منطقه و خاک کشاورزی

www.SID.ir

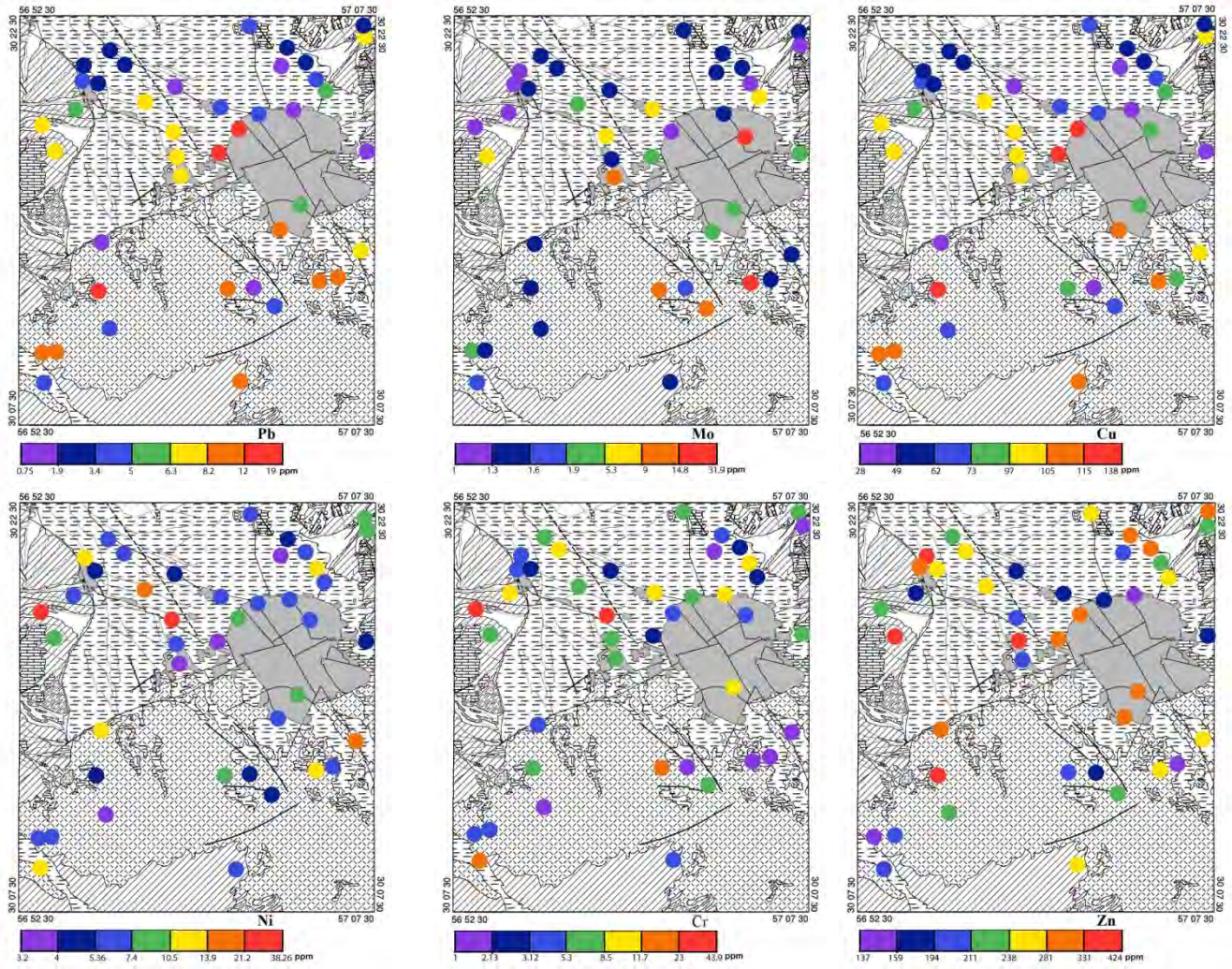
Archive of SID



شکل ۱۴: نمودار همبستگی عناصر مختلف در انواع گیاهان و خاک محل رویش آن‌ها

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۵: نقشه‌های ژئوشیمیایی عناصر مس، مولیبدن، سرب، روی، کروم و نیکل در محدوده شهری کرمان

۷- نتیجه گیری

- بیشترین مقدار مس به ترتیب در برگ درخت انار (۱۳۶/۸۴میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سبزی تره (۱۳۸/۸میلی‌گرم بر کیلوگرم)، مولیبدن در برگ درختان پسته (۱۴/۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و بوته یونجه (۳۱/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) متمرکز شده است که در مرز مقادیر عادی جهانی است.
- مقدار سرب نمونه‌ها در حد عادی است، اما درختان گز مجاور پست فشار برق قوی میزان سرب قابل توجهی (۱۵/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار روی در برگ درخت گز (۴۲۴/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) متمرکز شده است. همچنین، ضریب تمرکز زیستی در درختان گز مجاور باند فرودگاه کرمان بیشترین مقدار بوده و می‌تواند ناشی از آزاد شدن روی در محل، اصطکاک لاستیک هواپیما با آسفالت و انتقال آن به خاک و گیاه باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

- مقدار کروم، نیکل، وانادیم و باریم در بوته شیرین بیان به ترتیب ۴۳/۹، ۳۷/۸، ۷۳/۲، ۲۰۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که تمرکز بیشتری را نسبت به گیاهان دیگر نشان می‌دهند.
- ارتباط مقدار عناصر در خاک و گیاه مبین انتقال ضعیف بعضی عناصر از خاک به بعضی از گونه‌های گیاه است.
- داده‌های ژئوشیمیایی عناصر در گیاهان شهر کرمان مبنای جدیدی برای بررسی‌های اکتشافی و زیست محیطی است.
- مقدار استرانسیم در گیاهان نسبت به متوسط جهانی بسیار بیشتر است که می‌تواند در ارتباط با فراوانی این عنصر در خاک-های برجای روی سنگ‌های کربناتی در ناحیه شهری کرمان باشد. داده‌های این بررسی نشان می‌دهد که مقادیر عناصر در گیاهان و سبزی‌های دارویی و خوراکی در مرز سلامتی قرار دارند و خطری برای سلامتی نمی باشند

مراجع

[1]. Chambers, L.G., Yu, P.C., Filippelli, G.M., Gardner, Ch.B., Herndon, E.M., Long, D. T., Lyons ,W. B., Macpherson, G.L., McElmurry, S.P., McLean, C.E., Moore, J., Moyer R.P., Neumann, K., Nezat, C.A., K. Soderberg , Teutsch, N., Widom, E. 2016, *"Developing the scientific framework for urban geochemistry"*, Applied Geochemistry Vol.67, pp. 1-20.

[2]. Kleckerova , A., and Docekalova, H., 2014, *" Dandelion plants as as a biomonitor of urban area contamination by heavy metals"*, Int.J.Environ. Res., Vol.8, No.1, pp.157-164.

[3]. Viehweger, K., 2014, *" How plants cope with heavy metals, Viehweger Botanical Studies"*, Vol.55,pp:35, http://www.as-botanicalstudies.com/content/55/1/35

[4].Brooks,R. R.,1972, *"Geobotany and biogeochemistry in mineral exploration"*, Harper & Row, Publishers.290p.

[5].Ashraf, M. A. , Maah, M. J. , Yusoff, I., 2011, *"Heavy metals accumulation in plants growing in tin mining catchment"*, International Journal of Environvironmental Science and Technology., Vol.8, No.2, pp.401-416.

[6]. Levinson , A.A., 1980, *"Introduction to exploration geochemistry"*, Applied publishing Ltd, Wilmette, Illinois, USA, 924p.

[7].Kuramshina, N.G., Kuramshin, E.M., Nikolaeva, S.V., Imashev, Y.B., 2014, *"The biogeochemical characteristics of the content of heavy metals in soil, plants and animals in different natural areas of Bashkortostan*, Journal of Geochemical Exploration Vol.144, pp. 237–240.

[8]. Wang, L., 2008, *" Soil biogeochemistry, aridity and plant adaptation responses in southern Africa savannas"*,A Dissertation presented to the Graduate Faculty of the University of Virginia in Candidacy for the Degree of Doctor of Philosophy Department of Environmental Sciences University of Virginia, 193p.

[9].Tangahu, B.V., Sheikh Abdullah, S.R., Basri, H, Idris, M., Anuar, N., and Mukhlisin, M., 2011, *"A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation"*, International Journal of Chemical Engineering, Vol. 2011, Article ID 939161, 31p.

[10]. Mudgal, V., Madaan, N. and Mudgal, A., 2010, *"Heavy metals in plants: phytoremediation: Plants used to remediate heavy metal pollution"*, Agriculture and biology journal of North America, Vol.1, No.1, pp.40-46.

[11]. Ghani, A., 2010, *" Toxic Effects of Heavy Metals on Plant Growth and Metal Accumulation in Maize (Zea maysL.) "*, Iranian journal of Toxiology, Vol.3, No.3, pp.325-334.

[12]. Gough, L. P, and Severson, C., 1981, *" Biogeochemical Variability of Plants at Native and Altered Sites"*, San Juan Basin, New Mexico, Geochemical Survey of the Western Energy Region, PROFESSIONAL PAPER 1134-D.

[13]. Singh, R., Singh, D.P., Kumar, N., Bhargava, S.K. , and Barman, S.C. ,2010, *"Accumulation and translocation of heavy metals in soil and plants from fly ash contaminated area"*, Journal of Environmental Biology,Vol.31, No.4, pp.421-30.

[۱۴]. دهر آزما ،ب، رحمتی، ش، اصغری، ح.ر.و صادقیان م.۱۳۹۴، ، ارزیابی تأثیر معدن متروکه مس چغندر سر بر غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاهان بومی منطقه) جنوب غرب عباس آباد، نشریه علمی- پژوهشی مهندسی معدن، دوره دهم، شماره ۷۲ ،سال ۴۹۳۱ ،صفحه ۱۴تا ۳.

[15]. Durzan, D.J, 1995, Free amino acids as indicators of little leaf in zinc deficiency in the pistachio (Pistacia Vera Lxultivar 'Kerman'), Scientia Horticulturae, Vol.60, pp. 221-233.

www.SID.ir

Archive of SID

[16]. Anicic, M., Spasic, T., Tomasevic, M., Rajsic, S., Tasic, M., 2011, *" Trace elements accumulation and temporal trends in leaves of urban deciduous trees (Aesculus hippocastanum and Tilia spp.) "*, Ecological Indicators, Vol.11, pp.824–830.

[17]. Tomasevic, M., Antanasijevic, D., Anicic, M., Deljanin, I., Peric-Grujic, A., Ristic, M.,2013, *"Lead concentrations and isotope ratios in urban tree leaves"*. Ecological. Indicators, Vol.24, pp.504–509.

[18]. Wang, W., 2012, *" Nitrogen biogeochemistry of plants and soils in a semi-arid urban ecosystem"*, Ph.D.thesis, University of California, Irvine, 192p.

[19]. Deljanina, I.V., Tomasevi , M. N. Anicic Urosevi, M.P., Antanasijevic, D.Z. Peri´c-Gruji, A.A. Risti´c, M.Đ., 2014, *"Lead isotopic composition in tree leaves as tracers of leadin an urban environment"*, Ecological Indicators Vol.45, pp.640–647.

[20]. Naziri, R., Khan,M., Masab, M., Ur Rehman, H., Ur Rauf, N., Shahab, S., Ameer, N., Sajed, M., Ullah, M., Rafeeq, M., Shaheen, Z., 2015, *" Accumulation of heavy metals (Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe) in the soil, water and plants and analysis of physico-chemical parameters of soil and water collected from Tanda Dam kohat"*, J. Pharm. Sci. & Res. 7(3), p.89-97.

[21]. Lasat, M.M., 2010, *" The Use of Plants for the Removal of Toxic Metals from Contaminated Soil"*, American Association for the Advancement of Science Environmental Science and Engineering Fellow, 33p.

[22]. Ghaderian , S. M., Ghotbi Ravandi, A. A. 2012, *"Accumulation of copper and other heavy metals by plants growing on Sarcheshmeh copper mining area, Iran"*, Journal of Geochemical Exploration Vol.123, pp.25–32.

[23]. Parizanganeh, A., Hajisoltani, P., Zamani, A., 2010, *"Concentration, Distribution and comparison of total and bioavailable metals in top soils and plants accumulation in Zanjan Zinc Industrial town-Iran"*, Procedia Environmental Sciences, Vol. 2, pp.167–174.

[24]. Chehregani, A., Noori, M. and LariYazdi, H., 2009,*" Phytoremediation of heavy-metal- pollutedsoils: Screening for new accumulator plants in Angouran mine (Iran) and evaluation of removalability"*, Ecotoxicology and Environmental Safety, Vol.72, pp.1349–1353.

[25]. Ghaderian, S. M. and Baker, A.J.M., 2007, *" Geobotanical and biogeochemical reconnaissance ofthe ultramafics of Central Iran"*, Journal of Geochemical Exploration, Vol.92, pp.34-42.

[26]. Ghaderian, S.M., Hemmat, G.R., Reeves, R.D. and Baker, A.J.M., 2007, *" Accumulation of lead and zinc by plants colonizing a metal mining area in Central Iran"*. Jouranl of Applied Botany and Food Quality, Vol.81, pp.145-150.

[۲۷]. مظفری، س.ط.، متاجی، الف، بابایی کفاکی، س، شیروانی، الف، ۱۳۹۳،*"مقایسه جذب سرب، کادمیوم و نیکل در اندامهای مختلف سرو خمره ای و سرو نقره ای شهرک صنعتی البرز*، استان قزوین"، مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، سال پنجم، شماره ۱، صفحه ۷۵-۶۷.

[۲۸]. فرجندی، ف.وباستانیح.، ۱۳۹۲، *"استفاده از روش اکتشافات بیوژئوشیمیایی به منظور پی جویی کانه زایی مس،سرب و روی در محدوده مسجددداغی جلفا (آذربایجان شرقی)"*، فصلنامه علوم زمین،شماره۸۷ ،صفحه ۵۱ تا ۶۴ .

[۲۹]. زینلی نژاد، م.، فرزامی سپهر، م.، ۱۳۹۴،*"مطالعه موردی معدن مس میدوک با تکیه بر تراکم عناصر سنگین در خاک و گیاهان منطقه"*، نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، شماره ۲۸، صفحه ۲۴- ۳۸.

]10[.صفاری،ع.، مهرابی، ب.،میرسجادی، س.الف، ۱۳۸۹، *"مطالعه رفتار ژئوشیمیایی عنصر مس در خاک، آب و گیاهان منطقه دوست بیگلو مشگین شهر و اندازه گیری گونه بندی آن در نمونه‌های آبی با نرم افزار ترمودینامیکی MINTEQA2 "*، خلاصه مقالات پنجمین همایش ملی زمین شناسی و محیط زیست

[31]. Huckriede, R.M., Kursten, M.and Venzalff, H., 1962, *"Zur geologic des Gebietes Zwischen Kerman and Sagand, (Iran) "*: Bei. Geol. Jahrb., Vol.15,197p.

[۳۲]. عطاپور، ح، طاهری، م، رحمانی، ف، ۱۳۸۹، ژئوشیمی زیست محیطی سنگ ، خاک ، آب و گیاه در محدوده ورقه ۵۰۰۰۰ : ۱ کرمان با نگرشی بر زمین شناسی پزشکی ، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت کرمان، ۴۹۶ صفحه.

[33]. Dimitrijevic, M.D., 1973, *" Geology of Kerman region "*, Geol.Surv.Iran, 334p.

[34]. Rahimzadeh,F., 1983, *"Contribution a la geologie de la formation de Kerman (Paleocene) Iran Central "*, etude sedimentologique et paleogeographique, These de doctorat de specialite, univ.Grenible, 149p

www.SID.ir

Archive of SID

[۳۵]. مظفری، و.، اسکندری، س.، تاج آبادی، دشتی، ح، ۱۳۹۴،*"تأثیر سطوح شوری و مس بر جذب برخی عناصر غذایی پر مصرف در شاخساره و ریشه دو رقم پسته"*، مجله علوم و فنون پسته، دوره ۱، شماره ۱، صفحه ۱۴-۳۱.

[۳۶]. توللی، و. و کریمی، س.، ۱۳۹۴،*" اثر بهبود دهنده عنصر روی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و رشدی پسته بادامی زرند در شرایط تنش شوری"*، همایش ملی رهیافت های علمی در صنعت طلای سبز، پسته، دامغان، http://www.civilica.com/Paper-NCSAPI01-NCSAPI01_013.html

[37]. Smith, K.S. and Huyck, H.L.O.,1998, *" An overview of aboundance, relative mobility, bioa vailability and human toxicity of metals"* , In Review in Economic Geology ,V.6a, the environmental geochemistry of mineral deposits, pp:29-70.

[38]. Chojnacka, K., Chojnacki, A. , Go´recki, H., Go´recke, H., 2005, *"Bioavailability of heavy metals from polluted soils to plants"*, Science of the Total Environment, Vol.337, pp.175– 182.

[۳۹]. سازمان نقشه برداری، ۱۳۷۹، *"نقشه های توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ کرمان I، کرمانII و کرمانIII و سعادت آباد"*.

[۴۰]. عزیزان، ح، شهرکی، ع، سیفوری، س، ۱۳۷۷،*" نقشه زمین شناسی کرمان به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (شماره ۷۴۴۹)* "، سازمان زمین شناسی کشور.

[۴۱]. ناظم زاده شعاعی، م. و عزیزان، ح،۱۳۷۰، *" نقشه زمین شناسی و منابع معدنی حوضه کوانرنری کرمان، ورقه های کرمان، اختیارآباد، باغین و جوپار به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰* " ، مدیریت زمین شناسی و اکتشافات معدنی منطقه جنوب خاوری.

[42]. Atapour, H., 2015, *" Geochemistry of potentially harmful elements in topsoils around Kerman city, southeastern Iran"*, Environmental Earth Sciences, Vol.74, No.7, pp:5605-5624, DOI 10.1007/s12665-015-4576-3.

[43]. Atapour, H., Aftabi, A., 2002, *"Geomorfological, geochemical and geo- environmental aspects of karstification in the urban areas of Kerman city, southeastern Iran"*. Environmental Geology, Vol.42, No.7, pp.783-792.

[44]. Djokovic,I.D, and Dimitrijevic, M.N., 1972, *" Geological map of Iran, 1:100000 series ,sheet 7350-Baghin, Geol.Surv.Iran.a metal mining area in Central Iran"*. Jouranl of Applied Botany and Food Quality, Vol.81, pp.145-150

www.SID.ir