شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

بررسی غلظت فلزات سنگین روی، مس، کادمیم و سرب در زمین‌نمای داوران، رفسنجان

فرزانه بنده‌الهی[۱*]، عیسی اسفندیارپور بروجنی[۲]، علیرضا کریمی[۳]، محمد هادی فرپور[۴]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

[۲] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

[۳] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[۴] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

عناصر سنگین، یکی از مهمترین آلاینده‌های زیست‌محیطی هستند؛ به‌طوری که وجود آن‌ها در خاک، سلامت گیاه و انسان را تهدید می‌کند. هدف پژوهش حاضر، بررسی غلظت فلزات سنگین روی، مس، کادمیم و سرب در سیمای اراضی دشت داوران می‌باشد. از افق‌های ژنتیکی خاک‌رخ‌های حفرشده در هفت واحد ژئومورفیک، نمونه‌برداری شد و غلظت عناصر سنگین نمونه‌ها با استفاده از اسید نیتریک و پرکلریک اسید (نسبت ۱ به ۳) توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. نتایج نشان داد براساس فاکتور غنی‌شدگی (EF)، خاک‌های موجود در تمامی واحدهای ژئومورفیک از نظر عناصر روی و مس دارای حداقل درجه غنا (EF<۲)؛ از نظر عنصر سرب، برخی واحدهای ژئومورفیک دارای غنای متوسط (۲≤EF<۵) و از نظر عنصر کادمیم، به‌جزء واحد ژئومورفیک پدیمنت، مابقی واحدها دارای غنای شدید (۲۰≤EF<۴۰) هستند. براساس شاخص زمین‌انباشت (I_{geo})، خاک‌های موجود در تمام واحدها از نظر آلودگی عناصر مس، روی و سرب، دارای کلاس غیرآلوده (I_{geo}≤۰) و از نظر عنصر کادمیم، به‌جزء واحد پدیمنت، بقیه واحدها دارای آلودگی متوسط (۱≤ I_{geo}<۲) می‌باشند. به‌طور کلی، دلایل احتمالی وجود آلودگی سرب و به‌ویژه کادمیم در منطقه را می‌توان به فعالیت‌های انسانی، تفاوت در منشأ مواد مادری و حضور رسوبات آبی و بادی در واحدهای مختلف نسبت داد.

کلمات کلیدی: واحد ژئومورفیک، فاکتور غنی‌شدگی، شاخص زمین‌انباشت

مقدمه

سیمای اراضی یا زمین‌نما، بیانگر قسمت وسیعی از سرزمین (اراضی) می‌باشد که معمولاً تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل طبیعی (اقلیم، موجودات زنده، مواد مادری، پستی و بلندی، زمان، فرسایش، رسوب‌گذاری و غیره) و غیرطبیعی (استفاده از اراضی توسط انسان) قرار می‌گیرد (Zinck, 2013). شدت و ضعف هر یک از این عوامل منجر به تشکیل یک سیمای اراضی با خصوصیات متفاوت می‌گردد. یکی از مهم‌ترین اجزای هر سیمای اراضی، محیط خاک موجود در آن است. خاک از عناصر مختلفی تشکیل شده است که از جمله این عناصر، می‌توان به عناصر سنگین آن اشاره نمود. عناصر سنگین به‌عنوان یکی از مهمترین آلاینده‌های زیست‌محیطی، به‌شدت سمی و غیرقابل تجزیه هستند؛ به‌طوری که وجود چند میلی‌گرم بر کیلوگرم از آن‌ها در خاک، سلامت گیاه و انسان را تهدید می‌کند (Alloway, 2003).

برخی از عناصر سنگین مانند روی و مس از عناصر ضروری برای گیاه و انسان می‌باشند. در مقابل، تعداد زیادی از فلزات سنگین، هیچ‌گونه نقش فیزیولوژیکی مفیدی در انسان ندارند. از جمله عناصر سنگین غیرضروری موجود در خاک، کادمیم می‌باشد. عنصری با وزن اتمی ۴/۱۱۲، نقطه ذوب ۳۲۱ و نقطه جوش ۷۶۷ درجه سلسیوس می‌باشد. این عنصر از طریق مواد مادری، صنایع فلزی و شیمیایی، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، وارد محیط زیست می‌شود. کادمیم ممکن است موجب ضایعات کلیوی، افزایش فشار خون، جهش‌زایی و سرطان‌زایی شود. همچنین تمرکز بیش از حد کادمیم در بدن حیوانات و انسان موجب بروز ناراحتی‌هایی همچون خستگی استخوان، برونشیت و تصلب شرایین می‌شود (تابنده و همکاران، ۱۳۹۵). از دیگر عناصر سنگین موجود در خاک، سرب می‌باشد که باعث آسیب جدی مغزی مثل عقب‌ماندگی ذهنی، اختلالات رفتاری، مشکلات حافظه و تغییرات خلقی می‌شود. مهم‌ترین اثر سرب، اختلال در نمو عصبی کودکان می‌باشد. در افراد بزرگسال نیز می‌تواند فشار خون را افزایش دهد (Mosaferi و همکاران، ۲۰۰۸). سرنوشت فلزات سنگین و کمپلکس‌های فلزی تخلیه‌شده به خاک و آب، با توجه به شرایط محیطی آن‌ها، بسیار متفاوت است. عوامل

* ایمیل نویسنده مسئول: bandehelahifarzaneh@gmail.com

تأثیرگذار زیادی بر جذب فلزات سنگین مؤثر می‌باشند که از آن جمله می‌توان به pH، نوع و مقدار کلوئیدهای خاک، غلظت یونی محلول خاک، غلظت فلز سنگین، حضور کاتیون‌های فلزی رقابت‌کننده و وجود لیگاندهای آلی و معدنی اشاره نمود (ناظمی، ۱۳۸۹).

در هر حال، ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی و رسیدن به غلظت‌های بحرانی، اثرات سوء متابولیکی و فیزیولوژیکی در موجودات زنده بر جای می‌گذارد. لذا پژوهش حاضر با هدف تعیین غلظت برخی از فلزات سنگین (روی، مس، کادمیم و سرب) در واحدهای ژئومورفیک مختلف موجود در دشت داوران رفسنجان و بررسی میزان غنای فلزی و درجه آلودگی آن‌ها صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بخشی از اراضی دشت داوران ("۴۳ ′۵۶ °۵۵ تا "۱۳ ′۱۳ °۵۶ طول شرقی و "۴۹ ′۲۷ °۳۰ تا "۲۰ ′۳۷ °۳۰ عرض شمالی) واقع در ۱۵ کیلومتری شرق رفسنجان با مساحت تقریبی ۳۸۰۰۰ هکتار و میانگین ارتفاع ۱۶۴۵ متر از سطح دریا می‌باشد. مواد مادری خاک‌های منطقه از رسوبات کواترنری است که شامل رسوبات بادرفتی و آبرفتی می‌باشند که از ارتفاعات با سنگ‌های مختلف (مانند مارن، شیل، کنگلومرا، گرانیت، ماسه‌سنگ، کوارتزیت و سنگ آهک) منشأ می‌گیرند.

ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و مواد مادری و نیز تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، جداسازی واحدهای ژئومورفیک در منطقه صورت گرفت. سپس در هر واحد ژئومورفیک، تعدادی خاک‌رخ حفر گردید و پس از تشریح آن‌ها و تعیین خاکرخ شاهد هر واحد، از افق‌های ژنتیکی خاک‌رخ‌های شاهد، نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از هواخشک کردن نمونه‌ها و عبور آن‌ها از الک دو میلی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی لازم بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. همچنین برای تعیین مقدار عناصر سنگین روی، مس، کادمیم و سرب در نمونه‌ها، ابتدا یک گرم از هر نمونه با استفاده از اسید نیتریک و پرکلریک اسید (نسبت ۱ به ۳) هضم شد (Sposito و همکاران، ۱۹۸۲) و سپس غلظت آن‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. در نهایت با استفاده از فاکتور غنی‌شدگی[1] (EF) و شاخص زمین‌انباشت[2] (I_{geo})، درجه آلودگی واحدهای ژئومورفیک مورد بررسی قرار گرفت.

فاکتور غنی‌شدگی بر مبنای مقایسه غلظت فلز مورد نظر در نمونه با غلظت همان فلز در ناحیه غیرآلوده، قابل محاسبه است. این غلظت بر اساس غلظت عنصر مرجع که می‌تواند آلومینیم یا آهن باشد نرمال می‌شود. معادله ۱ چگونگی محاسبه شاخص مزبور را نشان می‌دهد:

$$EF = \frac{\left(\frac{C_X}{C_{Ref}}\right)sample}{(C_x/C_{Ref})Crust} \qquad (۱)$$

که Cx غلظت عنصر مورد اندازه‌گیری و CRef غلظت عنصر مرجع می‌باشند.

Sutherland (۲۰۰۰) درجه‌بندی سطوح آلودگی خاک‌ها را به‌صورت زیر ارائه نموده است:

EF<۲ (عدم وجود آلودگی یا درجه غنای حداقل)، ۵> EF ≥ ۲ (درجه غنای متوسط)، ۲۰> EF ≥ ۵ (غنای قابل توجه)، ۴۰> EF ≥ ۲۰ (غنای شدید) و EF ≥ ۴۰ (غنای بسیار شدید).

شاخص زمین‌انباشت نیز بیانگر مقایسه غلظت اندازه‌گیری‌شده فلزات سنگین در نمونه با غلظت پس‌زمینه ژئوشیمیایی آن در خاک می‌باشد. این شاخص توسط معادله ۲ محاسبه می‌شود:

$$I_{geo} = \log(C_n/1.5\,B_n) \qquad (۲)$$

در این معادله I_{geo} شاخص زمین‌انباشت یا شاخص شدت آلودگی، C_n غلظت فلز سنگین در خاک و B_n غلظت پس‌زمینه فلز سنگین در پوسته زمین است. ضریب ثابت ۱/۵ به‌منظور به حداقل رساندن اثر تغییرات احتمالی در غلظت‌های پس‌زمینه است که معمولاً این اختلافات به‌علت تغییرات سنگ‌شناسی خاک‌ها می‌باشد. طبقه‌بندی این شاخص به‌وسیله Forstner و همکاران (۱۹۹۰) به‌صورت زیر انجام شده است:

۰ ≥ Igeo (نسبتاً غیرآلوده)، ۱>Igeo ≥ ۰ (غیرآلوده تا آلودگی متوسط)، ۲>Igeo ≥ ۱ (آلودگی متوسط)، ۳ >Igeo ≥ ۲ (آلودگی متوسط تا شدید)، ۴>Igeo ≥ ۳ (آلودگی شدید)، ۵>Igeo ≥ ۴ (آلودگی شدید تا بسیار شدید)، و ۵ < Igeo (آلودگی بسیار شدید).

[1] Enrichment factor
[2] Geo-accumulation index

لازم به ذکر است که به‌دلیل عدم وجود استانداردهای خاص برای ارزیابی درجه آلودگی خاک در ایران، در این پژوهش به‌منظور ارزیابی آثار محیط زیستی عناصر سنگین، غلظت این عناصر با استانداردهای بین‌المللی مقایسه شد. با توجه به اطلاعات جدول ۱، از میانگین غلظت فلزات سنگین در پوسته زمین به‌عنوان استاندارد درجه آلودگی و از فلز آهن به‌عنوان عنصر مرجع استفاده گردید. لازم به ذکر است در منطقه فعالیت های انسانی ازجمله کشت و کار در واحد ژئومورفیک پهنه رسی کشت شده مشاهده شد.

جدول ۱- میانگین غلظت فلزات سنگین در پوسته زمین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) (Alloway و همکاران، ۲۰۰۰)

عناصر	روی	مس	کادمیم	سرب	آهن
میانگین	۷۵	۶۰	۰/۲	۱۴	۴۱۰۰۰

نتایج و بحث

هفت واحد ژئومورفیک پهنه رسی کشت‌شده، پدیمنت، زهکش فعال، مخروط‌افکنه، پهنه رسی، سنگفرش بیابانی و دریای شن[1] در منطقه مورد مطالعه تفکیک شدند. آماره‌های توصیفی میانگین غلظت فلزات سنگین محاسبه‌شده برای هر خاک‌رخ (اطلاعات خاک‌رخ‌ها نشان داده نشده‌اند) در جدول ۲ آورده شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در بین فلزات سنگین مورد سنجش، بالاترین میانگین غلظت فلزات سنگین مربوط به فلز روی با میانگین ۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پایین‌ترین آن مربوط به فلز کادمیم با میانگین ۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. به‌طور کلی، ترتیب میانگین غلظت فلزات مورد بررسی به‌صورت کادمیم < مس < سرب < روی است. دلیل بیشتر بودن روی و کم بودن کادمیم در منطقه می‌تواند به ماهیت مواد مادری و یا فرایندهای فرسایش بادی و آبی انجام‌گرفته در منطقه مربوط باشد. Krishna و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیان نمودند که توزیع فلزات سنگین می‌تواند تحت تأثیر ماهیت مواد مادری و شرایط آب و هوایی قرار گیرد.

با بررسی ضریب تغییرپذیری (CV)[2]، می‌توان به میزان تغییرپذیری عناصر سنگین مطالعه‌شده در منطقه دست یافت. اگر ٪CV≤۲۰ باشد، نشانگر تغییرپذیری اندک؛ ٪۲۱≤CV<۵۰٪ تغییرپذیری متوسط و ٪۵۰<CV≤۱۰۰٪ تغییرپذیری زیاد است. همچنین ضریب تغییرپذیری بالاتر از ۱۰۰ درصد، نشان‌دهنده تغییرپذیری خیلی زیاد است (سیستانی و همکاران، ۱۳۹۶). ترتیب ضرایب تغییرپذیری غلظت فلزات سنگین در خاک‌های منطقه مورد مطالعه به‌صورت کادمیم> سرب> مس> روی می‌باشد (جدول ۲). به دیگر سخن، کادمیم و سرب، دارای تغییرپذیری زیاد و مس و روی، دارای تغییرپذیری متوسط هستند. به‌طور کلی، محل نمونه‌برداری، نوع واحد ژئومورفیک و نوع رسوبات بادی و آبی منطقه بر افزایش یا کاهش غلظت آلاینده‌ها مؤثر می‌باشند.

جدول ۲- آماره‌های توصیفی غلظت فلزات سنگین خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در واحدهای ژئومورفیک مختلف

فلز سنگین	حداکثر	حداقل	میانگین	میانه	ضریب تغییرات (%)	انحراف معیار
روی	۷۳	۱۵	۴۳	۴۳	۲۵/۶	۱۱
مس	۳۶	۴	۱۸	۱۷	۳۳/۴	۶
کادمیم	۳۲	۱	۴	۴	۷۵	۳
سرب	۹۹	۵	۲۵	۲۳	۵۲	۱۳

در جدول ۳ مقادیر شاخص‌های EF و I_{geo} برای واحدهای ژئومورفیک مختلف نشان داده شده است. با توجه به آن مشخص شد که متوسط میزان EF عنصر روی در واحدهای ژئومورفیک مختلف به‌صورت پهنه رسی کشت‌شده> پهنه رسی> زهکش فعال = مخروط‌افکنه> سنگفرش بیابانی> دریای شن می‌باشد. ترتیب مزبور برای عنصر مس به‌صورت پهنه رسی کشت‌شده> مخروط‌افکنه> پهنه رسی> زهکش فعال> سنگفرش بیابانی> دریای شن است.

[1] Erg
[2] Coefficient of Variation

همچنین برای عنصر کادمیم به‌صورت پهنه رسی> پهنه رسی کشت‌شده> زهکش فعال> مخروط‌افکنه> دریای شن> سنگفرش بیابانی و برای عنصر سرب به‌صورت دریای شن> زهکش فعال> پهنه رسی کشت‌شده> مخروط‌افکنه> سنگفرش بیابانی> پهنه رسی می‌باشد.

نتایج نشان داد که براساس درجه‌بندی ارایه‌شده برای EF، خاک‌های موجود در تمامی واحدهای ژئومورفیک منطقه از نظر عنصرهای روی و مس، دارای حداقل درجه غنا (EF<۲) هستند. این در حالی است که عنصر سرب تنها در واحدهای پدیمنت، مخروط‌افکنه، پهنه رسی و سنگفرش بیابانی، دارای درجه غنای حداقل می‌باشد و در واحدهای دریای شن، پهنه رسی کشت‌شده و منطقه دارای زهکش فعال، از غنای متوسط (۵>EF≥۲) برخوردار است. از نظر عنصر کادمیم، به‌جزء واحد ژئومورفیک پدیمنت که دارای غنای قابل توجه (۲۰>EF≥۵) می‌باشد؛ مابقی واحدهای ژئومورفیک، دارای غنای شدید (۴۰>EF≥۲۰) هستند.

نتایج همچنین نشان داد که براساس شاخص I_{geo}، خاک‌های موجود در تمام واحدهای ژئومورفیک از نظر آلودگی عناصر مس، روی و سرب، در کلاس غیرآلوده (I_{geo}≤۰) قرار می‌گیرند. در رابطه با عنصر کادمیم، به‌جزء واحد پدیمنت که در آن I_{geo}=۰/۶۶ می‌باشد و در کلاس غیرآلوده تا آلودگی متوسط قرار می‌گیرد؛ بقیه واحدهای ژئومورفیک، دارای آلودگی متوسط (۲>I_{geo} ≥۱) می‌باشند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده در منطقه، آلودگی متوسط سرب و کادمیم قابل مشاهده است که دلیل این امر می‌تواند فعالیت‌های انسانی (مانند کشت و کار)، تفاوت در منشأ مواد مادری و حضور رسوبات آبی و بادی در واحدهای ژئومورفیک مختلف باشد. Dolezalova و همکاران (۲۰۱۴) با ارزیابی آلودگی فلزات سنگین خاک در منطقه استراوا جمهوری چک با استفاده از شاخص‌های زمین‌انباشت و فاکتور غنی‌شدگی نشان دادند که خاک اطراف نواحی شهری توسط عناصر کادمیم، سرب، روی، مس، منگنز و جیوه آلوده شده است. همچنین، Qing و همکاران (۲۰۱۵) در ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های شهری شهرک صنعتی فولاد لیانیگ در شمال چین نشان دادند که خاک‌های این منطقه به میزان متوسط تا زیادی با فلزات سنگین کادمیم و سرب آلوده شده است.

جدول ۳- برخی از آماره‌های توصیفی فاکتور غنی‌شدگی (EF) و شاخص زمین‌انباشت (I_{geo}) در واحدهای ژئومورفیک مختلف

واحد ژئومورفیک	شاخص	روی			مس			کادمیم			سرب		
		میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر
پهنه رسی کشت‌شده	EF	۰/۷۲	۰/۶۵	۰/۷۹	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۴۸	۲۴/۶	۱۹/۵	۲۸/۵	۲/۰۹	۱/۵۷	۲/۵۰
	I_{geo}	-۰/۳۱	-۰/۳۵	-۰/۲۷	-۰/۵۴	-۰/۵۷	-۰/۴۹	۱/۲۱	۱/۱۱	۱/۲۷	-۱/۰۰۷	-۱/۱۲	-۰/۹۲
پدیمنت	EF	۰/۴۸	۰/۴۲	۰/۵۶	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۲۷	۱۶/۵	۷	۲۲/۵	۱/۴۹	۰/۸۲	۱/۹۸
	I_{geo}	-۰/۴۹	-۰/۵۵	-۰/۴۲	-۰/۷۸	-۰/۸۵	-۰/۷۳	۰/۹۹	۰/۶۶	۱/۱۷	-۱/۱۷	-۱/۴۰	-۱/۰۲
زهکش فعال	EF	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۷۰	۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۳۸	۲۳/۶۶	۲۲/۵	۲۵	۲/۰۹۵	۱/۷۴	۲/۴۵
	I_{geo}	-۰/۳۷	-۰/۴۱	-۰/۳۲	-۰/۶۹	-۰/۷۹	-۰/۵۹	۱/۱۹	۱/۱۷	۱/۲۲	-۱/۰۰۵	-۱/۰۸۰	-۰/۹۳
مخروط افکنه	EF	۰/۶۴	۰/۴۲	۰/۷۵	۰/۳۵	۰/۲۳	۰/۶۰	۲۳	۱۶	۳۲	۱/۹۵	۰/۷۸	۳/۳۴
	I_{geo}	-۰/۳۷	-۰/۵۴	-۰/۲۹	-۰/۶۵	-۰/۸۱	-۰/۳۹	۱/۱۷	۱/۰۲	۱/۳۲	-۱/۰۷	-۱/۴۲	-۰/۷۹
پهنه رسی	EF	۰/۶۵	۰/۳۰	۰/۹۴	۰/۳۲	۰/۰۶	۰/۵۶	۳۸/۱۸	۱۵	۱۶۰	۱/۶۸	۱/۱۱	۳/۰۹
	I_{geo}	-۰/۳۷	-۰/۶۸	-۰/۲۰	-۰/۷۱	-۱/۳۵	-۰/۴۲	۱/۲۱	۱	۲/۰۲	-۱/۱۱	-۱/۲۷	-۰/۸۳
سنگفرش بیابانی	EF	۰/۵۸	۰/۴۴	۰/۶۹	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۳۹	۲۰/۳۳	۵	۳۰	۱/۶۶	۰/۴۴	۲/۹۷
	I_{geo}	-۰/۴۱	-۰/۵۲	-۰/۳۳	-۰/۶۹	-۰/۸۴	-۰/۵۸	۱/۰۷	۰/۵۲	۱/۳۰	-۱/۱۵	-۱/۶۷	-۰/۸۴
دریای شن	EF	۰/۵۴	۰/۴۲	۰/۶۷	۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۴۸	۲۰/۴۵	۱۵/۵	۲۵/۵	۲/۲۳	۱/۱۹	۷/۰۷
	I_{geo}	-۰/۴۴	-۰/۵۴	-۰/۳۴	-۰/۷۲	-۰/۸۸	-۰/۴۹	۱/۱۲	۱/۰۱	۱/۲۳	-۱/۰۳	-۱/۲۴	-۰/۴۷

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که براساس درجه‌بندی شاخص EF، خاک منطقه برای عنصرهای روی و مس غیرآلوده یا درجه غنای حداقل در تمامی واحدهای ژئومورفیک می‌باشد. عنصر سرب بر اساس شاخص EF در واحدهای پدیمنت، مخروط‌افکنه، پهنه رسی و سنگفرش بیابانی، دارای درجه غنای حداقل (۲ >EF) و در واحدهای ژئومورفیک دریای شن، پهنه رسی کشت‌شده و زهکش فعال، دارای غنای متوسط (۵>EF≥۲) می‌باشد. برای عنصر کادمیم به‌جزء واحد ژئومورفیک پدیمنت که دارای غنای قابل توجه (۲۰>EF≥۵) می‌باشد و بقیه واحدهای ژئومورفیک دارای غنای شدید (۴۰>EF≥۲۰) می‌باشد. براساس شاخص I_{geo}، خاک‌های موجود در تمام واحدهای ژئومورفیک از نظر آلودگی عناصر مس، روی و سرب، در کلاس غیرآلوده (I_{geo}≤۰) قرار می‌گیرند. در رابطه با عنصر کادمیم، به‌جزء واحد پدیمنت که در آن I_{geo}=۰/۶۶ می‌باشد و در کلاس غیرآلوده تا آلودگی متوسط قرار می‌گیرد؛ بقیه واحدهای ژئومورفیک، دارای آلودگی متوسط (۲>I_{geo} ≥۱) می‌باشند. به‌طور کلی، دلایل احتمالی وجود آلودگی سرب و به‌ویژه کادمیم در منطقه را می‌توان به فعالیت‌های انسانی (ازجمله کشت و کار)، تفاوت در منشأ مواد مادری و حضور رسوبات آبی و بادی در واحدهای مختلف نسبت داد.

منابع

تابنده، ل. و طاهری، م. ۱۳۹۵. ارزیابی آلودگی و ارتباط بین غلظت فلزات سنگین در خاک و سبزی جات برگی استان زنجان. مجله علوم خاک و آب، جلد ۳۰، شماره ۱، ص ۶۰-۴۹.

سیستانی، ن.، معین‌الدینی، م.، خراسانی، ن.، حمیدیان، ا. ح.، علی طالشی، م. ص. و عظیمی یانچشمه، ر. ۱۳۹۶. آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های مجاور صنایع فولاد کرمان: ارزیابی غنای فلزی و درجه آلودگی. مجله سلامت و محیط زیست، دوره ۱۰، شماره ۱، ص ۸۶-۷۵.

ناظمی، س. و خسروی، ا. ۱۳۸۹. بررسی وضعیت فلزات سنگین در خاک، آب و گیاه اراضی سبزیکاری، فصلنامه دانش و تندرستی، دوره ۵، شماره ۴، ص ۵-۱.

Alloway, B. J., Zhang, P., Mott, C., Smith, S. R., Chambers, B. J., Nicholson, F. A., Calton-Smith, C. and Andrews, A. J. 2000. The vulnerability of soils to pollution by heavy metals. Final Report for MAFF Project, No. SP0127, London.

Dolezalova, W. H., Pavlovsky, J. and Chovanec, P. 2014. Heavy metal contamination on urban soil in Ostrva, Czech Republic: Assessment of metal pollution and using principal component analysis, Journal Environment Research.,9(2):683-96

Forstner, U. (1990). Contaminated sediments. Lecture Notes in Earth Science, Vol 21.

Krishna, A. and Govil, P. 2008. Assessment of heavy metal contamination in soils around Manali industrial area, Chennai, southern India. Environmental Geology. 54(7):1465-72.

Mosaferi, M., Taghipour, H., Hasani, A. H., Borgheei, M., Kamali Kordabad, Z. and Ghadirzadeh, A. 2011. Study of arsenic presence in drinking water sources: a case study. Iranian Journal of Health and Environment, 1(1):19-28

Qing, X., Yutong, Z. and Shenggao, L. 2015. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. Ecotoxicology and Environmental Safety. 120:377-85.

Sutherland, R. 2000. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. Environmental Geology. 39(6):611-27.

Sposito, G., Lund, L. J. and Chang, A.C. 1982. Trace Metal chemistry in aird-zone field soils amended sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, Pb in solid phases. Soil Science. Society of America Journal. 46: 260-264.

Zinck, J. A. 2013. Geopedology: Elements of Geomorphology for Soil and Geohazard Studies. ITC Special Lecture Notes Series, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands, 135 p.

Topic for submission: Soil and Water Pollution and Crop Health

The Study of Zinc, Copper, Cadmium and Lead Heavy Metals Concentration in Davaran Landscape, Rafsanjan

Bandehelahi*[1], F., Esfandiarpour Boroujeni, I.[2], Karimi, A.[3], Farpoor, M.H.[4]

[1] PhD Student, Soil Science Department, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
[3] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[4] Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

Abstract

Heavy elements are one of the most important environmental pollutants, so that their existence in the soil threaten plant and human health. The purpose of the present study was to investigate the concentration of zinc, copper, cadmium and lead heavy metals in Davaran plain. Samples were taken from the genetic horizons of excavated pedons in seven geomorphic units and the concentration of heavy metals was measured using nitric acid and perchloric acid (1 to 3 ratio) by atomic absorption. Results showed that based on the enrichment factor (EF), the soils of all geomorphic units had the minimum degree of enrichment (EF<2) for zinc and copper; some geomorphic units had moderate enrichment (2≤EF<5) for lead, and except the pediment geomorphic unit, the remaining units had a strong enrichment (20≤EF<40) for cadmium. According to the geo-accumulation index (Igeo), the soils of all units had an non-contaminated class (Igeo≤0) for copper, zinc and lead, and except the pediment geomorphic unit, the remaining units had a moderate pollution (1≤Igeo<2) for cadmium. In general, the possible reasons of lead and especially cadmium contamination in the region can be attributed to human activities, difference in the source of parent materials, and presence of water and wind deposits in different units.

Keywords: Geomorphic unit, Enrichment factor, Geo-accumulation index

* Corresponding author, Email: bandehelahifarzaneh@gmail.com