نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد نهم، شماره دوم، ۱۳۹۸
۱۰۳-۱۱۹
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2019.14706.1807

آلودگی عناصر سنگین در خاک‌های تکامل‌یافته روی برخی از سنگ‌های آذرین و رسوبی در شمال‌غرب ایران (مطالعه موردی: آذربایجان‌غربی)

*مریم یوسفی‌فرد[۱]، ولی آدمن[۲] و شمس‌اله ایوبی[۳]
[۱]استادیار گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران، [۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان، [۳]استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: مقدار عناصر در خاک متأثر از مقدار آن‌ها در ماده مادری و فرآیندهای ژئوشیمیایی و خاکسازی می‌باشد. میانگین غلظت عناصر سنگین در خاک‌ها تا حد زیادی مشابه میانگین غلظت آن‌ها در مواد مادری می‌باشد و تفاوت بین غلظت عناصر در مواد مادری و خاک‌های تشکیل شده از آن‌ها در شرایط طبیعی، نتیجه فرآیندهای خاکسازی می‌باشد. آلودگی خاک توسط فلزات سنگین در هر منطقه‌ای متأثر از مکان و تقریباً دائمی است، در این مطالعه به بررسی مقدار و آلودگی ژئوشیمیایی برخی از عناصر سنگین در خاک‌های سطحی با مواد مادری متفاوت در شمال‌غرب آذربایجان‌غربی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها: غلظت برخی از عناصر سنگین (آهن، منگنز، مس، روی، نیکل، کبالت و کروم) در ۱۰۵ نمونه خاک سطحی از ۸ سنگ مادری مختلف در شمال‌غرب استان آذربایجان‌غربی (سنگ‌های آذرین گرانیت، آندزیت، بازالت و واحد زمین‌شناسی سنگ‌های اولترابازیک و سنگ‌های رسوبی مارن و ماسه سنگ، سازند قم (سنگ آهک و برخی کنگلومرا)، سنگ آهک و شیل از موقعیت شیب پشتی و هم‌چنین نمونه‌های سنگ (پس از هضم با اسید نیتریک ۵ نرمال) توسط دستگاه جذب اتمی تعیین شد. از شاخص زمین انباشتگی (I_{geo}) برای تخمین آلودگی خاک به فلزات سنگین استفاده شد.

یافته‌ها: بیش‌ترین مقدار رس در خاک‌های حاصل از آندزیت و بازالت و سپس سنگ‌های رسوبی مشاهده شد. در سنگ مادری آندزیت بیش‌ترین مقادیر آهن (۲۷۲۳۱/۲۵ mg/kg)، منگنز (۷۳۰ mg/kg)، مس (۲۸/۵ mg/kg) و روی (۵۰/۲۵ mg/kg) کل مشاهده شد. بیش‌ترین مقادیر نیکل (۱۹۳۷/۵۰ mg/kg) کبالت (۹۲/۵۰ mg/kg) و کروم (۷۸۶ mg/kg) در واحد زمین‌شناسی سنگ‌های اولترابازیک می‌باشد. بیش‌ترین غلظت آهن کل در خاک‌های تشکیل شده روی واحد زمین‌شناسی سنگ‌های اولترابازیک (۲۲۰۶۲/۴۲ mg/kg) و کم‌ترین مقدار در خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری سازند قم (۶۸۸۵/۴۲ mg/kg) مشاهده شد. غلظت‌های زیاد منگنز در خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری آذرین مشاهده شد. حداکثر غلظت مس کل در خاک‌های حاصل از آندزیت (۵۳/۱۷ mg/kg) و حداکثر

* مسئول مکاتبه: m.yousefifard@pnu.ac.ir

میانگین غلظت روی کل در خاک‌های حاصل از سنگ گرانیت با ٦٧/٧٥ mg/kg مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار نیکل (١٦٦٧ mg/kg)، کبالت (٩٤/٨٩ mg/kg) و کروم (٣٠٤/٠٩ mg/kg) در خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری اولترابازیک مشاهده شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری برای غلظت آهن، منگنز، مس، نیکل، کبالت، و کروم در سطح احتمال یک درصد و برای روی در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد بین خاک و مواد مادری مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: مواد مادری منشاء مهم ورود عناصر سنگین در خاک‌های منطقه می‌باشد و آلودگی آهن در خاک‌های منطقه با توجه به مقدار آهن در خاک‌های جهانی مشاهده نشد، ولی برخی از خاک‌ها به عنصر منگنز آلوده‌اند. همچنین بیش‌تر خاک‌های منطقه به عنصر نیکل و حدود نیمی از خاک‌ها به عناصر کروم و کبالت طبق استاندارد خاک‌های ایران آلوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، خاک سطحی، سنگ آذرین، سنگ رسوبی، عناصر سنگین

مقدمه

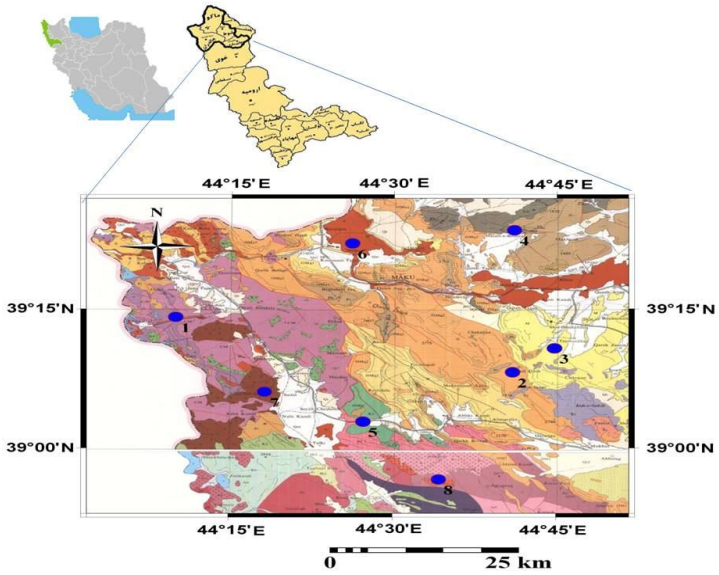
محیط مطلوب انسان به مقدار زیادی به خصوصیات شیمیایی خاک‌ها، به‌خصوص مقادیر سالم و کافی عناصر سنگین بستگی دارد. هم‌اکنون معیارهای ارزیابی و راهنماهای کاربرد عناصر سنگین در خاک‌ها از اهداف جدید قانون‌گذاری در بیش‌تر کشورها می‌باشد (۲۰). مقاومت و پایایی عناصر سنگین (فلزات خطرناک و آسیب‌زا در محیط زیست) در خاک نسبت به سایر آلاینده‌ها بسیار طولانی بوده و آلودگی خاک توسط فلزات سنگین تقریباً دائمی است. فلزات سنگین در خاک تحرک کمی داشته و در لایه سطحی خاک و حداکثر تا ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک باقی می‌مانند. مواد مادری و فرآیندهای خاکسازی یکی از منابع مهم ورود عناصر سنگین به خاک به‌شمار می‌رود (۳۱). بنابراین جهت کنترل کیفیت محیط زیست بررسی عناصر سنگین در خاک دارای اهمیت می‌باشد (٤٢). اگرچه برخی از عناصر سنگین به‌عنوان عناصر غذایی میکرو هستند، اغلب آن‌ها به‌علت غلظت بالا در خاک و یا پتانسیل قابلیت دسترسی زیستی برای بیوسفر سمیت داشته و خطرناک می‌باشند (۱۰). این عناصر فلزی شامل عناصر غیرضروری مانند Cd و Pb می‌باشند که حتی در مقدار بسیار کم نیز سمی می‌باشند و یا این‌که عناصر ضروری بیولوژیکی مانند Cu و Zn که ممکن است در غلظت‌های بالا ایجاد سمیت کنند (٤٠). مقدار عناصر اصلی و کمیاب در خاک‌های بکر به مواد مادری خاک و فرآیندهای خاکسازی بستگی دارد (۱۷). منشأ فلزات کمیاب طبیعی در خاک از هوادیدگی سنگ مادری بوده و غلظت آن‌ها در ماده مادری تحت عنوان غلظت پایه ژئوشیمیایی نیز شناخته می‌شود. بنابراین مقدار آن به شدت وابسته به ترکیب سنگ مادری است (۱۰). غلظت پایه ژئوشیمیایی عناصر سنگین در خاک‌ها می‌تواند به‌عنوان مرجعی واقعی جهت تخمین آلودگی خاک‌ها با این عناصر باشد (١٤). به علاوه، این اطلاعات در انتخاب نواحی که نیاز به مطالعه بیش‌تر به‌علت فعالیت‌های انسانی دارد مهم می‌باشد. غلظت پایه ژئوشیمیایی به‌شدت به ترکیب کانی‌شناسی مواد مادری و فرآیندهای هوادیدگی که منجر به تشکیل خاک می‌شوند، بستگی دارند. علاوه بر این متأثر از اندازه ذره و مقدار رسوب مواد آلی در خاک نیز می‌باشد (۲۳ و ۳۲). در نتیجه، مقدار عناصر سنگین در خاک‌ها به‌شدت متفاوت

است و استفاده از غلظت‌های پایه یک منطقه برای نواحی دیگر مناسب نمی‌باشد (۱۸). غلظت‌های زیاد Cr و Ni برای خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری بازی و فوق بازی مشاهده شده است (۱۱ و ۳۳). خاک‌های تشکیل شده روی بازالت به‌صورت طبیعی در مقادیر عناصر سنگین Cu، Zn، Ni و Cr غنی می‌باشند (۲٤). در مطالعه گالان و همکاران (۲۰۰۸) در جنوب‌غرب اسپانیا غلظت زیاد عناصر Co، Ni و Cr در خاک‌های حاصل از سنگ مادری بازی و فوق بازی و غلظت زیاد عناصر Cu، As و Pb در خاک‌هایی با سنگ مادری آذرین اسیدی مشاهده شد. هم‌چنین در این مطالعه الگوی توزیع عناصر تحت اثر زمین‌شناسی و ترکیب ژئوشیمیایی سنگ مادری است (۱٦). بنابراین ترکیب ژئوشیمی سنگ مادری می‌تواند، تخمینی تقریبی از سطوح پایه عناصر فلزی در خاک ایجاد کند. با مقایسه این سطوح با مقادیر عناصر فلزی مشاهده شده در خاک، می‌توان ورود این عناصر از منابع انسانی را در خاک تشخیص داد (٦). سهم مواد مادری در مقدار کل عناصر کمیاب در خاک را می‌توان از طریق اندازه‌گیری مقدار کل این عناصر در افق‌های R، C، C/B یا B/C خاک‌هایی که فاقد انقطاع سنگی هستند، تعیین نمود (۹). در مطالعات متعددی در دنیا به طبیعت ژئوشیمیایی سنگ مادری و نقش مهم آن در آلودگی عناصر سنگین در خاک پرداخته شده است. با توجه به تفاوت در سنگ مادری و شرایط خاک‌سازی در مناطق گوناگون لازم است تا غلظت این عناصر در خاک‌های مناطق متفاوت مطالعه شود. در این مطالعه به بررسی مقدار کل برخی از عناصر سنگین در خاک‌های سطحی با مواد مادری متفاوت در شمال‌غرب آذربایجان‌غربی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی در مراتع مرتفع شمال‌غرب استان آذربایجان‌غربی واقع شده است، ارتفاع متوسط ۱٦۳٤ متر از سطح آب‌های آزاد است (شکل ۱ و جدول ۱). منطقه مطالعاتی دارای آب و هوای معتدل و نیمه‌مرطوب با متوسط بارندگی و میانگین دمای سالانه به‌ترتیب ۲۷۰mm و $^{\circ}C$ ۱۰ می‌باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک به‌ترتیب زریک و مزیک می‌باشد. هشت نوع سنگ مادری شامل سنگ‌های آذرین کاملاً اسیدی (گرانیت)، متوسط (آندزیت) و کاملاً بازیک (بازالت و اولترابازیک) و سنگ‌های رسوبی شامل مارن و ماسه‌سنگ، سازند قم (سنگ آهک و برخی کنگلومرا)، سنگ آهک و شیل در منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. تعداد ۱۰۵ نمونه از هشت ماده مادری مختلف از موقعیت شیب پشتی[1] با شیب یکسان، از عمق صفر تا cm ۱۰ جمع‌آوری شد. همچنین نمونه‌های سنگ (٤۰ نمونه) برداشت و جهت انجام آنالیز به آزمایشگاه منتقل شدند. برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک شامل درصد رس، سیلت و شن (روش پیپت)، ماده آلی (روش والکی- بلک)، آهک (روش تیتراسیون معکوس)، قابلیت هدایت الکتریکی و پ- هاش در نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد (۳۷). نمونه‌های هوا خشک خاک و پودرسنگ‌ها با اسید نیتریک ۵ نرمال هضم شد (۳۸). مقدار کل برخی از عناصر سنگین (آهن، منگنز، مس، روی، نیکل، کبالت و کروم) توسط دستگاه جذب اتمی مدل Analyst 200 تعیین و جهت کنترل کیفیت نتایج غلظت عناصر در نمونه استاندارد موسسه ملی فناوری آمریکا (NST) به نام San Joaquin # 2709 اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشگاهی از نرم‌افزار SPSS17 استفاده شد و مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

1- Back slope



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.

Figure 1.Geographical location and geological map of the studied area.

جدول ۱- مشخصات و مختصات واحدهای زمین‌شناسی مورد مطالعه در منطقه مطالعاتی مندرج در شکل ۱.

Table 1. Specifications and coordinates of geological units studied in the study area shown in Figure 1.

شماره مکان N. of location	مختصات جغرافیایی GPS	سنگ‌شناسی Lithology
1	39° 12′ E, 44° 9′ N	سنگ‌های اولترابازیک (Ultrabasics rocks)
2	39° 19′ E, 44° 21′ N	سازند قم- سنگ آهک و برخی کنگلومرا (Qom formation)
3	39° 12′ E, 44° 50′ N	کنگلومرا قرمز، ماسه‌سنگ و مارن (Marl)
4	39° 24′ E, 44° 38′ N	ترکیب شیل با کوارتزیت و سنگ آهک (Shale)
5	39° 02′ E, 44° 26′ N	سنگ آهک اربیتولینا (Limestone)
6	39° 22′ E, 44° 23′ N	بازالت (Basalt)
7	39° 12′ E, 44° 15′ N	آندزیت (Andesite)
۸	38° 59′ E, 44° 37′ N	گرانیت دانه درشت تا میکروگرانیت (Granite)

برای تخمین آلودگی خاک به فلزات سنگین از شاخص زمین‌انباشتگی (I_{geo}) استفاده شد (۲۷). جدول ۲ درجه‌بندی سطح آلودگی خاک‌ها را بر اساس شاخص زمین انباشتگی نشان می‌دهد.

$$I_{geo} = Log_2 (Cn / 1.5\ Bn)$$

که در آن، I_{geo} شاخص زمین انباشتگی، Cn غلظت فلز سنگین در خاک، Bn غلظت زمینه فلز سنگین در ماده مادری.

جدول ۲- کلاس‌های آلودگی و شاخص زمین‌انباشتگی (I_{geo}) (۱۵).

Table 2. pollution Classes and geo-accumulation index.

وضعیت آلودگی خاک یا رسوب Soil or sediment pollution		
کلاس آلودگی pollution class	شاخص زمین انباشتگی Geo-accumulation Index	کیفیت خاک Soil quality
1	0<	غیرآلوده (unpolluted)
2	0-1	غیرآلوده تا آلودگی متوسط (unpolluted to Moderately polluted)
3	1-2	آلودگی متوسط (Moderately polluted)
4	3-2	آلودگی متوسط تا شدید (Moderately to strongly polluted)
5	3-4	آلودگی شدید (Strongly polluted)
6	4-5	آلودگی شدید تا بسیار شدید (Strong to very strong polluted)
7	> 5	آلودگی بسیار شدید (Very strong polluted)

نتایج و بحث

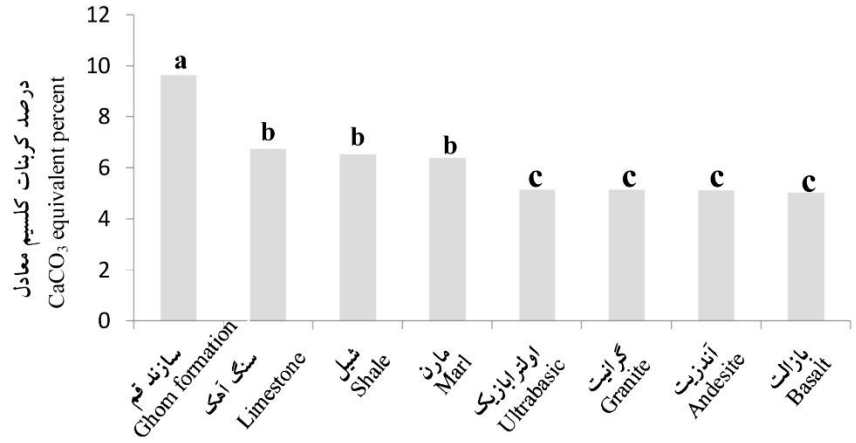
برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها: میانگین pH خاک‌ها در محدوده خنثی (۷/۴۹-۶/۸۱) و میانگین هدایت الکتریکی خاک ۰/۲۴ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. میانگین کربنات کلسیم خاک ۶/۲۲ حداقل ۵ و حداکثر ۱۴/۰۵ درصد می‌باشد (جدول ۳). بیش‌ترین مقدار کربنات کلسیم معادل در خاک‌های تشکیل شده روی سنگ مادری منتخب از سازند قم مشاهده گردید. مقدار کربنات کلسیم معادل در خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری سنگ آهک، شیل و مارن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند ولی با سایر سنگ‌های منطقه تفاوت معنی‌داری دارند. کم‌ترین مقدار کربنات کلسیم معادل در خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری آذرین مشاهده شد (شکل ۲). شکل‌آبادی (۲۰۰۰) بیان کرد که در حوزه آبخیز گل‌آباد، کم‌ترین مقدار کربنات کلسیم در خاک‌های حاصل از سازندهای آذرین (۷ تا ۱۵ درصد) و بیش‌ترین مقدار آن در خاک‌های حاصل از سازندهای آهکی و دولومیتی (۳۰ تا ۴۰ درصد) وجود دارد (۳۵).

ویژگی‌های سنگ (مانند کانی‌شناسی، بافت، تخلخل و ...) به مقدار زیادی طبیعت خاک‌های درجا را مشخص می‌کند (۲۹). به‌عنوان نمونه، ماسه‌سنگ، خاک شنی و متخلخل ایجاد می‌کند و از شیل خاک رسی ایجاد می‌شود (۲۷). بیش‌ترین مقدار رس در خاک‌های حاصل از مواد مادری آندزیت و بازالت و سپس سنگ‌های رسوبی مشاهده شد (شکل ۳). دلیل زیاد بودن شن در خاک‌های گرانیتی در مقایسه با دیگر خاک‌ها به‌علت ساختار کانی‌شناسی آن و مقدار زیاد کانی کوارتز در سنگ‌های گرانیتی و درشت‌دانه بودن آن است که باعث می‌شود بیش‌تر فرآیندهای هوادیدگی فیزیکی در این گونه مواد مادری غالب شود (۴۱).

جدول ۳- توصیف آماری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه مورد مطالعه (N=۱۰۵).

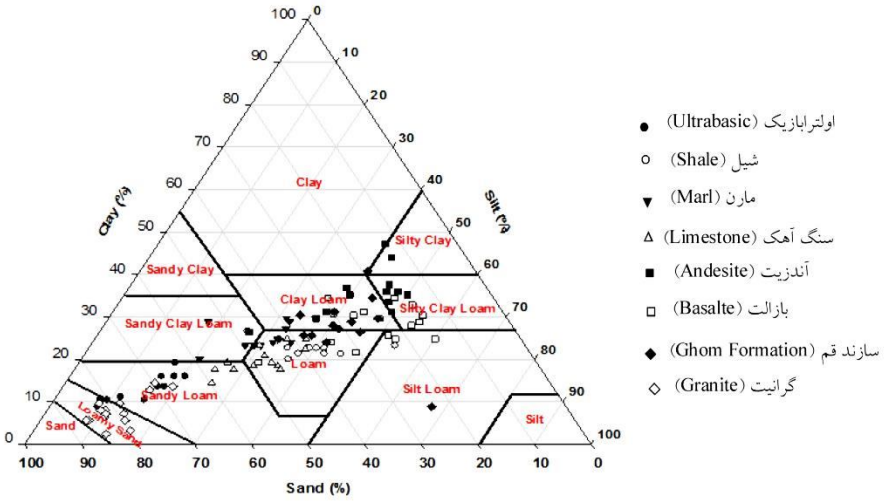
Table 3. Statistical description of some physical and chemical properties of studied soils (N=105).

ضریب تغییرات Coefficient of variation	کشیدگی Kurtosis	چولگی Skewness	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Mean	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	متغیر
32.01	1.41	0.68	0.07	0.24	0.473	0.073	EC (dS/m)
1.87	0.31	-0.30	0.13	7.18	7.49	6.81	pH
41.58	-0.3	-0.11	9.40	22.59	47.2	2.40	درصد رس (Clay%)
42.14	-0.71	-0.17	13.89	32.93	67.48	8.08	درصد سیلت (Silt%)
48.67	-0.90	0.48	21.65	44.48	86.32	12.72	درصد شن (Sand%)
58.36	-0.17	0.76	1.65	2.82	7.51	0.51	درصد ماده آلی (Organic matter%)
27.46	6.00	2.24	1.71	6.22	14.05	5.00	درصد کربنات کلسیم معادل (CCE%)



شکل ۲- مقایسه میانگین کربنات کلسیم معادل خاک‌های توسعه‌یافته روی مواد مادری متفاوت در منطقه مطالعاتی.

Figure 2. Mean comparison of carbonate calcium equivalent of soils developed on different parent material in studied region.



شکل ۳- پراکنش بافت خاک‌های حاصل از مواد مادری متفاوت در منطقه مطالعاتی روی مثلث بافت خاک.

Figure 3. Distribution of soil textures which developed on different parent materials in the studied region on soil texture triangle.

عناصر سنگین در مواد مادری منطقه مورد مطالعه: سنگ مادری آندزیت با میانگین ۲۷۲۳۱/۲۵ mg/kg دارای بیش‌ترین غلظت آهن کل در منطقه مورد مطالعه بود (جدول ۳). در مجموع سنگ‌های آذرین اختلاف معنی‌داری با سنگ‌های رسوبی داشتند، که دلیل آن وجود آهن بیش‌تر در ساختار سنگ‌های آذرین نسبت به سنگ‌های رسوبی می‌باشد. بیش‌ترین غلظت منگنز کل در سنگ مادری آندزیت با میانگین ۷۳۰ mg/kg و کم‌ترین آن با میانگین غلظت mg/kg ۵۲ به سنگ مادری منتخب از سازند قم تعلق دارد (جدول ٤). بردل (۲۰۰۵) غلظت بیش‌تر دو عنصر آهن و منگنز را به‌ترتیب در بازالت و گرانیت در مقایسه با شیل و سنگ آهک گزارش دادند. سنگ مادری آندزیت دارای بیش‌ترین غلظت مس (۲۸/۵mg/kg) و روی (۵۰/۲۵ mg/kg) کل می‌باشد (جدول ٤). آلووای (۱۹۹۰) بیان نمود مواد حاصل از هوادیدگی سنگ‌های درشت‌دانه مثل ریولیت و گرانیت نسبت به مواد دانه‌ریز مثل شیل‌ها و سنگ‌های آذرین بازیک، دارای مقادیر کم‌تری از عناصر غذایی ضروری مثل مس، روی و کبالت هستند (٤). بردل (۲۰۰۵) مقدار عنصر مس را در بازالت، گرانیت، شیل و سنگ آهک در مقیاس جهانی به‌ترتیب ۹٤، ۲۰، ۵۰ و ٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم و غلظت عنصر روی در این سنگ‌ها به‌ترتیب ۱۱۸، ۵۰، ۸۵ و ۲۰ گزارش دادند. در جنوب‌شرق استان کردستان بیش‌ترین غلظت مس و روی در سنگ‌های گابرودیوریت و گابروبازالت مشاهده شد که دلیل آن ماهیت بازی این سنگ‌ها می‌باشد (۲۲).

نیکل یکی از عناصر سنگین است که مقدار آن در سنگ‌های آذرین فوق‌بازی نسبت به سنگ‌های دیگر بیش‌تر است (٤). بیش‌ترین غلظت نیکل در سنگ مادری اولترابازیک با میانگین ۱۹۳۷/۵۰mg/kg و کم‌ترین آن با میانگین غلظت mg/kg ۷/۲۵ متعلق به سنگ‌های اسیدی گرانیت می‌باشد (جدول ٤). میانگین غلظت نیکل کل در برخی از سنگ‌های جهان اندازه‌گیری شده است. دامنه تغییرات نیکل کل در سنگ‌های فوق‌بازی ۲۰۰۰-۱٤۰۰، سنگ‌های بازی (بازالت و گابرو) ۱٦۰-۱۳۰، سنگ‌های حد واسط (دیوریت و سینیت) ۵۵-۵، سنگ‌های اسیدی (گرانیت و گنایس) ۱۵-۵ و در سنگ‌های آهکی mg/kg ۲۰-۷ می‌باشد (۱۹). غلظت نیکل کل در اکثر سنگ‌های منطقه مورد مطالعه در دامنه طبیعی غلظت سنگ‌های جهان قرار دارد. آلووی و همکاران (۱۹۹۵) میانگین مقدار نیکل در سنگ‌های فوق‌بازی و اسیدی را به‌ترتیب mg/kg ۲۰۰۰ و ۰/۵ گزارش کردند (۵).

سنگ مادری اولترابازیک با میانگین mg/kg ۹۲/۵۰ دارای بیش‌ترین غلظت کبالت کل در منطقه می‌باشد و کم‌ترین غلظت کبالت کل با میانگین mg/kg ۱۱/۷۵ متعلق به سنگ‌های شیل می‌باشد. سنگ مادری اولترابازیک با میانگین mg/kg ۷۸٦ دارای بیش‌ترین غلظت کروم کل و کم‌ترین مقدار آن با میانگین غلظت mg/kg ۱۳/۵۰ متعلق به سنگ‌های سازند قم می‌باشد (جدول ٤). بردل (۲۰۰۵) غلظت بیش‌تر کبالت و کروم را در سنگ به‌ترتیب در بازالت، شیل و گرانیت گزارش دادند که مقدار این دو عنصر در شیل به‌ترتیب ۲۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. در این مطالعه مقدار دو عنصر کبالت و کروم کم‌تر از مقدار گزارش شده در مقیاس جهانی می‌باشد.

عناصر سنگین در خاک‌های منطقه مورد مطالعه: بیش‌ترین غلظت آهن کل در خاک‌های تشکیل شده روی سنگ مادری اولترابازیک با غلظت mg/kg ۲۲۰۶۲/۴۲ و کم‌ترین مقدار در خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری سازند قم با غلظت mg/kg ۶۸۸۵/۴۲ مشاهده شد (جدول ۵). دامنه گزارش شده آهن کل در خاک‌های دنیا بین ۵۵۰۰۰۰–۷۰۰۰ و متوسط غلظت آن را ۳۸۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (۱) و غلظت آهن در منطقه مطالعاتی در محدوده مقدار آهن کل گزارش شده در خاک‌های دنیا قرار می‌گیرد. غلظت‌های زیاد منگنز در خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری آذرین مشاهده شد (جدول ۵). دامنه تغییرات منگنز در خاک‌ها بین ۴۰۰۰–۱۰۰ و دامنه میانگین غلظت آن در خاک‌های غیرآلوده در مقیاس جهانی ۵۲۵–۲۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۲۵). بنابراین محدوده غلظت این عنصر در خاک‌های مورد مطالعه در دامنه عمومی خاک‌های طبیعی قرار نمی‌گیرد و با توجه به دامنه غلظت خاک‌های غیرآلوده در مقیاس جهانی مشخص می‌شود که برخی از خاک‌های منطقه آلودگی به عنصر منگنز را دارند. در خاک‌های جنوب‌شرق استان کردستان، خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری گابرو- بازالت (۱۰۱۹/۹ mg/kg) و خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری دیوریت- گابرودیوریت (۴۹۳/۷mg/kg) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار غلظت منگنز را دارند (۲۲). میانگین غلظت منگنز کل در خاک‌های سطحی کشورهای کانادا (۳۰)، استرالیا (۲)، انگلستان (۴۰)، ایتالیا (۷)، آمریکا (۳۴) و لهستان (۲۱) به‌ترتیب ۳۲۵، ۳۸۸، ۱۰۵۵، ۸۷۳، ۴۹۰ و ۲۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. میانگین غلظت منگنز کل در خاک‌های منطقه کم‌تر از بیش‌ترین مقدار گزارش شده (انگلستان) می‌باشد و بیش‌تر از مقدار گزارش شده برای دو کشور کانادا و لهستان می‌باشد. ۶۴ درصد از کل نمونه‌ها غلظتی بیش‌تر از حداکثر غلظت قابل‌قبول منگنز کل در خاک بر اساس حد مشخص شده جهانی نشان دادند (شکل ۴a).

غلظت نیکل کل در تمامی خاک‌های مطالعه شده (جدول ۵) بیش‌تر از متوسط مقدار نیکل در خاک‌های جهان (۴۰mg/kg) می‌باشد (۴۳) و ۹۵/۱ درصد از نمونه‌ها، غلظتی بیش از حداکثر غلظت مجاز کشور هلند را دارند (۳۹). بر اساس استاندارد کشور استرالیا ۳۶/۹ درصد از خاک‌های منطقه آلودگی به عنصر نیکل دارند (۳۶). همچنین بر اساس استاندارد کشور ایران (۱۲) ۸۷/۴ درصد از کل نمونه‌های خاک منطقه به عنصر نیکل آلوده‌اند (شکل ۴d). بیش‌ترین مقدار نیکل در خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری اولترابازیک با متوسط mg/kg ۱۶۶۷ مشاهده شد (جدول ۵). خاک‌های حاصل از سنگ‌های فوق بازی، مقدار زیادی نیکل دارند، به‌طوری‌که غلظت نیکل در خاک‌های فوق بازی تا mg/kg ۲۰۰۰ نیز می‌رسد (۳).

جدول ٤- میانگین، انحراف معیار و مقایسه میانگین غلظت کل ($mg.kg^{-1}$) عناصر در سنگ‌های مورد بررسی (تعداد=۵).

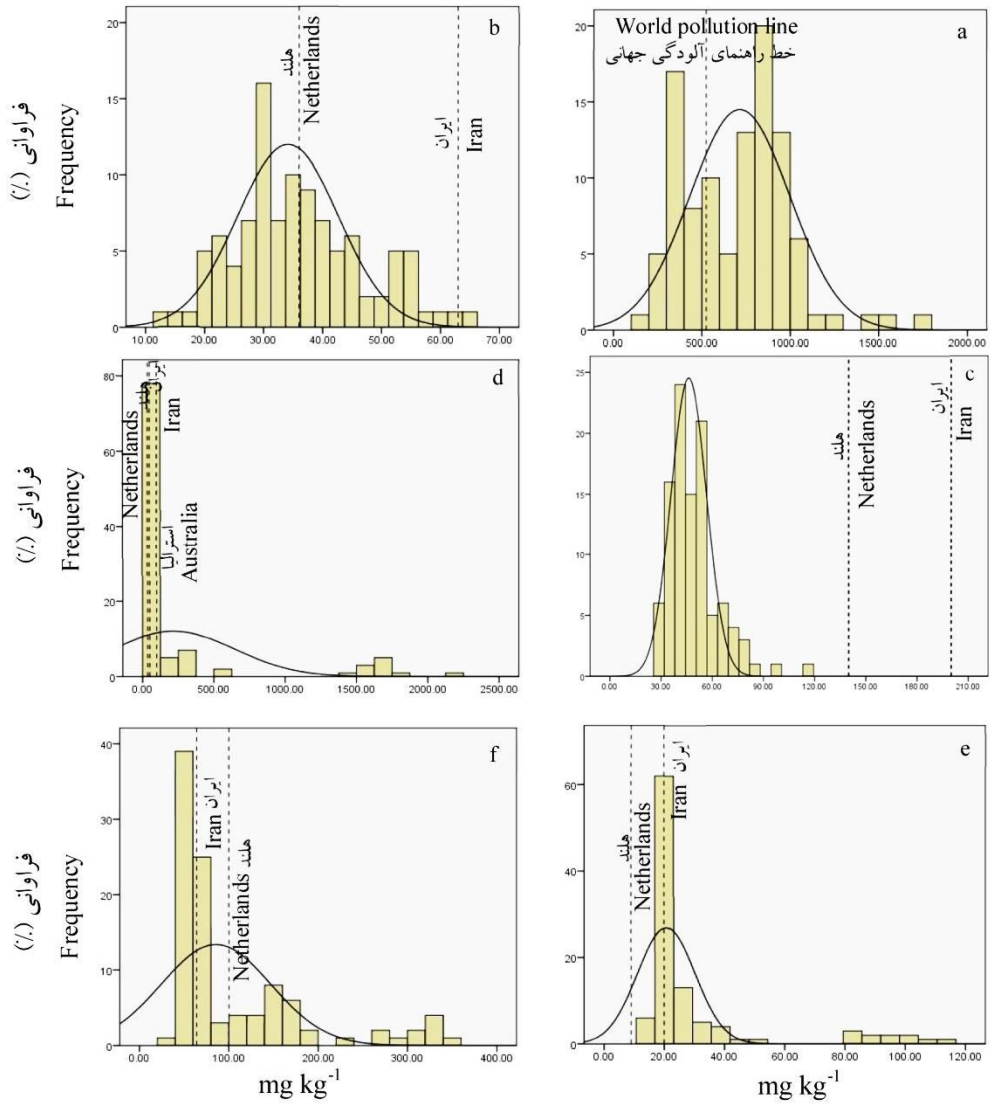
Table 4. Total concentration (mg kg^{-1}) of the studied metals; mean, standard deviation and mean comparison of studied rocks (N: 5).

سنگ (Rock) / عنصر (Element)	اولترابازیک Ultrabasice	شیل Shale	مارن Marl	سنگ آهک Lime	آندزیت Andesite	بازالت Basalte	سازند قم Ghom formation	گرانیت Granite
آهن (Fe)	$21418^{b} \pm 6280$	$1266^{d} \pm 526$	$359^{d} \pm 109$	$1162^{d} \pm 635$	$27231^{a} \pm 910$	$20325^{b} \pm 2476$	$176^{d} \pm 54$	$7006^{c} \pm 3275$
منگنز (Mn)	$644^{ab} \pm 239$	$155^{e} \pm 26$	$53^{e} \pm ۱۸$	$313^{d} \pm 130$	$730^{a} \pm 51$	$550^{bc} \pm 51$	$52^{e} \pm 20$	$466^{c} \pm 131$
مس (Cu)	$6.25^{e} \pm 2.5$	$10.5^{de} \pm 1.42$	$16^{c} \pm 5.4$	$10.75^{de} \pm 2$	$28.5^{a} \pm 3.58$	$21.25^{b} \pm 2.34$	$8.25^{e} \pm 1.12$	$13.5^{cd} \pm 5.82$
روی (Zn)	$23^{c} \pm 9$	$3.75^{d} \pm 1.98$	$5^{d} \pm 3.64$	$4^{d} \pm 1.85$	$50.25^{a} \pm 7$	$23^{c} \pm 1.89$	$3^{d} \pm 0.68$	$36^{b} \pm 8.54$
نیکل (Ni)	$1937^{a} \pm 141$	$22^{c} \pm 2.74$	$17.5^{c} \pm 1.53$	$17.25^{c} \pm 4.45$	$46^{bc} \pm 1.98$	$102^{bc} \pm 16$	$15^{c} \pm 2.71$	$7.25^{c} \pm 2.71$
کبالت (Co)	$92^{a} \pm 2.65$	$11.75^{e} \pm 1.12$	$15^{d} \pm 1.98$	$15.25^{d} \pm 2.05$	$21^{c} \pm 1.63$	$30^{b} \pm 2.79$	$14.25^{de} \pm 1.12$	$14^{de} \pm 2.85$
کروم (Cr)	$786^{a} \pm 21$	$17^{b} \pm 1.89$	$15^{b} \pm 2.34$	$15.50^{b} \pm 1.42$	$30^{b} \pm 3.35$	$42^{b} \pm 4.56$	$13.50^{b} \pm 1.63$	$24.75^{b} \pm 2.85$

جدول ۵- توصیف آماری غلظت عناصر ($mg\ kg^{-1}$) در خاک‌های منطقه مورد مطالعه ($\frac{\text{انحراف معیار} \pm \text{میانگین}}{\text{حداکثر} - \text{حداقل}}$).

Table 5. Statistical discription of elements concentration ($mg\ kg^{-1}$) in studied soils. ($\frac{\text{mean} \pm standard\ deviation}{min - max}$).

کروم (Cr)	کبالت (Co)	نیکل (Ni)	روی (Zn)	مس (Cu)	منگنز (Mn)	آهن (Fe)	عنصر Element / ماده مادری (تعداد) Parent material (N)
$52.75^{c} \pm 14.10$ 40-83.75	$21.76^{c} \pm 3.39$ 13.75-26.25	$42.75^{c} \pm 10.03$ 32.50-65	$67.75^{a} \pm 12.09$ 46.25-95	$27^{d} \pm 6$ 18.75-37.50	$947^{b} \pm 104$ 121-766	$18395^{b} \pm 3871$ 11750-25906	گرانیت (۱۵) Granite (15)
$131.42^{b} \pm 34.41$ 71.25-183.75	$20.75^{c} \pm 2.05$ 17.50-23.75	$91.33^{c} \pm 7.39$ 78.75-107.50	$43.42^{cd} \pm 7.78$ 33.75-63.75	$41.50^{b} \pm 8.79$ 28.75-65	$790^{cd} \pm 52$ 700-866	$12460^{d} \pm 1538$ 9843-14718	بازالت (۱۵) Basalt (15)
$304^{a} \pm 35$ 230-352	$94.89^{a} \pm 9.39$ 82.50-112.50	$1667^{a} \pm 186$ 1406-2125	$43.52^{cd} \pm 5.78$ 36.25-55	$22^{e} \pm 7$ 12.50-37.50	$1122^{a} \pm 298$ 840-1728	$22062^{a} \pm 4322$ 16687-30937	اولترابازیک (۱۱) Ultrabasics rocks (11)
$140.67^{b} \pm 26.17$ 92.50-183.75	$35.86^{b} \pm 6.68$ 25-52.50	$322^{b} \pm 133$ 177-593	$57.21^{b} \pm 8.62$ 45-73.75	$53.17^{a} \pm 3.04$ 47.50-60	$842^{bc} \pm 175$ 407-1062	$15096^{c} \pm 2434$ 110625-20343	آندزیت (۱۳) Andesite (13)
$48.12^{c} \pm 6.58$ 38.75-58.75	$18.85^{c} \pm 3.47$ 15-27.50	$66.98^{c} \pm 7.84$ 58.75-87.50	$58.44^{b} \pm 22.01$ 31.25-117.50	$31.04^{cd} \pm 3.91$ 26.25-41.25	$712^{d} \pm 133$ 512-882	$7815^{e} \pm 1684$ 4531-10031	شیل (۱۲) Shale (12)
$62.79^{c} \pm 3.54$ 57.50-67.50	$19.90^{c} \pm 3.08$ 17.50-28.75	$106.54^{c} \pm 12.25$ 92.50-138.75	$37.69^{d} \pm 5.59$ 30-46.25	$43.27^{b} \pm 6.80$ 36.25-61.25	$392^{ef} \pm 71$ 270-546	$8367^{e} \pm 970$ 7187-10187	مارن (۱۳) Marl (13)
$56.46^{c} \pm 7.01$ 47.50-72.50	$18.75^{c} \pm 1.85$ 16.25-22.50	$72.08^{c} \pm 5.18$ 62.50-82.50	$46.98^{c} \pm 6.45$ 38.75-56.25	$29.06^{cd} \pm 3.46$ 22.50-35	$475^{e} \pm 73$ 380-576	$11906^{d} \pm 2185$ 9343-15562	سنگ آهک (۱۲) Lime (12)
$56.87^{c} \pm 6.09$ 42.50-66.25	$18.75^{c} \pm 1.19$ 16.25-20	$94.79^{c} \pm 10.98$ 80-116.25	$37.29^{d} \pm 7.50$ 28.75-57.50	$33.12^{c} \pm 4.35$ 22.50-38.75	$308^{f} \pm 79$ 136-457	$6885^{e} \pm 1182$ 4593-9125	سازند قم (۱۲) Ghom formation (12)



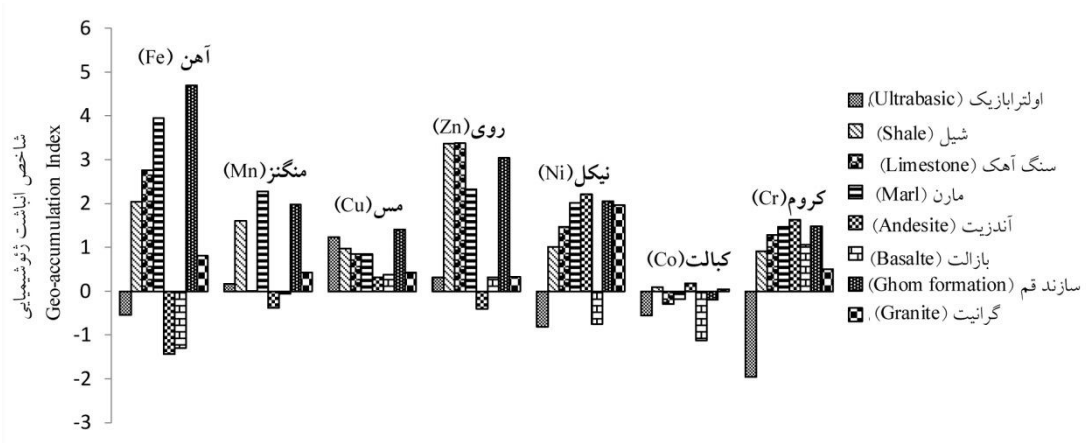
شکل ٤- نمودار توزیع فراوانی غلظت کل منگنز (a)، مس (b)، روی (c)، نیکل (d)، کبالت (e) و کروم (f) برای کل داده‌های خاک و حد مجاز غلظت عناصر در چند کشور.

Figure 4. Plot frequency of total Mn (a), Cu (b), Zn (c), Ni (d), Co (e) and Cr (f) measured for the whole data as compared to soils guideline values for some countries.

غلظت کبالت کل در خاک‌های سنگ اولترابازیک با ٩٤/٨٩ mg/kg و خاک‌های سنگ مادری سازند قم و آهکی با ١٨/٧٥mg/kg به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت را نشان داد. تمام نمونه‌ها، غلظتی بیش از حداکثر غلظت مجاز کشور هلند (٣٩) را دارند. بر اساس استاندارد کشور ایران (١٢) ٤٧/٦ درصد از کل نمونه‌های خاک منطقه آلودگی به عنصر کبالت دارند (شکل ٤e). یوسفی‌فرد (٢٠١٢) در منطقه اهر استان اردبیل به این نتیجه رسید که غلظت کبالت در تمام سنگ‌های آذرین و خاکرخ‌های تشکیل شده روی آن‌ها بیش‌تر از غلظت پوسته قاره‌ای و خاک‌های سطحی جهانی می‌باشد (٣١). دامنه تغییرات کروم کل در خاک‌های جهان ٢٠٠-٢٠ mg/kg گزارش شده است (٤٣) که با توجه به میانگین غلظت کروم

به‌دست آمده برای تمامی خاک‌های مطالعه شده به‌جزء اولترابازیک (۳۰٤/۰۹mg/kg) در محدوده طبیعی خاک‌های جهان قرار دارد. بر اساس استاندارد کشور هلند (۳۹) ۳٤ درصد از کل نمونه‌های خاک آلودگی به عنصر کروم دارند و ٤۸/۵ درصد از نمونه‌ها غلظتی بیش از حداکثر غلظت مجاز کشور ایران (۱۲) را دارند (شکل ٤f). میکو و همکاران (۲۰۰٦) بیان نمودند که غلظت عناصر کبالت، کروم، نیکل و روی در خاک به‌وسیله مواد مادری کنترل می‌شود (۲٦). فاکچینلی و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از آنالیزهای زمین‌آماری چندمتغیره نشان دادند که کروم، نیکل و کبالت در خاک با هم در ارتباط بوده و منشأ یکسانی دارند (۱۳).

شاخص انباشت ژئوشیمیایی عناصر سنگین در منطقه مورد مطالعه: به‌ترتیب عنصر مس و کروم در خاک‌های تشکیل‌شده روی اولترابازیک و بازالت آلودگی متوسط نشان دادند، آلودگی ژئوشیمیایی دیگر عناصر در این خاک‌ها مشاهده نگردید (شکل ۵). در خاک‌های حاصل از سنگ آندزیت آلودگی نیکل (کلاس ۳) و کروم (کلاس ۲) مشاهده گردید. خاک‌های سطحی سنگ گرانیت آلودگی متوسط نیکل را نشان دادند. بیش‌ترین مقدار آلودگی عناصر در خاک‌های سطحی ماده مادری شیل به‌ترتیب برای عناصر روی، آهن و منگنز می‌باشد. بیش‌ترین مقدار آلودگی در خاک‌های با ماده مادری آهکی به‌ترتیب برای عنصر روی، آهن، نیکل و کروم مشاهده گردید. خاک‌های با ماده مادری مارن بیش‌ترین انباشت ژئوشیمیایی را در مورد عناصر آهن (کلاس ٤)، منگنز (کلاس ۳)، روی (کلاس ۳)، نیکل (کلاس ۲) و کروم (کلاس ۲) نشان دادند. در خاک‌های حاصل از مواد مادری سازند قم به‌ترتیب برای عناصر آهن (کلاس ۵)، روی (کلاس ٤)، نیکل (کلاس ۲)، کروم (کلاس ۲) و مس (کلاس ۲) بیش‌ترین انباشت ژئوشیمیایی مشاهده شد.



شکل ۵- انباشت ژئوشیمیایی عناصر سنگین در خاک‌های حاصل از مواد مادری متفاوت.

Figure 5. heavy elements geo-accumulation index of soils derived from different parent materials.

همبستگی عناصر سنگین بین خاک و مواد مادری: همبستگی مثبت و معنی‌داری برای غلظت آهن، منگنز، مس، نیکل، کبالت و کروم در سطح احتمال یک درصد بین خاک و مواد مادری مشاهده شد (جدول ٦). بین میزان روی در خاک و مواد مادری همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۳۷) در سطح احتمال

۵ درصد مشاهده شد. با توجه به این همبستگی مواد مادری مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده عناصر سنگین در خاک به‌شمار می‌روند. یوسفی‌فرد (۲۰۱۲) هبستگی مثبت و معنی‌داری بین عناصر روی، مس، سرب، کبالت، کروم و نیکل مواد مادری و خاکرخ‌های حاصل از آن‌ها در مواد مادری آذرین در شمال‌غرب ایران مشاهده نمود. ایشان نشان داد که تشکیل این خاک‌ها درجا بوده و عناصر موجود در آن‌ها از مواد مادری به ارث می‌رسد (٤٤).

جدول ٦- ضریب همبستگی بین مواد مادری و خاک‌های تشکیل‌شده از آن‌ها برای عناصر مورد بررسی (تعداد= ٤٠).

Table 6. Correlation coefficient between parent materials and soils developed on them for studied elements (N=40).

Cr	Co	Ni	Zn	Cu	Mn	Fe	عنصر (Elements)
0.74^{**}	0.65^{**}	0.69^{**}	0.37^{*}	0.64^{**}	0.69^{**}	0.74^{**}	ضریب همبستگی (Correlation)

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

** and * Significant at the 1 and 5 percent respectively.

نتیجه‌گیری کلی

خاک‌های تشکیل‌شده روی مواد مادری آندزیت و بازالت بافت سنگین‌تری در مقایسه با سنگ‌های مادری رسوبی دارند. مقدار کربنات کلسیم معادل در خاک‌های تشکیل‌شده روی مواد مادری رسوبی (به‌علت حضور بیش‌تر کلسیت اولیه در ماده مادری) بیش‌تر از آذرین می‌باشد. بیش‌ترین غلظت عناصر در سنگ‌های مادری آذرین در مقایسه با سنگ‌های رسوبی مشاهده گردید. غلظت زیادتر آهن کل در خاک‌های تشکیل‌شده روی مواد مادری آذرین مشاهده شد ولی مقدار آن در تمامی خاک‌ها در دامنه معمول خاک‌های جهانی قرار دارد. ٦٤ درصد از کل نمونه‌ها غلظتی بیش‌تر از حداکثر غلظت قابل‌قبول منگنز کل در خاک بر اساس حد مشخص‌شده جهانی نشان دادند. آلودگی دو عنصر مس و روی در خاک‌ها بر اساس استاندارد ایران مشاهده نگردید. غلظت نیکل کل در تمامی خاک‌های مطالعه شده بیش‌تر از متوسط مقدار نیکل در خاک‌های جهان می‌باشد. همچنین بر اساس استاندارد کشور ایران ۸۷/٤ درصد از کل نمونه‌های خاک منطقه به عنصر نیکل آلوده‌اند. بر اساس استاندارد کشور ایران ٤٧/٦ درصد از کل نمونه‌های خاک منطقه به عنصر کبالت و ٤٨/٥ درصد از نمونه‌ها به عنصر کروم آلوده‌اند. غلظت عناصر کبالت، کروم، نیکل و روی در خاک به‌وسیله مواد مادری کنترل می‌شود و بیش‌ترین انباشت ژئوشیمیایی عناصر سنگین در خاکرخ‌های حاصل از مواد مادری رسوبی مشاهده گردید. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عناصر سنگین در خاک و مواد مادری بیانگر اثر مواد مادری به‌عنوان کنترل‌کننده عناصر سنگین در خاک می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از دانشگاه پیام‌نور جهت تأمین هزینه‌های مالی این پژوهش قدردانی و سپاسگذاری می‌نمایند.

منابع

1. Agarwal, S.K. 2009. Heavy Metal Pollution. APH Publishing Corp, New Delhi, 270p.
2. Aichberger, K. 1980. Schwermetallgehalte einiger Bodenprofile Oberosterrichs. Bodencultur 31: 215-227.
3. Alexander, E.B. 2004. Serpentine soil redness, differences among peridotite a serpentinite material, Klamath Mountains, California. International Geology Review. 46: 754-764.
4. Alloway, B.J. 1990. The Origins of Heavy Metals in Soils. John Wiley & Sons, Inc., New York. Pp: 38-57.
5. Alloway, B.J., and Alloway, B. 1995. Heavy Metals in soils. 2nd ed. Glasgow. UK. 298p.
6. Banat, K.M., Howari, F.M., and Al-Hamad, A.A. 2005. Heavy metals in urban soils of central Jordan: should we worry about their environmental risks? Environmental Research. 97: 258-273.
7. Bini, C., Dall Aglio, M., Ferretti, O., and Gragnani, R. 1988. Background levels of microelements in soils of Italy. Environmental Geochemistry Health. 10: 63-69.
8. Bradl, H. 2005. Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation: Origin, Interaction and Remediation. Academic Press. Neubrucke, Germany.
9. Blaser, P., Zimmermann, S., Luster, J., and Shotyk, W. 2000. Critical examination of trace element enrichments and depletions in soils: As, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in Swiss forest soils. Science Total Environment. 249: 257-280.
10. Caillaud, J., Proust, D., Philippe, S., Fontaine, C., and Fialin, M. 2009. Trace metals distribution from a serpentinite weathering at the scales of the weathering profile and its related weathering Microsystems and clay minerals. Geoderma. 149: 199-208.
11. D'Amico, M., Julitta, F., Previtali, F., and Cantellim, D. 2008. Podzolization over ophiolitic materials in the western Alps (Natural 2013 Park of Mont Avic, Aosta Valley, Italy). Geoderma. 146: 129-137.
12. Department of environment. 2012. Quality standards for soil resources and its guides Tehran (Translated in Persian)
13. Facchinelli, A., Sacchi, E., and Mallen, L. 2001. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. Environment Pollution. 114: 313-324.
14. Fergusson, L. 1989. The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press, Oxford. 614p.
15. Förstner U., Ahlf, W., Calmano, W., and Kersten M. 1990. Sediment Criteria Development. P 231-241. In: D., Heling, P., Rothe, U., Förstner, P. Stoffers (eds), Sediments and Environmental Geochemistry. Springer, Berlin, Heidelberg.
16. Galan, E., Fernandez-Caliani, J.C., Gonzalez, I., Aparicio, P., and Romero, A. 2008. Influence of geological setting on geochemical baselines of trace elements in soils. Application to soils of South-West Spain. J. Geochem. Exp. 98: 89-106.
17. Hardy, M., and Cornu, S. 2006. Location of natural trace elements in silty soils using particle-size fractionation. Geoderma. 133: 295-308.
18. Horckmans, L., Swennen, R., Deckers, J., and Maquil, R. 2005. Local background concentrations of trace elements in soils: a case study in the Grand Duchy of Luxembourg. Catena. 59: 279-304.
19. Kabata, A., and Pendias, H. 2001. Trace elements in soils and plants, 3rd ed., CRC Press. 432p.
20. Kabata-Pendias, A. 2004. Soil-plant transfer of trace elements-an environment issue. Geoderma. 122: 143-149.
21. Kabata-Pendias, A., and Wiacek, K. 1985. Excessive uptake of heavy metals by plants from contaminated soil. Soil Sci. Soc. Amer. J. 36: 33-39.
22. Karami, M. 1393. Relative magnetic susceptibility with geochemical properties of some igneous rocks and developed soils on them in the south-east of Kurdistan province. Master's thesis. Agriculture collage. Isfahan University of Technology. (In Persian)

23. Klassen, R.A. 1998. Geological factors affecting the distribution of trace metals in glacial sediments of central Newfoundland. Environmental Geology. 33: 2/3. 154-169.
24. Latrille, C., Denaix, L., and Lamy, I. 2003. Interaction of copper and zinc with allophane and organic matter in the B horizon of an andosol. Euro. J. Soil Sci. 54: 357-364.
25. Manta, D.S., Angelone, M., Bellanca, A., Neri, R., and Sprovieria, M. 2002. Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. Science Total Environment. 300: 229-243.
26. Mico, C., Recatala, L., Peris, M., and Sanchez, J. 2006. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of a European Mediterranean area by multivariate analysis. Chemosphere. 65: 863-872.
27. Moresi, M., and Mongelli, G. 1988. The relation between the terra rossa and the carbonate-free residue of the underlying limestone and doldstone in Apulica, Italy. Clay Minerals. 23: 439-446.
28. Muller, G. 1969. Index of geo accumulation in the sediments of the Rhine River. Geography. 2: 108-118.
29. Plaster, R.W., and Sherwood, W.C. 1971. Bedrock Weathering and residual soil formation in central Virginia. Geology Society America Bulletin. 82: 2813-2826.
30. Presant, E. 1971. Geochemistry of iron, manganese, lead, copper, zinc, arsenic, antimony, silver, tin, and cadmium in the soils of the Bathurst area. New Brunswick Department of Energy, Mines and Resources. 302p.
31. Proctor, J., and Baker, A.J.M. 1994. The importance of nickel for plant growth in ultramafic (serpentinic) soils. P 417-432. In: S.M. Ross (ed.), Toxic metals in soil-plant systems. John Wiley and Sons. UK.
32. Salminen, R., and Tarvainen, T. 1997. The problem of defining geochemical baselines. A case study of selected elements and geological materials in Finland. J. Geochem. Exp. 60: 91-98.
33. Salvador-Blanes, S., Cornu, S., Bourennane, H., and King, D. 2006. Controls of the spatial variability of Cr concentration in topsoils of a central French landscape. Geoderma. 132: 143-157.
34. Shacklette, H.T., and Boerngen, J.G. 1984. Element concentrations in soils and other surficial materials of the conterminous, United States. United States Government Printing Office, Washington. 105p.
35. Sheklabadi, M. 1379. Investigation of the relative erosion of some of the geological formations and its relationship with a number of physical and chemical properties of soils in Golabad watershed. Master's thesis. College of Agriculture. Isfahan University of Technology. (In Persian)
36. Singh, B.R., and Steinnes, E. 1994. Soil and water contamination by heavy metals. P 233-271. In: R. Lai and B.A. Stewart (eds.). Soil Proc. Water Quality. 212p.
37. Smith, K.A., and Mullins, C.E. 1991. Soil and Environmental analysis: physical methods Marcel Dekker, New York. 651p.
38. Sposito, G., Lund, L., and Change, A. 1982. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46: 260-264.
39. Swartjes, F.A. 1999. Risk-based assessment of soil and groundwater quality in the Netherlands: Standards and Remediation Urgency. Risk Analysis. 19: 1235-1249.
40. Ure, A., and Bacon, J. 1978. Comprehensive analysis of soils and rocks by spark-source mass spectrometry. Analyst. 103: 807-822.
41. Wright, J.S. 2007. An overview of the role of weathering in the production of quartz silt. Sediment Geology. 202: 237-351.
42. Xing, B., and Dudas, M.J. 1993. Trace and rare element content of white clay soils of the Three River Plain, Heilongjiang Province, P.R. China. Geoderma. 58: 181-199.

43. Xing, M.L., Jianjun, W.V., and Jiangming, X.U. 2006. Characterizing the risk assessment of heavy metal and sampling uncertaintly analysis in paddy field by geostatistics and GIS. Environment pollution. 41: 279-289.

44. Yousefifard, M. 1391. Evolution of soils developed on some igneous rocks in northwestern Iran. PhD thesis. College of Agriculture. Isfahan University of Technology. (In Persian)

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 9(2), 2019
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2019.14706.1807

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Trace elements contamination in the soils developed on some of igneous and sedimentary rocks in the northwest of Iran (Case study: west Azarbaijan province)

***M. Yousefifard[1], V. Admen[2] and Sh. Ayoubi[3]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University, Tehran, Iran,
[2]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Isfahan University of Technology,
[3]Professor, Dept. of Soil Science, Isfahan University of Technology
Received: 02.05.2018; Accepted: 01.06.2019

Abstract

Background and Objectives: Number of elements in soil affected by parent materials, geochemical and pedogenesis processes. Mean concentration of elements in soils are similar to mean concentration of them in parent materials, mostly. Difference between element concentrations in parent material and soils developed on them in natural conditions, is derived from pedogenesis processes. Due to the soil pollution with heavy metals is almost permanent and local in any region, this research done about trace element concentration in surface soils with different parent materials in northwest of west Azarbaijan province.

Materials and Methods: Concentration of some trace elements in 105 surface soil samples developed on 8 different rock mass (Granite, Andesite, Basalte, Ultrabasic, Marl and sand stone, Ghom formation, Lime and Shale) from back slope position and also their concentration in rock samples in northwest of west Azarbaijan was determined by atomic absorption method. Geoaccumulation index used to estimation of soil contamination to heavy metals.

Results: Highest amounts of clay was observed in soils derived from Andesite and Basalt and then sedimentary rocks. Highest amount of total Fe (27231.25 mg/kg), Mn (730 mg/kg), Cu (28.5 mg/kg) and Zn (50.25 mg/kg) was observed in Andesite rock. Total Ni (1937.50 mg/kg), Co (92.50 mg/kg) and Cr (786 mg/kg) is more in ultrabasic rock compared to other rocks. The highest and least concentration of soil total Fe was observed in soils developed on ultrabasic (22062.42 mg/kg) and Ghome formation (6885.42 mg/kg) parent materials, respectively. High Mn concentration is in soils derived from igneous rocks. The highest of Cu (53.17 mg/kg) and Zn (67.75 mg/kg) concentration was observed in soils developed on Andesite and Granite rocks, respectively. Amount of Ni (1667 mg/kg), Co (94.89 mg/kg) and Cr (304.09 mg/kg) in soils derived from ultrabasic parent material is more than others. Positive and significant correlation was observed between studied trace elements in soils and parent materials.

Conclusion: The main source of trace elements in region soils is parent materials. Fe pollution in the soils was not observed compared to global soils, but some of soils were infected to Mn element. Also, most soils were affected to Ni and about of half of them to Cr and Co in the region according to Iran's standard.

Keywords: Contamination, Heavy elements, Igneous rock, Sedimentary rock, Surface soil

* Corresponding Author; Email: m.yousefifard@pnu.ac.ir