ژئوشیمی عناصر کمیاب در خاک‌های تشکیل شده از مواد مادری منتخب در حوضه رسوبی کپه‌داغ (مطالعه موردی: ناودیس شیخ)

حسین تازیکه[۱]، فرهاد خرمالی[۲]، آرش امینی[۳]و مجتبی بارانی مطلق[۴]

[۱و۲و۴] دانشجوی دکترای علوم خاک، استاد و دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

[۳] استادیار گروه علوم زمین، دانشگاه گلستان

چکیده

به منظور بررسی تاثیر سنگ مادر و فرایندهای خاکسازی بر توزیع و فراوانی عناصر کمیاب، یک توالی شامل خاکرخ‌های تشکیل شده بر روی شش نوع ماده مادری در ناودیس شیخ (حوضه رسوبی کپه‌داغ) مورد مطالعه قرار گرفتند. مطالعه نتایج ژئوشیمیایی با استفاده از تحلیل مولفه‌های اساسی نشان داد که این شیوه با کاهش تعداد متغیرها و ارائه آنها در قالب مولفه‌های اساسی می‌تواند مطالعه تاثیر مواد مادری و فرایندهای خاکسازی را بر ویژگی‌های ژئوشیمیایی خاک تسهیل نماید. همچنین با این شیوه امکان طبقه‌بندی ژئوشیمیایی خاک‌ها فراهم می‌شود. تفاوت فراوانی کانی‌های اصلی تشکیل دهنده خاک مانند کانی-های رسی، کلسیت، گچ و اکسیدهای آهن از مهمترین عوامل موثر بر تفکیک ژئوشیمیایی خاک به وسیله دو شیوه تحلیل مولفه‌های اساسی و تحلیل خوشه‌ای می‌باشند. همچنین تغییر غلظت دو عنصر کلسیم و استرانسیوم ناشی از بازتوزیع آهک و گچ در نیمرخ خاک عوامل کنترل کننده تفاوت ژئوشیمی عناصر کمیاب بین افق‌های یک خاکرخ می‌باشند.

واژه های کلیدی: ژئوشیمی عناصر کمیاب، مواد مادری، تحلیل مولفه‌های اساسی، کپه‌داغ.

مقدمه

شناسایی و تحلیل ویژگی‌های ژئوشیمیایی خاک نه تنها جزئی از مطالعات هوادیدگی و تشکیل خاک می‌باشد، بلکه در مطالعات فرسایش خاک و مسائل زیست محیطی و مدیریتی به ویژه در مناطق کشاورزی و شهری نیز اهمیت زیادی دارند (چندراسکران و همکاران، ۲۰۱۵؛ لو و همکاران، ۲۰۱۲). ترکیب ژئوشیمیایی خاک تابعی از ترکیب مواد مادری و شدت فرایندهای هوادیدگی است که در خاک روی داده است. در مراحل اولیه تشکیل خاک، ترکیب شیمیایی خاک‌ها شباهت زیادی به مواد مادری دارد اما با گذشت زمان و با تاثیر سایر عوامل خاکسازی (شامل پستی و بلندی، موجودات زنده و اقلیم) ترکیب شیمیایی خاک تغییر می‌یابد (اوزای‌تکین و همکاران، ۲۰۱۲).

تحلیل نتایج ژئوشیمیایی با شیوه‌های آماری امکان مطالعه رابطه بین فرایندهای خاکسازی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی خاک‌ها را فراهم نموده و با این شیوه‌ها می‌توان خاک‌ها را بر اساس شدت فرایندهای هوادیدگی طبقه‌بندی کرد (بینی و همکاران، ۲۰۱۱). روش‌های آماری تحلیل چند متغیره[۱]مانند تحلیل عاملی[۲](FA)، تحلیل خوشه‌ای[۳](CA) و تحلیل مولفه‌های اساسی[۴](PCA) از جمله شیوه‌هایی هستند که برای این منظور استفاده می‌شوند (بلمور و همکاران، ۱۹۹۴). در PCA متغیرهای موجود در یک فضای چندحالته همبسته به مجموعه از مولفه‌های غیرهمبسته خلاصه می‌شوند که هر یک از آنها ترکیب خطی از متغیرهای اصلی می‌باشند. مولفه‌های غیرهمبسته به دست آمده مولفه‌های اساسی (PCs) نامیده می‌شوند. در حقیقت مفهوم

[۱] - Multivariate analysis
[۲] - Factor analysis
[۳] - Cluster analysis
[۴] - Principle components analysis

"درجه هوادیدگی شیمیایی" و همچنین "عوامل خاکسازی" می‌تواند به مولفه‌های اساسی ربط داده شده و می‌توان از آن در جهت تفسیر فرایندهای خاکسازی استفاده نمود (کریبک و همکاران، ۲۰۱۰؛ بینی و همکاران، ۲۰۱۱).

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای روشی برای گروه‌بندی داده‌ها یا مشاهدات با توجه به شباهت یا درجه نزدیکی آنهاست. در مطالعات متعددی از این شیوه در مطالعه ژئوشیمی خاک‌ها استفاده شده است به عنوان نمونه ژانگ و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه داده‌های ژئوشیمیایی خاک‌های ایرلند با استفاده از تحلیل خوشه‌ای دریافتند که عامل نوع کاربری نسبت به دو عامل نوع سنگ مادر و نوع خاک تاثیر کمتری بر متغیرهای ژئوشیمیایی دارد.

مواد و روش‌ها

ناودیس شیخ، در حوضه رسوبی کپه‌داغ، در شمال شرق شهر بجنورد واقع شده است. رژیم رطوبتی و حرارتی منطقه بر اساس داده های هواشناسی موجود در منطقه به ترتیب اریدیک و مزیک می باشد. در این مطالعه شش خاکرخ به عنوان خاک‌های درجای تشکیل شده بر روی مواد مادری منتخب حفر شد. موقعیت خاکرخ‌ها در جدول ۱ آمده است. برای به حداقل رساندن تاثیر توپوگرافی بر فرایندهای تشکیل خاک و ظهور تاثیر بارز مواد مادری بر ویژگی‌های خاک، مکان خاکرخ‌ها بر روی پایدارترین لندفرم (قله شیب) انتخاب گردیدند. پس از حفر خاکرخ و توصیف ویژگی‌های مورفولوژیکی، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی شامل توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (دی، ۱۹۶۵)، کربنات کلسیم معادل به شیوه تیتراسیون با اسید و گچ به روش رسوب با استون (نلسون، ۱۹۸۲) انجام گردید. همچنین آهن آزاد خاک با سیترات- دیتیونات- بیکربنات (مهرا و جکسون، ۱۹۶۰) عصاره-گیری و غلظت آن با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. خاک‌ها بر اساس مطالعات مورفولوژیکی و نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی با استفاده از کلید تاکسونومی خاک آمریکایی (۲۰۱۴) طبقه‌بندی شدند.

جدول ۱: موقعیت خاکرخ ها و ویژگی‌های سنگ‌های مادری منتخب از سازندهای مطالعاتی در ناودیس شیخ

سازند	سنگانه	نئوژن	کلات	پسته‌لیق	خانگیران	نئوژن
لیتولوژی منتخب	شیل	لای سنگ	سنگ آهک	سنگ رس	ماسه سنگ	مارن گچ دار
محل خاکرخ، N:	۳۷° ۳۳' ۲۰/۵"	۳۷° ۳۴' ۳۶/۴"	۳۷° ۳۴' ۴/۲"	۳۷° ۳۴' ۲۷/۴"	۳۷° ۳۴' ۳۶/۹"	۳۷° ۳۴' ۱۷/۶"
S:	۵۷° ۳۱' ۵۳/۲"	۵۷° ۳۴' ۵۷/۴"	۵۷° ۳۳' ۴۳/۲"	۵۷° ۳۳' ۱۱/۸"	۵۷° ۳۳' ۹/۱"	۵۷° ۳۶' ۴/۷"
ارتفاع (m)	۱۱۱۰	۱۳۱۸	۱۲۵۱	۱۳۰۰	۱۳۰۳	۱۴۹۴

آنالیزهای ژئوشیمیایی: غلظت عناصر با استفاده از روش ذوب لیتیوم بورات اندازه گیری شد. در این شیوه مقدار مشخصی از نمونه با کمک ذوب لیتیوم بورات مخلوط و در دمای بالا ذوب می‌شود. سپس شیشه حاصل بلافاصله در اسید نیتریک ضعیف حل شده و رقیق‌سازی شده و سپس غلظت عناصر اصلی و کمیاب با دستگاه‌های ICP- MS/ OES[1] اندازه‌گیری شدند.

در این پژوهش برای مطالعه ژئوشیمی عناصر کمیاب خاک‌ها از تحلیل مولفه‌های اساسی استفاده شده است. در این شیوه، مولفه‌های اساسی استخراج شده تغییرات غلظت کلیه عناصر را توضیح می‌دهند. در این آنالیز سعی شده است تا با استخراج دو مولفه اساسی، که توجیه کننده بیش از ۷۰ درصد واریانس متغیرها می‌باشند، تاثیر مواد مادری و فرایندهای خاکسازی بر غلظت عناصر بررسی شود. برای مطالعه ویژگی‌های ژئوشیمیایی خاک‌ها، نمونه‌های خاک و مواد مادری آنها با استفاده از تحلیل مولفه‌های اساسی و تحلیل خوشه‌ای طبقه‌بندی شدند. در طبقه‌بندی ژئوشیمیایی خاک‌ها با استفاده از تحلیل مولفه‌های اساسی، به ازای تعداد مولفه‌های اساسی استخراج شده برای هر نمونه خاک امتیازهایی[2] به آن داده می‌شود. میزان شباهت این امتیازها بین نمونه‌ها بازگو کننده شباهت ترکیب شیمیایی نمونه‌ها بوده و همچنین تغییرات آن بین نمونه‌ها می‌تواند مبین تاثیر فرایند-های خاکسازی و مواد مادری بر ترکیب شیمیایی نمونه‌ها می‌باشد. شکل ۱ نشان دهنده امتیاز مولفه‌های اساسی برای نمونه‌های

[1] - Inductively Coupled Plasma; Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) and Mass Spectrometry (ICP-MS)
[2] - Principle components scores

مورد مطالعه بر اساس غلظت عناصر کمیاب می‌باشد. این عناصر شامل عناصری است که در جدول ۲ غلظت آنها بر حسب ppm آمده است. در طبقه‌بندی ژئوشیمیایی خاک‌ها با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، از شیوه خوشه‌بندی سلسله مراتبی استفاده شد. مبنای سنجش شباهت بین خوشه‌ها ضریب همبستگی پیرسون می‌باشد. همه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS (V.16) انجام گرفته است.

جدول ۲: طبقه‌بندی خاک‌های مورد مطالعه، برخی پارامترهای شیمیایی (بر حسب درصد) و غلظت عناصر کمیاب (بر حسب ppm) در افق‌های ژنتیکی منتخب.

خاک	*Haplotorrerts*			*Torriorthents*		*Torriorthents*		*Haplogypsids*			*Haplocalcids*				*Haplocalcids*	
ماده مادری	سنگ رس			لای‌سنگ		ماسه‌سنگ		مارن			شیل				سنگ آهک	
افق منتخب	Cy	Bss	A	Cr	A	Cr	A	C	By	A	C	Bk	A	Cr	A	
ذرات رس	۴۰	۵۲	۴۷	۳۴	۳۰	۲۰	۲۲	۷۰	۶۶	۷۰	-	۵۷	۵۳	۲۵	۲۰	
آهن آزاد	۰/۵۲	۰/۶	۰/۷۶	۰/۰۴۵	۰/۰۴۹	۰/۱۶	۰/۳۴	۰/۷۵	۰/۸۸	۰/۸	۰/۴۵	۰/۷	۰/۸۸	۰/۶۷	۰/۶۳.	
گچ	۲۵	۰/۶	۰/۹	-	-	-	-	۱۰	۸/۱	۱	۱۶	۳/۴	۰/۴	-	-	
کربنات کلسیم معادل	۱۱/۵	۷	۱۳	۴/۵	۵	۲۵/۵	۲۱/۵	۵	۷/۵	۹/۵	۱۱/۵	۱۵	۶/۵	۴۴/۵	۳۱	
آهن کل	۳/۴	۳/۷۳	۴/۷۳	۱/۹۱	۱/۶۳	۲/۵۹	۳/۲۷	۵/۲۶	۵	۵/۳۸	۵/۹۳	۵/۴۶	۵/۹۴	۳/۵۶	۳/۶۴	
Sc	۸	۱۰	۱۱	۵	۴	۷	۸	۱۴	۱۳	۱۴	۱۶	۱۵	۱۵	۸	۹	
Be	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۳	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	
V	۷۲	۸۷	۹۸	۳۴	۳۴	۵۳	۶۳	۱۲۴	۱۱۵	۱۲۵	۱۲۹	۱۲۳	۱۲۶	۸۲	۸۱	
Ba	۱۸۸	۳۱۴	۳۶۲	۲۶۰	۳۴۱	۳۲۰	۳۵۲	۲۶۶	۲۸۲	۳۳۳	۳۰۸	۴۸۴	۴۵۸	۲۲۵	۲۸۳	
Sr	۶۷۰	۲۳۹	۲۳۶	۳۷۷	۵۳۷	۲۸۳	۲۹۷	۳۶۴	۱۶۳۹	۵۵۱	۷۸۰	۲۴۵	۱۵۷	۱۹۳	۲۳۳	
Y	۲۴	۲۶	۲۶	۲۶	۲۰	۲۴	۲۴	۲۸	۲۶	۲۴	۲۶	۲۴	۲۵	۲۱	۲۲	
Zr	۱۱۵	۲۰۹	۱۹۳	۱۹۵	۲۷۸	۲۸۲	۲۴۱	۱۳۸	۱۲۵	۱۴۳	۱۳۴	۱۶۳	۱۷۰	۱۴۹	۱۸۰	
Cr	۶۰	۷۰	۸۰	۲۰	۴۰	۶۰	۷۰	۹۰	۹۰	۸۰	۱۱۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۰	۸۰	
Co	۶	۹	۱۰	۳	۲	۷	۹	۱۱	۱۱	۱۳	۱۷	۱۵	۱۷	۸	۹	
Ni	۲۰	۲۰	۳۰	۲۰	۲۰	۳۰	۴۰	۴۰	۵۰	۴۰	۷۰	۵۰	۵۰	۴۰	۴۰	
Cu	۲۰	۲۰	۲۰	۱۰	۱۰	۲۰	۲۰	۳۰	۳۰	۳۰	۴۰	۳۰	۴۰	۲۰	۲۰	
Zn	۴۰	۵۰	۵۰	۴۰	۳۰	۴۰	۶۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	۵۰	
Ga	۱۰	۱۳	۱۴	۱۱	۱۰	۹	۱۱	۱۸	۱۷	۱۸	۲۰	۱۹	۱۹	۱۰	۱۰	
Rb	۶۴	۸۷	۹۰	۱۵	۳۰	۶۰	۷۰	۱۱۵	۱۰۷	۱۱۹	۱۲۱	۱۲۰	۱۲۱	۶۳	۶۵	
Nb	۷	۱۰	۱۰	۹	۶	۹	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۷	۸	
Cs	۴/۶	۵/۸	۶	۰/۵	۱/۱	۳/۱	۴	۹/۴	۸/۴	۸/۵	۱۰/۳	۸/۵	۸/۴	۳/۸	۳/۸	
Hf	۲/۳	۵/۸	۵/۴	۵/۴	۷/۳	۷/۶	۶/۶	۲/۹	۲/۶	۳/۹	۲/۸	۴/۷	۵	۴/۲	۴/۹	
Ta	۰/۵	۰/۸	۰/۷	۰/۷	۰/۵	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۵	۰/۶	
Pb	۸	۱۳	۱۴	۱۴	۱۰	۱۱	۱۴	۲۴	۲۷	۱۷	۱۶	۱۵	۱۹	۱۲	۱۳	
Th	۶/۳	۹	۹/۴	۹/۱	۵/۸	۸/۹	۸/۱	۹/۸	۹/۱	۹/۷	۱۰/۴	۱۰/۵	۱۰/۹	۷	۷/۷	
U	۱/۸	۱/۶	۱/۷	۳	۱/۸	۲/۳	۲/۱	۲/۵	۴/۵	۲/۳	۲	۲/۳	۲/۱	۱/۵	۱/۸	

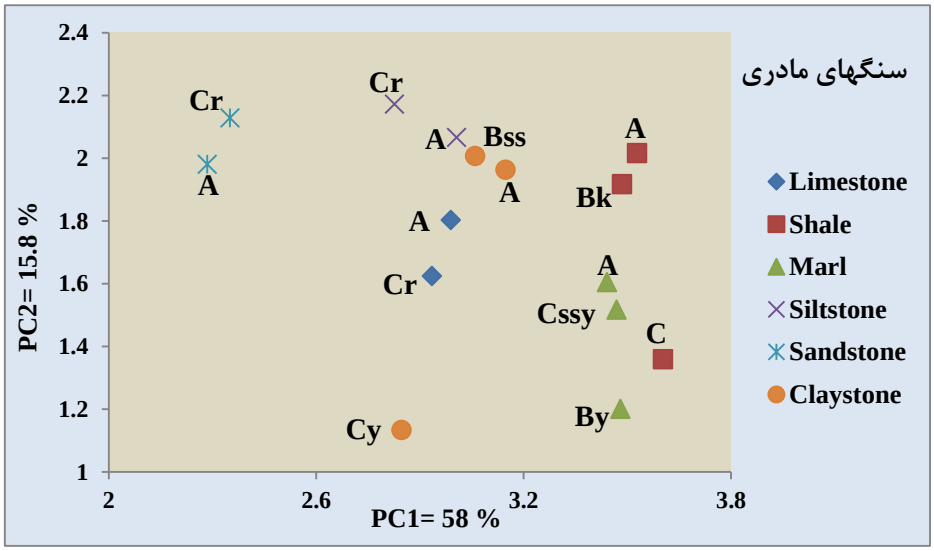
نتایج و بحث

طبقه‌بندی خاک‌های تشکیل شده بر روی مواد مادری منتخب تا حد گروه بزرگ در جدول ۲ آمده است. بازتوزیع آهک و گچ در نیمرخ خاک فرایندهای پدوژنیک غالب در کلسیدزهای تشکیل شده از شیل و نیز توررت‌های حاصل از سنگ‌رس می‌باشند. در حالیکه این فرایندها در کلسیدزهای حاصل از سنگ آهک منحصر به بازتوزیع آهک و در جیپسیدزهای تشکیل شده از مارن به صورت بازتوزیع گچ می‌باشد. در مقایسه با این خاک‌ها، اورتنت‌های تشکیل شده بر روی ماسه‌سنگ و لای‌سنگ دارای کمترین تحول و فاقد افق شناسایی زیرسطحی می‌باشند. تفکیک خاک‌ها بر مبنای تحلیل مولفه‌های اساسی عناصر کمیاب

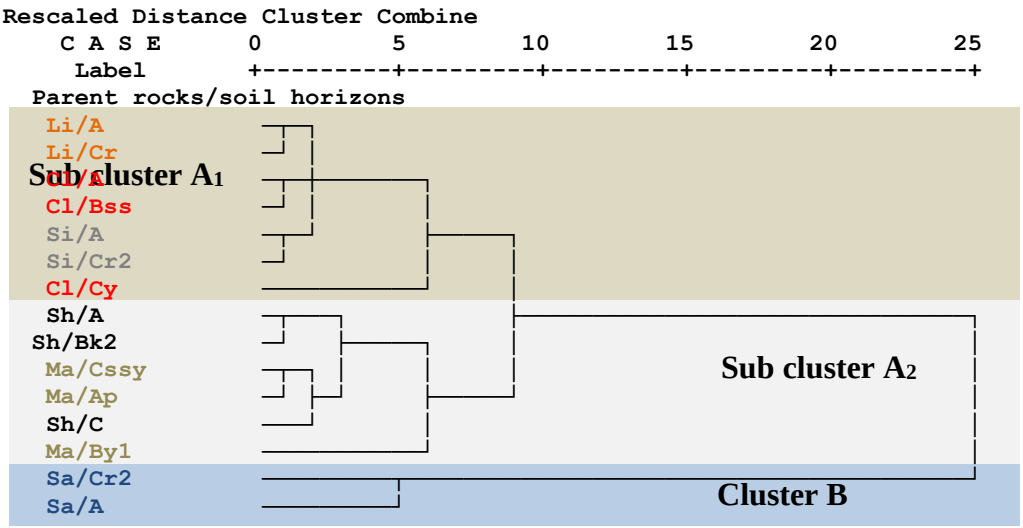
در شکل ۱ ارائه شده است. دو مولفه به ترتیب ۵۸ و ۱۵/۸ درصد کل واریانس متغیرها را توضیح می‌دهند. تفکیک ایده‌آل خاک‌ها بر اساس ژئوشیمی عناصر کمیاب تا حد زیادی منطبق با تغییر مواد مادری است که نشان دهنده نقش ماده مادری بر فراوانی عناصر کمیاب در این خاک‌ها می‌باشد زیرا عناصر کمیاب در خاک‌های مورد مطالعه رابطه معنی‌داری با میزان رس و آهن خاک دارند (جدول ۳). بنابراین این دو متغیر که مقدار آنها به شدت متاثر از مواد مادری می‌باشد، می‌توانند نقش تعیین کننده‌ای بر ژئوشیمی عناصر کمیاب در این خاک‌ها داشته باشند. مطالعه تغییرات مولفه اول (PC1) نشان می‌دهد که تغییرات آن رابطه مستقیمی با تغییرات رس، آهن کل و نیز آهن آزاد خاک دارد به طوری که خاک‌هایی با آهن و رس بیشتر مقدار زیادتری از مولفه اول را کسب می‌کنند. بنابراین می‌توان این مولفه را مبین مواد مادری خاک نامید. همانگونه که از شکل ۱ مشخص است، خاک‌های گچ‌دار به وسیله تغییرات دو مولفه اصلی به ویژه مولفه دوم (PC2) به خوبی تفکیک شده‌اند به گونه‌ای که این خاک‌ها دارای مقادیر کمتری از این مولفه هستند. تحرک بالای استرانسیوم در خاک‌های گچی، این عنصر را از سایر عناصر کمیاب متمایز می‌کند. بررسی‌های نشان می‌دهد که غلظت استرانسیوم در این خاک‌ها رابطه مستقیمی با مقدار گچ دارد (جدول ۲). انحلال گچ از افق‌های ژنتیکی خاک‌های حاصل از شیل و سنگ‌رس را می‌توان از تفاوت مقادیر مولفه دوم آنها با مواد مادری دریافت. علاوه بر این روند تغییرات مولفه دوم بین مواد مادری، افق جیپسیک و افق سطحی خاک‌های حاصل از مارن همگام با تفاوت مقدار گچ و نیز استرانسیوم در این نمونه‌ها بوده و بنابراین مولفه دوم نشان دهنده فرایند جیپسیفیکاسیون و نقش آن بر ژئوشیمی عناصر کمیاب در این خاک‌ها است.

طبقه‌بندی خاک‌ها بر مبنای ژئوشیمی عناصر کمیاب به وسیله تحلیل خوشه‌ای در شکل ۲ نشان داده شده است. همانند تحلیل مولفه‌های اساسی، نتایج حاصل نشان می‌دهد که خوشه‌بندی خاک‌ها تحت تاثیر میزان آهن، رس و گچ در آنها می‌باشد. در نمودار درختی ارائه شده دو خوشه اصلی مشخص است: خوشه B تنها شامل مواد مادری و خاک حاصل از ماسه‌سنگ است که حداقل میزان رس و آهن را در بین خاک‌های مورد مطالعه دارند و سایر خاک‌ها که در خوشه A قرار می‌گیرند، خود به دو زیرخوشه تقسیم می‌شوند. زیرخوشه A1 شامل خاک‌های متوسط تا ریزبافت حاصل از سنگ‌آهک، لای‌سنگ و سنگ‌رس است که محتوای Fe_2O_3 آنها بین ۲/۶ تا ۵ می‌باشد و زیرخوشه A2 دربردارنده خاک‌های ریزبافت مشتق شده از شیل و مارن بوده که مقدار Fe_2O_3 در آنها مساوی و یا بیش از ۵ درصد است. در خوشه A، تفکیک ژئوشیمیایی بین افق‌های ژنتیکی در نیمرخ خاک‌های تشکیل شده بر روی شیل، مارن و سنگ رس (که فرایند بازتوزیع گچ در آنها مشاهده می‌شود) متناسب با تغییرات غلظت استرنسیوم در آنها می‌باشد. بنابراین در هر یک از این خاکرخ‌ها نمونه‌های گچی که غلظت استرنسیوم زیادتری دارند به وسیله زیر خوشه های A2، A1 و A2 از افق‌های ژنتیکی دیگر متمایز می‌شوند.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که شیوه‌های آماری تحلیل چندمتغیره می‌توانند کارایی خوبی در مطالعه تاثیر عوامل خاکسازی بر ژئوشیمی خاک‌های مناطق خشک داشته باشند. تاثیر قابل ملاحظه مواد مادری بر ژئوشیمی خاک‌ها در مناطق مرطوب‌تر به وسیله این شیوه‌های آماری توسط پژوهشگرانی مانند کریبک و همکاران (۲۰۱۰)، بینی و همکاران (۲۰۱۱) و نیز چیت‌مارت و همکاران (۲۰۱۰) نیز به اثبات رسیده است. در این مطالعات بر کارایی خوب شیوه‌های آماری تحلیل چندمتغیره برای نشان دادن تاثیر ماده مادری و فرایندهای خاکسازی بر ژئوشیمی خاک‌ها تاکید شده است.



شکل ۱: تحلیل مولفه‌های اساسی برای افق‌های خاک بر مبنای غلظت عناصر کمیاب.



شکل ۲: دسته‌بندی نمونه‌های مورد مطالعه به وسیله تحلیل خوشه‌ای بر مبنای غلظت عناصر کمیاب. علائم نشان داده شده برای مواد مادری: **Sh**: شیل،**Ma**: مارن، **Cl**: سنگ‌رس، **Si**: لای‌سنگ، **Li**: سنگ آهک و **Sa**: ماسه‌سنگ.

جدول ۳: ضریب همبستگی پیرسون بین محتوای آهن و رس با عناصر کمیاب مورد مطالعه.

Sc	V	Ba	Sr	Y	Zr	Cr	Co	Ni	Cu	
۰/۹۸۷**	۰/۹۸۹**	۰/۴۰۱	۰/۱۶۷	۰/۴۸۸	-۰/۶۶۶**	۰/۹۱۶**	۰/۹۵۰**	۰/۷۷۳**	۰/۹۳۲**	Fe_2O_3
۰/۷۸۷**	۰/۷۸۶**	۰/۲۰۷	۰/۳۸۱	۰/۶۱۴*	-۰/۶۰۶*	۰/۴۹۳	۰/۵۸۱*	۰/۳۴۸	۰/۶۵۶*	Clay
Zn	**Ga**	**Rb**	**Nb**	**Cs**	**Hf**	**Ta**	**Pb**	**Th**	**U**	
۰/۹۱۰**	۰/۹۰۵**	۰/۹۷۰**	۰/۷۰۶**	۰/۹۷۶**	-۰/۶۰۶*	۰/۴۲۱	۰/۶۲۳*	۰/۷۴۶**	۰/۱۴۰	Fe_2O_3
۰/۷۸۱**	۰/۸۸۰**	۰/۷۶۲**	۰/۶۴۰*	۰/۸۳۷**	-۰/۶۰۵*	۰/۳۵۵	۰/۷۰۸**	۰/۵۹۶*	۰/۴۱۳	Clay

علائم * و ** به ترتیب نشان دهنده روابط معنی‌دار در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد می‌باشند.

منابع

Bellehumeur, C., Marcotte, D., Jébrak, M., 1994. Multi-element relationship and spatial structures of regional geochemical data from stream sediments, Southwestern Quebec. Canada. Journal of Geochemical Exploration 51, 11–35.

Bini, C., Sartori, G., Wahsha, M., Fontana, S., 2011. Background levels of trace elements and soil geochemistry at regional level in NE Italy. Journal of Geochemical Exploration 109, 125–133.

Chandrasekaran, A., Ravisankar, R., Harikrishnan, N., Satapathy, K. K., Prasad, M. V. R., Kanagasabapathy, K. V. 2015. Multivariate statistical analysis of heavy metal concentration in soils of Yelagiri Hills, Tamilnadu, India–Spectroscopical approach. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 137, 589-600.

Chittamart, N., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I., Gilkes, R., 2010. The pedo-geochemistry of Vertisols under tropical savanna climate. Geoderma 159: 304–316.

Day, R. R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, 545-566, In: C. A. Black Etal (Ed). Methods of soil analysis, part 1. Agronomy 9. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin, USA.

Kribek, B., Majer, V., Veselovsky, F., Nyambe, I., 2010. Discrimination of lithogenic and anthropogenic sources of metals and sulphur in soils of the central-northern part of the Zambian Copperbelt Mining District: a topsoil vs subsurface soil concept. J. Geoch. Expl. 104 (3), 69–86.

Lu, A., Wang, J., Qin, X., Wang, K., Han, P., & Zhang, S. 2012. Multivariate and geostatistical analyses of the spatial distribution and origin of heavy metals in the agricultural soils in Shunyi, Beijing, China. Science of the total environment, 425, 66-74.

Mehra, O.P., Jackson, M.L., 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays Clay Mineral, 5, 317–327.

Nelson, R.E., 1982. Carbonate and gypsum, P 181-197. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Ozaytekin, H. H., Mutlu, H. H., Dedeoglu, M. 2012. Soil formation on a calcic chronosequence of Ancient Lake Konya in Central Anatolia, Turkey.Journal of African Earth Sciences, 76, 66-74.

Soil Survey Staff, 2014. Keys to soil taxonomy. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

Zhang, C., Fay, D., McGrath, D, Grennan, E., Carton, O. T., 2008. Statistical analyses of geochemical variables in soils of Ireland. Geoderma 146, 378–390.

Trace elements geochemistry of soils derived from selected parent rocks in Kopet Dagh basin

(Case study: Sheikh syncline)

H. Tazikeh[1], F. Khormali[1], A. Amini[2], M. Barani Motlagh[1]

[1]Department of Soil Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan Iran;

[2]Department of Geology, Golestan University, Gorgan, Iran 49138-15759;

Abstract

A sequence of soils developed from sedimentary parent rocks in Sheikh syncline, Kopet Dagh basin, north east Iran, were geochemically characterized to study the roles of parent materials and pedogenic processes on distribution and abundance of trace elements in soils of arid area.The results showed that principle component analysis can provide a possibility to assess the impacts of parent materials and weathering environment on geochemical characteristics of soils through interpreting correlation structure of geochemical data.The different abundances of major minerals comprising calcite, gypsum, quartz, iron oxides and clay minerals in parent materials and associated soils are responsible for geochemical discrimination of soil types by both principle component analysis and cluster analysis. Since calcite and gypsum are the only minerals can be easily altered in weak weathering conditions of the soils studied, the geochemical differentiation of soil horizons within a profile is influenced by variable concentrations of Ca and Sr that have a close association with contents of calcite and/ or gypsum.The results of the study show close association between selected soils and parent materials in study area. In addition, the results could also be used as a source geochemical data in soils developed on selected parent materials. This case study of pedogenesis, conducted on various parent materials in the framework of a syncline, presents an example of geochemical evolution of soils in regional- scale under arid environment.

Keywords: Trace elements geochemistry, Parent materials, Principle components analysis, Kopet Dagh.