

نحوه تشکیل و تکامل خاک‌های منطقه کوه بیرک - شهرستان مهرستان در سطوح ژئومورفیک

مختلف

محمد اکبر باهورزی^۱ - محمد هادی فرپور^{۲*} - اعظم جعفری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۵

چکیده

استفاده مطلوب و پایدار از خاک در صورتی امکان‌پذیر است که شناخت صحیح و کامل از خصوصیات آن داشته باشیم. تحقیق حاضر به منظور مطالعه‌ی نحوه تشکیل و تکامل خاک‌های منطقه کوه بیرک - شهرستان مهرستان در سطوح مختلف ژئومورفیک انجام گردید. رژیم رطوبتی و حرارتی منطقه به ترتیب، اریدیک و ترمیک می‌باشد. برای انجام این مطالعه، ۸ خاک‌خرد در سطوح مختلف (پدیمت سنگی، پدیمت پوشیده، مخروط افکنه و تراس بالایی) حفز، نمونه‌برداری و تشریح گردید. نمونه‌های خاک تحت آزمایش‌های معمول فیزیکی و شیمیایی، کانی‌شناسی رسی و میکرومورفولوژی قرار گرفتند. خاک‌ها بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۴) و سیستم مرجع جهانی (۲۰۱۴)، رده‌بندی شدند. سطح ژئومورفیک پدیمت سنگی در مقایسه با سطوح دیگر، از تکامل بیشتری برخوردار بود که وجود افق آرچلیک و پتروکلسیک مؤید این مطلب است. سطح پدیمت پوشیده نسبت به سطوح دیگر دارای بیشترین شوری می‌باشد. کانی‌شناسی بخش رس خاک‌های منطقه، حاکی از وجود کانی‌های رسی کانولینیت، ایلیت، کلریت، اسمکتیت و پالیگورسکیت می‌باشد. در سطح پدیمت پوشیده از پایداری پالیگورسکیت کاسته شده و اسمکتیت کانی غالب می‌باشد. مطالعات میکرومورفولوژی، نشان دهنده‌ی وجود پوشش رس و پوشش و پرشدگی آهک در سطح پدیمت سنگی، پرشدگی آهک در سطح مخروط افکنه و صفحات در هم قفل شده گچ در سطوح پدیمت پوشیده و تراس بالایی می‌باشد. نتایج تحقیق، نمایان‌گر نقش مهم سطوح ژئومورفیک در تغییرپذیری خصوصیات خاک‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آرچلیک، پالیگورسکیت، پوشش رس و آهک، ژئومورفولوژی، سیستان و بلوچستان

مقدمه

خاکسازي کمک می‌کند بلکه خاکشناسی نیز در بررسی فرآیندهای تکامل اشکال اراضی مهم است. خاک به موقعیت سطوح ژئومورفیک بسیار مرتبط می‌باشد (۱۰) و اگر در بررسی‌های تشکیل و طبقه‌بندی خاک مفاهیم ژئومورفولوژی لحاظ شود فرآیندهای تشکیل خاک بهتر درک می‌شوند (۱۲). سطوح ژئومورفیک بخشی از زمین‌ها هستند که به صورت اختصاصی در مکان و زمان با مرزهای جغرافیایی مشخص تعریف شده‌اند (۱۱) که دارای انواعی نظیر پدیمت سنگی، پدیمت پوشیده، مخروط افکنه، تراس بالایی و ... می‌باشد.

از مهم‌ترین اجزاء تشکیل دهنده خاک، کانی‌های آن به ویژه کانی‌های رسی هستند که شناسایی این اجزاء، مهم‌ترین راه‌گشای تعیین نیازهای فیزیکی، شیمیایی و مدیریت خاک می‌باشد. اوجی و باقرنژاد (۳۰) در مطالعات خود بر روی خاک‌های جلگه‌های مرتفع فارس نتیجه گرفتند که مهم‌ترین مکانیسم تشکیل کانی‌های رسی در خاک‌های مناطق خشک به ارث رسیدن آنها از مواد مادری و در

در زندگی برخاسته از خاک، اندیشیدن به جهانی بدون خاک ناشدنی است. زیرا گیاهان و جانوران و سرانجام همه انسان‌ها را به نیستی می‌کشاند. احتیاجات بشر با تمام تنوع و گوناگونی‌هایش همه از خاک تامین می‌شود. استفاده مطلوب و پایدار از خاک در شرایطی امکان‌پذیر خواهد بود که آشنایی کامل و شناخت صحیح از خصوصیات آن وجود داشته باشد (۲۸). خاک حاصل اثر متقابل پنج عامل خاک‌ساز یعنی سنگ مادر، اقلیم، موجودات زنده، توپوگرافی و زمان می‌باشد (۱۵). خاک و سطوح ژئومورفیک اثر متقابل بر هم دارند بدین معنی که نه تنها سطوح ژئومورفیک به درک فرآیندهای

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(Email: farpoor@uk.ac.ir)

*- نویسنده مسئول:

پلایا مشاهده کردند. با توجه به اینکه در مورد منطقه کوه بیرک، شهرستان مهرستان- استان سیستان و بلوچستان اطلاعات خاک- شناسی محدودی موجود می‌باشد، تحقیق حاضر برای دستیابی به هدف‌های زیر صورت گرفت:

بررسی خصوصیات فیزیکی-شیمیایی، کانی‌شناسی رسی و میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه کوه بیرک، شهرستان مهرستان- سیستان و بلوچستان

رده‌بندی خاک‌های منطقه مورد مطالعه بر اساس سیستم رده- بندی جامع آمریکایی (۳۷) و سیستم رده‌بندی مرجع جهانی (۱۳) بررسی نحوه تشکیل و تکامل خاک در ارتباط با سطوح ژئومورفولوژی

مواد و روش‌ها

مطالعات صحرایی

منطقه مورد مطالعه در محدوده استان سیستان و بلوچستان، در شمال غرب شهرستان مهرستان قرار گرفته است و از نظر موقعیت جغرافیایی بین طول‌های جغرافیایی ۱۸° ۶۱' تا ۴۰° ۶۱' درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۷° ۲۷' تا ۳۰° ۲۷' درجه شمالی قرار دارد (شکل ۱). همچنین، به علت کمبود نزولات جوی از نظر آب و هوایی از خشک‌ترین مناطق کشور و در شمار مناطق گرم و خشک است (۹). میانگین بارش سالانه و متوسط دمای سالانه منطقه به ترتیب ۱۵۳/۴۶ میلی‌متر و ۱۹/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۲۷). منطقه مورد مطالعه دارای رژیم حرارتی ترمیک و رژیم رطوبتی اریدیک می‌باشد (۱). از نظر تقسیمات زمین‌شناسی ایران جزئی از زون‌های غربی و جنوب غربی و زون فلیش شرق ایران است که مرز غربی آن شرق پاکستان و افغانستان، و مرز شرقی آن گسل نهندان و مرز جنوبی آن به زون مکران و گسل بشاگرد محدود است. منطقه مورد مطالعه دارای نهشته‌های آبرفتی قدیم و جدید کواترنری و واحدهای شیلی و ماسه سنگی ائوسن می‌باشد که نهشته‌های آبرفتی جدید شامل آن دسته از رسوبات آبرفتی هستند که دارای سطح تراز کم ارتفاع‌تری نسبت به نهشته‌های قدیمی دارند و به طور عمده از انباشته‌های درشت دانه گراولی جدا از هم و سیمانی نشده با اندازه‌های گوناگون تشکیل شده‌اند. واحدهای شیلی و ماسه سنگی ائوسن دارای سنگ آهک‌های بیومیکریت خاکستری تیره و روشن می‌باشند (۹). جهت انجام مطالعات مورد نظر ابتدا با استفاده از تصاویر Google Earth و نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سطوح مختلف ژئومورفولوژی از جمله پدیمت سنگی، پدیمت پوشیده، مخروط افکنه و تراس بالایی شناسایی گردید (شکل ۱)، سپس ۸ خاکرخ خاک در سطوح مختلف حفر، نمونه‌برداری و تشریح شد (۳۴) و نمونه‌ها به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل گردید.

مناطق نیمه‌خشک به ارث رسیدن و تبدیل کانی‌های اولیه به ثانویه می‌باشد. مهجوری (۲۴) در مطالعه خاک‌های آهکی در شرایط نیمه- خشک ایران کانی‌های کلریت، ورمی‌کولیت، ایلیت، کائولینیت، کوارتز و فلدسپار را گزارش نمود. معادل‌الهی و فرپور (۲۶) نیز در مطالعه خاک‌های یک ردیف پستی و بلندی که در منطقه جنوب غرب کرمان صورت پذیرفت، کانی‌های کلریت، ایلیت، پالیگورسکیت، اسمکتیت، کانی‌های مخلوط و کائولینیت را جزء کانی‌های رسی غالب در خاک‌های مورد مطالعه گزارش نمود. فرپور و همکاران (۸)، در مطالعات خود بر روی پلایای سیرجان (جنوب ایران مرکزی) نتیجه گرفتند که کانی‌های اسمکتیت، کائولینیت، ایلیت، کلریت و پالیگورسکیت تقریباً در تمام موقعیت‌های ژئومورفیک شناسایی شدند اما کانی پالیگورسکیت در موقعیت دشت رسی غیرشور مشاهده نشد. سنجرى و برومند (۳۲) در مطالعه کانی‌شناسی رسی خاک‌های واقع بر سطوح مختلف ژئومورفیک در منطقه ساردوئیه- جیرفت، کانی‌های رسی ایلیت، اسمکتیت، کلریت، ورمی‌کولیت، پالیگورسکیت و کائولینیت گزارش کردند. آن‌ها بیان کردند که کانی‌های پالیگورسکیت (سطح پایدار پدیمت پوشیده)، ورمی‌کولیت (اراضی پست) و اسمکتیت (اراضی پست) به ترتیب، دارای منشأ خاکساز، تغییر شکل یافته و اتوزنیک می‌باشند و اسمکتیت در سطوح دیگر دارای منشأ تغییر شکل یافته می‌باشد. همچنین آن‌ها بیان کردند که به دلیل عدم وجود شرایط لازم برای تشکیل کانی‌های کائولینیت، ایلیت و کلریت، این کانی‌ها دارای منشأ موروثی می‌باشند.

یکی از روش‌های مهم و حتی شاید ضروری در مطالعه خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مطالعات میکرومورفولوژی می‌باشد. علاوه بر خصوصیات ظاهری، بسیاری از پدیده‌ها و فرآیندهای تشکیل خاک در اندازه درشت دارای وضوح کافی نبوده و از این رو میکرومورفولوژی مطمئن‌ترین روش برای تشخیص فرآیندهای پیچیده در خاک است (۲۰). تومانیان و همکاران (۳۹) در منطقه اصفهان نحوه تشکیل خاک را در واحدهای مختلف فیزیوگرافی، بررسی کردند. نتایج نشان داد که افق‌های گچی در ارتباط با سطوح ژئومورفولوژی از توالی تکاملی متفاوتی به لحاظ میکرومورفولوژی برخوردارند. بدین معنی که در مراحل اولیه تکامل (بخش‌های بالایی مخروط افکنه)، بلورهای گچی به صورت مجزا و یا به صورت خوشه- ای در داخل خلل و فرج دیده می‌شوند. در بخش‌های وسط و پایین مخروط افکنه، گچ به صورت پوشش‌های داخلی و یا پرشدگی مشاهده می‌شود. در افق‌های متکامل‌تر (دشت‌های سیلابی فرسایش یافته یا فلات‌ها) بلورهای فیبری گچ به هم متصل شده و به طور عمودی نسبت به سنگ‌ریزه‌ها و سطح خاک قرار می‌گیرند. فرپور و همکاران (۸) در مطالعه میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه سیرجان، وجود پوشش و پرشدگی آهک را در سطح پدیمت و صفحات در هم قفل شده و بلورهای عدسی شکل گچی در سطح دشت دامنه‌ای و

۵۵۰ درجه سانتی‌گراد بر روی هر یک از نمونه‌ها اعمال گردید. نمونه-ها پس از آماده‌سازی، به وسیله‌ی دستگاه پراش پرتو ایکس، مدل بروکر، با ولتاژ ۴۰ میلی‌ولت و شدت جریان ۳۰ میلی‌آمپر موجود در دانشگاه شهرکرد، مورد آنالیز قرار گرفتند.

آزمایش‌های میکرومورفولوژی

جهت مطالعات میکرومورفولوژیکی، نمونه‌های دست نخورده از افق Bt خاکرخ اول، افق Bk2 خاکرخ دوم، افق Btn خاکرخ سوم، افق By2 خاکرخ پنجم، افق Bk1 خاکرخ هفتم و افق By1 خاکرخ هشتم تهیه شد و پس از خشک شدن نمونه‌ها، توسط رزین سه جزئی، تلقیح صورت گرفت. با توجه به گرانروی رزین‌ها، جهت تسریع نفوذ رزین به نمونه‌ها و دست‌یابی به یک تلقیح موفقیت‌آمیز از استایرین به عنوان رقیق‌کننده استفاده شد. نمونه‌ها پس از گذشت تقریباً بیست روز سخت شدند. پس از سخت شدن، نمونه‌ها را توسط دستگاه برش از وسط بریده و در صورت مشاهده‌ی اشباع ناقص، مجدداً روی سطح نمونه با رزین تلقیح گردید و پس از خشک شدن، با دستگاه سایش کاملاً صاف و صیقلی شد.

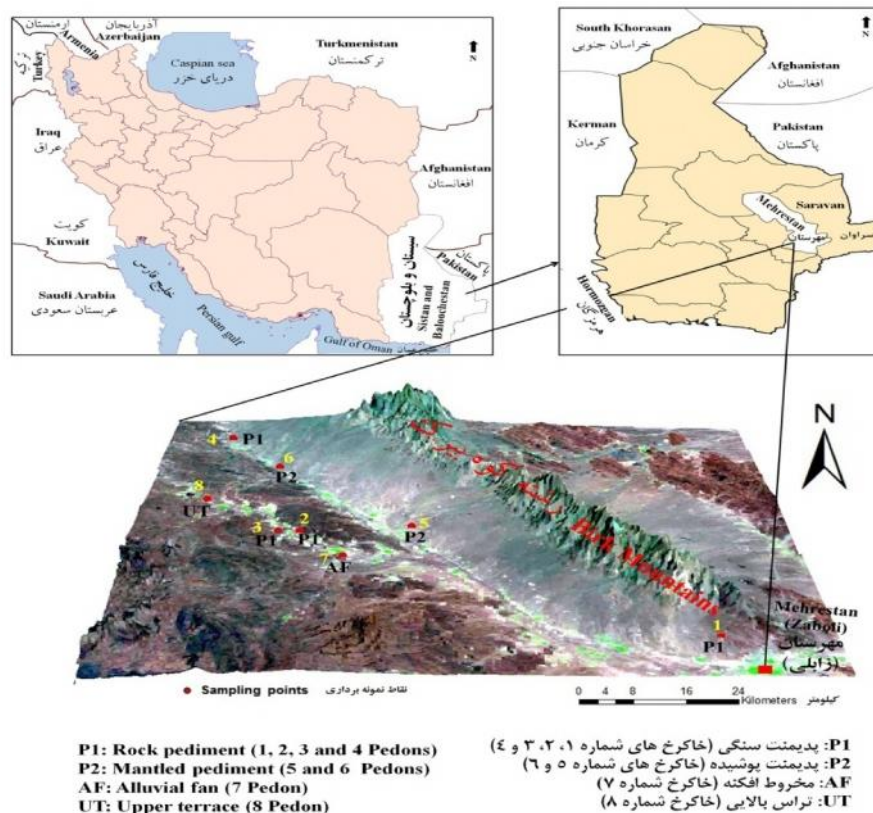
مطالعات آزمایشگاهی

آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی

نمونه‌ها در آزمایشگاه هواخشک گردید و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. بافت خاک به روش هیدرومتری (۳)، اندازه‌گیری pH در عصاره اشباع به وسیله الکتروود شیشه‌ای (مدل JENWAY)، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک به وسیله هدایت سنج الکتریکی (مدل JENWAY)، اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون برگشتی (۳۱)، اندازه‌گیری گچ به روش ترسیب با استون (۲۹).

آزمایش‌های کانی‌شناسی رس

جهت تعیین نوع کانی‌های رسی در خاک، ۴ نمونه شامل افق Bt خاکرخ اول، افق Bk1 خاکرخ چهارم، افق By2 خاکرخ پنجم و افق Bk1 خاکرخ هفتم انتخاب شد. از روش جکسون (۱۴) و کیتریک و هوپ (۲۳) برای حذف مواد سیمانی و جدا نمودن بخش رس استفاده گردید و چهار تیمار مختلف شامل اشباع با منیزیم، اشباع با منیزیم و تیمار اتیلن‌گلیکول، اشباع با پتاسیم، اشباع با پتاسیم و تیمار حرارت



شکل ۱- منطقه‌ی مورد مطالعه نشان دهنده سطوح مختلف ژئومورفیک و موقعیت خاکرخ‌های شاهد
 Figure 1- Study area and location of representative pedons on various geomorphic surfaces

الف)، نشان دهنده‌ی وجود رطوبت کافی در دوران گذشته می‌باشد. دلیل تشکیل افق پتروکلسیک در این خاک را می‌توان به شستشوی زیاد کربنات‌ها و تجمع پی‌درپی آن‌ها در افق یا به مواد مادری آهکی در این خاکرخ نسبت داد. همچنین تشکیل افق ناتریک در این سطح به علت بالا بودن سدیم می‌باشد، بدین مفهوم که سدیم بالا در افق باعث دیسپرس شدن رس و تشکیل افق ناتریک گردیده است (۲۲). بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۳۷)، خاک‌های مربوط به خاکرخ‌های اول، دوم، سوم و چهارم، به ترتیب، تیپیک کلسی آرچیدز^۱، تیپیک هاپلوکلسیدز^۲، تیپیک هاپلوکلسیدز^۳ و کلسیک پتروکلسیدز^۴ طبقه‌بندی شدند. همچنین، بر اساس سیستم رده‌بندی مرجع جهانی (۱۳)، خاکرخ‌های اول، دوم، سوم و چهارم در رده کلسی‌سولز^۵ قرار گرفتند.

خاکرخ‌های پنجم و ششم بر روی سطح ژئومورفیک پدیمت پوشیده واقع شده‌اند. هدایت الکتریکی این سطح ژئومورفیک نسبت به سطوح دیگر بیشتر می‌باشد که دلیل آن را می‌توان به شستشوی نمک‌های محلول از سطوح بالاتر و تجمع آن‌ها در این سطح نسبت داد. نسبت جذب سدیم (SAR) در خاکرخ‌های این سطح ژئومورفیک بالای ۱۳ می‌باشد که در خاکرخ پنجم با افزایش عمق روند افزایشی نشان می‌دهد که دلیل آن را می‌توان به شستشوی املاح و کاتیون محلول از جمله سدیم از سطوح بالاتر و تجمع آن‌ها در این سطح نسبت داد. کربنات‌های ثانویه و گچ ثانویه در خاکرخ پنجم و همچنین کربنات‌های ثانویه در خاکرخ ششم مشاهده گردید. این خاکرخ‌ها بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۳۷)، به ترتیب تیپیک کلسی-جیپسیدز^۶ و تیپیک هاپلوکلسیدز^۷ طبقه‌بندی شدند و بر اساس سیستم رده‌بندی مرجع جهانی (۱۳)، به ترتیب جیپسی-سولز^۸ و کلسی-سولز^۹ طبقه‌بندی گردیدند.

خاکرخ هفتم در سطح ژئومورفیک مخروط افکنه قرار دارد (شکل ۲-ب). این خاکرخ دارای تکامل خاکری و تنوع خاکزایی می‌باشد. افق‌های جیپسیک و کلسیک که معمولاً در خاک‌های مخروط افکنه‌های مناطق خشک تشکیل می‌گردند، در این منطقه به وجود آمده‌اند. هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم (SAR) در این خاک پایین می‌باشد.

سپس سطوح صاف شده بر روی لام‌های شیشه‌ای مات شده چسبانده شدند. نمونه‌های حاصل به وسیله‌ی دستگاه برش به صورت صفحاتی به ضخامت یک سانتی‌متر بریده شدند و سپس به کمک دستگاه سایش، به ضخامت ۷۰ تا ۱۰۰ میکرومتر رسانده شدند و در نهایت با استفاده از پودرهای کاربراندوم با درجات مختلف، ضخامت آن‌ها به ۲۰ تا ۳۰ میکرومتر کاهش داده شد. به دلیل وجود مواد محلول (مانند گچ) در نمونه‌ها، در مراحل برش و سایش به جای آب از یک ماده‌ی غیر قطبی (مانند نفت) استفاده شد. نمونه‌ها توسط الکل طی شستشو شدند و با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان (مدل BK_POL TB)، بر اساس راهنمای استوپس (۳۸) مورد مطالعه و تفسیر قرار گرفتند و از قسمت‌های مورد نظر عکس‌برداری صورت گرفت.

نتایج و بحث

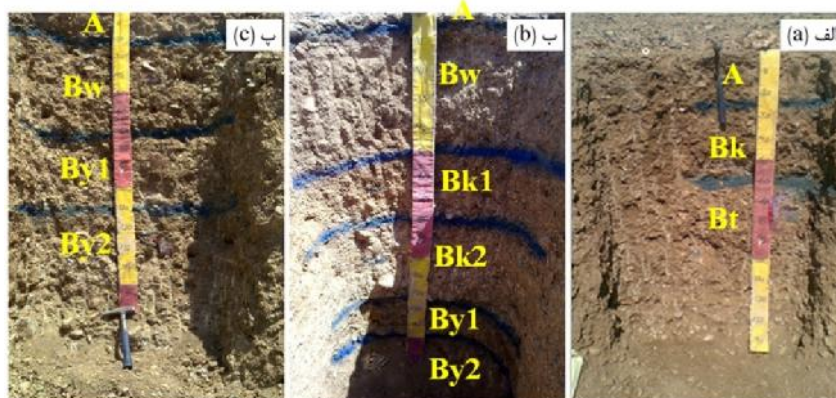
خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و طبقه‌بندی خاک‌ها

برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌ها در جدول ۱ تنظیم شده است. خاکرخ‌های اول، دوم، سوم و چهارم بر روی سطح ژئومورفیک پدیمت سنگی قرار دارند. این سطح ژئومورفیک دارای بیشترین تکامل خاکری می‌باشد. هدایت الکتریکی در خاکرخ‌های این سطح پایین می‌باشد. خاکرخ‌های اول و دوم نسبت به خاکرخ‌های سوم و چهارم در این سطح و همچنین خاکرخ‌های سطوح پدیمت پوشیده، مخروط افکنه و تراس بالایی دارای کم‌ترین شوری و نسبت جذب سدیم (SAR) می‌باشند که دلیل آن را می‌توان دارا بودن بافت درشت‌تر و در نتیجه شستشوی بیشتر نمک‌های محلول، املاح و کاتیون‌های محلول از جمله سدیم دانست. شیفر و دارلیمپل (۳۳) با مطالعه یک ردیف پستی و بلندی از خاک‌های واقع در منطقه آمازون دریافتند که در این منطقه عامل پستی و بلندی سبب شستشوی املاح و کاتیون‌های محلول (از جمله سدیم) از قسمت بالایی شیب به سمت پایین شیب گردیده است. مقدار کربنات کلسیم معادل در سطح ژئومورفیک پدیمت سنگی زیاد و بیشترین مقدار کربنات کلسیم معادل در خاکرخ چهارم مشاهده شد که دلیل آن را می‌توان به وجود مواد مادری آهکی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه نسبت داد. همچنین کربنات‌های ثانویه در خاکرخ‌های این سطح ژئومورفیک مشاهده گردید که منجر به تشکیل افق‌های کلسیک در این موقعیت شیب گردیده است. درصد ذرات بزرگ نیز در خاکرخ‌های این سطح زیاد می‌باشد. این سطح ژئومورفیک دارای افق‌های مشخصه آرجیلیک، کلسیک، پتروکلسیک، کمبیک و ناتریک می‌باشد. از آنجایی که امکان تشکیل افق آرجیلیک در اقلیم خشک زمان حال وجود ندارد، لذا وجود افق آرجیلیک در سطح پدیمت سنگی (شکل ۲-۲)

- 1- TypicCalcicargids
- 2- TypicHaplocalcids
- 3- TypicHaplocalcids
- 4- Calcic Petrocalcids
- 5- Calcisols
- 6- TypicCalcigypsisols
- 7- TypicHaplocalcids
- 8- Gypsisols
- 9- Calcisols

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شاهد
Table 1- Some physicochemical properties of representative pedons

شماره خاکریز Pedon number	افق Horizon	عمق (cm) Depth	ریس (Clay) (%)	سیلت (Silt) (%)	شن (Sand) (%)	ذرات بزرگ Coarse fragments (%)	بافت خاک Soil texture	pH	هدایت الکتریکی (dS/m) EC	سدیم SAR	نسبت هدایت کربنات کلسیم معادل (%) CCE	گچ (Gypsum) (%)	رده‌بندی جامع آمریکایی ۲۰۱۴ Soil Taxonomy 2014	رده‌بندی مرجع جهانی ۲۰۱۴ WRB 2014	سطح ژئومورفیک Geomorphic surface	
1	A	0-25	18.8	19.6	61.6	56	SL	8.36	0.86	1.23	20.25	-	SkeletalLixis Calcisols (Hypocalcic)	SkeletalLixis Calcisols (Hypocalcic)	سطح ژئومورفیک	
	Bk	25-60	14.8	11.6	73.6	64	SL	7.34	0.82	2.23	25	-	TypicCalcisols	-	-	
	Bt	60-145	36.8	15.6	47.6	61	SC	8.07	3.73	1.55	1	-	-	-	-	
2	A	0-6	6.4	24	69.6	39	SL	7.81	0.72	1.66	8.25	-	-	-	-	
	Bk1	6-61	2.4	40	57.6	27	SL	7.81	0.50	1.24	16.75	-	-	SkeletalCalcisols (Hypocalcic)	SkeletalCalcisols (Hypocalcic)	پدیمت سنگی Rock Pediment
	Bk2	61-91	0.4	36	63.6	32	SL	7.57	0.85	2.12	5.50	-	-	-	-	
	Bk3	91-116	2.4	58	39.6	38	SIL	7.18	2.04	2.91	14.75	-	-	-	-	
	2R	116-136	4.4	62	33.6	52	SIL	7.55	0.66	2.09	12.25	-	-	-	-	
3	A	0-40	6.4	16	77.6	49	LS	7.52	0.58	2.37	7.75	-	-	CambicCalcisols (Arenic, Sodic)	CambicCalcisols (Arenic, Sodic)	-
	Bw	40-70	2.4	42	55.6	20	SL	7.33	5.54	17.82	12	-	-	-	-	
	Bk	70-100	4.4	44	51.6	27	SL	7.25	5.85	23.53	17	-	-	-	-	
	Btm	100-150	26.4	22	51.6	11	SCL	7.65	1.02	23.18	1.5	-	-	-	-	
	A	0-7	18.8	39.6	41.6	10	L	7.10	1.39	2.36	1	-	-	-	-	
4	Bk1	7-27	26.8	33.6	39.6	21	L	7.45	3.06	3.59	28.5	-	-	Calcic Petrocalcisols	Petrocalcisols	-
	Bk2	27-54	24.8	25.6	49.6	32	SCL	7.23	3.27	3.82	34.5	-	-	-	-	
	Bkm	54-65	18.8	25.6	55.6	41	SL	7.24	2.83	3.43	39.5	-	-	-	-	
	A	0-21	10.4	36	53.6	18	SL	6.92	5	2.15	20.73	-	-	Calcic Gypsisols (Loamic, Hypogypsic, Sodic)	Calcic Gypsisols (Loamic, Hypogypsic, Sodic)	پدیمت پوشیده Mantled pediment
	Bk	21-54	36.4	44	19.6	23	SiCL	6.80	5.78	12.34	28.5	-	-	-	-	
5	By1	54-98	24.4	48	27.6	8	L	7.09	6.90	18.79	16.5	-	-	-	-	
	By2	98-127	34.4	48	17.6	23	SiCL	7.22	7.26	20.45	2	-	-	-	-	
	B'k	127-160	16.4	60	23.6	18	SIL	8.50	5.65	25.48	20	-	-	-	-	
	A	0-65	4.4	56	39.6	9	SIL	7.65	5.45	16.21	23.25	-	-	HaplicCalcisols	HaplicCalcisols	-
	Bk1	65-110	28.4	38	33.6	28	CL	7.93	5.25	24.60	37	-	-	Calcic Hypocalcic, Sodic	Calcic Hypocalcic, Sodic	-
6	Bk2	110-160	38.4	28	33.6	55	CL	7.98	6.55	20.89	42.5	-	-	-	-	
	A	0-3	16.8	29.6	53.6	24.7	SL	8.09	1.79	1.19	0.75	-	-	CambicCalcisols	CambicCalcisols	-
	Bw	3-50	32.8	35.6	31.6	26	CL	8.11	1.58	3.89	3	-	-	-	-	
	Bk1	50-77	36.8	31.6	31.6	26	CL	7.27	1.87	4.09	39.5	-	-	Hypocalcic, Sodic	Hypocalcic, Sodic	مخرومانگنه Alluvial fan
	Bk2	77-128	48.8	25.6	25.6	30	C	7.92	5	17.03	29.5	-	-	-	-	
7	By1	128-148	28.8	33.6	37.6	17	CL	7.41	3.96	11.89	10.25	-	-	-	-	
	By2	148-160	2.4	30	67.6	24	SL	7.25	2.20	3.06	6	-	-	-	-	
	A	0-18	4.4	34	61.6	47	SL	7.14	3.62	6.63	15	-	-	SkeletalGypsisols	SkeletalGypsisols	تراس بالای Upper terrace
	Bw	18-74	44.4	4	51.6	77	SC	7.37	4.68	16.93	8.25	-	-	-	-	
	By1	74-113	24.4	1.6	74	63	SCL	7	7.21	22.06	7.25	-	-	-	-	
8	By2	113-160	24.4	2	73.6	60	SCL	7.18	5.74	15.76	7.5	-	-	-	-	
	By2	113-160	24.4	2	73.6	60	SCL	7.18	5.74	15.76	7.5	-	-	-	-	



شکل ۲- نمایی از خاکرخ‌های شماره ۱ (پدیمت سنگی)، ۷ (مخروط افکنه) و ۸ (تراس بالایی)
Figure 2- View of pedons 1 (Rock pediment), 7 (Alluvial fan) and 8 (Upper terrace)

همچنین بر اساس سیستم رده‌بندی مرجع جهانی (۱۳)، در گروه جیسی سولز^۴ قرار گرفت.

کانی‌شناسی رسی خاک‌ها

شکل ۳، پراش نگاشت‌های اشعه ایکس بخش رس خاک‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. کانی‌های کائولینیت، ایلیت، کلریت و پالیگورسکیت در سطح ژئومورفیک پدیمت سنگی (خاکرخ اول و چهارم) مشاهده شدند (شکل ۳- الف و ب). با توجه به اینکه پیک ۱/۴ نانومتر در خاکرخ اول (افق Bt)، و پیک ۱/۴۲ نانومتر در خاکرخ چهارم (افق Bk1) در تیمار منیزیم و اتیلن‌گلیکول انبساط پیدا نکرده است، بنابراین کانی اسمکتیت در این خاک‌ها (خاکرخ اول و چهارم) وجود ندارد. لذا به دلیل اینکه پیک‌های مزبور در تیمار حرارتی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد ثابت مانده‌اند، در نتیجه می‌توان پیک‌های ۱/۴ نانومتر (خاکرخ اول) و ۱/۴۲ (خاکرخ چهارم) را تنها به کانی کلریت نسبت داد. حضور پیک رده اول ۱/۰۲ و رده دوم ۰/۶۳ نانومتر (خاکرخ اول) و پیک رده اول ۱/۰۴ و رده دوم ۰/۶۳ نانومتر (خاکرخ چهارم)، دلیل بر حضور کانی پالیگورسکیت می‌باشد. کانی‌های غالب در این سطح، ایلیت و پالیگورسکیت می‌باشد. با توجه به اقلیم منطقه، امکان تشکیل کانی‌های کائولینیت، ایلیت و کلریت وجود نداشته است. بنابراین، احتمالاً این کانی‌ها دارای منشأ توارثی هستند. خرمالی و ابطحی (۱۹) وجود کانی‌های کلریت، ایلیت و کائولینیت را در خاک‌های مناطق خشک گزارش کردند و منشأ ارثی را عامل اصلی وجود آن‌ها در خاک می‌دانند. میلوت (۲۵) معتقد است که برای تشکیل پالیگورسکیت، شرایط شیمیایی خاصی نظیر وجود کربنات‌ها ضروری بوده و محیط غنی از سیلیکا، آهک و منیزیم تشکیل این کانی را تسریع می‌کند. لذا با توجه به وجود شرایط مزبور در این سطح

مقدار رس در این خاکرخ با افزایش عمق تا عمق ۱۲۸ سانتی-متری روند افزایشی داشته که با سنگین‌تر شدن بافت خاک تا عمق مذکور، مقدار آبشویی کمتر شده است و در نتیجه مقدار شوری و نسبت جذب سدیم با افزایش عمق روند تقریباً افزایشی نشان می‌دهد. کربنات‌های ثانویه و گچ ثانویه در این خاکرخ مشاهده شد. همچنین آویزه‌ی گچی در افق‌های By1 و By2 مشاهده گردید. افق‌های مشخصه جیسیک و کلسیک به طور هم‌زمان در طول خاکرخ مشاهده شدند که به دلیل حالیت بیشتر گچ نسبت به آهک، عمق تشکیل افق جیسیک پایین‌تر و در زیر افق کلسیک قرار دارد. بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۳۷) و سیستم رده‌بندی مرجع جهانی (۱۳)، خاکرخ هفتم به ترتیب، تیپیک هاپلو کلسیدز^۱ و کلسی-سولز^۲ طبقه‌بندی شد.

خاکرخ هشتم بر روی سطح ژئومورفیک تراس بالایی واقع شده است (شکل ۲- پ). نسبت جذب سدیم (SAR) این خاک بالای ۱۳ بوده و با افزایش عمق تا عمق ۱۱۳ سانتی‌متری روند افزایشی نشان می‌دهد که دلیل آن را می‌توان به شستشوی املاح و کاتیون محلول از جمله کاتیون سدیم از لایه‌های سطحی و تجمع آن در اعماق پایین‌تر نسبت داد. همچنین هدایت الکتریکی خاک تا عمق مذکور با افزایش عمق روند افزایشی داشته که دلیل آن را می‌توان به شستشوی نمک‌های محلول از لایه‌های سطحی و تجمع آن در لایه‌های پایین‌تر نسبت داد. درصد ذرات بزرگ در این خاک بالا می‌باشد. در این خاک گچ ثانویه به صورت آویزه‌های گچی مشاهده شد، در نتیجه افق جیسیک شناسایی گردید. این خاک بر اساس سیستم رده-بندی آمریکایی (۳۷)، تیپیک هاپلو جیسیسیدز^۳ طبقه‌بندی شد و

- 1- TypicHaplocalcids
- 2- Calcisols
- 3- TypicHaplogypsisols

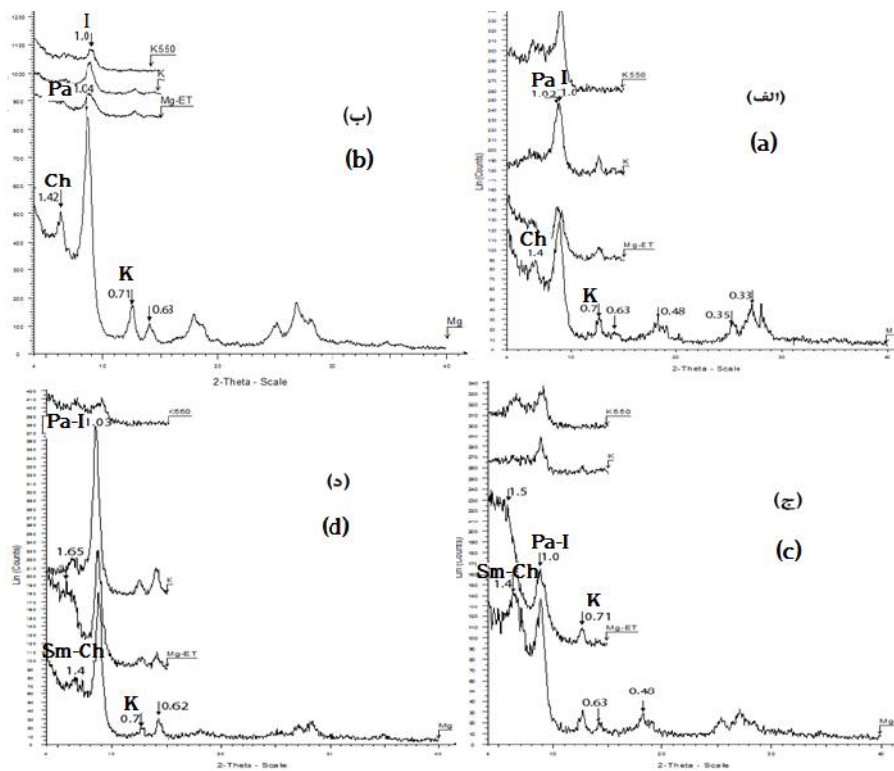
4- Gypsisols

و همکاران (۶) در بررسی اریذی سول‌های گچی و نمکی منطقه نوق رفسنجان اعلام کردند که کانی‌های رسی اسمکتیت، پالیگورسکیت، ایلیت و کلریت در تمام خاک‌های این منطقه وجود داشته است و آن‌ها معتقدند که پس از تبلور گچ در محیط‌های دریاچه‌ای قدیمی، نسبت Mg/Ca در آب افزایش یافته است. بنابراین شرایط تشکیل پالیگورسکیت به صورت نئوزن در سواحل قدیمی مهیا گردیده است. ولی در اثر ادامه تبخیر و تبلور گچ و تشکیل پالیگورسکیت از یک سو، و پایین افتادن سطح آب دریاچه‌ای از سوی دیگر، پس از مدتی نسبت Mg/Ca کاهش یافته و بنابراین شرایط برای تشکیل اسمکتیت در سطوح ژئومورفولوژی پایین‌تر فراهم شده است.

بررسی کانی‌شناسی رسی افق Bk1 (خاکرخ هفتم)، واقع در سطح ژئومورفیک مخروط افکنه، همانند خاکرخ پنجم، حاکی از وجود کانی‌های اسمکتیت، کائولینیت، ایلیت، کلریت و پالیگورسکیت می‌باشد (شکل ۳-د).

ژئومورفیک، منشأ پدوژنیک برای کانی پالیگورسکیت مورد انتظار است. بوزوا و همکاران (۴) در مطالعه‌ی ارتباط خاک و سیمای خاک در شمال شرقی پاتاگونیا نیز نتیجه‌گیری کردند که کانی‌های رسی فیبری در افق‌های کلسیک و پتروکلسیک و در رژیم رطوبتی اریذیک تشکیل می‌شوند.

نتایج کانی‌شناسی رسی سطح ژئومورفیک پدیمت پوشیده (خاکرخ پنجم)، نشان دهنده‌ی وجود کانی‌های اسمکتیت، کائولینیت، ایلیت، کلریت و پالیگورسکیت می‌باشد (شکل ۳-ج). کانی‌های غالب در این خاک کلریت و اسمکتیت می‌باشد و کانی‌های ایلیت و پالیگورسکیت به مقدار کم‌تری وجود دارند. خرمالی و ابطحی (۲۰) در مطالعات خود بیان کردند که مقادیر کم رطوبت و حضور آهک و گچ، زیادی سیلیسیم و منیزیم، محیط مناسبی برای تشکیل اسمکتیت است که این شرایط محیطی در این خاکرخ حاکم بوده و به همین دلیل به نظر می‌رسد منشأ اصلی اسمکتیت موجود در این خاکرخ پدوژنیک بوده و احتمالاً حاصل هوادیدگی ایلیت و کلریت باشد. فرپور



شکل ۳- پراش نگاشت‌های اشعه ایکس در افق Bt خاکرخ اول (الف)؛ افق Bk1 خاکرخ چهارم (ب)؛ افق By2 خاکرخ پنجم (ج)؛ افق Bk1 خاکرخ هفتم (د)

(Mg): اشباع با منیزیم، Mg-ET: اشباع با منیزیم و اتیلن گلیکول، K: اشباع با پتاسیم، K-550: اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، Pa: پالیگورسکیت، Sm: اسمکتیت، Ch: کلریت، I: ایلیت، K: کائولینیت

Figure 3- X-Ray diffractograms of; a) Bt horizon of pedon 1, b) Bk1 horizon of pedon 4, c) By2 horizon of pedon 5, d) Bk1 horizon of pedon 7. (Mg=Mg saturated, Mg-Eg=Mg saturated with Ethylene glycol, K=K saturated, K-550=K saturated and heated to 550 °C, Pa: Palygorskite, Sm: Smectite, Ch: Chlorite, I: Illite, Ka: Kaolinite)

جدول ۲- خصوصیات میکرومورفولوژیکی خاک‌های شاهد

Table 2- Micromorphological properties of representative pedons

شماره خاکرخ Pedon number	افق Horizon	عوارض خاکساخت Pedofeatures	بی-فابریک b-fabric	حفرات Voids	ساختمان میکروسکوپی Microstructure
1	Bt	پوشش رس و آهک Clay and Calcite Coating	خرده بلوری و ذره محور Crystallitic and Granostriated	وزیکول، حجره، وگ و صفحه‌ای Vesicle, Chamber, Vugh and Plan	وگی Vughy
2	Bk2	پوشش و پرشدگی آهک Coating and infilling of Calcite	خرده بلوری کلسیتی Calcitic Crystallitic	وزیکول، کانال، حجره، وگ و صفحه‌ای Vesicle, Channel, Chamber, Vugh and Plan	کانالی Channel
3	Btn	پوشش رس Clay Coating	خرده بلوری، لکه‌ای و ذره محور Crystallitic, Speckled and Granostriated	وزیکول، کانال، حجره، وگ و صفحه‌ای Vesicle, Channel, Chamber, Vugh and Plan	حجره‌ای Chamber
5	By2	صفحات در هم قفل شده گچ و پرشدگی گچ Interlocked gypsum plates and gypsum infilling	خرده بلوری Crystallitic	وگ Vugh	حجره‌ای Chamber
7	Bk ₁	بلورهای ریز آهک و پرشدگی آهک Calcite Fine Crystals and Calcite infilling	خرده بلوری کلسیتی Calcitic Crystallitic	کانال، حجره، وگ و صفحه- ای Channel, Chamber, Vugh and Plan	وگی Vughy
8	By ₁	صفحات درهم قفل شده گچ و پرشدگی ناقص آن‌ها Interlocked gypsum plates and incomplete infilling of gypsum	خرده بلوری Crystallitic	کانال، حجره و وگ Channel, Chamber and Vugh	وگی Vughy

سنگی)، نشان دهنده‌ی وجود عوارض خاک‌ساخت^۱ پوشش رس و پوشش آهک می‌باشد (شکل ۴- الف و ب). عوارض خاک‌ساخت یاد شده باعث ایجاد بی- فابریک خرده بلوری^۲ و ذره محور در افق مربوطه شده است. نتایج اولیه مطالعات میکرومورفولوژی این افق در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک نشان داد که پوسته‌های رسی در این افق بسیار کم بوده که محققین مختلف این امر را به خصوصیت انبساط و انقباض این خاک‌ها در اثر رس زیاد و شرایط خشکی و رطوبتی دوره‌ای این مناطق نسبت می‌دهند (۱۶ و ۴۰). پوشش‌های رس در خاک، شواهدی از انتقال رس از افق‌های بالایی به افق‌های تحتانی در نتیجه‌ی نفوذ آب هستند که بافت نسبتاً سبک خاک هم در افزایش آبشویی رس مؤثر بوده است. وجود دوره‌های خشک به عنوان عامل کلیدی برای تجمع رس گزارش گردیده است. به این صورت که دوره‌های خشک این امکان را فراهم می‌آورند تا

اما کانی غالب در این خاک، مشابه سطح پدیمنت سنگی، ایلیت و پالیگورسکیت می‌باشد. فریور و ایران‌نژاد (۷) با مطالعه کانی‌های رسی خاک‌های قدیمی مخروط افکنه گیودری رفسنجان، وجود کانی- های رسی اسمکتیت، کلریت، پالیگورسکیت، ایلیت و کائولینیت را در این خاک‌ها گزارش کردند. ارتباط نزدیکی بین حضور بلورهای کلسیت و پالیگورسکیت وجود دارد که ناشی از شرایط مناسب برای پایداری این کانی است. همان طور که محققین دیگر نیز تأکید کرده- اند (۱۸) به علت شرایط تبخیر و تشکیل گچ، نسبت بالای Mg/Ca و pH بالا (۳۶) در گذشته شرایط برای تشکیل پالیگورسکیت فراهم بوده است. اقلیم خشک فعلی و همراهی آهک و گچ همراه رس، شرایط را همچنان برای پایداری پالیگورسکیت فراهم کرده است.

میکرومورفولوژی خاک‌ها

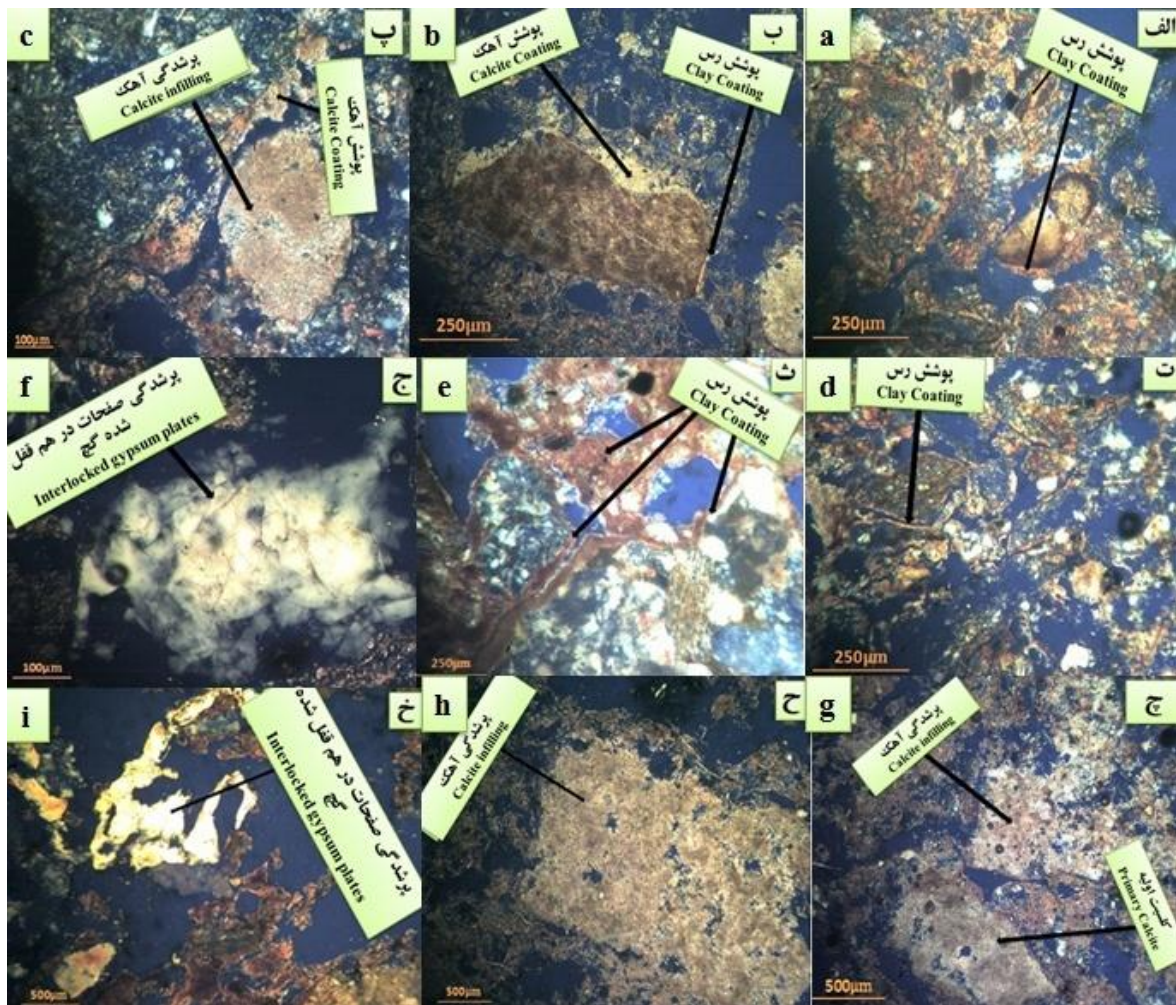
خلاصه خصوصیات میکرومورفولوژیکی خاک‌های منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. مطالعات میکرومورفولوژیکی در مقطع نازک مربوط به افق Bt خاکرخ اول (سطح ژئومورفیک پدیمنت

1- Pedofeature

2- Crystallitic

ژئومورفیک پدیمنت سنگی)، حاکی از وجود عوارض خاکساخت پوشش‌های رس می‌باشد (شکل ۴- ت و ث). این خاک دارای بی- فابریک خرده بلوری، لکه‌ای و ذره محور می‌باشد. در این افق نوع متفاوتی از پوشش رس مشاهده شد که در اثر سدیم ایجاد شده است. این نوع پوشش‌های رسی پراکنده، ویژه افق ناتریک است که در اثر انتشار توسط سدیم، حرکت و تجمع یافته‌اند. وجود و ابقاء پوسته‌های رسی در بعضی خاک‌ها به دلیل کم بودن خاصیت انقباض و انبساط این خاک‌ها می‌باشد. پوسته‌های رسی در خاک‌هایی که تحت تأثیر سدیم قرار گرفته‌اند ناخالص‌تر و درشت‌تر می‌باشند (۲۱).

رس انتقال یافته نگهداری شود (۲). طی مطالعه میکرومورفولوژی مقطع نازک مربوط به افق Bk2 خاکرخ دوم (سطح ژئومورفیک پدیمنت سنگی)، می‌توان به عوارض خاکساخت پوشش و پرشدگی آهک اشاره کرد که مؤید ثانویه بودن آهک در این افق می‌باشد و باعث ایجاد بی- فابریک خرده بلوری کلسیتی شده است (شکل ۴- پ). پوشش‌های آهکی از مهم‌ترین عوارض پدولوژیکی هستند و بر اساس تحقیقات کمپ و همکاران (۱۷)، این اشکال نتیجه‌ی رسوب مجدد کربنات‌های آبشویی شده از افق‌های بالایی می‌باشند. مطالعه مقطع نازک مربوط به افق Btn خاکرخ سوم (سطح



شکل ۴- مقاطع نازک (XPL): افق Bt خاکرخ اول (الف و ب)، افق Bk2 خاکرخ دوم (ب)، افق Btn خاکرخ سوم (ت و ث)، افق By2 خاکرخ پنجم (ج)، افق Bk1 خاکرخ هفتم (ج و ح)، افق By1 خاکرخ هشتم (خ)

Figure 4- Thin sections (XPL) of: a,b) Bt horizon of pedon 1, c) Bk2 horizon of pedon 2, d,e) Btn horizon of pedon 3, F) By2 horizon of pedon 5, g,h) Bk1 horizon of pedon 7, i) By1 horizon of pedon 8

کانی‌های رسی کائولینیت، ایلیت، کلریت و پالیگورسکیت در اکثر سطوح مشاهده گردیدند. در حالی که کانی اسمکتیت در سطح پدیمت سنگی مشاهده نشد و فقط در سطوح پدیمت پوشیده و مخروط افکنه مشاهده گردید، که دلیل آن را می‌توان به وجود رطوبت بیشتر در زمان تشکیل این کانی در سطوح مزبور نسبت داد. به دلیل عدم وجود شرایط لازم برای تشکیل کانی‌های کائولینیت، ایلیت و کلریت، این کانی‌ها به ارث رسیده از مواد مادری هستند. کانی پالیگورسکیت در خاک‌های منطقه به نظر می‌رسد دارای منشأ خاکساز باشد که کربنات کلسیم ثانویه و همچنین گچ ثانویه باعث پایداری این کانی گردیده است. در کلیه خاک‌ها، اغلب کانی‌های مورد بررسی تقریباً یکسان و می‌توان گفت که کانی غالب در منطقه مورد مطالعه، ایلیت و پالیگورسکیت می‌باشد که در همه خاک‌های مورد بررسی به مقدار قابل توجهی وجود داشته‌اند.

نتایج مطالعات میکرومورفولوژیکی، حاکی از وجود عوارض خاکساخت پوشش رس و آهک، پرشدگی آهک و صفحات در هم قفل شده گچ و پرشدگی آن‌ها می‌باشد. در شکل اراضی پدیمت سنگی عوارض خاکساخت گچ مشاهده نشد و فقط عوارض خاکساخت رس و آهک مشاهده شد، همچنین بر عکس موقعیت پدیمت سنگی در موقعیت تراس بالایی عوارض خاکساخت رس و آهک مشاهده نشد و فقط عوارض خاکساخت گچ مشاهده گردید. در سطح پدیمت سنگی نوع متفاوتی از پوشش رس مشاهده شد. این نوع پوشش‌های رسی پراکنده، ویژه افق ناتریک است که در اثر انتشار توسط سدیم، حرکت و تجمع یافته‌اند.

با توجه به موقعیت‌های مختلف فیزیوگرافی در منطقه، تکوین و تکامل، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی رسی، میکرومورفولوژی و طبقه‌بندی خاک‌ها تحت تأثیر این عامل قرار گرفته است و باعث متفاوت بودن خصوصیات فوق در منطقه مورد مطالعه شده است.

بررسی میکرومورفولوژی افق By2 خاکرخ پنجم (سطح ژئومورفیک پدیمت پوشیده)، نشان دهنده‌ی وجود عوارض خاکساخت صفحات در هم قفل شده گچ و پرشدگی آن‌ها می‌باشد (شکل ۴-ج)، در نتیجه انحلال گچ عدسی شکل، و رسوب مجدد آن، صفحات در هم قفل شده گچ تشکیل می‌شوند (۶ و ۱۸).

بررسی مقطع نازک مربوط به افق Bk1 خاکرخ هفتم (سطح ژئومورفیک مخروط افکنه)، نشان داد که مهم‌ترین عوارض خاکساخت موجود، بلورهای ریز آهک و پرشدگی آن‌ها می‌باشد که منجر به تشکیل بی-فابریک خرده بلوری کلسیتی شده است (شکل ۴-چ و ج). در این افق کانی کلسیت اولیه و سنگ آهک در حال هوازدگی مشاهده گردید، بنابراین احتمالاً منشأ کربنات‌های ثانویه در این افق مواد مادری آهکی می‌باشد. شنکر و آچیوتن (۳۵) تشکیل افق کلسیک و پتروکلسیک را با استفاده از میکرومورفولوژی مورد مطالعه قرار دادند و آب و هوای زمان گذشته محل تشکیل این افق‌ها را مهم‌ترین عامل در تشکیل این افق‌ها عنوان کردند.

طی مطالعه میکرومورفولوژی افق By1 (سطح ژئومورفیک تراس بالایی)، می‌توان به عوارض خاکساخت صفحات در هم قفل شده گچ و پرشدگی ناقص آن‌ها اشاره کرد که باعث ایجاد بی-فابریک خرده بلوری شده است (شکل ۴-خ).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش، حاکی از آن است که خاک‌های با تکامل خاکرخی بیشتر بر روی سطح ژئومورفیک پدیمت سنگی و خاک‌های با تکامل کم‌تر بر روی سطح تراس بالایی مشاهده شد. مهم‌ترین فرایندهای پدوژنیک در خاک‌های این منطقه، شستشو و تجمع رس، گچ، آهک و تشکیل افق‌های کمبیک، کلسیک، پتروکلسیک، جیپسیک، آرجیلیک و ناتریک می‌باشد. با توجه به اقلیم مرطوب گذشته، در سطح پدیمت سنگی این منطقه، خاک‌های قدیمی مشاهده شدند که حاوی افق آرجیلیک بودند.

منابع

- 1- Banaei M.H. 1998. Soils Moisture and Temperature Regimes Map of Iran. Soil and Water Research Institute of Iran, Tehran.
- 2- Boixadera J., Poch R.M., Garcia-Gonzalez M.T., and Vizcayno C. 2003. Hydromorphic and clay-related processes in soils from the Lanosde Moxos (northern Bolivia). *Catena*, 54: 403-424.
- 3- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*, 54: 464-465.
- 4- Bouza P.J., Simon M., Aguilar J., Valle H., and Rostage M. 2007. Fibrous-clay mineral formation and soil evolution in Aridisols of northeastern Patagonia, Argentina. *Geoderma*, 139: 38-50.
- 5- Bullock P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G., and Turina T. 1985. Handbook for Soil Thin Section Description. Waine Research publishing, Albrighton, U.K.
- 6- Farpoor M.H., Eghbal M.K., and Khademi H. 2004. Genesis and micromorphology of saline and

- gypsiferous Aridisols on different geomorphic surfaces in Nough area, Rafsanjan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 7(3): 71-92. (in Persian with English abstract)
- 7- Farpoor M.H., and Irannejad M. 2011. Genesis, clay mineralogy and micromorphology of Paleosols located on Givdaryalluvial fan, Rafsanjan. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, 19(4): 761-772. (in Persian with English abstract)
 - 8- Farpoor M.H., Neyestani M., Eghbal M.K., and Esfandiarpour Borujeni I. 2012. Soil-geomorphology relationships in Sirjan playa, south central Iran. *Geomorphology*, 138: 223-230.
 - 9- Geology and Mineral Exploration Organization of Iran. 2005. *Geology Map (1:100000) of Birk (2)*. (in Persian)
 - 10- Gerrard J. 1992. *Soil Geomorphology*. Chapman and Hall Pub. Company, Landan.
 - 11- Goudie A. 2004. *Encyclopedia of Geomorphology (Vol. 2)*. Psychology Press.
 - 12- Graham R.C., and Boul S.W. 1990. Soil-geomorphic relations on the Blue Ridge Front. II. soil characteristics and pedogenesis. *Soil Science Society of America Journal*, 54: 1188-1194.
 - 13- IUSS Working Group WRB. 2014. *International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps*. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
 - 14- Jackson M.L. 1975. *Soil Chemical Analysis-Advanced Course*. University of Wisconsin, College of Agriculture, Department of Soil Science, Madison, WI.
 - 15- Jafari M., and Sarmadian F. 2012. *Fundamentals of Soil Science and Soil Taxonomy*. Tehran University Press. (in Persian)
 - 16- Kemp R.A., and Zarate M.A. 2000. Pliocene pedosedimentary cycles in the southern Pampas, Argentina. *Sedimentology*, 47: 3-14.
 - 17- Kemp R.A., Tomas P.S., Sayago J.M., Debyshire E., King M., and Wagner L. 2003. Micromorphology OSL dating of the basalt part of the loess-paleosol sequence at La Mesuda in Tucuman Province, northwest Argentina. *Quaternary International*, 106-107: 111-117.
 - 18- Khademi H., and Mermut A.R. 1998. Source of palygorskite gypsiferous Aridisols and associated sediments from central Iran. *Clay Minerals*, 33: 561-578.
 - 19- Khormali F., and Abtahi A. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous soils of arid and semiarid soils of Fars Province, southern Iran. *Clay Minerals*, 38: 511-527.
 - 20- Khormali F., and Abtahi A. 2003. Origin and distribution of clay minerals in soils of different climatic areas of Fars Province. p. 127-129. In *Proceedings of the 8th Soil Science Congress of Iran*. (in Persian)
 - 21- Khormali F., Abtahi A., and Mahmoodi S. 2003. Argillic horizon micromorphology in calcareous soils of Fars Province. p. 192-194. In *Proceedings of the 8th Soil Science Congress of Iran*. (in Persian)
 - 22- Khormali F., Abtahi A., Mahmoodi S., and Stoops G. 2003. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semi-arid regions of southern Iran. *Catena*, 776: 1-29.
 - 23- Kittrick J.A., and Hoppe E.W. 1963. A procedure for the particle size separation of soils for X-ray diffraction analysis. *Soil Science*, 96: 312-325.
 - 24- Mahjoory R.A. 1975. Clay mineralogy, physical and chemical properties of some soils in arid regions of Iran. *Soil Science Society of America Proceedings*, 39: 1157-1164.
 - 25- Millot G. 1970. *Geology of Clay*. Masson. Et Cie., Paris.
 - 26- Moazallahi M., and Farpoor M.H. 2012. Soil genesis and clay mineralogy along the xeric-aridic climotoposequence, south central Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14: 683-696.
 - 27- Natural Resources and Watershed Management Organization of Sistan and Baluchestan. 2009. *Detailed- Executive Studies of Bakhti Watershed, Zaboli*. 10: 1-20. (in Persian)
 - 28- Nazari N. 2003. *Morphological and Physicochemical Properties and Mineralogy of Soils and their Genesis and Classification along a Toposequence in Rejein Area of Mianeh, East Azarbaijan Province*. MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science, University of Shiraz. (in Persian with English abstract)
 - 29- Nelson R.E. 1982. Carbonate and gypsum. p. 181-196. In A.L. Page et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
 - 30- Owji M.R., and Baghernejad M. 2007. Physicochemical, morphological and mineralogical properties of some soils in high plains of Fars Province. In *Proceedings of the 6th Soil Science Congress of Iran*. Ferdowsi University of Mashhad (in Persian)
 - 31- Page S.E., Wust R.A.J., Wriss D., Rieley J.O., Shotyk W., and Limin S. 2004. A record of late Pleistocene and Holocene carbon accumulation and implication for past, present and future carbon dynamics. *Journal of Quaternary Science*, 19: 625-635.
 - 32- Sanjari S., and Brumand N. 2014. Clay mineralogy of soils located on different geomorphic surfaces in Sarduih-Jiroft area. *Journal of Soil Researches*, 28(1): 209-219. (in Persian with English abstract)
 - 33- Schaefer C., and Dalrymple J. 1996. Pedogenesis and relation properties of soils with columnar structure from Roramia, north Amazonia. *Geoderma*, 71: 1-17.
 - 34- Schoeneberger P.J., Wysocki D.A., Benham E.C., and Soil Survey Staff. 2012. *Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 3.0*. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln,

- NE.
- 35- Shankar N., and Achyutan H. 2007. Genesis of calcic and petrocalcic horizons from Comibatore, Tamil Nadu: micromorphology and geochemical studies. *Quaternary International*, 175:140-154.
 - 36- Singer A. 1989. Palygorskite and sepiolite group minerals. p. 829-872. In J.B. Dixon et al. (ed.) *Minerals in Soil Environments*. Soil Science Society American, Madison, WI.
 - 37- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*, 12th edition. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
 - 38- Stoops G. 2003. *Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. SSSA, Madison, WI.
 - 39- Toomanian N., Jalalian A., and Eghbal M.K. 2001. Genesis of gypsum enriched soils in north-west Isfahan, Iran. *Geoderma*, 99(3): 99-224.
 - 40- Verhey W., and Stoops G. 1973. Micromorphological evidence for identification of an argillic horizon in Terra Rossasoils. p. 817-831. In G.K. Rutherford (ed.) *Soil Microscopy*. The Limestone Press, Kingston, Canada.

Genesis and Development of Soils along Different Geomorphic Surfaces in Kouh Birk Area, Mehrestan City

M.A. Bahoorzahi¹ - M.H. Farpoor^{2*} - A. Jafari³

Received: 14-01-2015

Accepted: 16-03-2015

Introduction: The optimum and sustainable use of soil is only possible with correct and complete understanding of its properties. The objectives of the present research were to study 1) genesis and development of soils related to different geomorphic surfaces in Kouh Birk Area (Mehrestan City), 2) Soil classification according to Soil Taxonomy (2014) and WRB (2014) systems, and 3) physicochemical properties, clay mineralogy and micromorphology of soils.

Materials and Methods: Mean annual rainfall and soil temperature in the selected location are 153.46 mm and 19.6 °C, respectively. From geological point of view, the studied area is a part of west and south west zones and Flysch zone of east Iran. Soil temperature and moisture regimes of this part are thermic and aridic, respectively. Eight representative pedons on different surfaces including rock pediment, mantled pediment, Alluvial fan and Upper terraces were selected, sampled, and described. Routine physicochemical analyses, clay mineralogy, and micromorphological observations performed on soil samples. Soil reaction, texture, electrical conductivity, calcium carbonate, and gypsum were identified. Four samples including Bt horizon of pedon 1, Bk1 horizon of pedon 4, By2 horizon of pedon 5 and Bk1 horizon of pedon 7 were selected for clay mineralogy investigations. Four slides including Mg saturated, Mg saturated treated with ethylene glycol, K saturated, and K saturated heated up to 550 °C were analyzed. A Brucker X-Ray diffractometer at 40 kV and 30 mA was used for XRD analyses. Undisturbed soil samples from Bt horizon of pedon 1, Bk2 horizon of pedon 2, Btn horizon of pedon 3, By2 horizon of pedon 5, Bk1 horizon of pedon 7, and By1 horizon of pedon 8 were selected for micromorphological observations. A vestapol resin with stearic acid and cobalt as hardener was used for soil impregnation. Bk-Pol petrographic microscope was used for micromorphology investigations.

Results and Discussion: Due to the presence of argillic and petrocalcic horizons in rock pediment, soils of this surface were more developed compared to other landforms. High amount of CaCO₃ (39.5%) was observed in pedon 4 on rock pediment geomorphic surface which is attributed to calcareous parent material. The presence of argillic horizon in this geomorphic position is due to the more available water of the past climate. The maximum salinity was observed in the mantled pediments. Calcic over gypsic horizons formed in pedon 7 on alluvial fan surface due to higher solubility of gypsum than calcium carbonate. Kaolinite, illite, chlorite, and palygorskite clay minerals were found in pedons 1 and 4 on rock pediment. Palygorskite in this position seems to be pedogenic, but kaolinite, illite, and chlorite are inherited from parent material. Mantled pediment and alluvial fan showed smectite, kaolinite, illite, chlorite, and palygorskite clay minerals. Pedogenic smectite in this position is probably formed from weathering of illite and chlorite. On the other hand, palygorskite stability decreased in mantled pediment surface. This is the reason why smectite was the dominant clay mineral in this landform. Clay and calcite coatings were investigated in Bt horizon of pedon 1 (rock pediment). Coatings and infillings of calcite in Bk2 horizon of the same geomorphic position caused a calcic crystallitic b fabric. A diffused clay coating due to the presence of Na in Btn horizon of pedon 3 in rock pediment was observed. Micromorphological observations of By2 horizon in pedon 5 (mantled pediment) showed gypsum interlocked plates and gypsum infillings. Interlocked plates formed due to re-solubility of gypsum crystals. Micro spars and infillings of calcite are among dominant pedofeatures found in Bk1 horizon of pedon 7 (alluvial fan geomorphic surface). A calcic crystallitic b fabric and Primary calcite mineral were also observed in this pedon. Release of Ca from calcareous parent material caused Ca⁺² to SO₄⁻² ratio to be increased which could be a probable source of gypsum formation. Results of the study showed that more and less developed soils formed on rock pediment and upper terrace geomorphic surfaces, respectively. Illuviation of clay, gypsum, and CaCO₃ together with formation of cambic, calcic, petrocalcic, gypsic, argillic, and natric horizons were among the dominant pedogenic processes in studied soils. Paleosols containing Bt horizons were only observed on rock pediment geomorphic surface. Kaolinite, illite, chlorite, and palygorskite clay minerals were observed in almost all surfaces. Smectite was not discovered in rock pediment, but was only investigated in mantled pediment and

1, 2, and 3- M.Sc. Graduated, Professor and Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, ShahidBahonar University of Kerman, Kerman, Iran, Respectively

(*- Corresponding Author Email: farpoor@uk.ac.ir)

alluvial fan which could be attributed to higher available moisture of formation time in these surfaces. Secondary calcite and gypsum caused stability of pedogenic palygorskite in soils under study. Micromorphological observations proved the presence of clay and calcite coatings, calcite and gypsum infillings, and gypsum interlocked plates. Gypsum pedofeatures were not observed in rock pediment, but clay and calcite pedofeatures were only found. On the other hand, clay and calcite pedofeatures were not observed in upper terraces and gypsum pedofeatures were the only features determined in this position.

Conclusion Results of the present research showed that difference in soil characteristics is highly affected by geomorphology.

Keywords: Argillic, Clay and Calcite Coating, Geomorphology, Palygorskite, Sistan and Baloochestan