

## رابطه خاک با اقلیم و سطوح ژئومورفیک در منطقه راین استان کرمان

لیلی نژادزمانی<sup>۱</sup> - محمد هادی فرپور<sup>۲\*</sup> - اعظم جعفری<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۵

### چکیده

عوامل خاک‌سازی در تشکیل و تکامل خاک‌های هر منطقه مؤثر می‌باشند. در بین عوامل خاک‌سازی تأثیر متقابل اقلیم و توپوگرافی (اشکال اراضی) بر شدت هوازدگی و تخریب مواد مادری، روند پیدایش و تکامل خاک‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این پژوهش به بررسی اثرات توأم اقلیم و ژئومورفولوژی بر خصوصیات خاک می‌پردازد. منطقه مورد مطالعه از ارتفاعات کوه هزار واقع در نزدیکی شهر راین آغاز و به سطوح فلات واقع در نزدیکی شهر بم ختم شد. رژیم‌های رطوبتی خاک منطقه، زریک و اریدیک و رژیم حرارتی آن، مزیک می‌باشد. تعداد ۹ خاکرخ در اشکال اراضی پدیمنت سنگی، پدیمنت پوشیده، دشت دامنه‌ای، فلات و دشت، مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج افزایش قابلیت هدایت الکتریکی از پدیمنت سنگی به طرف دشت و کاهش آن را در رژیم زریک نسبت به اریدیک نشان داد. وجود افق آرجیلیک در خاکرخ ۵، مربوط به اقلیم کنونی و در خاکرخ‌های ۸ و ۹، مربوط به رطوبت قابل دسترس بیش‌تر در اقلیم گذشته است. تغییر رده خاک در سطح پدیمنت سنگی از اریدی سول به اینسیتی سول به علت تغییر رژیم رطوبتی می‌باشد. پوشش‌ها و پرشدگی‌های کلسیت، گچ و رس و بلورهای منفرد گچ و صفحات در هم قفل شده گچ از عوارض خاک‌ساخت غالب منطقه بودند. کانی‌های ایلیت، کلریت، کائولینیت، اسمکتیت و کوارتز در اشکال اراضی پدیمنت سنگی و پدیمنت پوشیده و کانی پالیگورسکیت منحصرأ در شکل اراضی پدیمنت پوشیده مشاهده گردید. نتایج بیان‌گر ارتباط نزدیک خاک با اقلیم و ژئومورفولوژی می‌باشند. تغییر اقلیم و توپوگرافی در منطقه بر خصوصیات خاک‌ها و در نهایت طبقه‌بندی خاک‌های منطقه مؤثر بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** افق آرجیلیک، اقلیم گذشته، بم، پالیگورسکیت، عوارض خاک‌ساخت

### مقدمه

به میزان قابل توجهی به تغییرات اقلیمی وابسته است (۶). رامشنی و ابطحی (۴۹) در بررسی تأثیر اقلیم در تحول خاک‌ها بیان نمودند که با افزایش بارندگی و کاهش درجه حرارت، خاک‌ها از تکامل خاکرخی و تنوع افق‌های بیش‌تری برخوردار می‌شوند؛ به طوری که در منطقه با حداقل بارندگی و حداکثر درجه حرارت، افق کلسیک با ساختمان ضعیف، در منطقه با بارندگی و حرارت متوسط افق‌های کلسیک و کمبیک به نسبت قوی و در منطقه با حداکثر بارندگی، افق‌های کلسیک و کمبیک به نسبت قوی تا قوی، افق آرجیلیک و افق سطحی مالیک نمایان‌گر می‌شوند. دنکین و فی (۱۱) در بررسی خاک‌های منطقه ناتال واقع در جنوب آفریقا، ارتباط نزدیکی بین خصوصیات خاک و شرایط اقلیمی به‌ویژه میانگین بارندگی سالانه یافتند. آن‌ها گزارش نمودند که با افزایش مقدار بارندگی از ۲۰۰ به ۱۲۰۰ میلی‌متر، نسبت رس از ۵ درصد در مواد آلی به ۳۰ درصد در افق B افزایش یافته است. البوت و دورهان (۱۳) تکامل خاک‌ها را در نوادا (آمریکا) مطالعه و بیان نمودند که تکامل این خاک‌ها، تحت تأثیر هوازدگی و رژیم رطوبتی افزایش یافته است. در مطالعه آن‌ها رژیم رطوبتی حاضر، رطوبت کافی برای شست‌و شوی رس و تشکیل افق

اقلیم یک عامل خاک‌سازی مؤثر در تشکیل و طبقه‌بندی خاک محسوب می‌شود. اقلیم، عاملی فعال در پدیده خاک‌سازی است که تغییر آن موجب تغییر بیش‌تر ویژگی‌های خاک و دیگر اجزای اکوسیستم می‌شود و در سرعت تکاملی خاک اثر می‌گذارد (۹). به عقیده بوکهم و داگلاس (۵) در طول یک دوره زمانی تحت تأثیر اقلیم تغییراتی در خاک ایجاد می‌شود. این تغییرات ممکن است خاک را به یک حالت پایدار رسانند و یا تغییرات جزئی خاک در طی زمان ادامه یابند. عوامل اقلیمی از طریق بارندگی، دما، تبخیر و تعرق، یخبندان، باد و تشعشع روی بعضی از فرآیندهای خاک‌سازی تأثیر می‌گذارند (۲۷). توپوگرافی نیز به‌عنوان یکی از عوامل تشکیل خاک، اثر قابل ملاحظه‌ای بر توزیع مکانی رطوبت، دما و به دنبال آن مقدار ماده آلی خاک دارد (۵۷). در مدت زمان طولانی، مقدار ماده آلی خاک

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

آرجیلیک را در خاکها فراهم نموده است.

خاکهای قدیمی یا مدفون بیانگر تغییرات اقلیمی هستند و اطلاعات باارزشی را در ارتباط با شرایط اقلیم گذشته منطقه در اختیار قرار می‌دهند. این خاکها در ایران مرکزی گسترش قابل توجهی دارند (۵۲). نودرت و همکاران (۴۴) با مطالعه خاکهای مدفون واقع در رسوبات رودخانه‌ای دشت‌های شمالی آمریکا، ارتباط معنی‌داری بین ویژگی‌های خاکها و شرایط آب‌وهوایی دوران زمین‌شناسی هولوسن و پلیستوسن (اقلیم گذشته) به‌دست آوردند. نتایج تحقیق فریور و همکاران (۱۴) در منطقه نوق رفسنجان نشان داد که افق آرجیلیک این منطقه در اثر اقلیم مرطوب‌تر گذشته تشکیل شده است. تغییرات اقلیمی از طریق تأثیر روی نوع و درجه فرآیندهای خاک‌سازی می‌تواند اثر معنی‌داری روی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی خاک داشته باشد (۴۸). به نظر سائز و همکاران (۵۰) سنگ‌شناسی و اقلیم روی توزیع و تحول کانی‌های رسی در خاک تأثیر متقابل دارند. به‌علاوه، مطالعات کانی‌شناسی رسی در درک مراحل خاک‌سازی مفید بوده و به‌عنوان شاخصی از فرآیندهای خاک‌سازی محسوب می‌گردند (۷).

به‌منظور مطالعات مورفولوژی و تکامل خاکها، بهره‌گیری از مطالعات میکرومورفولوژی ضروری است (۵۵). خرمانی و ابطحی (۳۳) معتقدند که عوارض خاک‌ساخت تخلیه آهک، نمایانگر رژیم مرطوب منطقه هستند. آهک‌زدایی عامل غالب در تکامل آن دسته از خاکهای آهکی است که افق آرجیلیک دارند. خاکهای دارای مقادیر زیاد کلسیت اغلب دارای بی‌فابریک کلسیتیک کریستالیک هستند. لیاقت و خرمانی (۳۶) در تحقیقات خود نشان دادند که مرطوب و خشک شدن متوالی خاک در رژیم رطوبتی زیرک، سبب ایجاد شکل‌های متنوع آهکی می‌شود. این در حالی است که در رژیم بودیک، شکل‌های مختلف رسی ایجاد شده و شکل‌های گچی به سبب اقلیم خشک در رژیم رطوبتی اریدیک مشاهده می‌گردند.

خاک و ژئومورفولوژی بسیار به یکدیگر وابسته می‌باشند و اگر در بررسی تشکیل و طبقه‌بندی خاک، مفاهیم ژئومورفولوژی لحاظ شود فرآیندهای تشکیل خاک بهتر درک می‌شوند (۲۲). آنجوس و همکاران (۲) با بررسی خاک‌های مختلف بیان داشتند که شدت خاک‌سازی تا حد زیادی به خصوصیات سطوح ژئومورفولوژی وابسته است و خصوصیات این سطوح باعث تغییر درجه هواپدیدی، میزان شست و شوی املاح محلول خاک، مراحل و فرآیندهای شست و شوی و انتقال مواد، عمق تجمع املاح و در نهایت عمق سولوم می‌گردد. گایل (۲۱) گزارش نمود که خاک‌های واقع در دشت‌های آبرفتی، دارای تکامل خاکرخی بیش‌تر و افق کلسیک قوی‌تر هستند. تومانیان و همکاران (۵۶) نحوه تشکیل خاک را در واحدهای فیزیوگرافی در منطقه اصفهان بررسی نمودند. نتایج نشان داد که افق‌های گچی در ارتباط با سطوح ژئومورفولوژی از توالی تکاملی متفاوتی به لحاظ

میکرومورفولوژی برخوردار هستند. در مراحل اولیه تکامل (بخش‌های بالایی مخروط‌افکنه) بلورهای گچ به‌صورت مجزا و یا به‌صورت خوشه‌ای در داخل خلل‌و‌فرج دیده شدند. در بخش‌های وسط و پایین مخروط‌افکنه، گچ به‌صورت پوشش‌های داخلی و یا پرشدگی مشاهده شد. در افق‌های متکامل‌تر (دشت‌های سیلابی فرسایش یافته یا فلات‌ها)، بلورهای فیبری گچ به‌هم متصل شده و به‌طور عمودی نسبت به سنگریزه‌ها و سطح خاک قرار داشتند.

با توجه به نبود گزارش‌های خاک‌شناسی در منطقه راین از یک سو و اهمیت زیاد مطالعات خاک-ژئومورفولوژی در درک فرآیندهای ژئومورفیک و خاک‌سازی، تکامل اشکال اراضی و مدیریت خاکها از سوی دیگر، این پژوهش با توجه به تنوع سطوح ژئومورفیک و تغییرات اقلیمی در منطقه مطالعاتی برای دستیابی به اهداف ذیل صورت پذیرفت:

- ۱- بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی، کانی‌شناسی رسی و میکرومورفولوژی خاکها در ارتباط با سطوح ژئومورفیک تحت شرایط اقلیمی متفاوت
- ۲- مطالعه نحوه پیدایش و رده‌بندی خاک‌های منطقه مطالعاتی

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی

پژوهش حاضر در منطقه راین واقع در جنوب شرقی استان کرمان و در دامنه کوه هزار انجام گرفت (شکل ۱). خاک‌های منطقه مطالعاتی دارای رژیم رطوبتی زیرک (خاکرخی‌های ۳ و ۵) و اریدیک (خاکرخی‌های ۱، ۲، ۴، ۶، ۷، ۸ و ۹) و رژیم حرارتی مزیک می‌باشند (۳). از نظر زمین‌شناسی منطقه راین از ۳ بلوک مجزا شامل بلوک کوه هزار-کوه شیرینک در جنوب (مربوط به اواخر دوران پالئوسن)، بلوک کوه جویبار در شمال (شامل سازندهای ژوراسیک، رسوبات کرتاسه و رسوبات پالئوسن) و بلوک کوه سنکج در شمال شرقی (مربوط به اواخر دوران کرتاسه) تشکیل شده است. محل اتصال این سه بلوک به‌وسیله گسل‌های منطقه‌ای که توسط رسوبات نئوژن و کواترنری پوشیده شده‌اند مشخص می‌گردد (۱).

منطقه مورد مطالعه دارای پوشش گیاهی نواحی خشک و نیمه‌خشک شامل آلاله، آویشن، پونه، مریم‌گلی و گون می‌باشد (۱۹).

### مطالعات صحرایی

برای انجام این پژوهش، ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰)، نقشه‌های زمین‌شناسی (۱:۲۵۰۰۰۰)، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارت و مطالعات صحرایی، اشکال اراضی پدیمنت سنگی، پدیمنت پوشیده، دشت دامنه‌ای، فلات و دشت در منطقه مطالعاتی شناسایی و تفکیک شدند. سپس تعداد ۹ خاکرخی روی اشکال اراضی

مزبور حفر، تشریح (۵۳) و از افق‌های ژنتیکی آن‌ها برای انجام آزمایش‌های مورد نظر نمونه‌برداری شد (شکل ۱). پس از انجام آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی، کانی‌شناسی رسی و میکرومورفولوژی، خاک‌های منطقه مطالعاتی توسط سامانه رده‌بندی آمریکایی (۵۴) و طبقه‌بندی جهانی (۲۵) رده‌بندی شدند.

### تجزیه‌های آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک ابتدا هوا خشک، کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. آزمایش‌های معمول فیزیکی و شیمیایی شامل اندازه‌گیری بافت به روش هیدرومتر (۸)، واکنش خاک در گل اشباع توسط دستگاه پهاش‌سنج مدل Jenway، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی مدل Jenway، کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون برگشتی (۴۶)، گچ به روش ترسیب با استون (۴۲)، ماده آلی به روش اکسایش تر (۴۱)، سدیم محلول به وسیله دستگاه نشر اتمی مدل Jenway و کلسیم و منیزیم محلول به وسیله تیتراسیون (۳۵) تعیین گردید.

برای تجزیه کانی‌شناسی رس، نمونه خاک‌های افق Bk- خاک‌رخ ۳، افق A- خاک‌رخ ۵، افق Btkb- خاک‌رخ ۵ و افق C- خاک‌رخ ۵ انتخاب گردیدند. پس از طی مراحل آماده‌سازی به روش جکسون (۲۶) و کیتریک و هوپ (۳۴)، بخش رس موجود در نمونه‌های خاک با استفاده از سانتریفیوژ جدا و چهار تیمار مختلف شامل اشباع با منیزیم، اشباع با منیزیم و اتیلن گلیکول، اشباع با پتاسیم و اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس تهیه شد. نمونه‌های آماده شده به وسیله دستگاه پراش پرتو ایکس مدل d5000 Siemens در زاویه ۲θ بین صفر تا ۴۰ درجه در ولتاژ ۴۰ کیلوولت و آمپراژ ۳۰ میلی‌آمپر بررسی و نمودارهای پراش پرتو ایکس مربوطه حاصل شد.

برای مطالعات میکرومورفولوژی در زمان تشریح خاک‌رخ‌ها، کلوخه‌های دست نخورده از افق Bk- خاک‌رخ ۴، افق Btkb- خاک‌رخ ۵، افق By1- خاک‌رخ ۶، افق‌های Bk و Bkkm1- خاک‌رخ ۷، افق Btkb- خاک‌رخ ۸ و افق Btk- خاک‌رخ ۹ تهیه گردید. مقاطع نازک تهیه شده (۴۰) با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان مدل Bulb مورد مطالعه، تشریح (۵۵) و عکس‌برداری قرار گرفتند.

### نتایج و بحث

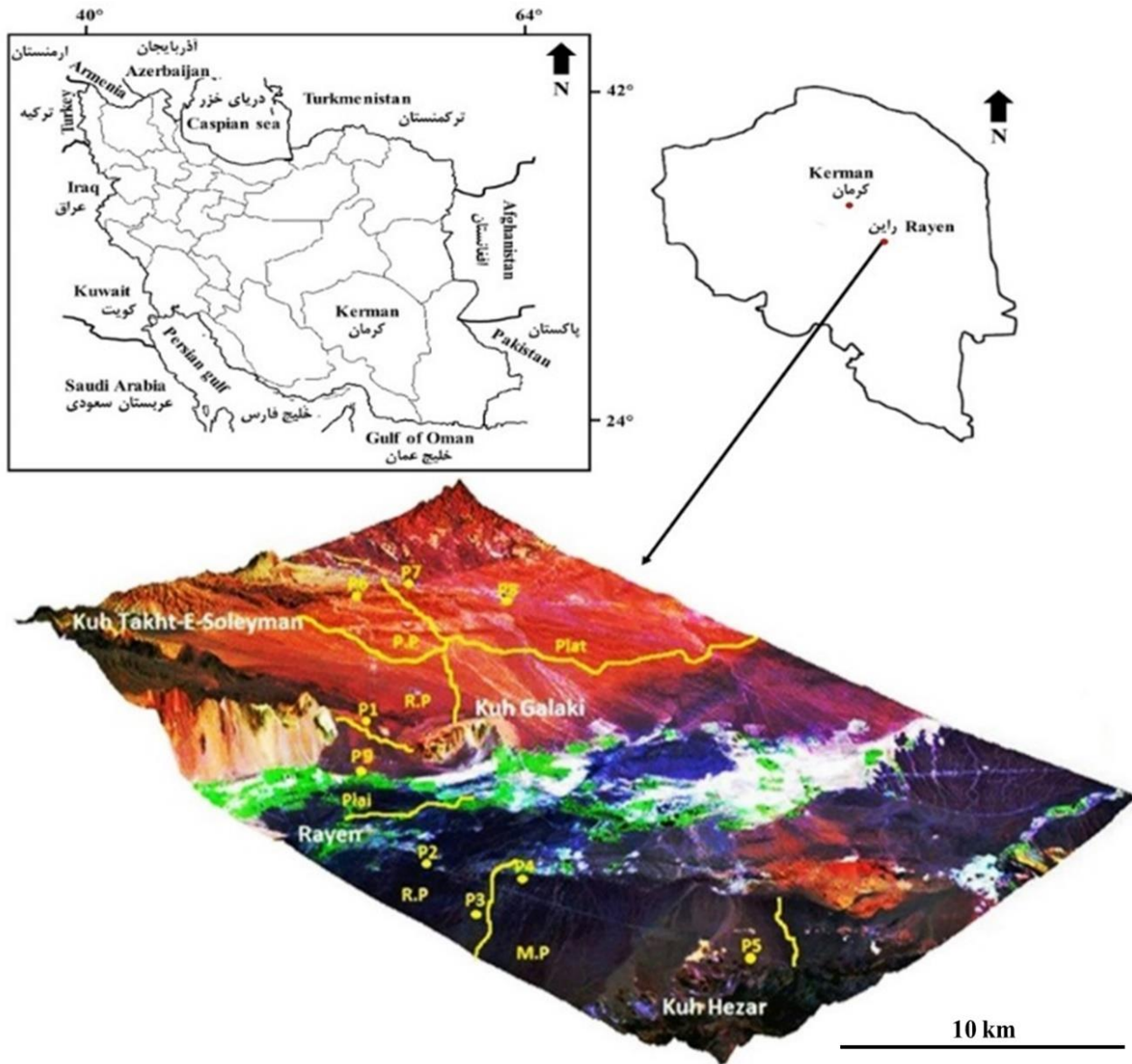
#### خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

موقعیت اشکال اراضی و خاک‌رخ‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. خاک‌رخ ۱ (۲۱۶۹ متر از سطح دریا) در رژیم رطوبتی اریدیک روی نهشته‌های جوان کواترنری در شکل اراضی پدیمت سنگی واقع شده است. خاک‌رخ ۲ (۲۲۷۶ متر از سطح دریا) نیز در این رژیم رطوبتی و شکل اراضی روی سازند گچی نئوژن قرار دارد (جدول‌های

۱ و ۲). در این دو خاک‌رخ (۱ و ۲) میزان شوری، کربنات کلسیم و SAR به دلیل شیب زیاد و حرکت املاح به طرف سطوح پایین دست، با افزایش عمق کاهش یافت. بافت خاک این دو خاک‌رخ نیز در اعماق به دلیل کاهش تأثیر عوامل هواپدیدی درشت‌تر از سطح خاک می‌باشد. رده‌بندی هر دو خاک مزبور بر اساس سامانه رده‌بندی آمریکایی (۵۴) به صورت Typic Haplocambids می‌باشد (جدول ۲). با توجه به این‌که تنها عامل خاک‌سازی متغیر در این دو خاک‌رخ ماده مادری می‌باشد، نتایج مبین آن است که تغییر ماده مادری به تنهایی تغییر چشمگیری در خصوصیات خاک ایجاد نموده و هیچ یک از دو خاک‌رخ، از تکامل چندانی برخوردار نبوده و فقط افق کمبیک در آن‌ها تشکیل گردیده است.

خاک‌رخ ۳ (۲۳۰۱ متری از سطح دریا) در رژیم رطوبتی زیریک روی سازند جوان کواترنری در شکل اراضی پدیمت سنگی واقع گردیده و شامل افق‌های A, Bk, C و Cy می‌باشد (جدول ۱). شست‌و شوی نسبتاً زیاد این خاک‌رخ به دلیل تغییر رژیم رطوبتی از اریدیک به زیریک (برخلاف خاک‌رخ‌های ۱ و ۲) منجر به زیاد شدن میزان رس، شوری و رطوبت اشباع خاک با افزایش عمق گردیده است. در طی مطالعات صحرایی، اشکال ثانویه کربنات کلسیم به شکل توده‌های نرم و میسلیوم در این خاک‌رخ مشاهده شدند. با توجه به معیارهای تعریف شده در سامانه رده‌بندی آمریکایی (۵۴) در این خاک‌رخ افق مشخصه کلسیک تشکیل شده است. میزان کربنات کلسیم در خاک نشان دهنده درجه تکامل، نوع افق کلسیک و وضعیت عناصر غذایی در خاک است (۳۷). حلالیت زیاد گچ همراه با رژیم رطوبتی زیریک باعث تجمع گچ در عمق ۱۶۰ سانتی‌متری و تشکیل افق Cy در این خاک‌رخ گردیده است. در کل می‌توان گفت که این خاک دارای تکامل و تنوع خاک‌زایی است و دارای افق مشخصه سطحی اکریک و افق مشخصه زیرسطحی کلسیک می‌باشد. رده‌بندی این خاک در سامانه رده‌بندی آمریکایی (۵۴) به صورت Typic Calcixerepts می‌باشد (جدول ۲).

نتایج حاکی از این است که تغییر رژیم رطوبتی خاک از اریدیک به زیریک منجر به تغییر رده خاک از اریدیک سول به اینسپتی سول در خاک‌رخ ۳ نسبت به خاک‌رخ ۱ گردیده است؛ زیرا هر دو خاک‌رخ، دارای سازند زمین‌شناسی و سطح ژئومورفیک یکسان می‌باشند. زراعت پیشه و همکاران (۵۹) با مطالعه یک ردیف اقلیمی در شرق استان گلستان گزارش نمودند که در منطقه با رژیم رطوبتی یودیک و رژیم حرارتی مزیک، خاک‌های مالی سول با افق‌های زیرسطحی آرچیلیک و کلسیک تکامل یافته، تشکیل شده‌اند، در حالی که در منطقه با رژیم رطوبتی زیریک و رژیم حرارتی ترمیک خاک‌های مالی سول تنها دارای افق کمبیک و خاک‌های اینسپتی سول شامل افق‌های سطحی اکریک و زیرسطحی کمبیک و کلسیک می‌باشند.



شکل ۱- اشکال اراضی و موقعیت خاکرخها در منطقه مورد مطالعه. Plat: فلات، Plai: دشت، R.P: پدیمت سنگی، M.P: پدیمت پوشیده، PP: دشت دامنه‌ای، P: موقعیت خاکرخها روی اشکال اراضی

Figure 1- Location of the study area indicating geomorphic surfaces and representative pedons, Plat: Plateau, Plai: Plain, R.P: Rock Pediment, M.P: Mantled Pediment, P.P: Piedmont plain

مالی سول و در رژیم رطوبتی یودیک، آلفی سول مشاهده می‌گردد. خاکرخ ۴ (۲۲۳۴ متر از سطح دریا) در رژیم رطوبتی اریدیک روی سازند جوان کواترنری در شکل اراضی پدیمت پوشیده واقع شده است. در افق کلسیک این خاکرخ، کرنات کلسیم ثانویه به‌صورت پاکت‌های پودری در مطالعات صحرائی مشاهده شد. به‌دلیل رطوبت کم خاکرخ ۴، سازند نئوژن موجود در بالادست، منبع احتمالی گچ و کرنات برای این خاکرخ می‌باشند.

در ضمن در رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی ترمیک اریدی سول‌ها با افق‌های سطحی اکریک و زیرسطحی کمبیک و کلسیک و خاک‌های جوان انتی سول فاقد تکامل خاکرخ تشکیل گردیده‌اند. قرقره چی (۲۰) با بررسی میکرومورفولوژی و تحول خاک‌ها در یک ردیف اقلیمی از اراضی خاک‌های لسی استان گلستان، دریافت که در رژیم اریدیک، خاک‌هایی با حداقل تکامل از رده اریدی سول دیده می‌شوند، در مقابل در رژیم رطوبتی زیریک، اینسپتی سول و

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکرها

Table 1- Selected physical and chemical properties of pedons

| افق<br>Horizon   | عمق (cm)<br>Depth | شن<br>%<br>Sand | سیلت<br>%<br>Silt | رس<br>%<br>Clay | ذرات<br>درشت<br>%<br>Gravel | بافت<br>Texture | pH  | EC<br>dS m <sup>-1</sup> | SAR<br>(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0.5</sup> | کربنات کلسیم<br>%<br>Calcium<br>carbonate | گچ<br>%<br>Gypsum |
|--|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----|--------------------------|---|---|-------------------|
| خاکرخ ۱ (Pedon 1) - پدیمت سنگی (Rock pediment) 57° 29' 38" E, 29° 38' 56" N          |                   |                 |                   |                 |                             |                 |     |                          |   |   |                   |
| A  | 0-10              | 50              | 21                | 29              | 14                          | SCL             | 4.8 | 0.8                      | 0.8   | 5.15                                      | ng                |
| Bw   | 10-50             | 82              | 7                 | 11              | 52                          | SL              | 9.7 | 0.5                      | 0.3   | 5.11                                      | ng                |
| C  | 50-145            | 78              | 9                 | 13              | 57                          | SL              | 7.7 | 0.4                      | 0.5   | 5.11                                      | ng                |
| خاکرخ ۲ (Pedon 2) - پدیمت سنگی (Rock pediment) 57° 26' 53" E, 29° 33' 56.1" N        |                   |                 |                   |                 |                             |                 |     |                          |   |   |                   |
| A  | 0-10              | 37              | 20                | 43              | 19                          | C               | 7.6 | 1.2                      | 0.6   | 14  | ng                |
| Bw   | 10-50             | 53              | 23                | 24              | 36                          | SCL             | 7.1 | 0.9                      | 0.6   | 8   | 10                |
| C1   | 50-80             | 83              | 8                 | 9               | 58                          | LS              | 7.0 | 0.6                      | 0.7   | 4   | ng                |
| C2   | 80-100            | 86              | 6                 | 8               | 58                          | S               | 7.5 | 0.6                      | 0.4   | 4   | ng                |
| خاکرخ ۳ (Pedon 3) - پدیمت سنگی (Rock pediment) 57° 27' 29.3" E, 29° 30' 51.5" N      |                   |                 |                   |                 |                             |                 |     |                          |   |   |                   |
| A  | 0-10              | 80              | 11                | 9               | 20                          | LS              | 8.1 | 0.4                      | 0.6   | 9.5                                       | ng                |
| Bk   | 10-70             | 78              | 13                | 9               | 51                          | SL              | 7.9 | 0.4                      | 0.2   | 15  | ng                |
| C  | 70-160            | 86              | 5                 | 9               | 57                          | LS              | 8.7 | 0.5                      | 0.3   | 6.5                                       | ng                |
| Cy   | 160-180           | 64              | 27                | 19              | 53                          | SL              | 7.2 | 3.7                      | 3.1   | 10  | 16                |
| خاکرخ ۴ (Pedon 4) - پدیمت پوشیده (Mantled pediment) 57° 27' 39.9" E, 29° 31' 51.5" N |                   |                 |                   |                 |                             |                 |     |                          |   |   |                   |
| A  | 0-10              | 52              | 27                | 21              | 11                          | SL              | 7.5 | 1.1                      | 0.6   | 16.5                                      | ng                |
| Bk   | 10-40             | 76              | 11                | 13              | 18                          | SL              | 7.3 | 3.3                      | 0.9   | 16  | 20                |
| C  | 40-100            | 84              | 11                | 5               | 66                          | LS              | 7.4 | 3.3                      | 0.9   | 4   | ng                |
| خاکرخ ۵ (Pedon 5) - پدیمت پوشیده (Mantled pediment) 57° 39' 21.7" E, 29° 27' 25.4" N |                   |                 |                   |                 |                             |                 |     |                          |   |   |                   |
| A  | 0-20              | 80              | 19                | 1               | 54                          | LS              | 7.9 | 0.6                      | 0.7   | 8   | ng                |
| C  | 20-100            | 80              | 14                | 6               | 52                          | LS              | 7.8 | 0.9                      | 0.3   | 6.5                                       | ng                |
| Btkb   | 100-130           | 68              | 15                | 19              | 47                          | SL              | 7.8 | 1.1                      | 1.6   | 15  | ng                |
| خاکرخ ۶ (Pedon 6) - دشت دامنه‌ای (Piedmont plain) 57° 33' 47" E, 29° 45' 06" N       |                   |                 |                   |                 |                             |                 |     |                          |   |   |                   |
| A  | 0-10              | 56              | 25                | 19              | 22                          | SL              | 7.6 | 1.7                      | 1.7   | 24  | ng                |
| Bk   | 10-30             | 82              | 3                 | 15              | 59                          | SL              | 7.4 | 2.5                      | 1.06  | 50  | 12                |
| By1  | 30-70             | 64              | 11                | 25              | 51                          | SCL             | 7.2 | 3.4                      | 1.2   | 45.5                                      | 44                |
| By2  | 70-110            | 84              | 5                 | 11              | 54                          | LS              | 7.1 | 5.3                      | 1.2   | 46.5                                      | 36                |
| By3  | 110-150           | 84              | 5                 | 11              | 49                          | LS              | 7.3 | 5.4                      | 0.6   | 46.5                                      | 24                |
| Bky  | 150-200           | 70              | 7                 | 23              | 47                          | SCL             | 7.7 | 5.5                      | 1.5   | 40.5                                      | 11                |
| خاکرخ ۷ (Pedon 7) - فلات (Plateau) 57° 35.5' 35.8" E, 29° 44' 45.5" N                |                   |                 |                   |                 |                             |                 |     |                          |   |   |                   |
| A  | 0-25              | 59              | 21                | 20              | 42                          | SCL             | 7.9 | 0.8                      | 1.01  | 2   | ng                |
| Bk   | 25-95             | 45              | 19                | 36              | 75                          | SCL             | 7.4 | 1.4                      | 0.6   | 28.5                                      | ng                |
| Bkkm1  | 95-150            | 57              | 26                | 17              | 66                          | SL              | 7.2 | 3.6                      | 0.8   | 54.3                                      | 32                |
| Bkkm2  | 150-170           | 55              | 28                | 17              | 53                          | SL              | 7.1 | 2.7                      | 1.8   | 45.3                                      | 24                |
| خاکرخ ۸ (Pedon 8) - فلات (Plateau) 57° 37' 53.5" E, 29° 41' 46.6" N                  |                   |                 |                   |                 |                             |                 |     |                          |   |   |                   |
| A  | 0-20              | 75              | 17                | 8               | 36                          | SL              | 7.6 | 1.3                      | 0.5   | 17  | 20                |
| C1   | 20-30             | 81              | 16                | 3               | 35                          | LS              | 7.4 | 1.1                      | 0.7   | 22.5                                      | ng                |
| C2   | 30-100            | 87              | 7                 | 6               | 65                          | S               | 7.2 | 0.7                      | 1.1   | 34  | ng                |
| Btkb   | 100-140           | 69              | 13                | 18              | 55                          | SL              | 7.5 | 0.6                      | 1.2   | 30  | ng                |
| خاکرخ ۹ (Pedon 9) - دشت (Plain) 57° 38' 12.5" E, 29° 41' 25.9" N                     |                   |                 |                   |                 |                             |                 |     |                          |   |   |                   |
| A  | 0-10              | 70              | 20                | 10              | 10                          | SL              | 8.2 | 0.3                      | 1.1   | 10.5                                      | ng                |
| Btk  | 10-30             | 78              | 9                 | 13              | 31                          | SL              | 7.6 | 0.8                      | 1.4   | 15  | ng                |
| C1   | 30-55             | 76              | 12                | 12              | 46                          | SL              | 7.5 | 1.2                      | 3.4   | 5   | ng                |
| C2   | 55-90             | 72              | 16                | 12              | 54                          | SL              | 7.3 | 1.4                      | 2.3   | 6.5                                       | ng                |
| C3   | 90-120            | 88              | 6                 | 6               | 40                          | S               | 7.6 | 1.2                      | 0.9   | 2.5                                       | ng                |
| C4   | 120-190           | 88              | 6                 | 6               | 48                          | S               | 7.5 | 1.4                      | 0.6   | 14  | ng                |

ng: negligible

اعمق خاکها نسبت داد. رده‌بندی خاکرخ ۴ بر اساس سامانه رده‌بندی آمریکایی (۵۴) به صورت Typic Haplocalcids می‌باشد (جدول ۲).

قابلیت هدایت الکتریکی در این خاکرخ با افزایش عمق، افزایش یافته است. روند افزایشی قابلیت هدایت الکتریکی با افزایش عمق را می‌توان به کاهش شیب، کم‌تر شدن میزان شست‌و شوی املاح در این خاکها به سمت اراضی پایین‌دست و در نتیجه تجمع املاح در

جدول ۲- رژیم‌های رطوبتی، سازندهای زمین‌شناسی و طبقه‌بندی خاک‌ها  
Table 2- Moisture regimes, geologic formations and soil classification

| خاکرخ<br>Pedon | رژیم رطوبتی<br>Moisture regime | سازند زمین‌شناسی<br>Geological formation | طبقه‌بندی جهانی (2015)<br>WRB (2015)   | رده‌بندی آمریکایی<br>(2014)<br>Soil Taxonomy<br>(2014) |
|----------------|--------------------------------|--|--|--|
| 1              | اریدیک Aridic                  | کواترنری<br>Quaternary                   | Calcaric Skeletic Cambisol (Protocalcic, Loamic)                                     | Typic Haplocambids                                     |
| 2              | اریدیک Aridic                  | نئوژن Neogene                            | Calcaric Skeletic Cambisol (Endoarenic, Protocalcic, Epiloamic)                      | Typic Haplocambids                                     |
| 3              | زریک Xeric                     | کواترنری<br>Quaternary                   | Skeletic Calcisol (Endoarenic, Hypocalcic, Amphiloamic)                              | Typic Calcixerepts                                     |
| 4              | اریدیک Aridic                  | کواترنری<br>Quaternary                   | Skeletic Calcisol (Katoarenic, Hypocalcic, Epiloamic)                                | Typic Haplocalcids                                     |
| 5              | زریک Xeric                     | کواترنری<br>Quaternary                   | Calcaric Skeletic Regosol (Arenic) over Skeletic Luvic Calcisol (Hypocalcic, Loamic) | Typic Xerorthents                                      |
| 6              | اریدیک Aridic                  | نئوژن Neogene                            | Skeletic Calcic Gypsisol (Endoarenic, Anoloamic)                                     | Typic Calcigypsisols                                   |
| 7              | اریدیک Aridic                  | کواترنری<br>Quaternary                   | Skeletic Petric Calcisol (Hypercalcic, Loamic)                                       | Calcic Petrocalcids                                    |
| 8              | اریدیک Aridic                  | کواترنری<br>Quaternary                   | Calcaric Skeletic Regosol (Arenic) over Skeletic Luvic Calcisol (Loamic )            | Typic Torriorthents                                    |
| 9              | اریدیک Aridic                  | کواترنری<br>Quaternary                   | Skeletic Luvic Calcisol (Hypocalcic, Loamic)   | Typic Calcicargids                                     |

تکامل خاک است.

خاکرخ ۶ (۲۴۶۲ متر از سطح دریا) در رژیم رطوبتی اریدیک روی رسوبات نئوژن گچی در شکل اراضی دشت دامنه‌ای واقع شده است (شکل ۱). شوری نسبتاً زیاد این خاکرخ به دلیل کم‌تر شدن شیب و در نتیجه تجمع املاح در افق‌های پایین‌تر و وجود تشکیلات غنی از گچ و املاح قابل توجه است. فرپور و همکاران (۱۴) منشأ گچ را در ایران مرکزی در نتیجه فعالیت‌های کوه‌زایی اواخر کرتاسه تا میوسن می‌دانند. در اثر این فعالیت‌ها دریای عمیق تیسس به چندین دریاچه کم عمق بسته مجزا تقسیم گردیده است. تبخیر آب این دریاچه‌ها در اثر آب و هوای گرم و خشک ترشباری باعث تبلور کانی گچ در سواحل این دریاچه‌ها شده است. لازم به ذکر است که فرپور و همکاران (۱۴) پدیمنت‌های کنونی را به‌عنوان سواحل دریاچه‌های کم عمق در نظر گرفته‌اند که در منطقه مورد مطالعه به‌علت ارتفاع بسیار زیاد کوه هزار به نظر می‌رسد که آب تا حد این پدیمنت‌ها بالا نبوده است. پس می‌توان سطوح دشت دامنه‌ای در این منطقه را به‌عنوان سواحل دریاچه قدیمی به حساب آورد. بنابراین، احتمالاً منشأ گچ در این سطح ژئومورفولوژی، به این فعالیت‌ها ارتباط دارد. در صحرا تجمعات کربنات کلسیم ثانویه به‌صورت توده‌های نرم در سطوح خاکدانه‌ها به میزان نسبتاً زیاد مشاهده شد. هم‌چنین در این خاکرخ، گچ ثانویه به‌صورت آویزه‌های ریز و کوچک که به سمت اعماق مقدار آن‌ها زیاد می‌شد، مشاهده گردید. خاک‌های این موقعیت ژئومورفیک می‌توانند به‌عنوان منبع گچ برای اراضی پایین‌دست به حساب آیند. رده‌بندی

خاکرخ ۵ (۲۳۲۷ متر از سطح دریا) در رژیم رطوبتی زریک روی نهشته‌های جوان کواترنری در شکل اراضی پدیمنت پوشیده قرار دارد (شکل ۱). این خاکرخ دارای افق C ناشی از انباشت سنگریزه، فاقد شواهد خاک‌زایی و دارای رنگ خشک روشن است. میزان سنگریزه با افزایش عمق کاهش می‌یابد. روند افزایشی قابلیت هدایت الکتریکی با افزایش عمق ناشی از آب‌شویی عمقی نمک است. یکی از نکات جالب توجه در این خاکرخ، وجود افق مدفون شده Btkb در زیر افق C است. پوشش‌ها و پرشدگی‌های رسی همراه با پوسته‌های رسی، تجمع کربنات کلسیم ثانویه به شکل پودر و میسیلیوم روی سطوح خاکدانه‌ها و افزایش درصد رس به سمت عمق، وجود این افق مدفون را تأیید می‌نمایند (جدول ۱). به نظر می‌رسد که رطوبت کافی در رژیم رطوبتی زریک باعث خروج کربنات‌ها از افق‌های بالایی و به دنبال آن انتقال رس و تشکیل افق Btk گردیده است. بنابراین، تشکیل افق آرچیلیک در این خاکرخ به دلیل تغییر رژیم رطوبتی از اریدیک به زریک می‌باشد. بیات و فرپور (۴) نیز وجود افق آرچیلیک را در خاک‌های شهرستان بردسیر واقع در اقلیم زریک گزارش نمودند. به‌طور کلی خاکرخ ۵، دارای دو نوع خاک جوان و مدفون می‌باشد که نقش مؤثر اقلیم در خصوصیات آن انکارناپذیر است. در سامانه رده‌بندی آمریکایی (۵۴) خاک جوان رویی به‌صورت Typic Xerorthents رده‌بندی گردید (جدول ۲). هاپکینز و فرانزن (۲۴) دریافتند که افق آرچیلیک عمیق‌تر دارای رس بیش‌تر و پوسته‌های رسی ضخیم‌تر می‌باشد که این امر نشان‌گر طولانی‌تر بودن دوره

خاکرخ ۹ (۱۹۹۶ متر از سطح دریا) در رژیم رطوبتی اریدیک روی نهشته‌های حدواسط کواترنری در شکل اراضی دشت واقع شده است (شکل ۱). به دلیل کم شدن شیب منطقه، رسوبات این سطح درشت بافت می‌باشند. خاک درشت بافت و در نتیجه شست و شوی زیاد در این سطح می‌تواند از دلایل کم بودن میزان املاح نسبت به سطح دشت دامنه‌ای باشد (جدول ۱). افزایش میزان رس، حضور پوسته‌های رسی در سطوح خاکدانه‌ها و حفرات و حضور پوشش‌های رسی در مقطع نازک شواهدی از تغییر مکان رس‌ها و ایجاد افق آرجیلیک محسوب می‌گردند. خروج کربنات‌ها از افق‌های بالایی در رطوبت بیش تر زمان گذشته باعث تسهیل انتقال رس و تشکیل افق آرجیلیک در اقلیم خشک امروزی شده است. تلتون و همکاران (۴۳) معتقدند افق آرجیلیک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، پدیده‌ای معمول می‌باشد. رده‌بندی این خاک در سامانه رده‌بندی آمریکایی (۵۴) به صورت Typic Calcargids می‌باشد (جدول ۲).

#### مطالعات کانی‌شناسی رسی

مطالعات کانی‌شناسی رسی روی خاک‌های واقع بر اشکال اراضی پدیمت سنگی و پدیمت پوشیده واقع در رژیم رطوبتی زیرک انجام شد. کانی‌های اسمکتیت، کلریت، ایلیت و کائولینیت در سطح پدیمت سنگی شناسایی گردید (شکل ۲ الف). هم‌چنین دیفرکتوگرام‌های پرتو ایکس مربوط به نمونه‌های خاکرخ ۵ واقع بر سطح پدیمت پوشیده، حضور کانی‌های اسمکتیت، کلریت، ایلیت، کائولینیت و پالیگورسکیت را تأیید می‌نمایند (شکل ۲ ب، پ، ت). کانی‌های ایلیت و کلریت در هر دو شکل اراضی، منشأ زمین‌ساخت داشته و افزایش شدت پیک این کانی‌ها با عمق در سطح پدیمت پوشیده نیز مؤید این مطلب می‌باشد (شکل ۲ پ، ت). نقش توارث در منشأ کانی کلریت در هر دو سطح ژئومورفیک مورد مطالعه مشهود می‌باشد. عدم وجود شرایط مناسب برای تشکیل کانی کلریت شامل آب‌شویی شدید، اسیدیته کم‌تر از ۶ دمای زیاد و خارج شدن هیدروکسیدهای بین‌لایه‌ای، مؤید وراثتی بودن کانی کلریت می‌باشد. خرمالی و ابطحی (۳۳) معتقدند که فراوانی کلریت در خاک‌های منطقه هوتن مربوط به حضور آن در سنگ بستر می‌باشد. حضور این کانی در خاک‌های ایران مرکزی، به وجود آن در سنگ مادر نسبت داده شده است و در نتیجه بیان‌گر پایداری آن در شرایط تشکیل در محیط خاک می‌باشد (۲۹، ۳۳). هم‌چنین با توجه به عدم شرایط اقلیمی لازم برای تشکیل کانی کائولینیت، منشأ مادری برای این کانی در خاک‌های منطقه مورد انتظار است. کائولینیت یک کانی ثانویه است که در شرایط گرم و مرطوب می‌تواند بر اثر پدیده خاک‌سازی ایجاد شود. تشکیل این کانی در شرایط خشک و نیمه‌خشک امکان‌پذیر نمی‌باشد (۲۸). از سوی دیگر وجود رشته کوه‌های آذرین هزار در منطقه، امکان تشکیل

این خاک در سامانه رده‌بندی آمریکایی (۵۴) به صورت Typic Calcigypids می‌باشد (جدول ۲).

خاکرخ ۷ (۲۲۲۶ متر از سطح دریا) در رژیم رطوبتی اریدیک روی سطح پایدار فلات و سازند قدیم کواترنر قرار دارد (شکل ۱). این خاکرخ دارای مقادیر زیاد کربنات کلسیم است که مقدار آن با افزایش عمق، افزایش می‌یابد. در این خاکرخ افق پتروکلسیک در عمق ۱۷۰-۹۵ سانتی‌متری مشاهده شد. ظاهراً دو مکانیسم متفاوت در تشکیل افق پتروکلسیک این خاکرخ نقش دارد. با توجه به توده‌های بزرگ و ضخیم سنگ آهک کرتاسه در منطقه مورد مطالعه، این گونه می‌توان گفت که احتمالاً افق پتروکلسیک روی سنگ مادر آهکی و به صورت درجا به وجود آمده است. فرپور و همکاران (۱۶) در پلایای سیرجان با اقلیم اریدیک و معاذلهی و فرپور (۳۸) در منطقه بافت با اقلیم زیریک، افق پتروکلسیک را گزارش نمودند. رده‌بندی این خاک در سامانه رده‌بندی آمریکایی (۵۴) به صورت Calcic Petrocalcids می‌باشد (جدول ۲).

خاکرخ ۸ (۲۱۴۸ متر از سطح دریا) در رژیم رطوبتی اریدیک روی نهشته‌های قدیمی کواترنری در سطح پایدار فلات قرار گرفته است (شکل ۱). این خاکرخ دارای افق‌های C با رنگ نارنجی زرد ضعیف و خاکستری مایل به زرد فاقد شواهد خاک‌زایی و افق تجمع رس و کربنات به صورت توأم می‌باشد (جدول ۱). با توجه به افزایش رس از ۶ به ۱۸ درصد در زیر افق‌های C و حضور پوشش‌های رسی این افق تحت عنوان Btkb نام‌گذاری شد. با توجه به اقلیم خشک کنونی منطقه می‌توان گفت که افق آرجیلیک در این خاکرخ مربوط به اقلیم مرطوب‌تر گذشته است. شواهد وجود آب و هوای مرطوب‌تر در گذشته ایران مرکزی توسط خرمالی و همکاران (۳۱)، خادمی و مرموت (۳۰) و فرپور و همکاران (۱۵) نیز گزارش شده است. رطوبت قابل دسترس بیش‌تر در اقلیم گذشته باعث شست و شوی کربنات‌ها و تشکیل افق Bk و به دنبال آن تسهیل انتقال رس و تشکیل افق Btk شده است. بعد از آن، تغییر رژیم رطوبتی و خشک شدن اقلیم باعث نهشته شدن رسوبات جدید روی افق آرجیلیک و مدفون شدن آن گردیده است. عامل کلیدی برای تجمع رس، وجود دوره‌های خشکی است تا رس منتقل شده نگهداری شود (۱۷). این خاکرخ دارای دو خاک جوان رویی و مدفون زیرین می‌باشد. با توجه به قرارگیری این خاکرخ در نهشته‌های قدیمی کواترنری، قدیمی بودن این خاک دور از انتظار نمی‌باشد. این خاک در سامانه رده‌بندی آمریکایی (۵۴) به صورت Typic Torriorthents رده‌بندی شد (جدول ۲).

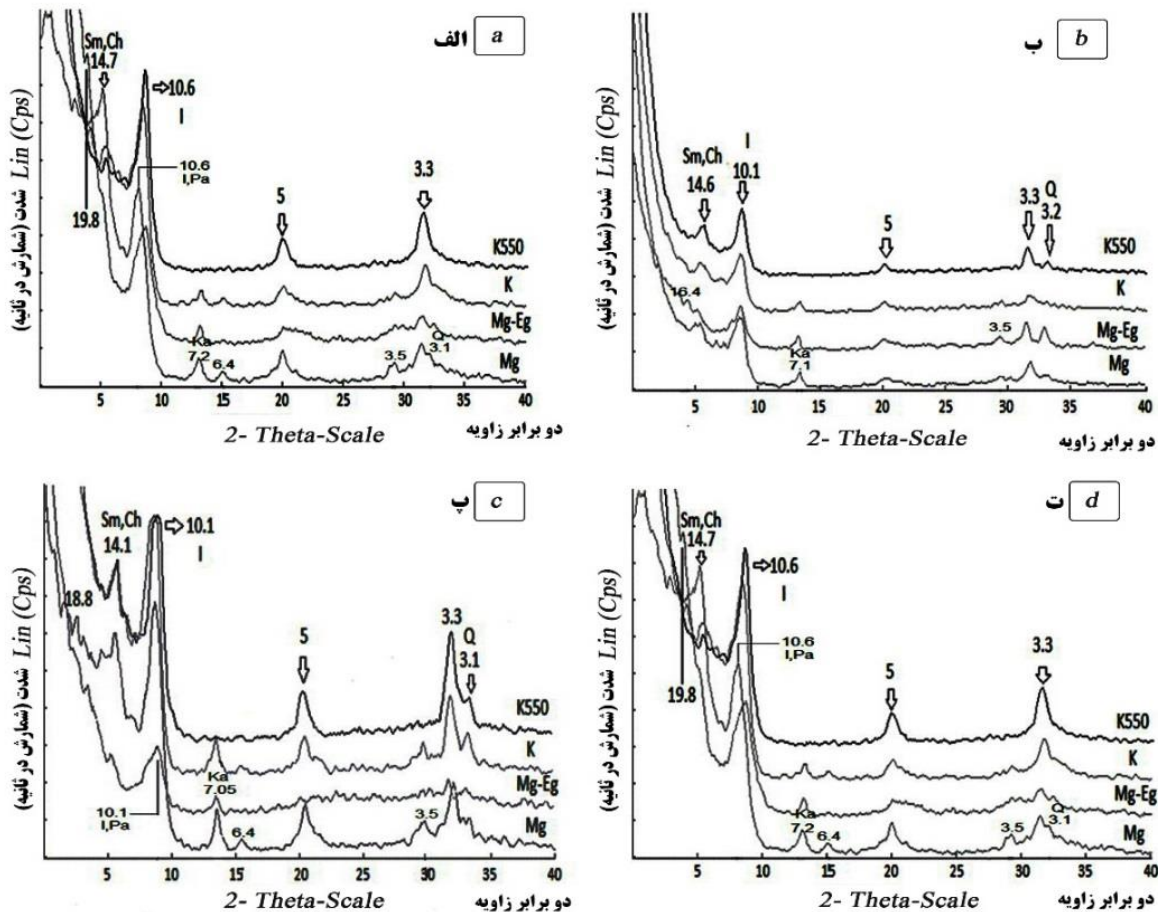
خاکرخ‌های ۷ و ۸ در رژیم رطوبتی اریدیک روی نهشته‌های قدیم کواترنر در سطح ژئومورفیک پایدار فلات واقع گردیده‌اند. تنها عامل توجیه‌کننده وجود افق پتروکلسیک و آرجیلیک در این خاکرخ‌ها، وجود اقلیم مرطوب‌تر در گذشته است که با توجه به قدیمی بودن هر دو سطح این امر دور از ذهن نیست.

وجود کانی اسمکتیت با تبلور اندک و یا بار لایه‌ای زیاد می‌باشد (۱۰). هم‌چنین حضور پیک ۱۴/۶ آنگسترومی در تیمار اشباع با منیزیم در دیفرکتوگرام‌های پرتو ایکس نمونه رس افق A خاکرخ واقع در سطح پدیمت پوشیده (شکل ۲ ب)، بیان‌گر کانی‌های رسی ۲:۱ مانند کلریت و اسمکتیت است. انبساط این پیک تا ۱۶/۴ آنگستروم در تیمار بخار اتیلن‌گلیکول مؤید حضور کانی اسمکتیت با بار لایه‌ای زیاد می‌باشد که از انبساط بیش‌تر آن جلوگیری می‌کند.

برای حضور کانی پالیگورسکیت در ایران مرکزی، دو منشأ وراثتی (۲۳) و خاک‌ساخت (۳۰) بیان شده است. عدم وجود پالیگورسکیت در افق سطحی خاکرخ ۵، به دلیل ناپایداری شدن این کانی در رژیم رطوبتی زیرک و تبدیل آن به اسمکتیت است. در اعماق خاک به دلیل تأثیر کم‌تر رطوبت، این کانی پایدار است.

اسمکتیت را از میکای موجود در سنگ‌های مشتق شده از این رشته کوه ممکن می‌سازد. اسمکتیت به صورت پدوژنیک در غلظت‌های بالای یون‌های منیزیم و سیلیسیم و مکان‌های پست با زهکشی ضعیف می‌تواند تشکیل شود (۴۵).

کانی پالیگورسکیت در خاکرخ ۵ نیز می‌تواند منشأ اسمکتیت باشد. هنگامی که بارندگی سالیانه از ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید، پالیگورسکیت به اسمکتیت تبدیل می‌شود (۴۷). با توجه به این مطلب این گونه می‌توان گفت که وجود رژیم رطوبتی زیرک و فراهمی رطوبت، باعث ناپایداری شدن پالیگورسکیت و تبدیل آن به اسمکتیت در خاکرخ مذکور گردیده است. وجود پیک ۱۴/۳ آنگسترومی (شکل ۲ الف) در موقعیت ژئومورفیک پدیمت سنگی در تیمار منیزیم نشان دهنده کانی اسمکتیت می‌باشد که در تیمار اتیلن‌گلیکول به ۱۸/۵ آنگستروم انبساط یافته است. حالت پلکانی (شانه‌ای) این پیک مؤید



شکل ۲- دیفرکتوگرام پراش پرتو ایکس بخش رس. (الف: افق Bk- خاکرخ ۳، ب: افق A- خاکرخ ۵، ج: افق C- خاکرخ ۵، د: افق Btkb- خاکرخ ۵؛ Mg-Eg: اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول، Mg: اشباع با منیزیم، K: اشباع با پتاسیم، K 550: اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ °C؛ Sm: اسمکتیت، Ch: کلریت، Ka: کانولینیت، I: ایلیت، Q: کوارتز)

Figure 2- X-ray diffractograms of the clay fraction. (a: Bk horizon- pedon 3, b: A horizon- pedon 5, c: C horizon- pedon 5, d: Btkb horizon- pedon 5; Mg-Eg: Mg saturated with ethylene glycol, Mg: Mg saturated, K: K saturated, K 550: K saturated and heated to 550 °C; Sm: Smectite, Ch: Chlorite, Ka: Kaolinite, I: Illite, Q: quartz)



توصیف میکرومورفولوژیک خاکرخها در جدول ۳ ارائه شده است. مطالعه مقاطع نازک مربوط به سطح پدیمت سنگی عوارض خاکساخت کلسیت را به صورت پرشدگی و پوشش نشان داد (شکل ۳ الف، ب). در مطالعات میکرومورفولوژی شکل اراضی پدیمت پوشیده، عوارض خاکساخت پوشش کلسیت، نادول کلسیت، پوشش رس و مرکب پوشش کلسیت - پوشش رس مشاهده شد (شکل ۳ پ، ت). حضور پوشش های رسی به همراه پرشدگی های کلسیت در خاکرخ ۵ شاهی از انتقال رس و آهک از افق های بالایی به افق های تحتانی در نتیجه نفوذ آب در اقلیم زریک است. حضور عوارض خاکساخت مرکب در خاکها دلیلی بر پلی ژنتیک بودن آنها می باشد (۳۰).

از سوی دیگر، رطوبت کافی در رژیم رطوبتی زریک، باعث خروج کربنات ها از افق های بالایی و افزایش نسبت منیزیم به کلسیم در افق های زیرین شده و شرایط مناسب را برای ایجاد کانی پالیگورسکیت ایجاد کرده است. حضور کانی پالیگورسکیت در اطراف بلورهای کلسیت در افق کلسیک توسط محققین مختلف در ایران مرکزی گزارش گردیده است (۲۹ و ۵۱). حضور کانی پالیگورسکیت در رژیم رطوبتی زریک توسط محققین بسیاری گزارش شده است (۳۲ و ۵۱).

### مطالعات میکرومورفولوژی

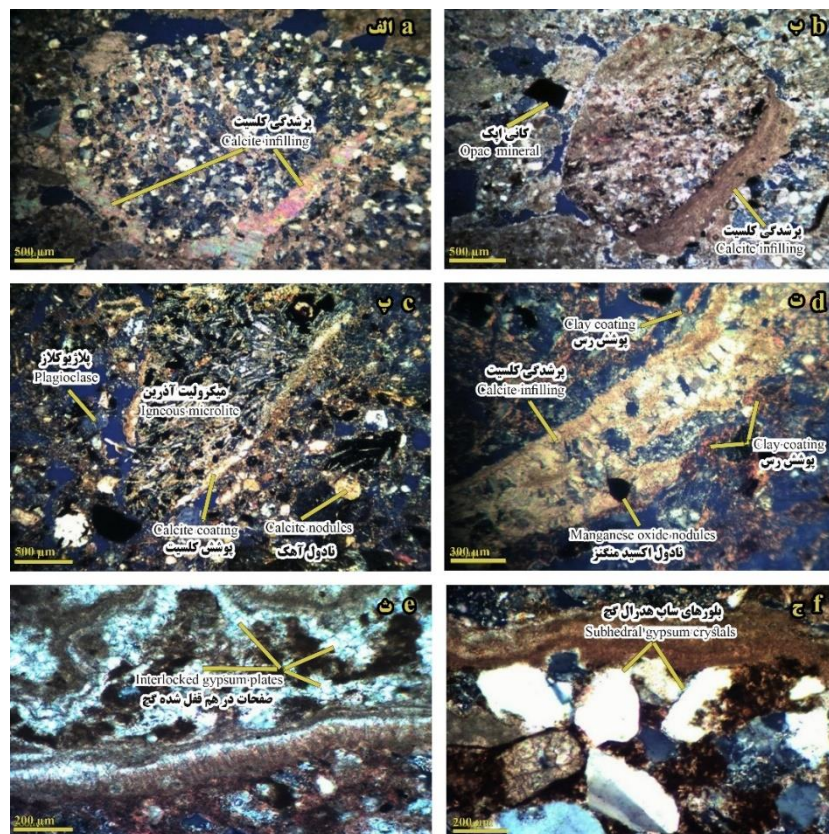
جدول ۳- توصیف ویژگی های میکرومورفولوژی خاکرخها

Table 3- Micromorphological description of pedons

| خاکرخ<br>Pedon | افق<br>Horizon | عوارض خاکساخت<br>Pedofeatures  | بی فابریک<br>b-fabric  | نسبت ذرات درشت به ریز<br>C/F related                                    | حفرات - ساختمان<br>Pore- Structure  |
|----------------|----------------|--|--|---|---|
| 3              | Bk             | پوشش کلسیت - Calcite coating<br>پرشدگی کلسیت - Calcite infilling   | کلسیتیک کریستالیک<br>Calcitic crystallitic   | 2/8 پورفیریک دو فاصله، مونیک ریز<br>Double-spaced porphyric, Fine monic | کانال - مکعبی بدون زاویه خوب<br>Channel- Well subangular blocky                   |
| 4              | Bk             | پوشش کلسیت - Calcite coating<br>پرشدگی کلسیت - Calcite infilling<br>نادول کلسیت - Calcite nodule   | کلسیتیک کریستالیک<br>Calcitic crystallitic   | 4/6 پورفیریک تک فاصله<br>Single-spaced porphyric                        | وگ - مکعبی بدون زاویه متوسط<br>Vugh- Moderately subangular blocky                 |
| 5              | Btkb           | عارضه مرکب پوشش کلسیت - پوشش رس<br>Juxtaposed calcite coating - clay coating<br>نادول اکسید منگنز - Mn oxide nodule<br>بلورهای سابهدرال گچ | لکه ای موزاییکی<br>Mosaic speckled   | 6/4 پورفیریک بسته، کیتونیک<br>Close porphyric, Chitonic                 | وگ، کانال - مکعبی بدون زاویه خوب<br>Vugh, Channel- Well subangular blocky         |
| 6              | By             | Subhedral gypsum crystals<br>صفحات درهم قفل شده گچ<br>Interlocked plates of gypsum   | ذره محور<br>Granostriated  | 7/3 پورفیریک بسته<br>Close porphyric                                    | وگ، کانال - مکعبی بدون زاویه متوسط<br>Vugh, Channel- Moderately subangular blocky |
| 7              | Bk             | پوشش کلسیت - Calcite coating<br>پرشدگی کلسیت - Calcite infilling   | کلسیتیک کریستالیک<br>Calcitic crystallitic   | 2/8 پورفیریک تک فاصله<br>Single-spaced porphyric                        | وگ - مکعبی بدون زاویه متوسط<br>Vugh- Moderately subangular blocky                 |
| 7              | Bkkm1          | پوشش کلسیت - Calcite coating<br>پرشدگی کلسیت - Calcite infilling<br>صفحات درهم قفل شده گچ<br>Interlocked plates of gypsum                  | کلسیتیک کریستالیک<br>Calcitic crystallitic<br>حفره محور<br>Porostriated<br>ذره محور<br>Granostriated                           | 6/4 کیتونیک<br>Chitonic   | وگ - توده ای<br>Vugh- Massive   |
| 8              | Btkb           | پوشش کلسیت - Calcite coating<br>پرشدگی کلسیت - Calcite infilling<br>پوشش رسی - Clay coating  | کلسیتیک کریستالیک<br>Calcitic crystallitic<br>لکه ای موزاییکی<br>Mosaic speckled<br>کلسیتیک کریستالیک<br>Calcitic crystallitic | 6/4 پورفیریک بسته، کیتونیک<br>Close porphyric, Chitonic                 | وگ، کانال - مکعبی بدون زاویه خوب<br>Vugh, Channel- Well subangular blocky         |
| 9              | Btk            | پوشش کلسیت - Calcite coating<br>پوشش رسی - Clay coating  | لکه ای موزاییکی<br>Mosaic speckled<br>حفره محور<br>Porostriated  | 5/5 پورفیریک تک فاصله<br>Single-spaced porphyric                        | وگ های ستاره ای - دانه ای متوسط<br>Star shaped Vugh- Moderately granular          |

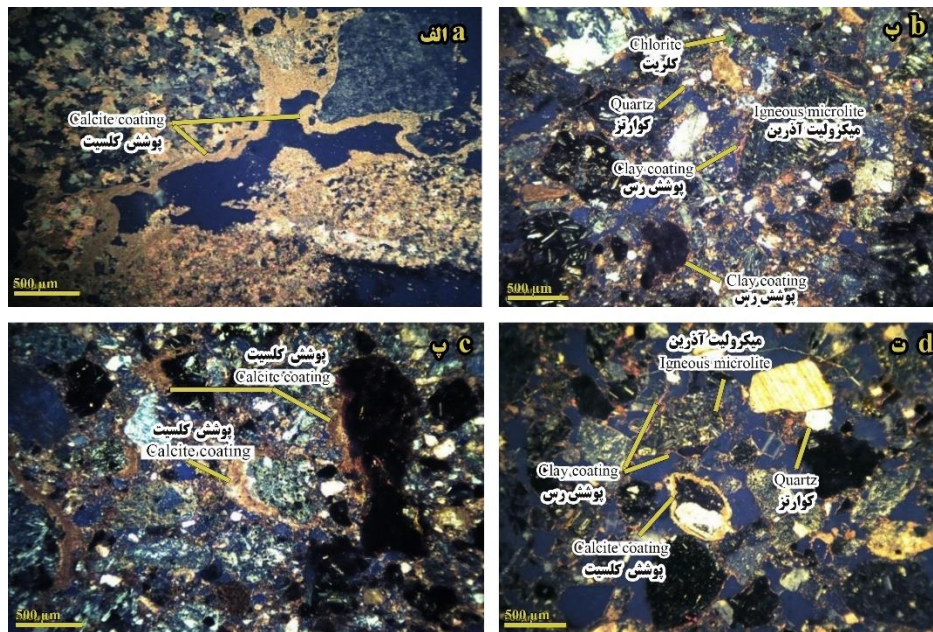
رسوب گذاری متناوب در اقلیم مرطوب تر گذشته است (۱۲). به طور کلی، پوشش های لامینار، آخرین مرحله تشکیل افق پتروکلسیک و محصول فزاینده افزایش متوالی کربنات ها است که با تغییر رژیم رطوبتی، حرارتی و محلول شیمیایی در زمان طولانی تر شکل گرفته و خود معرف تغییر شرایط اقلیمی می باشد (۳۹). در این افق، بی فابریک کلسیتیک کریستالیک به علت وجود ذرات کلسیت در متن خاک و ساختمان توده ای به علت سخت و سیمانی بودن به چشم می خورد (جدول ۳). به علاوه، در مطالعات میکرومورفولوژی خاکرخ ۷ صفحات در هم قفل شده گچ نیز مشاهده شد که می تواند در نتیجه اضافه شدن گچ به این خاک بعد از تشکیل افق پتروکلسیک باشد. به طور معمول انتظار وجود آهک و گچ در مجاورت هم به دلیل تفاوت در حالیت آن ها نمی رود. اما در تحقیق حاضر، هر دو کانی به طور هم زمان مشاهده شدند.

وجود نادول های منگنز نیز نشانه آشکاری از پدوژنز و وجود شرایط اکسید و احیاء در اقلیم مرطوب منطقه مورد مطالعه است. هم چنین موقعیت نادول اکسید منگنز (شکل ۳ ت) که به فاصله کمی از حفرات قرار دارد می تواند نشان گر وجود شرایط احیایی تر در فضای خلل و فرج و شرایط اکسیدی تر در ماتریکس خاک باشد (۵۸). در مقاطع نازک خاکرخ ۶ واقع در سطح دشت دامنه ای (منبع گچ در منطقه مورد مطالعه)، عوارض خاک ساخت گچ به صورت صفحات در هم قفل شده در قالب پرشدگی ها و بلورهای ساب هدرال گچ مشاهده شدند (شکل ۳ ث، ج). در سطح قدیمی فلات (خاکرخ ۷) عوارض خاک ساخت کلسیت به صورت پوشش و پرشدگی در افق پتروکلسیک نمود پیدا کردند (شکل ۴ الف) که ناشی از انحلال و آبشویی آهک از افق های فوقانی می باشند. حال با توجه به انحلال کم آهک و قدیمی بودن سطح، اقلیم مرطوب تر گذشته توجیه کننده این عوارض خاک ساخت است. هم چنین تشکیل افق پتروکلسیک همراه با پوشش لایه های مطبق و خطی نشان دهنده آبشویی و



شکل ۳- مقاطع نازک (XPL) افق Bk - خاکرخ ۳ (الف، ب)، افق Bk - خاکرخ ۴ (پ)، افق Btkb - خاکرخ ۵ (ت)، افق By1 - خاکرخ ۶ (ث)، افق By1 - خاکرخ ۶ (ج)

Figure 3- Thin sections (XPL) of Bk horizon- pedon 3 (a, b), Bk horizon- pedon 4 (c), Btkb horizon- pedon 5 (d), By1 horizon- pedon 6 (e), By1 horizon- pedon 6 (g)



شکل ۴- مقاطع نازک (XPL) افق Bkkm1- خاکرخ ۷ (الف)، افق Btkb- خاکرخ ۸ (ب، پ)، افق Btk- خاکرخ ۹ (ت)  
Figure 4- Thin sections (XPL) of Bkkm1 horizon- pedon 7 (a), Btkb horizon- pedon 8 (b, c), Btk horizon- pedon 9 (d)

اراضی است که باعث ایجاد زمان کافی برای شست و شوی کربنات‌ها از افق سطحی و انتقال به طرف پایین ذرات رس می‌شود (۳۱). به دلیل وجود رشته کوه آذرین هزار در منطقه در اکثر مقاطع مورد مطالعه در اشکال اراضی مختلف میکروولیت‌های آذرین به چشم می‌خورند.

### نتیجه‌گیری

- ۱- تشکیل افق آرچلیک در سطوح فلات و دشت واقع در رژیم رطوبتی اریدیک به رطوبت قابل دسترس بیش‌تر در اقلیم گذشته نسبت داده شد.
- ۲- موقعیت ژئومورفیک تأثیر به‌سزایی بر میزان فرآیندهای آهکی شدن، گچی شدن، سخت و سیمانی شدن افق‌ها داشته است.
- ۳- اقلیم، عامل مؤثری در تعیین منشأ کانی‌های رسی (زمین‌ساخت یا خاک‌ساخت) بود.
- ۴- مطالعات میکرومورفولوژی، قدیمی‌بودن خاک‌های واقع بر سطح فلات را از طریق وجود پوشش‌های کلسیت در افق پتروکلسیک خاکرخ ۷ و عوارض خاک‌ساخت مرکب خاکرخ ۸ به اثبات رساند.
- ۵- تغییر رژیم رطوبتی از اریدیک به زیریک باعث تغییر رده از اریدی سول به اینسپتی سول (۵۴) گردید. در مقابل، رده‌بندی خاک‌ها در سامانه رده‌بندی جهانی (۲۵) تغییر نیافت.
- ۶- اقلیم و سطح ژئومورفیک بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، میکرومورفولوژی و کانی‌شناسی خاک‌ها و در نهایت طبقه‌بندی خاک‌های منطقه مؤثر بوده است.

اگر گچ قبل از آهک تجمع می‌یافت، با توجه به حلالیت بالاتر گچ نسبت به آهک، می‌بایست در هنگام تجمع آهک، گچ شسته می‌شد. لذا، اگرچه پوشش گچی روی پوشش آهکی (پوشش مرکب) دیده نشده است، اما دلیل دیگری غیر از قدیمی‌تر بودن آهک‌های تجمع یافته نسبت به گچ نمی‌تواند وجود داشته باشد. به این مفهوم که ابتدا آهک در زمان‌های مرطوب‌تر تجمع یافته و سپس با ایجاد دوره‌های خشک‌تر و افزایش گچ، این کانی نیز به خاک اضافه گردیده و در مجاور آهک قرار گرفته است.

در مطالعه مقاطع نازک افق Btkb خاکرخ ۸، عوارض خاک‌ساخت کلسیت به‌صورت لایه‌ای در اطراف خاکدانه‌ها و کانی‌ها به همراه پوشش رس مشاهده شد (شکل ۴ ب، پ). حال با توجه به وجود رژیم رطوبتی اریدیک، این امر مؤید قدیمی بودن این افق و ارتباط آن با اقلیم گذشته است. بی‌فابریک کلسیتیک کریستالیک و نیز بی‌فابریک لکه‌ای در این افق به‌وضوح مشاهده شدند (جدول ۳). بی‌فابریک لکه‌ای در نتیجه آب‌شویی بخشی از آهک به اعماق زیرین و ویژگی بی‌رفرنزانس رس ایجاد شده است (۱۸).

در بررسی‌های میکرومورفولوژی افق Btk سطح کم‌شیب دشت، پوشش‌های رس و پوشش‌های کلسیت مشاهده شدند (شکل ۴ ت). به‌نظر می‌رسد رطوبت قابل دسترس بیش‌تر در اقلیم گذشته در ابتدا باعث خروج کربنات‌ها از افق‌های بالایی و در نهایت باعث انتقال و تجمع رس در این افق شده است. هم‌چنین این افق دارای بی‌فابریک‌های کلسیتیک کریستالیک و لکه‌ای می‌باشد (جدول ۳). تشکیل افق آرچلیک با بی‌فابریک لکه‌ای نشان دهنده پایداری

- 1- Ahmadipour H., and Maleki L. 2009. Volcanology and pathogenesis of Hezar volcanic complex in south west of Rayen (Kerman Province). *Iranian Journal of Geology*, 3 (10): 47-58. (in Persian)
- 2- Anjos L.H., Fernandes M.R., Pereira M.G., and Franzmeier D.P. 1998. Landscape and pedogenesis of an Oxisols-Inceptisols-Ultisols sequence in southeastern Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, 62: 1651-1659.
- 3- Banaei H.M. 1998. Soil Moisture and Temperature Regimes Map of Iran (1:2500000). Soil and Water Research Institute, Iran.
- 4- Bayat A., Farpoor M.H., and Jafari A. 2016. Physicochemical properties, micromorphology and clay mineralogy of soils affected by geological formations, geomorphology and climate. *Journal of Water and Soil*, 30 (5): 1515-1530. (in Persian with English abstract)
- 5- Bockheim J.G., and Douglass D.C. 2006. Origin and significance of calcium carbonate in soils of southwestern Patagonia. *Geoderma*, 136: 751-762.
- 6- Bojko O., and Kabala C. 2017. Organic carbon pools in mountain soils-sources of variability predicted changes in relation to climate and land use changes. *Catena*, 149: 209-220.
- 7- Bonifacio E., Falsone G., Simonov G., Sokolova T., and Tolpeshta I. 2009. Pedogenic Processes and clay transformations in bisequal soils of the southern Taiga zone. *Geoderma*, 149: 66-75.
- 8- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron*, 54: 464-465.
- 9- Bull W.B. 1991. *Geomorphic Response to Climatic Change*. Oxford University Press, New York.
- 10- Dixon J.B., and Weed S.B. 1989. *Minerals in Soil Environments*. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- 11- Donkin M.J., and Fey M.V. 1993. Relationships between soil properties and climatic indices in southern Natal. *Geoderma*, 59: 197-212.
- 12- Drees L.R., and Wilcing L.D. 1987. Micromorphic record and interpretations of carbonate forms in the rolling plains of Texas. *Geoderma*, 40: 157-175.
- 13- Elliott P.E., and Dorhan P.J. 2009. Clay accumulation and argillic-horizon development as influenced by aeolian vs. local parent material on quartzite and limestone-derived alluvial fans. *Geoderma*, 151: 98-108.
- 14- Farpoor M.H., Eghbal M.K., and Khademi H. 2003. 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, Water and Soil Science*, 7 (3): 71-93. (in Persian)
- 15- Farpoor M.H., Khademi H., and Eghbal M.K. 2002. Genesis and distribution palygorskite and associated clay minerals in Rafsanjan soils on different geomorphic surface. *Iran Agricultural Research*, 21: 39-60.
- 16- 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.
- 17- Fedoroff N., Courty M.A., and Thompson M.L. 1990. Micromorphological evidence of paleoenvironmental change in Pleistocene and Holocene paleosols. *Developments in Soil Science*, 19: 653-665.
- 18- Fitzpatrick E.A. 1993. *Soil Microscopy and Micromorphology*. John Wiley and Sons, Chichester.
- 19- Geographic Institute and Defence Ministry. 2003. *Geographic Glossary of Kerman Province Villages*, Kerman City.
- 20- Ghergherechi S. 2007. *Micromorphology and Genesis of the Soils Formed on a Climotoposequence, north-south western Golestan Province*. M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
- 21- Gile L.H. 1993. Carbonate stages in study soils of the Leasburg surface, southern New Mexico. *Soil Science*, 156: 101-110.
- 22- 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 (5):1367-1377.
- 23- Hojati S., Khademi H., and Cano A.F. 2010. Palygorskite formation under the influence of saline and alkaline groundwater in central Iranian soils. *Soil Science*, 175: 303-312. (in Persian)
- 24- Hopkins D.G., and Franzen D.W. 2003. Argillic horizons in stratified drift: luverne end moraine, eastern North Dakota. *Soil Science Society of America Journal*, 67: 1790-1796.
- 25- IUSS Working Group WRB. 2015. *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015, International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps*. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, Italy.
- 26- Jackson M.L. 1975. *Soil Chemical Analysis: Advanced Course*. University of Wisconsin, College of Agriculture, Department of Soils, Madison, Wisconsin.
- 27- Jafari M., and Sarmadian F. 2003. *Fundamentals of Soil Science*. Tehran University Press. (In Persian)
- 28- Jolicoeur S., Ildefons P., and Bouchard M. 2000. Kaolinite and gibbsite weathering of biotite within saprolites and soils of central Virginia. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 1118-1129.

- 29- Khademi H., and Mermut A.R. 1998. Source of palygorskite gypsiferous Aridisols and associated sediments from central Iran. *Clay Minerals*, 33: 561-578.
- 30- Khademi H., and Mermut A.R. 2003. Micromorphology and classification of Argids and associated gypsiferous Aridisols from central Iran. *Catena*, 54: 430-455.
- 31- Khormali F., Abtahi A., and Stoops G. 2006. Micromorphology of calcitic features in highly calcareous soils of Fars Province, southern Iran. *Geoderma*, 132: 31-46.
- 32- Khormali F., Abtahi A., Mahmoodi S., and Stoops G. 2003. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. *Catena*, 53: 273-301.
- 33- Khormali F., and Abtahi A. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, southern Iran. *Clay Minerals*, 38: 511-527.
- 34- Kittrick J.A., and Hope E.W. 1963. A procedure for the particle size separation of soil for x-ray diffraction analysis. *Soil Science Society*, 96: 312-325.
- 35- Lanyon L.E., and Heald W.R. 1982. Magnesium, calcium, strontion and barium. p. 247-260. In A.L. Page et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2. 2<sup>nd</sup> ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 36- Liaghat M., and Khormali F. 2010. Micromorphology of development of some loess-derived soils of western Golestan Province along a climo-topo-biosequence. *Journal of Water and Soil Conservation*, 18 (1):1- 32. (in Persian with English abstract)
- 37- Malkooti M.J., and Homayi M. 1994. *Soil Fertility in Arid Regions*. Tarbiat Modarres University Press. (In Persian)
- 38- Moazallahi M., and Farpoor M.H. 2012. Soil genesis and clay mineralogy along xeric-aridic climotoposequence in south central Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14: 683-696.
- 39- Monger H.C., and Adams H.P. 1996. Micromorphology of calcite-silica deposits, Yucca Mountain, Nevada. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 519-530.
- 40- Murphy C.P. 1986. *Thin Section Preparation of Soils and Sediments*. AB Academic Publishers, Berkhamsted, Herts, UK.
- 41- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic matter. p. 539-577. In A.L. Page et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2. 2<sup>nd</sup> ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 42- Nelson R.E. 1982. Carbonate and gypsum. p. 181-196. In A.L. Page et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2. 2<sup>nd</sup> ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 43- Nettleton W.D., Flach K.W., and Brusher B.R. 1969. Argillic horizons without clay skins. *Soil Science Society of America, Proceedings*, 33: 121-125.
- 44- Nodert L., Von Fischer J., and Tieszen L. 2007. Late Quaternary temperature record from buried soils of the North American Great Plains. *Geology*, 35: 159-162.
- 45- Owliaie H.R., Abtahi A., and Heck R.J. 2006. Pedogenesis and clay mineralogical investigation of soils formed on gypsiferous and calcareous materials, on a transect, southwestern Iran. *Geoderma*, 134: 62-81.
- 46- Page A.L., Miller R.H., and Kenney D.R. 1992. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. 2<sup>nd</sup> ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 47- Paquet H., and Millot C. 1972. Geochemical evolution of clay minerals in the weathered products and soils of Mediterranean climates. p. 199-202. In *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Clay Conference*. Madrid, Spain.
- 48- Phillips J., Turkington A.V., and Marine D.A. 2008. Weathering and vegetation affection early stages of soil formation. *Catena*, 72: 21-28.
- 49- Rameshni K., and Abtahi A. 1995. Effect of climate and topography on the formation of the soils of Kuhgiluye area. In *Proceedings of the 4<sup>th</sup> Congress of Soil Science*. Isfahan, Iran.
- 50- Saez A., Ingles M., Cabrera L., and Heras A. 2003. Tectonic paleo environmental forcing of clay-mineral assemblages in non marine setting: the Oligocene-Miocene Aspontes Basin (Spain). *Sedimentary Geology*, 159: 305-324.
- 51- Salehi M.H., Khademi H., and Eghbal M.K. 2002. Genesis of clay minerals in soils from Chaharmahal Bakhtiari Province, Iran. *Book of Abstracts of the Conference on Sustainable Use and Management of Soils in Arid and Semiarid Region*. Cartagena, Spain.
- 52- Sanjari S., Farpoor M.H., Eghbal M.K., and Esfandiarpour Boroujeni I. 2011. Genesis, micromorphology and clay mineralogy of soils located on different geomorphic surfaces in Jiroft area. *Journal of Water and Soil*, 25 (2): 411-425. (in Persian with English abstract)
- 53- 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, Nebraska.
- 54- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*, 12th edition. United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C., USA.
- 55- Stoops G. 2003. *Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

- 56- Toomanian N., Jalalian A., Eghbal M.K. 2001. Genesis of gypsum enriched soils in north-west Isfahan, Iran. *Geoderma*, 99: 199-224.
- 57- Yoo K., Amundson R., Heimsath A.M., and Dietrich W.E. 2006. Spatial patterns of soil organic carbon on hillslopes: integrating geomorphic processes and the biological C cycle. *Geoderma*, 130: 47-5.
- 58- Zarate M.A., Kemp R.A., and Blasi A.M. 2002. Identification and differentiation of Pleistocene paleosols in northern Pampas of Bueneos Aires, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 15: 303-310.
- 59- Zeraatpishe M., and Khormali F. 2011. The investigation of soil formation and evolution of losses derived soils in a climosequence, case study: eastern of Golestan Province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 18 (2): 45-64. (in Persian with English abstract)

## Soil Genesis as Affected by Climate and Geomorphic Surface in Rayen Area, Kerman Province

L. Nezhadzamani<sup>1</sup>- M.H. Farpoor<sup>2</sup>- A. Jafari<sup>3</sup>

Received: 25-09-2017

Accepted: 06-11-2017

**Introduction:** Genesis and development of soils are highly affected by soil forming factors and processes. Climate and topography (landform) are among the factors affecting weathering of parent material and genesis and development of soils in an area. Besides, various morphological, physical, and chemical properties, micromorphology, and clay mineralogy of soils at different geomorphic positions are usually affected by different soil forming factors including parent material and climate. The objectives of the present research were to study the effect of climate and geomorphology on physicochemical properties, micromorphology, and clay mineralogy of the soils in Rayen area, Kerman Province.

**Materials and Methods:** The study area starts from Hezar mountain elevations close to Rayen city (south east of Kerman Province) and extends to plateaus surfaces around Bam city. Quaternary and Neogene formations were found from geology point of view. Mean annual precipitation is in the range of 200-300 mm. Five landforms including rock pediment, mantled pediment, piedmont plain, plateaus, and valley were investigated during field work followed by topography, geology, and Google map studies in the area. According to 1:2500000 map provided by Soil and Water Research Institute, xeric and aridic soil moisture regimes together with mesic soil temperature regime were found in the area. Nine representative pedons were studied based on climatic regimes and different geomorphic surfaces. Pedons 1 and 2 were located on rock pediment with an aridic soil moisture regime. On the other hand, pedon 3 was located on the same surface, but with xeric moisture regime. Pedons 4 and 5 were also located on mantled pediment with aridic and xeric moisture regimes, respectively. Pedon 6 was located on piedmont plain and in the aridic moisture zone. Pedons 7, 8 (Plateaus), and 9 (Valley) were all in the aridic moisture zone. Physical and chemical properties, micromorphology, and clay mineralogy of soils were investigated and the soils were classified using USDA Soil Taxonomy (12th edition) and latest edition of World Reference Base for Soil Resources (WRB) systems.

**Results and Discussion:** Cambic, gypsic, argillic (or argic), calcic, and petrocalcic horizons were investigated during field and laboratory studies. Typic Haplocambids (pedons 1 and 2), Typic Calcixerepts (pedon 3), Typic Torriorthents (pedon 8), Calcic Petrocalcids (pedon 7), Typic Calcigypsid (pedon 6), Typic Xerorthents (pedon 5), Typic Haplocalcids (pedon 4), and Typic Calciargids (pedon 9) were classified using Soil Taxonomy (2014) and Gypsisols (pedon 6), Calcisols (pedons 3, 4, 7, and 9), Cambisols (pedons 1 and 2), and Regosols (pedons 5 and 8) Reference Soil Groups were determined using WRB (2015) system. Electrical conductivity increased from rock pediment toward valley and decreased from aridic toward xeric soil moisture regimes. Formation of argillic horizon in pedon 5 (Xeric moisture regime) was attributed to the climate of present time, but pedons 8 and 9 with aridic moisture regime could probably have experienced a climate with more available humidity for argillic horizon to be formed. Besides, petrocalcic horizon formation in pedon 7 was also attributed to a climate with more available humidity in the past. A buried soil (Btkb horizon) was determined in pedons 5 and 8 under the modern soil. Soil moisture regime change from aridic to xeric in rock pediment surface caused change of Aridisol to Inceptisol, but classification of soils in WRB system, was not affected. Secondary forms of calcium carbonate including powdery pocket, soft masses, and mycelium and secondary gypsum such as fine and coarse pendants were found during field studies. Calcite, gypsum, and clay coatings and infillings together with isolated gypsum crystals and gypsum interlocked plates were among dominant micromorphological pedofeatures investigated. Calcite coatings on aggregates and soil particles associated with clay coating prove the role of paleoclimate in soil formation. On the other hand, presence of manganese nodules is an evidence of oxidation/reduction condition taken place in the xeric moisture conditions of pedon 5 (rock pediment). Illite, chlorite, kaolinite, and smectite were investigated in both rock and mantled pediments, but palygorskite was only found in mantled pediments. Climate also played a significant role in

1, 2 and 3- M.Sc. Student, Professor and Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Respectively  
(\* - Corresponding Author Email: farpoor@uk.ac.ir)

determining the source (pedogenic or geogenic) of clay minerals.

**Conclusions:** Results of this study clearly showed the close relationship among soil formation, topography (geomorphic surface) and climate. Soil physicochemical properties, micromorphology, clay mineralogy, and soil classification were highly affected by climate and geomorphology.

**Keywords:** Argillic horizon, Bam, Paleoclimate, Palygorskite, Pedofeatures