

## مطالعه ژنتیکی ارتباط خاک و زمین‌نما در منطقه خشک فاریاب، استان کرمان

زهرا مقبلی<sup>۱</sup> - حمیدرضا اولیایی<sup>۲\*</sup> - صالح سنجری<sup>۳</sup> - ابراهیم ادهمی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۰

### چکیده

جهت افزایش بهره‌وری از خاک در کشاورزی پایدار، آگاهی از ویژگی‌های مختلف آن ضروری می‌باشد. پژوهش حاضر به منظور مطالعه نحوه تشکیل، طبقه‌بندی، کانی‌شناسی و میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه فاریاب در استان کرمان با رژیم رطوبتی و حرارتی اریدیک و هایپرترمیک، در سطوح ژئومورفیک مختلف انجام گرفت. اشکال اراضی منطقه شامل مخروط‌افکنه، دشت رسوبی، اراضی پست و تپه در منطقه بودند. بر روی هر واحد ژئومورفیک، یک یا چند خاک رخ حفر، تشریح و نمونه‌برداری شدند. نمونه‌های خاک تحت آزمایش‌های معمول قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با حرکت از واحدهای تپه و مخروط‌افکنه به سمت واحدهای پایین‌دست، بافت خاک سنگین‌تر، ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی، کربنات کلسیم معادل، هدایت الکتریکی، پهاش، نسبت سدیم جذب، بیشتر و میزان گچ کمتر گردید. زیرگروه جدید Calcic Natrigypsid برای افزودن به تاکسونومی پیشنهاد می‌شود. کانی‌های رسی شامل ایلیت، پالیگورسکیت، کلریت، اسمکتیت، کاتولینیت، ورمی کولیت و کوآرتز می‌باشند. بیشترین میزان پالیگورسکیت در افق‌های تجمعی گچ در واحدهای تپه و مخروط‌افکنه بود و با حرکت به سمت واحدهای مرکزی دشت به میزان زیادی از مقدار آن کاسته و به میزان اسمکتیت افزوده شد. کانی‌های کاتولینیت، ایلیت و کلریت، کانی‌های توارثی تشخیص داده شدند. بررسی مقاطع نازک نشان‌دهنده وجود کربنات کلسیم به شکل‌های نودول، پوشش در دیواره حفرات می‌باشد. همچنین بلورهای گچ به فرم عدسی‌شکل، کروی و بی‌شکل و یا پرشدگی و یا به صورت صفحات در هم قفل شده مشاهده شدند. پوشش رسی در افق ناتریک در موقعیت اراضی پست در دیواره کانال‌های خاک مشاهده شد. نتایج پژوهش، نمایانگر نقش مهم سطوح ژئومورفیک در تغییرپذیری ویژگی‌های خاک‌های منطقه مطالعاتی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم خشک، تکامل خاک، کانی‌شناسی رس، میکرومورفولوژی

### مقدمه

خاک‌های مختلف بیان داشتند که شدت خاکسازي تا حد زیادی به خصوصیات سطوح ژئومورفولوژی وابسته است و خصوصیات این سطوح باعث تغییر درجه هوادیدگی، میزان شست و شوی املاح محلول خاک، مراحل و فرایندهای شست و شو و انتقال مواد، عمق تجمع املاح و در نهایت عمق سولوم می‌گردد. اریدی‌سول‌ها مهمترین راسته خاک‌ها در مناطق خشک هستند. این خاک‌ها بیش از ۱۸ درصد از خاک‌های سطح زمین را اشغال کرده‌اند و بیشترین خاک‌های معمول در جهان هستند (۲۱). رابطه خاک و ژئومورفولوژی در مناطق خشک و نیمه خشک، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است (۹، ۳۰ و ۴۲).

خاک‌های گچی به طور معمول در مناطق خشک و نیمه خشک گسترش دارند (۴۸). این خاک‌ها به طور خاص، بیش‌ترین سطح را در اریدی‌سول‌های ایران تشکیل می‌دهند (۲۱). این خاک‌ها بر حسب منشاء در واحدهای ژئومورفیک متفاوتی تجمع می‌یابند و لایه‌های سخت شده گچی بیشتر به صورت موضعی در بیابان‌های گرم با

تحولات خاک تحت تأثیر عوامل خاکسازي اقلیم، مواد مادری، پستی و بلندی، موجودات زنده و زمان می‌باشد که این مجموعه تحت عنوان شرایط محیطی مختلف معرفی شده‌اند و در تشکیل و تکامل انواع خاک‌ها با درجه توسعه‌یافتگی متفاوت ایفای نقش می‌کنند. خاک‌های مختلف تحت تأثیر عوامل متفاوت و طی فرایندهای مختلف تشکیل، توسعه و تکامل می‌یابند (۱۷). رابطه خاک و ژئومورفولوژی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است (۱، ۳۷، ۳۸ و ۴۰). آنجوس و همکاران (۳) با بررسی

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

\* نویسنده مسئول: (Email: owliaie@gmail.com)

۳- مربی گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

DOI: 10.22067/jsw.v33i2.78434

در منطقه نیمه خشک گچساران در جنوب غرب ایران، خاک‌های تکامل یافته‌تر با افق‌های آرچیلیک، کلسیک و جیسیک را در سطوح پایدارتر مشاهده نمودند. کانی‌های رسی مشاهده شده در همه موقعیت‌ها از نظر نوع کم و بیش مشابه بوده اما مقادیر بیشتر پالیگورسکیت و مقادیر کمتر اسمکتیت در در خاک‌های قدیمی‌تر گچی مشاهده شدند. همچنین در مطالعات میکرومورفولوژی در این منطقه، کریستال‌های بزرگتر گچ در خاک‌های با بافت سبکتر و همچنین در سطوح پایدارتر ژئومورفیک مشاهده شدند.

بسیاری از پدیده‌ها و فرآیندهای تشکیل خاک با چشم غیر مسلح دارای وضوح کافی نیست و از این رو میکرومورفولوژی مطمئن‌ترین روش برای تشخیص فرآیندهای پیچیده در خاک است (۱۹). سنجری و همکاران (۴۲) مطالعه میکرومورفولوژی را در خاک‌های منطقه جیرفت انجام داده که این مطالعات حاکی از وجود عوارض خاکساخت پوشش رس و آهک، بلورهای سوزنی‌شکل آهک، بلورهای عدسی-شکل گچ و صفحات درهم قفل شده گچ در سطح پایدار پدیمت پوشیده می‌باشد. در شکل اراضی حدواسط، پدوفیچرهای گچ مشاهده نشد و تنها پوشش رس، پُرشدگی رس و نیز عوارض خاکساخت مرکب حاصل از پوشش رس و پرشدگی آهک مشاهده گردید. اولیایی و همکاران (۳۷) طی مطالعه میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه نیمه-خشک دهدشت و چرام در جنوب غربی ایران، پوشش و پرشدگی حفرات از بلورهای گچ و آهک و همچنین وجود نودول‌های اکسید Fe و Mn را عوارض خاکساخت غالب مشاهده شده در این خاک‌ها گزارش نمودند. همچنین وجود اشکال متفاوت از گچ در سطوح متفاوت ژئومورفیک بیانگر پویایی محیط خاک این منطقه بوده است. خرمالی و همکاران (۲۳) در مطالعه میکرومورفولوژیکی افق آرچیلیک خاک‌های شور و سدیمی، نوع متفاوتی از پوسته‌های رسی را مشاهده کردند که در معرض سدیم بالا قرار داشتند. اغلب این پوسته‌ها به صورت قطعات پراکنده مشاهده گردیدند. این نوع پوسته‌های رسی، ویژه افق‌های ناتریک می‌باشند که رس درشت در اثر انتشار توسط یون سدیم، حرکت و تجمع می‌یابد. معاذاللهی و فرپور (۲۹) بیان کردند که توپوگرافی و آب و هوا نقش مهمی در پیدایش و میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه لاله‌زار استان کرمان دارند و در این خاک‌ها، پدوفیچرهای گچ را به صورت عدسی شکل و صفحات در هم قفل شده گزارش کردند. آنها همچنین پدوفیچرهای آهک را به شکل پوشش، پرشدگی و نادول در افق‌های Btk و Bk مشاهده کردند.

نظر به عدم وجود گزارش‌های خاک‌شناسی در منطقه فاریاب در استان کرمان از یک سو و اهمیت زیاد مطالعات روابط خاک و سطوح زمین‌نما در درک فرآیندهای ژئومورفیکی و خاک‌سازی، تکامل اشکال اراضی و مدیریت خاک‌ها از سوی دیگر، این پژوهش با توجه به تنوع سطوح ژئومورفیک در این منطقه برای دستیابی به اهداف زیر صورت

بازراندگی سالیانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر دیده می‌شوند (۴۸). فرپور و همکاران (۸) ویژگی‌های اریدی‌سول‌های گچی و نمکی منطقه نوق رفسنجان را در ارتباط با سطوح ژئومورفیک بررسی کردند. بر اساس نتایج آنها منشاء گچ، واحد پدیمت سنگی در منطقه می‌باشد. تومانیان و همکاران (۴۸) نحوه تشکیل خاک را در واحدهای فیزیوگرافی در منطقه اصفهان بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که افق‌های گچی در ارتباط با سطوح ژئومورفیک از توالی تکاملی متفاوتی به لحاظ میکرومورفولوژی برخوردار هستند. تومانیان و همکاران (۴۷) با کاربرد دو سامانه تاکسونومی و طبقه‌بندی جهانی برای کلاس-بندی خاک‌های گچی شمال غربی اصفهان بیان نمودند که هرچند تاکسونومی تلاش می‌کند تا کاستی‌های موجود در سطوح بالاتر خود را در سطح فامیل برطرف کند؛ اما هنوز قادر به رقابت با سامانه طبقه‌بندی جهانی برای کلاس‌بندی خاک‌های گچی نمی‌باشد.

نوع و میزان کانی‌های رسی، بیانگر بسیاری از ویژگی‌های مربوط به تشکیل و تکامل خاک‌ها در زمان گذشته و اقلیم دیرینه آن‌ها می‌باشد (۱۸ و ۱۱). مطالعاتی در ارتباط با تعیین کانی‌های رسی خاک-های استان کرمان انجام شده است. برای مثال، فرپور و همکاران (۹) پس از مطالعه بر روی نحوه تشکیل و توزیع پالیگورسکیت و کانی‌های رسی همراه در خاک‌های موجود بر سطوح مختلف ژئومورفیک در حوالی رفسنجان دریافتند که رابطه نزدیکی بین مورفولوژی پالیگورسکیت و موقعیت ژئومورفیک وجود دارد و بیان کردند در سطوح ژئومورفیک بالادست (پدیمت سنگی)، بلورهای بزرگتر و تعداد بیشتری از این کانی وجود دارند، در حالی که در قسمت‌های پایین‌تر (پلایا)، بلورها دارای تعداد کمتر و اندازه کوچکتر می‌باشند. سنجری و همکاران (۴۲) در مطالعه کانی‌شناسی رسی خاک‌های منطقه جیرفت، وجود کانی‌های کلریت، ایلیت، پالیگورسکیت، اسمکتیت و کائولینیت را گزارش کردند. آن‌ها بیان کردند که با حرکت به سمت دشت ابرفتی، به علت بالا بودن سطح آب زیرزمینی، از پایداری پالیگورسکیت کاسته می‌شود و اسمکتیت، کانی غالب خاک می‌باشد. منشأ کانی پالیگورسکیت در اشکال اراضی پدیمت پوشیده، قدیمی حد واسط و دشت ابرفتی، به ترتیب، موروثی، پدوژنیک و آواری می‌باشد.

باهورزهی و همکاران (۴) در مطالعه کانی‌شناسی رسی خاک‌های واقع بر سطوح مختلف ژئومورفیک در منطقه ساردوئیه-جیرفت، کانی‌های رسی ایلیت، اسمکتیت، کلریت، ورمیکولیت، پالیگورسکیت و کائولینیت را گزارش کردند. آنها بیان کردند که کانی‌های پالیگورسکیت (سطح پایدار پدیمت پوشیده)، ورمیکولیت (ارضی پست) و اسمکتیت (ارضی پست) به ترتیب، دارای منشأ خاکساز، تغییر شکل یافته و اتوژنیک می‌باشند و اسمکتیت در سطوح دیگر دارای منشأ تغییر شکل یافته می‌باشد. اولیایی و همکاران (۳۸) در مطالعه یک ردیف سنگی و پستی و بلندی

می‌باشد.

منطقه فاریاب به طور عمده از رسوبات جوان دوران چهارم (کوآترنری) تشکیل شده است که شامل ماسه‌سنگ، کنگلومرا و مارن‌های گچ‌دار تشکیل شده است. این رسوبات جوان عمدتاً بر روی دو بخش شامل آبرفت‌های جوان رودخانه‌ای و مخروط‌افکنه‌های جوان قرار دارند. کوه شاه، در جنوب و جنوب شرق منطقه فاریاب با ارتفاع ۱۹۴۲ متر از سطح دریا قرار داشته که متشکل از سنگ‌های اولترابازیک شامل دولومیت، لرزولیت، هارزبورژیت بوده که به صورت موضعی سرپانتینی شده است. کوه مهرگل در شمال دشت فاریاب از آهک مرمری شده همراه با آمفیبولیت‌های شیبست سبز رنگ تشکیل شده است. کوه پاسفید در شمال شرق دشت فاریاب از فیلیت، ماسه‌سنگ دگرگونی، میکاشیست، آمفیبولیت، مرمر و کوارتزیت تشکیل شده است. هر سه این کوه‌ها مربوط به دوره Prepermian-Paleozoic است. همچنین سازندهای جوان‌تر از جنس ماسه‌سنگ، کنگلومرای گچ‌دار و مارن گچ‌دار مربوط به دوره Oligi-Mio-Pliocene در بخش‌هایی از شرق گسترش دارد.

پذیرفت: ۱- مطالعه ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی رسی و میکرومورفولوژی خاک‌ها در ارتباط با سطوح ژئومورفیک و ۲- مطالعه نحوه پیدایش و بررسی میزان کارایی و همبستگی دو سامانه رده‌بندی آمریکایی و طبقه‌بندی جهانی در ارتباط با گروه‌بندی خاک‌های منطقه مطالعاتی

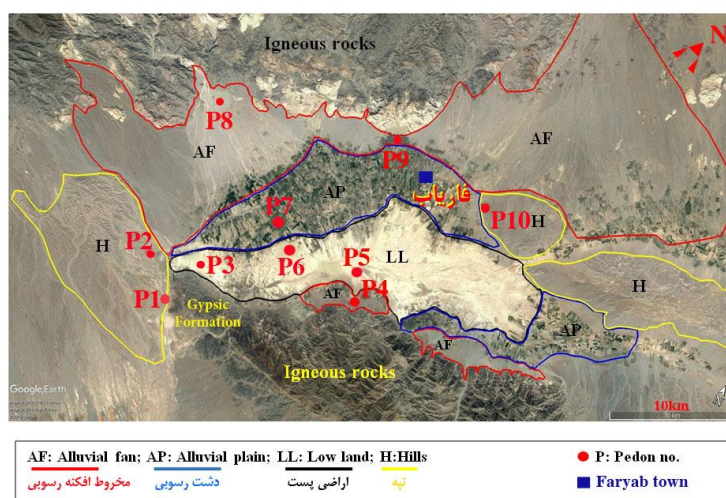
## مواد و روش‌ها

### مشخصات منطقه

دشت فاریاب با وسعت ۱۴ هزار هکتار در جنوب شرقی ایران و در فاصله‌ی ۳۳۰ کیلومتری جنوب غرب شهر کرمان، در استان کرمان قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع متوسط دشت فاریاب ۶۳۰ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط دمای این منطقه ۲۳/۸ سانتی‌گراد و میزان بارندگی سالانه آن حدود ۱۶۰ میلی‌متر است. مختصات منطقه مورد مطالعه بین عرض جغرافیایی  $28^{\circ}09'58''$  و  $28^{\circ}05'41''$  شمالی و طول جغرافیایی  $57^{\circ}13'59''$  و  $57^{\circ}23'15''$  شرقی قرار گرفته است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه به ترتیب اریدیک و هایپرترمیک



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی فاریاب در استان کرمان و ایران  
Figure 1- Location of the Faryab study area in Kerman Province and Iran



شکل ۲- عکس ماهواره‌ای منطقه مطالعاتی به همراه موقعیت‌های ژئومورفیک و خاک‌رخ‌های مطالعه شده  
Figure 2- Sattelite image of the study area along with geomorphic positions and the studied pedons

کلوخه‌های دست‌نخورده با دست و یا جعبه‌های کوبینا از افق‌های مورد نظر تهیه گردید. مقاطع نازک تهیه شده (۳۲) با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان مدل Lite مورد مطالعه، تشریح (۴۶) و در دو حالت نورپولاریزه صفحه‌ای (PPL) و متقاطع (XPL) مورد مطالعه و از قسمت‌های مورد نظر بوسیله دوربین دیجیتالی عکسبرداری گردید.

## نتایج و بحث

### ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و نحوه‌ی تشکیل و

#### طبقه‌بندی خاک‌ها

موقعیت اشکال اراضی و خاک‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است. جدول ۱ برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شاهد را نشان می‌دهد. جدول ۲ میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک واحدهای ژئومورفیک را به تفکیک نشان می‌دهد. بافت خاک منطقه به طور کلی سبک تا بسیار سبک بوده (به جز خاک‌های ۵ تا ۷ که در موقعیت‌های اراضی پست و دشت رسوبی قرار دارند) میانگین میزان شن، سیت و رس در خاک‌های منطقه به ترتیب ۶۳/۹، ۲۱/۵ و ۱۴/۶ درصد می‌باشد (جدول ۱). بیشترین میزان شن در خاک‌های ۴، ۸ و ۱۰ در موقعیت‌های مخروط‌افکنه (۸۴/۵ درصد) و تپه (۷۶/۹ درصد) مشاهده شد (جدول ۲). پهاش خاک‌ها نیز در دامنه ۷/۱ تا ۸/۲ گزارش شد. مقادیر بالاتر پهاش در خاک‌های سدیمی با مقادیر بالاتر سدیم محلول و SAR مشاهده شدند. این خاک‌ها در موقعیت اراضی پست و دشت رسوبی (خاک‌های ۵، ۶ و ۷) قرار داشتند. براساس نتایج جدول ۲ مقدار میانگین پهاش در اراضی پست و دشت رسوبی ۷/۸۶ و ۷/۶۲ و در واحدهای تپه و مخروط افکنه به ترتیب ۷/۴۱ و ۷/۴۲ بوده است که نشان دهنده تجمع سدیم در اراضی پست‌تر بوده است. بر همین اساس میزان SAR در اراضی پست و دشت رسوبی به ترتیب ۷۸/۱ و ۳۹/۷ و بالاتر از حد بحرانی ۱۳ که مرز خاک سدیمی و غیر سدیمی است، می‌باشد (جدول ۲). هدایت الکتریکی (EC) خاک‌های منطقه در دامنه ۰/۳ تا ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. خاک‌های شور منطقه در موقعیت اراضی پست (خاک‌های ۳، ۵ و ۶) با زهکشی نسبتاً ضعیف قرار داشتند. خاک ۷ نیز در موقعیت دشت رسوبی و در حاشیه اراضی پست قرار داشته و نسبت به سایر خاک‌ها شوری بیشتری را نشان داد. مقدار میانگین هدایت الکتریکی در اراضی پست و دشت رسوبی ۴/۲ و ۲/۳۴ و در واحدهای تپه و مخروط افکنه به دلیل بافت سبک‌تر و شیب بیشتر به ترتیب ۰/۳۲ و ۰/۵۸ دسی‌زیمنس بر متر بوده است.

با توجه به حضور سازندهای گچی به ویژه در بخش‌های شرقی و جنوبی منطقه، انتظار حضور این ترکیب در خاک منطقه می‌رفت.

در مجموع دشت فاریاب متأثر از سازندهای رسوبی، آذرین و دگرگونی می‌باشد (۱۲). پوشش درختی و درختچه‌ای منطقه شامل کهور، کنار، گز، اسکنبیل و پوشش علفی شامل آلاله، آویشن، پونه، مریم گلی و گون می‌باشد. حدود ۷۰۰ هکتار از منطقه به باغ‌های مرکبات و نخلستان اختصاص پیدا کرده است.

برای انجام این پژوهش، ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰۰)، نقشه‌های زمین‌شناسی (۱:۲۵۰۰۰۰)، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارت و مطالعات صحرایی، اشکال اراضی مخروط‌افکنه، دشت رسوبی، اراضی پست و تپه در منطقه مطالعاتی شناسایی و تفکیک شدند (شکل ۲). سپس تعداد ۱۰ خاک‌رو روی اشکال اراضی مزبور حفر، تشریح (۴۴) و از افق‌های ژنتیکی آن‌ها برای انجام آزمایش‌های مورد نظر نمونه‌برداری شد. پس از انجام آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی، کانی‌شناسی رسی و میکرومورفولوژی، خاک‌های منطقه مطالعاتی توسط سامانه رده‌بندی آمریکایی (۴۵) و طبقه‌بندی جهانی (۱۴) رده‌بندی شدند.

### تجزیه‌های آزمایشگاهی

نمونه‌ها در آزمایشگاه، هوا خشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. برای تعیین بافت خاک، از روش هیدرومتر (۷) استفاده گردید. واکنش خاک در گل اشباع توسط دستگاه پهاش‌سنج مدل Jenway، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی مدل Jenway اندازه‌گیری شد. کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون برگشتی (۴۰)، گچ به روش ترسیب با استون (۳۴)، ماده آلی به روش اکسایش تر (۳۳)، سدیم محلول به‌وسیله دستگاه نشر اتمی مدل Jenway و کلسیم و منیزیم محلول به‌وسیله تیتراسیون (۲۶) تعیین گردید.

### مطالعات کانی‌شناسی رس

پس از طی مراحل آماده‌سازی به روش جکسون (۱۵) و کیتریک و هوپ (۲۵)، بخش رس موجود در نمونه‌های خاک با استفاده از سانتریفیوژ جدا و چهار تیمار مختلف شامل اشباع با منیزیم، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول، اشباع با پتاسیم و اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس تهیه شد. نمونه‌های آماده شده به‌وسیله دستگاه پراش پرتو ایکس مدل Bruker در زاویه ۲θ بین صفر تا ۴۰ درجه در ولتاژ ۴۰ کیلوولت و شدت جریان ۳۰ میلی‌آمپر بررسی و نمودارهای پراش پرتو ایکس مربوطه حاصل شد.

### مطالعات میکرومورفولوژی

جهت مطالعات میکرومورفولوژی در زمان تشریح خاک‌ها،

می‌باشد.

به جز خاک‌رخ‌های ۳، ۵، ۶ و ۷ (واحدهای دشت رسوبی و اراضی پست)، سایر خاک‌رخ‌ها دارای حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد سنگریزه در سطح بودند که به طور معمول با افزایش عمق مقدار آن زیاد می‌شود. خاک‌های منطقه بر اساس طبقه‌بندی تاکسونومی در راسته اریدیسول و در سه زیر راسته Argids، Calcids و Gypsids و بر اساس طبقه‌بندی سامانه جهانی در سه گروه مرجع Gypsisols، Solonetz و Calcisols طبقه‌بندی شدند (جدول ۱). در خاک‌رخ‌های ۱ و ۲ حضور توام آهک و گچ ثانویه مشاهده شد که البته حضور گچ مشهودتر بوده است و با توجه به حلالیت و تحرک بیشتر گچ نسبت به آهک، افق جیسیک در زیر افق کلسیک تشکیل شده است. رده‌بندی هر دو خاک مزبور بر اساس سامانه رده‌بندی آمریکایی به صورت Typic Calcigypsids می‌باشد. میزان شوری، پهاش و SAR به دلیل شیب بیشتر و حرکت املاح به طرف سطوح پایین‌دست، در مقایسه با خاک‌رخ‌های ۳، ۵، ۶ و ۷ کمتر می‌باشد. خاک‌رخ‌های ۴، ۸ و ۹ بر روی موقعیت مخروط‌افکنه قرار گرفته‌اند. هر سه این خاک‌رخ‌ها دارای تجمع گچ ثانویه در افق‌های زیرین بوده و دارای بافت بسیار سبک با زهکشی خوب بوده‌اند. رده‌بندی این خاک‌ها بر اساس سامانه رده‌بندی آمریکایی به صورت Typic Haplogypsids و بر مبنای سامانه رده‌بندی جهانی Haplic Gypsisols می‌باشد. خاک‌رخ‌های ۳، ۵ و ۶ در واحد اراضی پست قرار داشته و دارای بیشترین میزان رس (۲۵٪)، ماده آلی (۰/۶۲٪)، گچ (۱۴٪)، هدایت الکتریکی (۴/۲ دسی‌زیمنس بر متر)، ظرفیت تبادل کاتیونی (۱۰/۳ سانتی‌مول بر کیلوگرم)، سدیم (۳۱۴ میلی‌اکی والان بر لیتر) و SAR (۷۸/۱) می‌باشند (جدول ۲). رده‌بندی این خاک‌ها بر اساس سامانه رده‌بندی آمریکایی به صورت Typic Natrigypsids و بر مبنای سامانه رده‌بندی جهانی Gypsic Solonetz می‌باشد.

یکی از وظائف مهم سامانه‌های طبقه‌بندی خاک، شناسایی تفاوت ویژگی‌های مهم خاک برای اهداف مدیریتی می‌باشد. از نظر مقایسه قابلیت دو سامانه تاکسونومی و رده‌بندی جهانی (WRB) در طبقه‌بندی خاک‌های این منطقه بایستی ذکر کرد که سامانه رده‌بندی جهانی، وجود ویژگی فلوویک (Fluvic) را در برخی خاک‌رخ‌ها در سطح صفت کمی نشان می‌دهد، در حالی که در تاکسونومی در زیر راسته‌های Argids و Gypsids مشخصه‌ای برای بیان این ویژگی تاسطح زیرگروه ارائه نشده است. در تاکسونومی میان افق تجمع گچ (Gypsum) و انهدریت (Anhydrite) تمایز قائل شده و در کانی‌شناسی و نامگذاری افق این تمایز لحاظ می‌شود، در حالی که این تفکیک در رده‌بندی جهانی (WRB) صورت نگرفته است. مورد دیگر اینکه حضور پوشش رسی در خاک سدیمی Solonetz که با صفت کمی cutanic (و نه صفت اصلی) نشان داده می‌شود در حالی که در تاکسونومی حضور پوشش رسی در شرایط سدیمی (افق ناتریک) در

مقدار میانگین گچ در خاک‌های منطقه ۱۰/۶ درصد و در دامنه مقادیر ناچیز تا ۴۱/۲ درصد (افق Bym خاک‌رخ ۲) متغیر بوده است. گچ ثانویه در این خاک‌ها به شکل میسلیم (رشته‌ای)، بلورین، آویزه (پندانت) و سخت کفه مشاهده شد (شکل ۳). فرپور و همکاران (۸) منشأ گچ را در ایران مرکزی در نتیجه فعالیت‌های کوه‌زایی اواخر کرتاسه تا میوسن می‌دانند. در اثر این فعالیت‌ها دریای عمیق تتیس به چندین دریاچه کم عمق بسته مجزا تقسیم گردیده است. تبخیر آب این دریاچه‌ها در اثر آب و هوای گرم و خشک ترشیاری باعث تبلور کانی گچ در سواحل این دریاچه‌ها شده است. مقدار میانگین کربنات کلسیم معادل خاک ۳۴/۲ درصد و در دامنه ۱۳/۶ تا ۵۳ درصد بوده است (جدول ۱). کربنات کلسیم ثانویه خاک در اشکال رشته‌ای، تجمعات نرم و سخت دانه مشاهده شد. با توجه به حلالیت ناچیز کربنات کلسیم و جوان بودن خاک‌های منطقه تمایز چندان زیادی از نظر میزان کربنات کلسیم معادل در بین واحدهای مختلف مشاهده نشد (جدول ۲). مقادیر کربن آلی خاک نیز با توجه فقر پوشش گیاهی کم بوده و حداکثر به یک درصد می‌رسد. نکته قابل توجه تغییرات نامنظم میزان کربن آلی با عمق در بسیاری از خاک‌رخ‌ها به ویژه در واحدهای دشت رسوبی و اراضی پست بوده که بیانگر رسوبگذاری‌های متوالی در دوره‌های گذشته بوده است (ویژگی فلوویال). حداکثر میزان میانگین کربن آلی در واحد اراضی پست ۰/۶۲ درصد و حداقل در واحدهای تپه و مخروط افکنه ۰/۳۶ درصد بوده است. آبشویی رس نیز در مناطق مرکزی دشت در واحدهای دشت رسوبی و اراضی پست (خاک‌رخ‌های ۳، ۵، ۶ و ۷) مشاهده گردید که علاوه بر افزایش نسبی میزان رس، پوشش رسی به صورت پوسته‌های رسی پراکنده بر روی واحدهای ساختمانی خاک مشاهده شدند. شرایط سدیمی این خاک با پراکنش خاکدانه‌ها امکان جدا شدن ذرات و انتقال عمودی آنها را در طول خاک‌رخ فراهم نموده است. با توجه به اقلیم خشک کنونی منطقه محتمل است که افق تجمع رس در این خاک‌رخ‌ها مربوط به اقلیم مرطوب‌تر گذشته است. شواهد وجود آب و هوای مرطوب‌تر در گذشته ایران مرکزی توسط خرمالی و همکاران (۲۲)، خادمی و مرموت (۲۱) و فرپور و همکاران (۹) نیز گزارش شده است. 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. رطوبت قابل دسترس بیش‌تر در اقلیم گذشته باعث شست‌وشوی کربنات‌ها و سولفات‌ها و به دنبال آن تسهیل انتقال رس و تشکیل افق تجمع رس آبشویی شده گردیده 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 (۱۰). تلتون و همکاران (۳۵) معتقدند افق آرجیلیک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، پدیده‌ای معمول

سطح گروه بزرگ (Natrigypsids) نشان داده می‌شود که جایگاه بالاتری است.

همچنین کانی‌شناسی خاک که به ویژه در مدیریت خاک اهمیت دارد، در سامانه آمریکایی در سطح فامیل نشان داده می‌شود در حالی که در سامانه جهانی در اکثر موارد این ویژگی در نام خاک ذکر نمی‌شود. به علاوه در صورت حضور توأمان افق‌های کلسیک، جیپسیک و ناتریک در فاصله ۱۰۰ سانتی‌متری سطح خاک (خاکرخ ۳)، رده‌بندی خاک بر اساس تاکسونومی در سطح زیرگروه به صورت Typic Natrigypsids می‌باشد، در حالی که حضور افق کلسیک نشان داده نمی‌شود، در حالی که در رده‌بندی جهانی به صورت Calcic Gypsic Solonetz (cutanic) طبقه‌بندی می‌شود که هر سه ویژگی در گروه مرجع و صفات اصلی و کمکی نشان داده می‌شود. پیشنهاد می‌شود برای این منظور زیرگروه جدید Calcic Natrigypsids به تاکسونومی افزوده شود. در مجموع می‌توان بیان کرد که هر چند سامانه طبقه‌بندی جهانی، از دو سطح مختلف در ساختار خود بهره می‌گیرد؛ اما به دلیل انعطاف‌پذیری در استفاده از صفات مختلف، در اغلب اوقات، به یک سطح قابل قبول از صحت طبقه‌بندی خاک‌های این منطقه به عنوان نمونه‌ای از خاک‌های مناطق خشک با مواد مادری گچی، نمکی و آهکی دست می‌یابد. سرمست و همکاران (۴۳) در مطالعه توانمندی دو سامانه طبقه‌بندی یاد شده در خاک‌های آهکی و گچی مرکز ایران، اظهار نمودند که هر کدام از این دو سامانه دارای نقاط ضعف و قوت خاص خود می‌باشند، اما در مجموع سامانه رده‌بندی جهانی را دارای انعطاف‌پذیری بیشتری جهت توصیف خاک‌های مطالعه شده دانسته‌اند اما استفاده همزمان از هر دو سامانه را توصیه نموده‌اند.

### کانی‌شناسی رسی خاک‌ها

جدول ۳ مقادیر نیمه‌کمی کانی‌های رسی مشاهده شده را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج کانی‌های مشاهده شده به ترتیب شامل ایلیت، پالیگورسکیت، کلریت، اسمکتیت، کائولینیت، ورمی‌کولیت و کوارتز می‌باشند. حضور این کانی‌ها در خاک‌های مناطق خشک جنوب ایران در منابع زیادی گزارش شده است (۲۷، ۹، ۴۲، ۳۹ و ۴). بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش کانی‌های ایلیت و کلریت در تمامی خاکرخ‌ها در مقادیر متوسط تا نسبتاً زیادی حضور دارند. با توجه به رژیم آریدیک منطقه و میزان بالای این کانی‌ها در مواد مادری (از جمله افق‌های C خاکرخ‌های ۸ و ۱۰) و هوازدگی پایین، این کانی‌ها با منشأ زمین‌ساخت به خاک‌های منطقه منتقل شده‌اند. نقش توارث در منشأ کانی کلریت در خاک‌های منطقه 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 (۲۳) معتقدند که فراوانی کلریت در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک استان فارس به حضور آن در سنگ بستر ارتباط دارد. همچنین با توجه به عدم شرایط اقلیمی لازم برای تشکیل کانی کائولینیت، منشأ مادری و یا بادرستی برای این کانی در خاک‌های منطقه مورد انتظار است. خرمالی و ابطحی (۲۳) وجود کانی‌های کلریت، ایلیت و کائولینیت را در خاک‌های مناطق خشک گزارش کردند و منشأ ارثی را عامل اصلی وجود آن‌ها در خاک می‌دانند.



بادورهای سوزنی شکل گچ (خاکرخ ۲) (P2) Needle-like gypsum



سخت گدگ گچی (خاکرخ ۲) (P2) Gypsic hardpan



آویزه گچی (خاکرخ ۲) (P2) Gypsum pendent



آویزه گچی (خاکرخ ۱) (P1) Gypsum pendent

شکل ۳- برخی عوارض گچی مشاهده شده در خاکرخ‌های مطالعه شده  
Figure 3- Some gypsiferous pedofeatures in the studied pedons

کانی اسمکتیت در مقابل کاهش میزان پالیگورسکیت می‌تواند بیانگر تغییر شکل این کانی در نتیجه آبشویی و افزایش هوازدگی باشد. اولیایی و همکاران (۳۸) در مطالعه رابطه ویژگی‌های پدوژنیک خاک و زمین‌نما در خاک‌های نیمه‌خشک جنوب غرب ایران اظهار داشتند که مقدار زیادی از اسمکتیت از مواد مادری حاوی مارن به ارث برده می‌شود، گرچه بعضی از آن‌ها ممکن است محصول تبدیل ایلیت و همچنین هوازدگی پالیگورسکیت، به ویژه در افق‌های سطحی باشد. نورمندی‌پور و همکاران (۳۶) با مطالعه خاک‌های گچی منطقه کشکوئیه کرمان، تشکیل اسمکتیت در این خاک‌ها را نتیجه تغییر شکل پالیگورسکیت به اسمکتیت گزارش کرده‌اند. پالیگورسکیت از کانی‌های حساس به میزان هوازدگی و بارندگی در منطقه است. بر اساس نظر پاکوت و میلوت (۴۱) در صورتی که بارندگی سالیانه منطقه از ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید، پالیگورسکیت به اسمکتیت تبدیل می‌شود. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روشی نمونه‌های خاک منطقه نیز حضور رشته‌های کلافرمانند این کانی را به صورت بیرون‌زدگی‌های شعاعی از درون کانی‌های گچی نشان می‌دهد (شکل ۵). محققان معتقدند این نوع آرایش سوزن‌های پالیگورسکیت بیانگر پدوژنیک بودن این کانی است (۳۷). میلوت (۲۸) معتقد است که برای تشکیل پالیگورسکیت، شرایط شیمیایی خاصی نظیر وجود کربنات‌ها ضروری بوده و محیط غنی از سیلیکا، آهنک و منیزیم تشکیل این کانی را تسریع می‌کند. لذا با توجه به وجود شرایط مزبور در سطوح بالادست این منطقه، منشأ پدوژنیک برای کانی پالیگورسکیت مورد انتظار است. اولیایی و همکاران (۳۷) در مطالعه‌ای بر روی خاک‌هایی با مواد مادری آهنکی و گچی در جنوب غرب ایران نیز، پالیگورسکیت را به صورت بیرون‌زدگی‌هایی بر روی سطح بلورهای گچ مشاهده و به منشأ پدوژنیک بودن این کانی اشاره کردند. خاک‌های گچی و آهنکی قادر به ایجاد محیط قلیایی بافر به همراه کاتیون‌ها و آنیون‌های لازم برای تبلور پالیگورسکیت می‌باشند، اما ویژگی‌های شیمیایی محلول در خاک‌های گچی در مقایسه با خاک‌های آهنکی شرایط مناسب‌تری را برای تشکیل کانی پالیگورسکیت ایجاد می‌کند (۳۷).

#### میکرومورفولوژی خاک‌ها

خلاصه ویژگی‌های میکرومورفولوژیکی خاک‌های منطقه در جدول ۴ نشان داده شده است. عوارض خاکساخت یا همان پدوفیچرهای مشاهده در مقاطع نازک خاک‌ها شامل گچ (پوشش درون حفرات، بلورهای عدسی شکل در ابعاد مختلف در حفرات و زمینه خاک، صفحات در هم قفل شده گچی)، کربنات کلسیم (پوشش درون حفرات و پرشدگی و سخت‌دانه)، پوشش رس در امتداد کانال و حفرات و تجمعات اکسیدهای آهن و منگنز در زمینه خاک بوده‌اند. کانی‌های اولیه‌ای چون کوارتز، میکا، کلریت، پروکسن و مگنتیت نیز

بیشترین مقادیر کانی اسمکتیت در واحدهای اراضی پست و دشت رسوبی (خاک‌رخ‌های ۳، ۵، ۶ و ۷) مشاهده شدند. تیمار نمونه‌های رسی با اتیلن گلیکول موجب انبساط پیک ۱/۴ نانومتری به بیش از ۱/۷ نانومتر شده است که بیانگر پایین بودن بار لایه‌ای این رس می‌باشد (شکل ۴ ب و ۴ د). مقادیر اندک اسمکتیت در نمونه‌های رس واحدهای بالادست از جمله تپه و مخروط‌افکنه و افزایش نسبتاً زیاد این کانی در واحدهای دشت رسوبی و اراضی پست می‌تواند بیانگر تشکیل پدوژنیک این کانی در واحدهای پست‌تر و با شیب کمتر، با توجه به مهیا بودن شرایط شیمیایی تشکیل این کانی در خاک می‌باشد. طبق اظهارات بورچاردت (۶) عواملی که منشاء و تشکیل اسمکتیت‌ها را در خاک‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهند عبارت از توپوگرافی پست، زهکشی ضعیف و مواد مادری غنی از بازها می‌باشند، که منجر به شرایط شیمیایی مساعد برای تشکیل اسمکتیت یعنی pH بالا، فعالیت بالای سیلیسیم و کاتیون‌های بازی فراوان می‌گردد. همچنین حضور کوه‌های آذرین شاه، مهرگل و پاسفید در منطقه، امکان تشکیل اسمکتیت را از میکای موجود در سنگ‌های مشتق شده از این رشته کوه ممکن می‌سازد. فریور و همکاران (۹) در بررسی اربیدی‌سول‌های گچی و نمکی 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 نتوزن 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. در پراش‌نگاشت‌های برخی نمونه‌ها از جمله افق 2Btyzn1 خاک‌رخ ۵ در واحد اراضی پست، تیمار پتاسیم منجر به کاهش شدت پیک ۱/۴ نانومتر و افزایش شدت پیک ۱/۰ نانومتر گردیده که به حضور برخی کانی‌های انبساط‌پذیر با بار لایه‌ای زیاد مثل ورمی‌کولیت نسبت داده می‌شود. این کانی به عنوان یک کانی حدواسط در تغییر شکل کانی‌های میکایی به اسمکتیت مطرح می‌باشد (۲۵)

کانی رشته‌ای پالیگورسکیت نیز در مقادیر متوسط تا نسبتاً زیادی در خاک‌های منطقه مشاهده شد. پیک‌های رده اول ۱/۰۵ و رده دوم ۰/۶۴ نانومتر در پراش‌نگاشت، بیانگر حضور این کانی می‌باشد (شکل ۴ الف، ب، د). نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بیشترین میزان این کانی در افق‌های تجمعی گچ (By و Cy) در واحدهای تپه و مخروط‌افکنه بوده و با حرکت به سمت واحدهای مرکزی دشت به میزان زیادی از مقدار این کانی کاسته می‌شود. افزایش نسبی میزان

گچ با توجه به گسترش سازندهای گچی در منطقه در بسیاری از خاک‌ها مشاهده شدند. این بلورها به طور معمول در فرم‌های عدسی شکل، شبه شش ضلعی، مدور، بی‌شکل و همچنین به صورت صفحات در هم قفل شده مشاهده شدند. به طور معمول با توجه به حلالیت نسبتاً زیاد این کانی، میزان گچ با افزایش عمق زیاد می‌شود. صفحات در هم قفل شده در حفرات خاک می‌تواند در اثر حل شدن سایر شکل‌های گچ از جمله بلورهای عدسی شکل باشد.

جعفرزاده و بورنهام (۱۶) گزارش کردند که امکان تشکیل بلورهای عدسی شکل گچ در تمام شرایط آب و هوایی وجود دارد. اندازه حفرات و بافت خاک ارتباط مستقیمی در اندازه بلورهای عدسی شکل گچ دارند. در خاک‌های مطالعه شده این بلورها در اندازه ۵۰ تا ۴۰۰۰ میکرومتر مشاهده شدند (شکل ۶ع و ۶د). در مطالعات انجام شده توسط اولیایی و همکاران (۳۷) بلورهای عدسی شکل بزرگتر گچ، در خاک‌های با بافت سبک‌تر و همچنین در سطوح پایدارتر ژئومورفیک مشاهده شدند. فریور و همکاران (۸) ضمن مطالعه خاک‌های گچی منطقه نوق رفسنجان، به کم شدن سنگریزه، ریزتر شدن خلل و فرج و ریزتر شدن بافت خاک به عنوان شرایط تشکیل فرم عدسی گچ اشاره نموده‌اند. هاشمی و همکاران (۱۳) معتقدند که حضور کلرید سدیم منجر به دهیدراته شدن و جذب رطوبت از محیط اطراف شده و لذا به رشد بلورهای گچ کمک می‌کند. نامبردگان همچنین اشاره نمودند که میکرومورفولوژی گچ به میزان زیادی تابع رژیم رطوبتی خاک است به گونه‌ای که در رژیم آریدیک بیشتر فرم‌های سوزنی، فیبری، منشوری، تیغه‌ای و صفحات در هم قفل شده و در رژیم نیمه‌خشک فرم عدسی شکل غالب است.

در خاک‌های ۳ و ۵، افق‌های تجمع توام گچ و آهک مشاهده شدند. به طور معمول انتظار وجود آهک و گچ در مجاورت یکدیگر به دلیل تفاوت در حلالیت آن‌ها نمی‌رود. اگر گچ قبل از آهک تجمع می‌یافت، با توجه به حلالیت بالاتر گچ نسبت به آهک، می‌بایست در هنگام تجمع آهک، گچ آبشویی می‌شد. به نظر می‌رسد 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. مقیسه و حیدری (۳۱) در مطالعه خاک‌های پلی‌ژنیک شور و گچی منطقه بم در استان کرمان، حضور توام نمک‌های با حلالیت مختلف در یک افق را بیانگر افزوده شدن آنها به یک افق در دوره‌های مختلف یا همان پلی‌ژنیک بودن خاک می‌دانند. در مجموع نتایج نشان می‌دهد که ویژگی‌های میکرومورفولوژیکی خاک‌های منطقه به میزان زیادی از موقعیت ژئومورفیک، بافت خاک و مواد مادری می‌باشد. حضور تجمعات اکسید آهن نیز به ویژه در خاک‌های اراضی پست به تناوب دوره‌های اکسایش و کاهش در خاک و انحلال و رسوب این ترکیبات مرتبط می‌باشد (شکل ۶ الف).

جزء کانی‌های زمین‌زاد مشاهده شده در نمونه‌های خاک بوده‌اند. توزیع ذرات درشت به ریز ( $10 \mu\text{m}$ ) در دامنه  $3/7$  تا  $8/2$  و فاصله میان اجزای درشت در دامنه باز تا بسته بوده است. از آنجا که در همه نمونه‌ها واحدهای بزرگ‌تر در یک زمینه متراکم از واحدهای کوچکتر قرار گرفته‌اند، توزیع به صورت پورفیریک بوده است. در مطالعات صحرایی در افق B واحدهای اراضی پست و دشت رسوبی مقادیری پوشش رسی بر روی واحدهای ساختمانی مشاهده شدند. افزایش میزان رس آبشویی شده در این افق‌ها نسبت به افق‌های بالایی شرایط را برای در نظر گرفتن این افق‌ها به عنوان آرجیلیک (ناتریک) مهیا نموده‌است. مطالعات میکرومورفولوژیکی، نشان‌دهنده وجود عوارض خاکساخت پوشش رس و بلورهای گچ در این افق‌ها می‌باشد (شکل ۶د). عوارض خاکساخت یاد شده باعث ایجاد بی‌فابریک خرده بلوری<sup>۱</sup> و حفره محور در این افق‌ها شده است. به طور معمول نتایج مطالعات میکرومورفولوژی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک نشان داده‌اند که پوسته‌های رسی در این افق‌ها بسیار کم بوده که پژوهشگران این امر را به خصوصیت انبساط و انقباض این خاک‌ها در اثر رس زیاد و شرایط خشکی و رطوبتی دوره‌ای این مناطق نسبت می‌دهند (۲۰ و ۴۹). پوشش‌های رس در خاک، شواهدی از انتقال رس از افق‌های بالایی به افق‌های تحتانی در نتیجه نفوذ آب هستند که بافت نسبتاً سبک تا متوسط 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 رس انتقال یافته نگهداری شود (۵). در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله منطقه فاریاب، افق ناتریک سریعتر از افق آرجیلیک تشکیل می‌شود که علت آن خصوصیت پراکنش‌دهندگی سدیم و نقش مهم آن در متلاشی‌کردن خاکدانه‌ها و در نتیجه انتقال سریعتر کلویدهای رسی به اعماق خاک است.

ابطحی (۲) در بررسی تأثیر پستی و بلندی و عمق سفره آب زیرزمینی شور و سدیمی در تشکیل خاک منطقه سروستان به این نتیجه رسید که در دشت‌های رسوبی با سفره آب نسبتاً عمیق افق جیپسیک، در دشت‌های دامنه‌ای پایین با سفره آب عمیق افق ناتریک و در دشت‌های دامنه‌ای بالایی با سفره آب خیلی عمیق، افق آرجیلیک تشکیل شده‌اند. نتایج پژوهش فریور و همکاران (۸) در منطقه نوق رفسنجان نشان داد که افق Bt موجود در این منطقه، در اثر اقلیم مرطوب‌تر گذشته تشکیل شده است و با افزایش نمک از سطوح اطراف به سطح پلایا و سپس شست‌وشوی عمقی آن، این افق به صورت Btz (آرجیلیک و سالیک) در آمده است. بلورهای



جدول ۲- میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک واحدهای ژئومورفیک در منطقه مطالعه شده

Table 2- The average of physical and chemical properties of the soils of geomorphic units in the study area

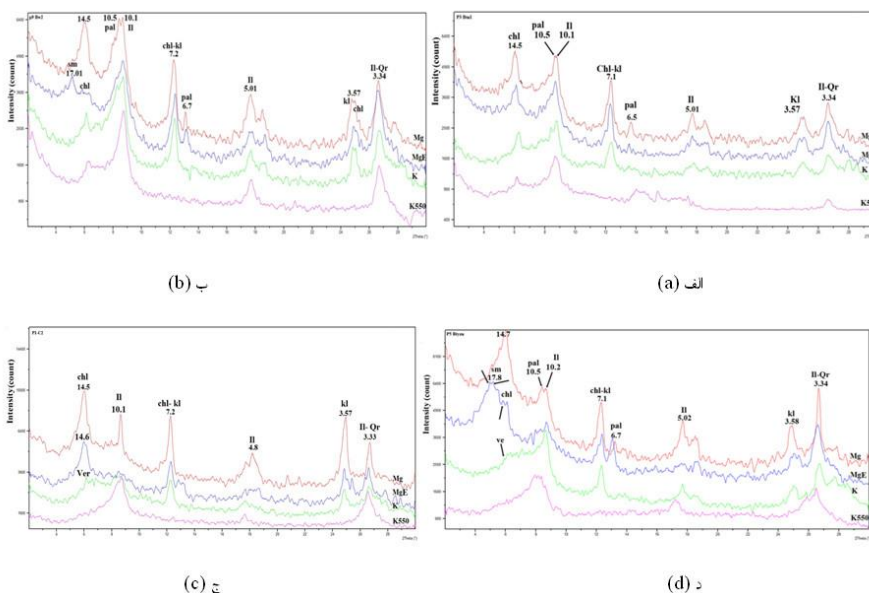
واحد ژئومورفیک Geomorphic unit	شن Sand (%)	رس Clay (%)	pH (کل اشباع)	ماده آلی OM (%)	گچ Gypsum (%)	آهک CCE (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC cmol <sub>(+)</sub> kg <sup>-1</sup>	سدیم Na me.l <sup>-1</sup> (l)	نسبت سدیم جذبی SAR
تپه Hill	76.9	9.1	7.41	0.36	10.0	33.3	0.32	7.95	3.34	4.0
مخروط افکنه Alluvial fax	84.5	6.0	7.42	0.36	11.4	32.5	0.58	7.8	3.17	4.6
اراضی پست Low land	36.5	25.0	7.86	0.62	14.0	37.4	4.2	10.3	314	78.1
دشت رسوبی Alluvial plain	51.8	23.0	7.62	0.56	0.78	37.8	2.34	9.84	218	39.7

جدول ۳- فراوانی نسبی کانی‌های رسی در برخی خاک‌های مطالعه شده

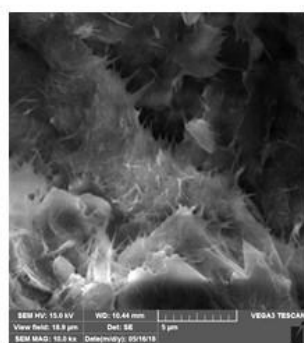
Table 3- Relative frequency of clay minerals in selected soils under study

خاکرخ Pedon	افق Horizon	اسمکتیت Smectite	ایلیت Illite	کلریت Chlorite	ورمیکولیت Vermiculite	کائولینیت Kaolinite	پالگورسکیت Palygorskite	کوارتز Quartz
1	By3	+	++	++	-	+	+++	+
3	Btyn1	++	+++	++	-	+	++	-
5	2Btyzn1	++	++	+	++	+	++	+
6	Byz	+++	++	++	+	++	-	+
7	2Bt2	++	++	++	-	+	++	+
8	Cy3	-	+++	++	+	++	++	+
9	By2	-	+++	++	-	++	+++	-
10	Ck2	-	++	+++	+	+	++	-

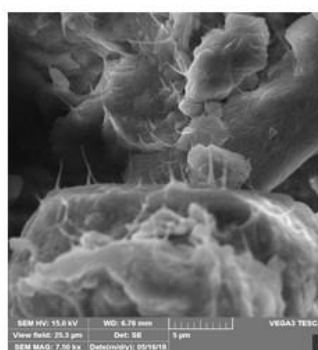
- جزئی یا وجود ندارد، +: کمتر از ۱۵ درصد، ++: ۱۵ درصد تا کمتر از ۲۵ درصد، +++: ۲۵ درصد تا کمتر از ۳۵ درصد، ++++: ۳۵ درصد تا ۴۵ درصد  
-: negligible; +: <15%; ++: 15-25%; +++: 25-35%; ++++: >35%.



شکل ۴- پراش نگاشت‌های رس. الف) افق By2 خاکرخ ۹، ب) افق Btyn1 خاکرخ ۳، ج) افق y3 خاکرخ ۸، د) افق 2Btyzn1 خاکرخ ۵، Mg: اشباع با منیزیم، MgE: اشباع با منیزیم و اتیلن گلیکول، K: اشباع با پتاسیم K550: اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد  
Figure 4- X-Ray diffractograms of the clay fraction, a) P9/By2, b) P3/Btyn1 c) P8/Cy3, d) P5/2Btyzn1, Mg= Mg saturated; MgE= Mg saturated with Ethylene glycol; K=K saturated; K550=K saturated and heated to 550 °C, Sm: Smectite, V: Vermiculite, Ch:Chlorite, K:Kaolinite, I: Illite, Pal:Palygorskite



ب (b)



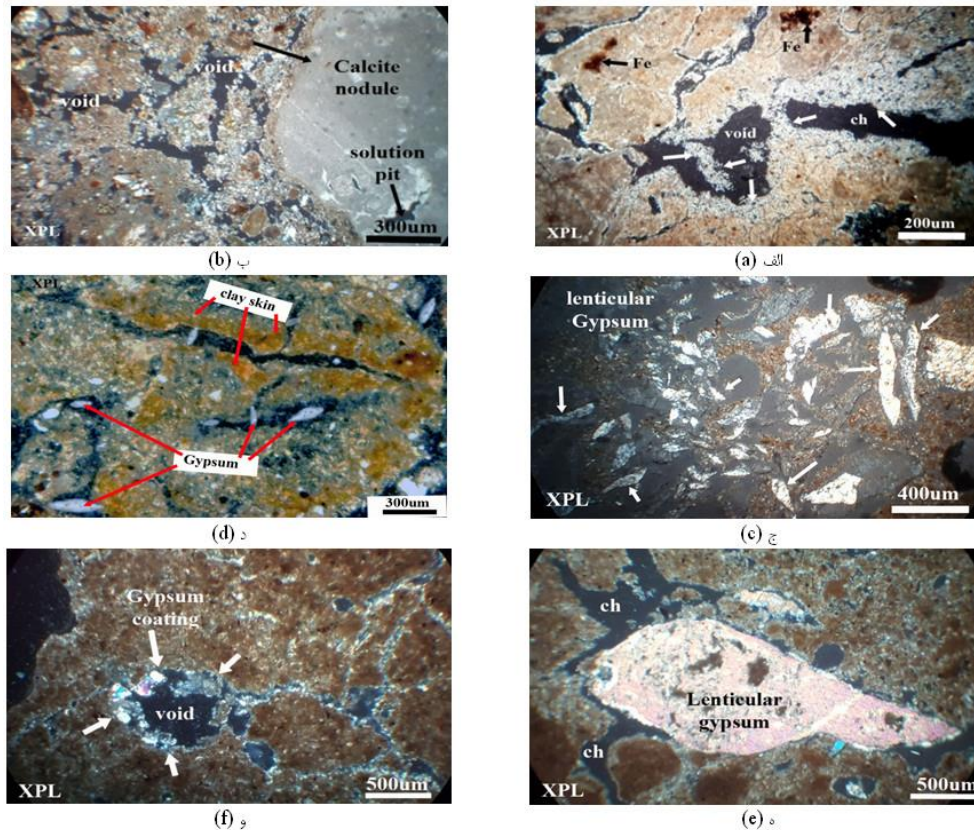
الف (a)

شکل ۵- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از رشته‌های پالیگورسکیت بر روی کریستال‌های گچ (الف) خاکرخ ۱ / By3، (ب) خاکرخ ۸ / Cy3  
Figure 5- SEM micrographs of palygorskite fibers on gypsum crystals (a) P1/By3 (b) P8/Cy3

جدول ۴- ویژگی‌های میکرومورفولوژیکی مقاطع نازک مطالعه شده

Table 4- Micromorphological properties of the studied thin sections

خاکرخ / افق Pedon/Horizon	عوارض خاکساخت Pedofeature	بی-فابریک b-fabric	نسبت ذرات درشت به ریز C/F ratio (10 μm)	حفرات- ساختمان Pore- Structure
1/Bky1	نودول آهکی، پوشش آهک در حفرات و کانالها، گچ عدسی شکل Calcite nodules, coating and infilling of calcite, lenticular gypsum crystals	خرده بلوری کلسیتی و گچی Calcitic & gypsic crystallitic	8/2 پورفیریک یک فاصله Single-spaced porphyric	حجره و صفحه‌ای Chamber and Plane
2/Bk	نودول زمین‌ساخت، پوشش و پرشدگی آهک در حفرات و کانالها Geogenic nodule, coating and infilling of calcite in voids and channels	خرده بلوری کلسیتی Calcitic crystallitic	6/4 پورفیریک یک فاصله Single-spaced porphyric	کانال، حجره و صفحه‌ای Channel, Chamber and Plane
3/Btyn2	پوشش رس، بلور عدسی گچ Clay Coating, lenticular gypsum crystals	خرده بلوری گچی، لکه‌ای و خطی Crystallitic Gypsic Crystallitic, Speckled and linear	5/5 پورفیریک یک-فاصله، کیتونیک Double-spaced porphyric, chitonic	کانال و صفحه‌ای Channel and Plane
5/Ayz	بلورهای هالیت، بلور عدسی شکل گچ Halite crystals, lenticular gypsum crystals (20-100 μm)	خرده بلوری گچی Gypsic Crystallitic	8/2 پورفیریک دوفاصله Double-spaced porphyric	حجره و وگ Chamber and Vugh
5/Byz1	گچ عدسی شکل، صفحات قفل شده گچ، پوشش گچ در حفرات، اکسید آهن Lenticular gypsum crystals, interlocked gypsum plates, coating of gypsum in voids, Fe oxides	خرده بلوری گچی Gypsic Crystallitic	6/4 پورفیریک باز Open porphyric	کانال، حجره و وگ Channel, Chamber and Vugh
5/Byz2	گچ عدسی شکل، صفحات قفل شده گچ، پوشش گچ در حفرات Lenticular gypsum crystals, interlocked gypsum plates, coating of gypsum in voids	خرده بلوری گچی Gypsic Crystallitic	پورفیریک 3/7 یک فاصله Single-spaced porphyric	کانال، حجره و وگ Channel, Chamber and Vugh
5/Btyzn1	بلور عدسی و شبه‌شش ضلعی گچ، صفحات در هم قفل شده و پرشدگی گچ Lenticular and pseudo-hexagonal gypsum crystals, Interlocked gypsum plates and gypsum infilling	خرده بلوری گچی Gypsic Crystallitic	4/6 پورفیریک یک فاصله Single-spaced porphyric	کانال، حجره و وگ Channel, Chamber and Vugh
5/Btyzn2	صفحات درهم قفل شده گچ و پرشدگی ناقص آنها Interlocked gypsum plates and incomplete infilling of gypsum	خرده بلوری گچی Gypsic Crystallitic	5/5 پورفیریک بسته Single-spaced porphyric	کانال، حجره و وگ Channel, Chamber and Vugh
6/Btyzn2	گچ عدسی شکل، صفحات درهم قفل شده گچ و پرشدگی کامل آنها Lenticular gypsum crystals, Interlocked gypsum plates and complete infilling of gypsum	خرده بلوری گچی Gypsic Crystallitic	3/7 پورفیریک دوفاصله Double-spaced porphyric	کانال، حجره و صفحه‌ای Channel, Chamber and Plane



شکل ۶- تصاویر مقاطع نازک انتخابی، (الف) کوتینگ کربنات کلسیم در حفرات به همراه تجمع اکسید آهن پخشیده در ماتریکس خاک (خاکرخ ۱)، (ب) سخت دانه کلسیت توارثی به همراه حفرات انحلالی (خاکرخ ۲ افق Bk)، (ج) بلورهای عدسی شکل گچ در اندازه‌های مختلف توزیع شده در حفرات بزرگ (خاکرخ ۵ افق Ayz)، (د) پوشش رسی در دیواره کانال به همراه بلور عدسی شکل گچ درون حفرات (خاکرخ ۳ افق Bty2)، (ه) کریستال عدسی شکل گچ در اندازه بسیار بزرگ (خاکرخ ۵، افق Btyzn1)، (و) کوتینگ گچ در دیواره حفره خاک (خاکرخ ۵ افق Byz2)

Figure 6- Selected thin section images, a) coating of calcium carbonate carbonate in voids cavities, along with diffused Fe oxide in soil matrix (P1/Bk), b) Geogenic calcite nodule with solution pits (P2/Bk), c) Lenticular gypsum crystals in different sizes distributed in large voids (P5/Ayz), d) clay skin along challel with lenticular gypsum crystals (P3/Btyzn2), e) Large lenticular gypsum crystal (P5/Btyzn1), f) coating of gypsum inside a void (P5/Byz2)

## نتیجه‌گیری

خاک‌های این منطقه را در مقایسه با تاکسونومی ارائه می‌دهد. بر اساس نتایج کانی‌شناسی، کانی‌های مشاهده شده به ترتیب شامل ایلیت، پالیگورسکیت، کلریت، اسمکتیت، کائولینیت، ورمی‌کولیت و کوآرتز بوده‌اند. بیشترین میزان پالیگورسکیت در افق‌های تجمعی گچ در واحدهای تپه و مخروط‌افکنه بوده و با حرکت به سمت واحدهای مرکزی دشت به میزان زیادی از مقدار این کانی کاسته و به میزان اسمکتیت افزوده شد. 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. نتایج مطالعات میکرومورفولوژیکی، حاکی از وجود عوارض خاکساخت گچ و آهک (به صورت پوشش و پرشدگی) بلورهای عدسی شکل گچ و صفحات در

نتایج این پژوهش، حاکی از آن است که خاک‌های با تکامل خاکرخی بیشتر، بر روی سطوح ژئومورفیک اراضی پست و دشت رسوبی و خاک‌های با تکامل کم‌تر بر روی سطوح تپه و مخروط‌افکنه مشاهده شدند. مهم‌ترین فرایندهای پدوژنیکی در خاک‌های این منطقه، آبشویی نمک، گچ، آهک و رس و تشکیل افق‌های کلسیک، جیپسیک، پتروجیپسیک و ناتریک می‌باشد. خاک‌های منطقه بر اساس طبقه‌بندی تاکسونومی در راسته اریدیسول و در سه زیر راسته Argids، Calcids و Gypsids و بر اساس طبقه‌بندی سامانه جهانی در سه گروه مرجع Solonetz، Gypsisols و Calcisols طبقه‌بندی شدند. زیرگروه جدید Calcic Natrigypsisols برای افزودن به تاکسونومی پیشنهاد می‌شود. سامانه طبقه‌بندی جهانی، به دلیل انعطاف‌پذیری در استفاده از توصیف‌کننده‌ها، وضعیت بهتری از

ژئومورفیک قرار گرفته است. با توجه به موقعیت‌های مختلف ژئومورفیک در منطقه، تکوین و تکامل، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی رسی، میکرومورفولوژی و طبقه‌بندی خاک‌ها تحت تأثیر این عامل قرار گرفته است و موجب تفاوت این ویژگی‌ها در منطقه فاریاب شده است.

هم قفل شده گچ و پوشش رسی می‌باشد. سدیمی بودن خاک در موقعیت اراضی پست به پراکنش ذرات رس و آبشویی آن و ایجاد پوشش رسی و تشکیل افق ناتربک کمک نموده است. از میان عوارض خاکساخت، اشکال مختلف گچ به دلیل پویایی بیشتر به میزان زیادتری تحت تأثیر عوامل خاکساز از جمله موقعیت

## منابع

- 1- Abtahi A. 1980. Soil genesis as affected by topography and time in highly calcareous parent material under semiarid condition in Iran. *Soil Science Society of America Journal* 44: 329-336.
- 2- Abtahi A. 1989. Soil genesis as affected by topography and depth of saline and sodic ground water under semiarid condition of Iran. *Iran Agricultural Research* 8: 1-21.
- 3- 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.
- 4- Bahoorzahi M.A., Farpoor M.H., and Jafari A. 2016. Genesis and development of soils along different geomorphic surfaces in Kouh Birk Area, Mehrestan City. *Journal of Water and Soil* 30: 555-568. (In Persian)
- 5- Boixadera J., Poch R.M., Garcia-Gonzalez M.T., and Vizcayno C. 2003. Hydromorphic and clay-related processes in soils from the Llanosde Moxos (Northern Bolivia). *Catena* 54: 403-424.
- 6- Borchardt G. 1989. Smectites. In: Dixon, J. B., S. B. Weed, (eds), 1989. *Minerals in soil environment*. 2<sup>nd</sup> ed. Number I in the SSSA book series. Published by SSSA. Madison. Wisconsin. USA.
- 7- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron* 54: 464-465.
- 8- 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)
- 9- Farpoor M.H., Khademi H., and Eghbal M.K. 2002. Genesis and distribution of palygorskite and associated clay minerals in Rafsanjan soils on different geomorphic surface. *Iran Agriculture Research* 21: 39-60.
- 10- 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.
- 11- Fernandez Sanjurjo M.J., Corti G., and Ugolini F.C. 2001. Chemical and mineralogical changes in a polygenetic soil of Galicia, NW Spain. *Catena* 43: 251-265.
- 12- Geological survey and mineral exploration of Iran. 1995. Faryab map 1:100000. Tehran map publication.
- 13- Hashemi S.S., Baghernejad M., Owliaie H.R., and Najafi-Ghiri M. 2014. Effect of soil moisture regime on micromorphology of gypsum pedofeatures in soils of Fars province. *Journal Water and Soil Conservation* 21: 59-83.
- 14- 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.
- 15- Jackson M.L. 1975. Soil Chemical Analysis-advanced Course. Univ. of Wisconsin College of Agric., Dept of Soils Science, Madison, WI.
- 16- Jafarzadeh A.A., and Burnham C.P. 1992. Gypsum Crystals in Soils. *Soil Science*, 43: 409-421.
- 17- Jenny H. 2011. *Factors of Soil Formation-A System of Quantitative Pedology*. Dover Inc, New York.
- 18- Karimi A., Khademi H., and Jalalian A. 2009. Genesis and distribution of palygorskite and associated sediments of southern Mashhad. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 16: 545-558. (In Persian)
- 19- Kemp R.A. 1999. Soil micromorphology as a technique for reconstructing paleoenvironmental change. PP: 41-71. In: Singh V., and Derbyshire A.S. (Eds.), *Paleoenvironmental Reconstruction in Arid Lands*. Balkema Pub., The Netherlands.
- 20- Kemp R.A., and Zarate M.A. 2000. Pliocene pedosedimentary cycles in the southern Pampas, Argentina. *Sedimentology* 47:3-14.
- 21- Khademi H., and Mermut A.R. 2003. Micromorphology and classification of Argids and associated gypsiferous Aridisols from central Iran. *Catena* 54: 430-455.
- 22- 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.
- 23- 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.
- 24- 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.
- 25- Kittrik J.A., and Hope E.W. 1963. A procedure for the particle size separation of soil for X-ray diffraction analysis.

- Soil Science 96: 312-325.
- 26- 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.
  - 27- Mahmoudian F., Karimi A., and Lakzian A. 2018. Investigation of the soil-landform relationship in South of Herat, Western Afghanistan. *Journal Water and Soil* 32(5): 905-918. (In Persian with English abstract)
  - 28- Millot G. 1970. *Geology of clay.* Masson. Et Cie., Paris.
  - 29- 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.
  - 30- Moazallahi M., and Farpoor M.H. 2009. Soil Micromorphology and Genesis along a Climotoposequence in Kerman Province, Central Iran. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3: 4078-4084.
  - 31- Moghiseh E., and Heidari A. 2012. Polygenetic saline gypsiferous soils of the Bam region, Southeast Iran. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12(4): 729-746.
  - 32- Murphy C.P. 1986. *Thin Section Preparation of Soils and Sediments.* AB Academic Publishers, Berkhamsted, Herts, UK.
  - 33- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic matter. p. 539-577. In Page A.L. et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2.* 2<sup>nd</sup> ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
  - 34- Nelson R.E. 1982. Carbonate and gypsum. p. 181-196. In Page A.L. et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2.* 2<sup>nd</sup> ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
  - 35- 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.
  - 36- Noormandipoor F., Farpoor M.H., and Sarcheshmepoor M. 2014. Genesis, classification and clay mineralogy of saline gypsiferous soils in Koshkooiyeh-Anar area, Kerman. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 22(2): 269-280. (In Persian)
  - 37- Owliaie H.R. Najafi Ghiri M., and Shakeri S. 2018. Soil-landscape relationship as indicated by pedogenesis data on selected soils from Southwestern, Iran. *Eurasian Journal Soil Science* 7(2): 167-180.
  - 38- Owliaie H.R., Adhami E., Najafi Ghiri N., and Shakeri S. 2018. Pedological Investigation of a Litho-Toposequencen a Semi-Arid Region of Southwestern Iran. *Eurasian Soil Science* 51(12): 1-15.
  - 39- Owliaie H.R. 2012. Micromorphology of calcitic features in calcareous soils of Kohgilouye Province, Southwestern Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology* 14: 225- 239.
  - 40- 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.
  - 41- 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.
  - 42- Sanjari S., Farpoor M.H. Eghbal M.K., and Esfandiarpour I. 2011. Genesis, micromorphology and clay mineralogy of soils located on different geomorphic surfaces in Jiroft area. *Journal of Water and Soil* 25: 411-425. (In Persian with English abstract)
  - 43- Sarmast M., Farpoor M.H. Esfandiarpour Boroujeni I. 2016. Comparing Soil Taxonomy (2014) and updated WRB (2015) for describing calcareous and gypsiferous soils, Central Iran. *Catena* 145: 83-91.
  - 44- 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.
  - 45- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*, 12th edition. United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C., USA.
  - 46- Stoops G. 2003. *Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections.* Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
  - 47- Toomanian N., Jalalian A., and Karimian Eghbal M. 2003. Application of the WRB (FAO) and US Taxonomy systems to gypsiferous soils in Northwest Isfahan, Iran. *Journal of Agricultural Science Technology* 5: 51-66.
  - 48- Toomanian N., Jalalian A., and Eghbal M.K. 2001. Genesis of gypsum enriched soils in north-west Isfahan, Iran, *Geoderma* 99: 199-224.
  - 49- Verheye W., and Stoops G. 1973. Micromorpholoical evidence for identification of an argillic horizon in Terra Rossa Soils. p. 817-831. In G.K. Rutherford (ed.) *Soil Microscopy.* The Limestone Press, Kingston, Canada.

## Genetic Study of Soil-Landscape Relationship in Arid Region of Faryab, Kerman Province

Z. Moghbeli<sup>1</sup> - H.R. Owliaie<sup>2\*</sup> - S. Sanjari<sup>3</sup> - E. Adhami<sup>4</sup>

Received: 28-01-2019

Accepted: 11-03-2019

**Introduction:** In sustainable agriculture, it is essential to know soil various characteristics for increasing the soil productivity. The relationship between soil and geomorphology in arid and semi-arid regions has been considered by many researchers. Faryab plain is located in arid region of Kerman Province and has diversity in geomorphic positions and parent materials. No previous study has been conducted in this region. Therefore, the objectives of the present research were 1) to study the genesis and development of soils related to different geomorphic surfaces in Faryab region, 2) to study the physicochemical properties, clay mineralogy and micromorphology of soils, and 3) to classify the soils according to Soil Taxonomy (ST) (2014) and World Reference Base (WRB) (2015) systems and compare them.

**Materials and Methods:** Faryab region with a mean elevation of 630 m above sea level is located in Kerman province, south-eastern of Iran. Mean annual rainfall and temperature of the area are 160 mm and 23.8 °C, respectively. Soil temperature and moisture regimes of the area are thermic and aridic, respectively. From geological point of view, the studied area is a part of west and south west zones and Flysch zone of east of Iran. Ten representative pedons on different geomorphic units including hill, alluvial-colluvial fan, alluvial plain, and lowland were selected, sampled, and described. Routine physicochemical analyses, clay mineralogy, and micromorphological observations performed on soil samples. Soil pH, texture, electrical conductivity, calcium carbonate, Na, Ca, Mg, cation exchangeable capacity and gypsum were identified. Eight samples 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 Bruker X-Ray diffractometer at 40 kV and 30 mA was used for XRD analyses. Undisturbed soil samples from some representative pedons were selected for micromorphological observations. A vestapol resin with stearic acid and cobalt as hardener was used for soil impregnation. A Lite petrographic microscope was used for micromorphology investigations.

**Results and Discussion:** The results of the present study indicated that the soils with more evolution were located on the geomorphic surfaces of the lowland and alluvial plain and the soils with lower development on the hill and alluvial-colluvial fan. The most important pedogenic processes of the soils were the eluviation of salt, gypsum, calcium carbonate as well as clay, and the formation of calcic, gypsic, petrogypsic and natric horizons. The soils of the region were classified using ST as Aridisols with three suborders of Argids, Calcids and Gypsid and classified according to the WRB as three soil reference groups of Solonetz, Gypsisols and Calcisolos. A new subgroup of Calcic Natrigypsid is suggested for inclusion to ST for the soils with aridic soil moisture regime and three horizons of gypsic, calcic and natric. The WRB system, due to its flexibility in the use of principle and supplementary qualifiers, prepare a better qualification than ST for the soils of the region. According to mineralogical results, the observed minerals consisted of illite, palygorskite, chlorite, smectite, kaolinite, vermiculite and quartz. The highest amount of palygorskite was observed in the gypsic horizons of hill and alluvial-colluvial fan. By moving to the central part of the plain (lowland), the amount of palygorskite was greatly reduced and the amount of smectite was increased. Two origins of inheritance and transformation (illite and palygorskite) are suggested for the occurrence of smectite in the soils. Due to the lack of the conditions for the formation of kaolinite, illite and chlorite, these minerals are inherited from parent materials. SEM observations suggested a pedogenic pathway for the occurrence of large amounts of palygorskite in the soils of the region. Calcareous and gypsiferous media seems to prepare a favorite environment for the pedogenic formation and stabilizing of this mineral in the studied soils. Coating and infilling of gypsum and calcite crystals in voids and channels, clay coating along channels as well as Fe and Mn oxide nodules were among the common pedofeatures observed in the thin sections of the studied soils. Occurrence of variable habits of gypsum crystals in different geomorphic surfaces suggested a dynamic soil environment. Larger lenticular gypsum crystals were found in the

1, 2 and 4- Former M.Sc. Student and Associate Professors, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Respectively

(\*- Corresponding Author Email: owliaie@gmail.com)

3- Scientific Member of Soil Science Department, Jiroft University

soils with lighter texture located on more stable geomorphic surfaces.

**Conclusion:** Different geomorphic situations in the region affected the development and evolution, physicochemical properties, clay mineralogy, micromorphology and soil classification and caused the differences in these characteristics in the Faryab region.

**Keywords:** Arid climate, Clay mineralogy, Micromorphology, Soil classification, Soil evolution