

بررسی تشکیل و تکامل خاک‌ها در یک ردیف پستی و بلندی در منطقه چلگرد استان چهارمحال و بختیاری

* سپیده اعتدالی دهکردی^۱، سیدعلی ابطحی^۲، محمدحسن صالحی^۳،

جواد گیوی^۴، محمدهادی فرپور^۵ و مجید باقرنژاد^۶

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه شیراز، ^۲ استاد گروه علوم خاک، دانشگاه شیراز، ^۳ استاد گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد،

^۴ دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد، ^۵ استاد گروه علوم خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: استفاده مطلوب و پایدار از خاک در صورتی امکان‌پذیر است که شناخت صحیح و کامل از ویژگی‌های آن انجام گیرد. اهداف این مطالعه افزایش اطلاعات در مورد خاک‌های موجود در منطقه‌ای در ۳۵ کیلومتری چلگرد واقع در استان چهارمحال و بختیاری از طریق بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی و میکرومورفولوژیکی برای بررسی نحوه تشکیل و طبقه‌بندی این خاک‌ها طبق دو سامانه رده‌بندی آمریکایی و جهانی است. مواد و روش‌ها: میانگین بارندگی و درجه حرارت سالیانه منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۱۳۸۹/۶ میلی‌متر و ۹/۵ درجه سانتی‌گراد و رژیم حرارتی و رطوبتی آن به ترتیب مزیک و زیریک می‌باشند. ۸ خاک‌رخ در طول یک ترانسکت در جهت شیب، حفر و نمونه‌برداری شدند. آزمایشات شامل واکنش خاک، بافت، ضریب انبساط خطی، هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم معادل، ظرفیت تبادل کاتیونی و کربن آلی و آنالیزهای کانی‌شناختی و میکرومورفولوژی بر روی نمونه‌های خاک انجام گردید. سپس، بر اساس کارت تشریح هر پروفیل و نتایج آزمایشگاهی، طبق کلید تاکسونومی خاک، تا سطح فامیل و با استفاده از سامانه طبقه‌بندی جهانی نیز خاک‌ها در سطح دوم طبقه‌بندی شدند. یافته‌ها: نتایج نشان داد که راسته خاک‌های منطقه در سامانه آمریکایی، اینسپتی سول و ورتی سول بودند در حالی که در سامانه جهانی، در گروه‌های مرجع کلسی سول، کمی سول و ورتی سول نام‌گذاری شد. نتایج بیانگر این بود که به‌خاطر وجود ماده آلی بیش‌تر و بافت ریزتر در موقعیت‌های پایین‌تر شیب، ظرفیت تبادل کاتیونی در این موقعیت حداکثر بود. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش عمق خاک، مقدار کربن آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک کاهش یافته در حالی که مقدار رس و آهک روند معکوس داشته و با افزایش عمق خاک، افزایش یافتند. مقدار ضریب انبساط خطی نیز همانند مقدار رس از شیب پستی به طرف پای شیب و همچنین از سطح به طرف عمق پروفیل افزایش یافت. خاک‌های منطقه غالباً دارای کانی رسی اسمکتیت همراه مقادیری از کانی‌های ایلیت، کلریت، کائولینیت، کوارتز و کانی مختلط ایلیت-اسمکتیت بودند. طبق نتایج، منشأ کانی‌ها در موقعیت‌های مختلف شیب، توارثی است. بررسی مقاطع نازک، نشان‌دهنده وجود پوشش‌های رسی در افق‌های Bt و Btk می‌باشد که این پوشش‌های رسی در خاک، شواهدی از انتقال رس از افق‌های بالایی به افق‌های تحتانی در نتیجه نفوذ آب هستند. هم‌چنین، تجمع آهک به فرم‌های متنوع از جمله پوشش، پرشدگی، آهک سوزنی و نادل آهکی در افق‌های Bk و Btk مشاهده گردید که بیانگر ثانویه بودن

* مسئول مکاتبه: sepidehetedali@yahoo.com

آهک می‌باشد و باعث ایجاد بی‌فابریک از نوع کلسیت کریستالیتیک شده است. علت تجمع آهک به فرم سوزنی شکل در راس شیب احتمالاً به خاطر مرتفع بودن منطقه، وجود رطوبت کافی در خاک، پایین بودن شوری خاک و حضور مواد آلی تجزیه پذیر است.

نتیجه گیری: نتایج این پژوهش نمایانگر نقش پستی و بلندی در تغییرپذیری ویژگی‌های خاک و رده‌بندی آن در منطقه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: توپوگرافی، رده‌بندی خاک، کانی‌شناسی رس، منطقه چلگرد، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

مقدمه

تشکیل خاک تحت تأثیر پنج عامل اقلیم، موجودات زنده، پستی و بلندی، مواد مادری و زمان، در شرایط معین شروع و طی فرآیندهای خاکسازي تکمیل می‌شود (۱). هر یک از ویژگی‌های مختلف خاک اعم از واکنش خاک، مقدار رس، تخلخل، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، کربنات‌ها و غیره تحت تأثیر این عوامل خاکساز قرار می‌گیرند (۹، ۱۰ و ۱۶). توپوگرافی با تغییر الگوی بارش و دما، میکرواقلیم محلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵۶). میکرواقلیم با تأثیر بر میزان هوادیدگی بر بسیاری از ویژگی‌های خاک مانند مقدار رس و نوع کانی‌های رسی تأثیر می‌گذارد (۱۲). جهت شیب، تعیین‌کننده مقدار انرژی خورشیدی است که خاک دریافت می‌کند و مقدار این انرژی درجه حرارت هوا و خاک و مقدار آب قابل دسترس خاک را مشخص می‌سازد (۳۵). بسیاری از ویژگی‌های خاک مانند درصد سنگریزه درشت، ضخامت مؤثر خاکرخ خاک و ظرفیت نگهداری آب به‌طور معنی‌داری وابسته به شیب هستند (۴۵). علاوه بر جهت شیب، موقعیت شیب نیز بر ویژگی‌های خاک مؤثر است. موقعیت شیب بر تولید رواناب، زهکشی، درجه حرارت خاک، فرسایش خاک و در نتیجه تشکیل خاک اثر می‌گذارد و ویژگی‌های شیمیایی خاک مانند کربن آلی و نیتروژن خاک و ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند مقادیر رس و شن را تحت تأثیر

قرار می‌دهد (۲۳). از آنجایی که خاک‌ها دائماً در حال تغییر و تحول هستند و به تدریج به خاک‌های با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی متفاوتی تبدیل می‌شوند، بنابراین استفاده مطلوب و پایدار از خاک، در شرایطی امکان‌پذیر است که اطلاعات کامل و دقیقی از ویژگی‌های آن در اختیار باشد. علم تشکیل و رده‌بندی خاک با مطالعه ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی خاک می‌تواند در رسیدن به این هدف بسیار مفید باشد. همچنین بسیاری از پدیده‌ها و فرآیندهای تشکیل خاک در اندازه درشت دارای وضوح کافی نبوده و از این‌رو میکرومورفولوژی مطمئن‌ترین روش برای تشخیص فرآیندهای پیچیده در خاک است (۲۷). کمپ و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی میکرومورفولوژیکی یک توالی لس-پالئوسول در آرژانتین، پراکنش عمق، ریز ساختمان، پوشش رس و کربنات‌های ثانویه را سه نوع از مهم‌ترین ویژگی‌های میکرومورفولوژیکی دانستند (۲۶). خرمالی و همکاران (۲۰۰۳) 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 به‌صورت قطعات پراکنده مشاهده گردیدند و به‌نظر می‌رسد که پوسته‌ها از نوع رس درشت تشکیل شده باشند. این نوع پوسته‌های رسی، ویژه افق‌های ناتریک می‌باشند که رس درشت در اثر انتشار توسط یون سدیم،

رده در سامانه آمریکایی در مقابل ۳۲ گروه مرجع خاک سامانه طبقه‌بندی جهانی)، وسیع و گسترده بودن اغلب تعریف‌های ارائه شده برای افق‌های مشخصه مشابه موجود در دو سامانه مذکور و عدم استفاده از معیارهای اقلیمی در سامانه طبقه‌بندی جهانی را توجیهی بر اندک بودن همبستگی میان این دو سامانه می‌دانند. سامانه رده‌بندی خاک آمریکایی، دارای شش سطح و سامانه طبقه‌بندی خاک جهانی، دارای دو سطح برای طبقه‌بندی خاک هستند (۱۳).

به‌طور کلی سامانه آمریکایی در نقشه‌برداری خاک و سامانه جهانی در طبقه‌بندی خاک، دارای توان بیش‌تری می‌باشند. ولی عیب هر دو سامانه، این است که پویایی خاک را نادیده گرفته‌اند و در نتیجه نمی‌توانند رفتار خاک را پیش‌بینی کنند. مقایسه دو سامانه رده‌بندی آمریکایی و جهانی در خاک‌های نیوسات و ویلیز استرالیا نشان داد که سامانه جهانی برای طبقه‌بندی خاک‌های این منطقه نسبت به طبقه‌بندی آمریکایی دارای کلاس‌های مناسب بیش‌تری است و در نتیجه، کاربرد محلی راحت‌تری دارد و طبقه‌بندی آمریکایی به‌دلیل استناد به روش‌های آزمایشگاهی، نسبت به طبقه‌بندی جهانی، دارای محدودیت کاربرد است (۳۸). گراسیموف (۲۰۱۰) و سکو و همکاران (۲۰۰۸)، عقیده دارند که برتری سامانه جهانی نسبت به سامانه آمریکایی، در ارتباط با تنوع افق بیش‌تر و همچنین خاک‌های متأثر از فعالیت‌های انسانی می‌باشد؛ چرا که در سامانه جهانی، دو گروه مرجع خاک آنتروسول و تکنوسول (۱۷) در این ارتباط مدنظر قرار گرفته‌اند (۲۰ و ۵۱). در نظر گرفتن سطح فامیل در رده‌بندی آمریکایی در راستای اهداف مدیریتی صورت پذیرفته است (۴۰ و ۵۲) و یکی از ویژگی‌های مورد استفاده برای این سطح، در نظر گرفتن کلاس کانی‌شناسی است (۵۲). کانی‌های رسی، در حدود ۵۰ درصد حجم غالب خاک‌ها را شامل می‌شوند و به

حرکت و تجمع می‌یابد (۲۸). فرپور و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه سیرجان، وجود پوشش و پرشدگی آهک را در سطح پدیمنت و صفحات در هم قفل شده و بلورهای عدسی شکل گچی در سطح دشت دامنه‌ای و پلایا مشاهده کردند (۱۵). کریمی‌دهکردی و همکاران (۲۰۱۴)، در مطالعه میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه لردگان استان چهارمحال و بختیاری به این نتیجه رسیدند که حفرات صفحه‌ای^۱، واگ^۲ و حفرات به هم مرتبط^۳ بیش‌ترین حفرات این خاک‌ها را تشکیل داده بودند. بی‌فابریک و ریز ساختمان مشاهده شده در تمامی افق‌ها به ترتیب از نوع کریستالیتیک و مکعبی بدون زاویه بود و در تمامی افق‌ها پوشش رسی و آهکی مشاهده شد (۲۴).

رده‌بندی خاک تابعی از ویژگی‌های پروفیلی و نوع کانی‌های غالب خاک می‌باشد. بنابراین هر عاملی که بتواند ویژگی‌های پروفیلی و نوع کانی‌های خاک را تغییر دهد، رده‌بندی خاک را نیز ممکن است تغییر دهد (۱۱). هدف از رده‌بندی خاک، ایجاد کلاس‌های کم و بیش یکنواخت می‌باشد که به موجب آن، تفاوت‌های اساسی موجود در ویژگی‌های خاک آشکار می‌شود (۱۱). از گذشته تا به امروز در کشورهای مختلف، سامانه‌های خاکی مختلفی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از بین آن‌ها، دو سامانه آمریکایی و جهانی، در اکثر کشورهای جهان به‌صورت فراگیر به‌کار می‌روند. طبقه‌بندی جهانی خاک از مفاهیم سامانه‌های طبقه‌بندی روسی، فائو و آمریکایی اقتباس شده است و به‌طور عمده بر اساس مورفولوژی خاک و مشاهدات صحرائی استوار می‌باشد (۵۲). دکرز و همکاران (۲۰۰۳) دلایلی همچون عدم تساوی تعداد سطوح موجود در سلسله‌مراتب سامانه‌های مزبور (۱۲)

- 1- Planner Voids
- 2- Vugh
- 3- Packing Voids

و ۲۱ دقیقه و ۲۷ ثانیه شمالی واقع شده است. شیب کلی دشت در حدود ۸۵ درصد با اختلاف ارتفاعی بالغ بر ۴۰۰ متر، در امتداد شمالی جنوبی است (شکل ۱). رژیم رطوبتی و حرارتی خاک به ترتیب، زیرک و مزیک و کاربری این منطقه مرتع و دیم کاری می باشد. نوع ماده مادری با توجه به بازدیدهای صحرائی، مطالعه نقشه زمین شناسی منطقه، مشورت با کارشناسان زمین شناسی، یکسان است. تمامی خاکرخ های حفر شده بر روی رسوبات جوان آهکی کواترنری قرار داشتند. میانگین بارندگی سالانه منطقه ۱۳۸۹/۶ میلی متر و میانگین حرارت منطقه ۹/۵ درجه سانتی گراد می باشد.

در این پژوهش، با استفاده از نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و عکس های هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ از منطقه مورد مطالعه، سه ترانسکت تقریباً موازی در طول شیب در نظر گرفته شد. روی سه ترانسکت در مجموع ۱۹ خاکرخ حفر گردید و سپس هشت پروفیل واقع بر روی ترانسکت دوم به عنوان پروفیل های شاهد انتخاب گردیدند و طبق دستورالعمل تشریح خاکرخ اداره حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا تشریح شدند (۴۱). با توجه به ویژگی های مورفولوژیکی و نحوه قرار گرفتن افق های ژنتیکی و همچنین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی و تعاریف موجود در سامانه طبقه بندی خاک، افق های مشخصه سطحی و زیر سطحی تعیین گردید. بر اساس کارت تشریح هر پروفیل و نتایج آزمایشگاهی، طبق کلید تاکسونومی خاک (۲۰۱۴)، تا سطح فامیل طبقه بندی شدند و سپس با استفاده از سیستم طبقه بندی WRB (۲۰۱۴) نیز خاکها در سطح دوم طبقه بندی شدند (۵۲ و ۱۷).

اندازه گیری توزیع اندازه ای ذرات با روش پی پت و بافت خاک با روش هیدرومتری تعیین شد (۱۹). هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع توسط دستگاه هدایت سنج الکتریکی و pH خاک در خمیر گل اشباع

لحاظ توانایی جذب یونها، نقش به سزایی در تامین و در دسترس قرار دادن عناصر یونی مورد نیاز گیاه و نیز حاصلخیزی خاک دارند (۳۴). در نظر گرفتن کانی شناسی رس در بخش کنترل خاکها در سطح فامیل رده بندی آمریکایی و عدم توجه مستقیم به آن در سامانه جهانی، ممکن است مزیتی برای سامانه آمریکایی به حساب آید (۶). سرشوق و همکاران (۲۰۱۲) با مقایسه رده بندی خاکها نشان دادند که جهت و موقعیت شیب با تأثیر بر فرآیندهای خاکساز و تشکیل خاکها، باعث تفاوت در رده بندی آنها نیز شده است به طوری که خاکها در قسمت های بالایی شیب شامل قسمت مسطح، شانه شیب و شیب پستی در رده اینسپتی سول و در موقعیت پایین شیب شامل پای شیب و پنجه شیب در رده ورتی سول قرار می گیرند (۴۸).

از آنجایی که تغییر شرایط پستی و بلندی سبب ایجاد خاکهای با ویژگی های متفاوت می گردد، مطالعه رابطه بین ویژگی های خاکها در امتداد یک شیب می تواند برای دستیابی به اثرات توپوگرافی بر ویژگی های خاکها مورد استفاده قرار گیرد. پژوهش حاضر برای بررسی ویژگی های فیزیکی، شیمیایی، کانی شناسی رسی و میکرو مورفولوژی خاکهای منطقه چلگرد استان چهارمحال و بختیاری و مقایسه نتایج طبقه بندی خاک حاصل از دو سامانه رده بندی آمریکایی و جهانی و بررسی میزان کارایی دو سامانه مذکور در توصیف برخی از ویژگی های خاک صورت پذیرفت.

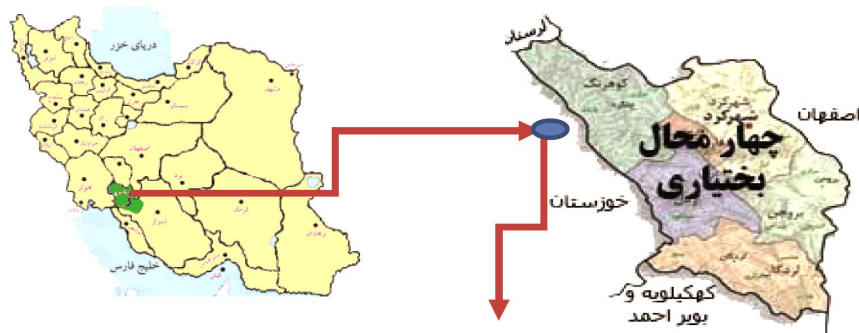
مواد و روش ها

فاصل روستاهای باباحیدر و چلگرد (۳۵ کیلومتری چلگرد) در استان چهارمحال و بختیاری و بین طول های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۴ دقیقه و ۱۳ ثانیه و ۵۰ درجه و ۲۳ دقیقه و ۵۶ ثانیه شرقی و عرض های جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه و ۷ ثانیه و ۳۲ درجه

از روش کیتریک و هوپ (۱۹۶۳) استفاده شد (۳۱). همچنین به منظور انجام مطالعات میکرومورفولوژی کلوخه‌هایی دست‌نخورده از برخی افق‌ها تهیه و پس از خشک شدن نمونه‌ها، توسط رزین سه جزئی، تلقیح صورت گرفته و سپس توسط دستگاه برش و سایش و در نهایت با استفاده از پودر کارباندوم، ضخامت آن‌ها را به ۲۰ تا ۳۰ میکرومتر رسانده و در نهایت با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان مدل الیمپوس BH2 در دو حالت نور پلاریزه (PPL) و مقاطع (XPL) بر اساس دستورالعمل استوپس (۲۰۰۳) مورد مطالعه قرار گرفتند و از قسمت‌های مورد نظر به وسیله دوربین دیجیتالی عکسبرداری صورت گرفت (۵۳).

توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد (۴۵). ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به روش استات سدیم نرمال با پ.هاش برابر ۸/۵ و استات آمونیوم نرمال با پ.هاش برابر ۷ (۵۵) و میزان کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با باز تعیین شد (۴۲). کربن آلی به روش اکسیداسیون تر با بی‌کرومات پتاسیم و تیتراسیون معکوس با فروآمونوم سولفات (۵۹) اندازه‌گیری گردید. ضریب انبساط خطی نیز به روش شفر و سینگر (۱۹۷۶) اندازه‌گیری شد (۵۰).

به منظور تفکیک اجزای خاک و شناسایی انواع کانی‌های رس و همچنین جهت تعیین میزان رس ریز



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و خاکرخ‌های حفرشده.

Figure 1. Location map of the study area.

خاکرخ‌های مورد مطالعه در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

نتایج و بحث

نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و مطالعات صحرائی مورفولوژیکی

جدول ۱ - ویژگی های فیزیکی خاک های مورد مطالعه.

Table 1. Physical properties of the studied pedons.

ضریب انقباض خطی COLE	ذرات درشت (درصد) Coarse fragments (%)	نسبت سیلت به رس Silt/ Clay	نسبت ریز به کل رس Fine Clay/ Clay	توزیع اندازه ذرات (درصد)			کلاس بافت Texture Class	آهک ثانویه Secondary Carbonate	ساختار Structure	رنگ (مورطوب) Color (moist)	عمق (سانتی متر) Depth (Cm)	افق Horizon	موقعیت Position	خاک Profile
				شن Sand	سیلت Silt	ریز Clay								
0.0155	4	0.84	40.8	10.2	25	SCL	F 2 CAM	1fGr-1mWg	7.5YR4/4	0-45	ApBk	شانه شیب	8	
0.0210	8	0.59	41.8	15.9	38	CL	M 2 CAM	M	7.5YR5.5/4	45-130	Bk	Shoulder	9	
0.0190	20	1.47	45.8	11.7	25.5	L	F 2 CAM	2fGr	5YR4/4	0-35	ApBk	شانه شیب	9	
0.0300	27	0.40	50.6	17.5	43	C	M 2 CAM	M	5YR6/4	35-130	Bk	Shoulder	10	
0.0530	10	0.71	37.1	13	35	CL	-	2fGr-2mWg	7.5YR4/4	0-50	Ap	شیب پستی	10	
0.0680	27	0.47	40.8	22	49	C	-	M	7.5YR5/4	50-130	Bkss	Back Slope	11	
0.0590	2	0.63	41.0	23	36.5	CL	-	2fGr-2mWg	10YR4/4	0-50	Ap	شیب پستی	11	
0.0710	6	0.52	45.4	26	49.5	C	M 2 CAM	M	10YR6.5/4	50-120	Bk	Back Slope	12	
0.0520	4	0.68	42.2	14.8	35	CL	-	2fGr	10YR3.5/3	0-40	Ap	شیب پستی	12	
0.0650	4	0.46	38.3	18.8	49	C	F 2 CAM	1mPr	10YR3.5/3	40-110	Bkss1	شیب پستی	13	
0.0700	4	0.67	44.9	20	44.5	C	M 2 CAM	M	10YR6.5/4	110-150	Bkss2	Back Slope	13	
0.0610	4	0.65	38.6	14.5	37.5	CL	-	2fGr-1mWg	10YR4/4	0-25	Ap	پای شیب	14	
0.0840	4	0.56	45.2	20.8	46	C	-	1mPr	10YR5/4	25-130	Bw	Foot Slope	14	
0.089	4	0.80	41.4	16.8	40.5	C	-	2fGr-2mWg	10YR4.5/4	0-40	Ap	پای شیب	15	
0.095	4	0.46	47.9	22.5	48	C	F 2 CAM	M	7.5YR4.5/4	40-120	Bkss	Foot Slope	15	
0.098	2	0.97	40.0	14	35	CL	-	2fGr	7.5YR3/4	0-5	Ap	پای شیب	15	
0.100	2	0.73	41.8	18	43	C	-	2cWg	7.5YR4/4	5-60	Bss1	پای شیب	15	
0.140	4	0.58	43.3	18.2	42	C	-	1mWg	7.5YR3/4	60-105	Bss2	Foot Slope	15	
0.155	12	0.43	42.3	25	59	C	C 2 CAN	M	10YR4/4	105-140	Btkss	پای شیب	15	

* Soil structure type: Gr= Granular, Wg= Wedge, Pr= Prismatic, M= Massive

** Secondary carbonate type: CAM= Carbonate Masses, CAN= Carbonate Nodules

شکل آهک ساختمانی خاک: Gr= گرانولی، Wg= گوه‌ای، Pr= منشوری، M= توده‌ای

شکل آهک ثانویه: CAM= آهک توده‌ای، CAN= آهک نودولی

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه.

Table 2. Chemical properties of the studied pedons.

هدایت الکتریکی (ds.m ⁻¹) EC (ds.m ⁻¹)	کربن آلی (%) Organic carbon (%)	پ.هاش pH	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol.Kg ⁻¹) CEC (Cmol.Kg ⁻¹)	کربنات کلسیم معادل (%) Calcium carbonate equivalent (%)	عمق (Cm) Depth (Cm)	افق Horizon	موقعیت Position	خاک‌رخ Profile
0.64	0.60	7.85	24.48	7	0-45	ApBk	شانه شیب	8
0.43	0.52	7.95	16.38	47	45-130	Bk	Shoulder	
0.68	0.64	7.95	23.90	11	0-35	ApBk	شانه شیب	9
0.44	0.52	8.01	18.35	47	35-130	Bk	Shoulder	
0.55	0.64	7.88	25.63	1.5	0-50	Ap	شیب پستی	10
0.48	0.5	7.92	18.43	39	50-130	Btss	Back Slope	
0.62	0.83	7.74	29.08	2.5	0-50	Ap	شیب پستی	11
0.42	0.4	7.98	16.82	47	50-120	Bk	Back Slope	
0.58	0.46	7.49	29.95	4.5	0-40	Ap	شیب پستی	12
0.44	0.88	7.83	26.49	7	40-110	Bkss1	Back Slope	
0.54	0.35	7.78	15.84	45.5	110-150	Bkss2	Back Slope	13
0.621	2.145	7.64	29.66	8.5	0-25	Ap	پای شیب	
0.551	0.312	7.7	26.66	9	25-130	Bw	Foot Slope	14
0.83	1.22	7.74	30.81	6.5	0-40	Ap	پای شیب	
0.48	0.5	7.73	27.07	22	40-120	Bkss	Foot Slope	15
1.186	0.79	7.32	26.78	1.5	0-5	Ap	پای شیب	
0.614	0.72	7.43	31.68	3.5	5-60	Bss1	Foot Slope	15
0.598	2.43	7.51	32.83	0.5	60-105	Bss2	Foot Slope	
0.49	0.01	7.65	20.16	36.5	105-140	Btkss		

در مناطق کوهستانی بافت خاک با موقعیت شیب بسیار متغیر است و درصد رس در مقایسه با درصدهای شن و سیلت در افق‌های خاک بیانگر شدت هوادیدگی کانی‌ها می‌باشد (۶۰ و ۶۱). در موقعیت‌های مختلف شیب یک روند افزایشی یا کاهش‌ی در مقدار شن، سیلت و رس دیده شد. به‌طوری‌که، قسمت‌های پایین شیب خاک ریزبافت‌تری نسبت به قسمت بالاتر شیب دارند. حداکثر مقدار رس در خاک‌های منطقه مورد مطالعه ۵۹ درصد و حداقل ۲۵ درصد می‌باشد (جدول ۱). این تفاوت‌ها به‌طور عمده نتیجه فرسایش خاک است که در قسمت‌های بالای شیب باعث از دست رفتن بخش ریز و برجاماندن ذرات درشت خاک شده است (۷). رضایی و گیلکس (۲۰۰۵) و سرشوق و همکاران (۲۰۱۲) نیز به متغیر بودن بافت خاک در موقعیت‌های مختلف شیب اشاره کردند و بالاتر بودن میزان رس را به‌دلیل

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی: ماده آلی خاک یکی از مهم‌ترین فاکتورهای کیفیت خاک محسوب می‌شود. تفاوت در مقدار کربن آلی می‌تواند تأثیر به‌سزایی در گردش عناصر غذایی داشته باشد. نتایج نشان داد که مقدار کربن آلی در خاک‌های این منطقه بین ۰/۰۱ تا ۲/۴۳ درصد متغیر می‌باشد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که به‌علت کم بودن زاویه شیب در پای شیب و به‌علت وجود ریشه‌های به هم پیوسته و فراوان و حفظ رطوبت خاک در این قسمت، مقدار کربن آلی در پای شیب نسبت به شیب پستی افزایش یافته است. همچنین مقدار کربن آلی در تمامی خاک‌رخ‌ها از بالا به پایین کم شده است که می‌تواند به‌دلیل وجود بقایای گیاهی و ریشه در افق‌های سطحی و حضور کربن آلی بیش‌تر در آن‌ها باشد (جدول ۲). مهاجری و همکاران (۲۰۱۶) نیز در مطالعه خود به نتیجه مشابهی دست یافتند (۳۷).

نتایج مشابهی دست یافتند (۵، ۵۴ و ۱۴). فولادمند (۲۰۰۸) نیز در پژوهش‌های خود نشان داد که همبستگی منفی بین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و درصد شن وجود دارد که می‌توان دلیل آن را به کاهش درصد رس در اثر افزایش درصد شن نسبت داد (۱۸).

نتایج این مطالعه نشان داد که درصد آهک از شیب پستی به سمت پای شیب کاهش ملایم نشان می‌دهد (جدول ۱). میزان آهک با افزایش عمق به تدریج افزایش می‌یابد و آثار تجمع آهک ثانویه به شکل ندول و پودری در افق‌های زیرین بیش‌تر مشاهده می‌شود. در این خاک‌ها تشکیل افق کلسیک با درجات توسعه متفاوت، حداکثر تکامل خاکرخی خاک منطقه را نشان می‌دهد (جدول ۱).

ضریب انبساط‌پذیری خطی بین ۰/۱۵۵ تا ۰/۱۵۵ متغیر می‌باشد که مقدار این ضریب نیز همانند مقدار رس از شیب پستی به طرف پای شیب و همچنین از سطح به طرف عمق پروفیل افزایش می‌یابد.

کانی‌شناسی رس: در شکل ۲ (الف، ب و ج)، به ترتیب الگوهای XRD مربوط به افق Bk برای خاکرخی‌های مورد مطالعه در ترانسکت ۲ (خاکرخی واقع در شانه شیب (شماره ۹) و پای شیب (شماره ۱۵)) و افق Bt برای خاکرخی شماره ۱۰ (واقع در شیب پستی) آورده شده است. خاک‌های منطقه در هر سه موقعیت شانه شیب، شیب پستی و پای شیب وجود کانی‌های کلریت، اسمکتیت، کائولینیت، ایلیت، کوارتز و کانی مختلط اسمکتیت- ایلیت را نشان داد. وجود کانی مختلط اسمکتیت- ایلیت نشان‌دهنده تغییر شکل کانی میکا به کانی اسمکتیت می‌باشد. رمضان‌پور و بخشی‌پور (۲۰۰۳) و کریمی‌دهکردی و همکاران (۲۰۱۴) نیز در پژوهش‌های خود در منطقه لنگرود

حرکت رواناب و در نتیجه انتقال رس از بالای شیب به سمت پایین شیب دانستند (۴۵ و ۴۸). رضایی و گیلکس (۲۰۰۵) نیز افزایش رس در پایین شیب و افزایش شن در بالای شیب را به علت انتقال رس از بالا به سمت پایین شیب و به جا ماندن ذرات درشت‌تر خاک در موقعیت بالای شیب دانستند (۴۵). آزینوی (۲۰۱۲)، تمگا (۲۰۰۸) و دیجوفاک (۲۰۰۶) در مطالعاتی که بر روی خاک‌های ورتی‌سول منطقه کمرون ایالت نگزاس انجام دادند نیز به نتایج مشابهی دست یافتند (۵، ۵۴ و ۱۴).

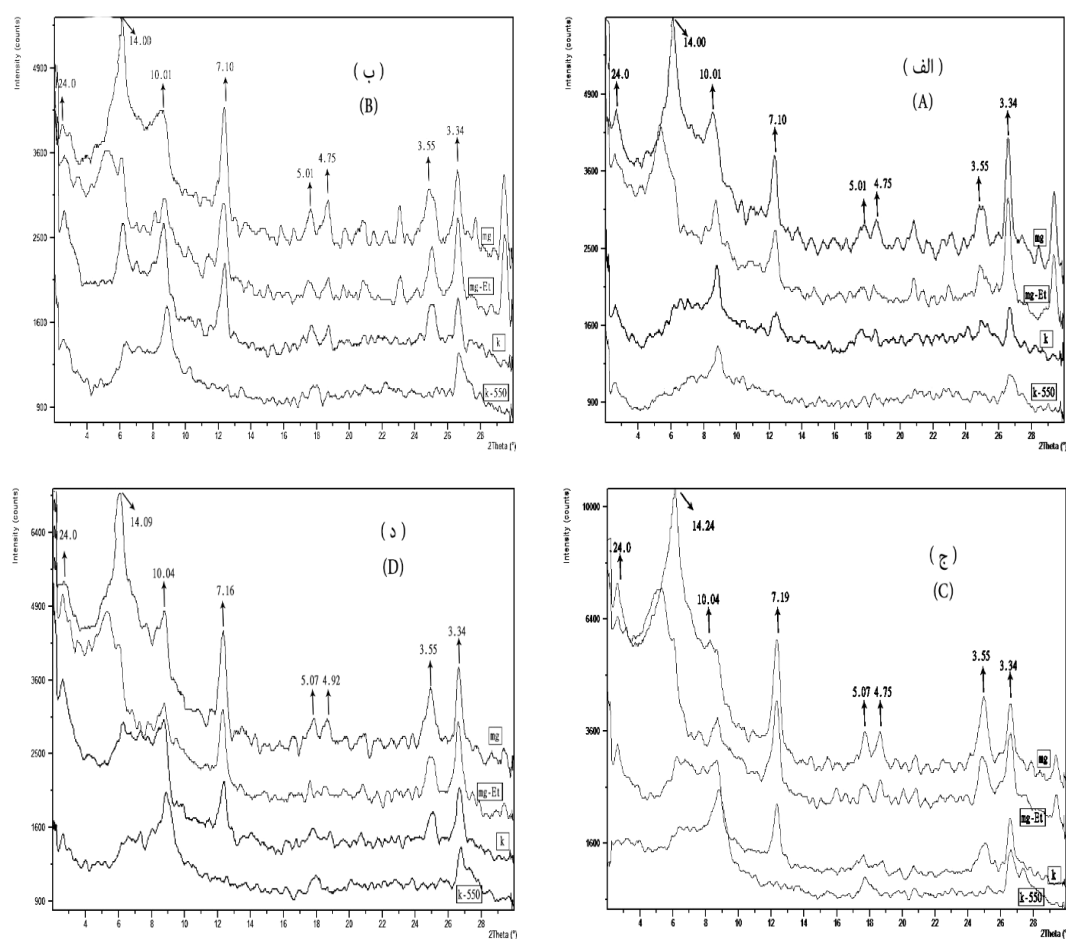
همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز مانند مقدار رس و ماده آلی به طرف پایین شیب افزایش می‌یابد و مابین ۱۵/۸۴ تا ۳۵/۱۳ سانتی‌مول بر کیلوگرم متغیر می‌باشد. موگس و هولدن (۲۰۰۸)، کریمی‌دهکردی و همکاران (۲۰۱۴) و مهاجری و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (۳۶، ۲۴ و ۳۷). ضیایی و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند که ظرفیت تبادل کاتیونی خاک تحت‌تأثیر مواد آلی و درصد کانی‌های رسی خاک است (۶۲). همچنین میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با افزایش عمق خاک کاهش یافت که این امر می‌تواند ناشی از کاهش میزان ماده آلی خاک با افزایش عمق باشد (جدول ۲). ظرفیت تبادل کاتیونی هر خاکی تابعی از میزان، نوع رس و مقدار ماده آلی می‌باشد. رس‌ها و مواد آلی به دلیل دارا بودن بار و سطح ویژه زیاد نقش مهمی در ظرفیت تبادل کاتیونی دارند و با افزایش مقدار رس و مواد آلی، مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک افزایش می‌یابد. آزینوی (۲۰۱۲)، تمگا (۲۰۰۸) و دیجوفاک (۲۰۰۶) نیز در مطالعاتی که بر روی خاک‌های ورتی‌سول منطقه کمرون ایالت نگزاس انجام دادند به

گیلان و لردگان استان چهارمحال و بختیاری به نتایج مشابهی دست یافتند (۴۳ و ۲۴). در بخش‌های پایین شیب نسبت به راس شیب رس‌های گروه اسمکتیت بیش‌تر شناسایی شد که با توجه به توزیع آن در کل خاکرخ توارثی است. رس‌های گروه اسمکتیت به واسطه اندازه بسیار ریزی که دارند در اثر فرآیندهای مکانیکی کم‌تر رسوب یافته و به‌وسیله جریان‌های انتقالی آب تا مسافت زیادی انتقال یافته‌اند. به‌طور کلی موقعیت‌های مختلف زمین‌نما تأثیر خود را به تغییرات کانی‌ها به‌طور عمده به‌دلیل فرسایش خاک سطحی گذاشته‌اند به‌طوری‌که کاهش مقدار اسمکتیت در شانه شیب را می‌توان به فرسایش آن نسبت داد (۲۱، ۳۹ و ۲۲).

نتایج این مطالعه نشان داد به‌دلیل وجود کانی‌های کائولینیت، ایلیت، کلریت، اسمکتیت و کوارتز در مواد مادری خاک‌های منطقه (افق C) منشأ موروثی عامل اصلی حضور این کانی‌ها در منطقه می‌باشد (شکل ۲ (د)). خرمالی و شمسی (۲۰۰۹) نیز در پژوهش‌های خود دریافتند که در خاک‌های با رژیم رطوبتی زیریک، تجمع املاح و پ.هاش خاک در حدود ۷-۸، شرایط برای تشکیل پدوژنیک کائولینیت مهیا نیست (۳۰). همچنین با توجه به وجود مقادیر کم کائولینیت در تمامی افق‌ها، می‌توان گفت کائولینیت موجود در این خاک‌ها از مواد مادری به ارث رسیده است.

همچنین به‌دلیل وجود کانی اسمکتیت در مواد مادری خاک‌های منطقه و شرایط محیطی منطقه می‌توان نتیجه گرفت که منشأ این کانی در خاک‌های منطقه می‌تواند موروثی باشد. به‌طورکلی سه منشأ اصلی برای حضور کانی‌های رسی گروه اسمکتیت در

خاک وجود دارد که شامل مواد مادری خاک، نوتشکیلی و تغییر شکل سایر کانی‌ها می‌باشد (۳). وجود مقادیر زیاد ایلیت در خاکرخ‌ها حکایت از جوانی و مراحل اولیه تکامل خاک‌های منطقه دارد و منشأ موروثی نیز برای این کانی وجود دارد. بیات و همکاران (۲۰۱۱)، نیز در مطالعات خود در اصفهان به نتایج مشابهی دست یافتند (۸). با توجه به نتایج به‌دست آمده که وجود مقدار زیادی ایلیت را در خاک‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد و همچنین وجود مقادیر زیاد ایلیت در مواد مادری خاکرخ‌ها (افق C) و مطالعات انجام شده دیگر بر روی این سازندها در منطقه، می‌توان گفت که ایلیت موجود در خاک‌های این منطقه از میکاهای مربوط به مواد مادری آن‌ها حاصل شده است و منشأ موروثی برای آن‌ها حتمی است. وحیدی و همکاران (۲۰۱۰) نیز در مطالعات خود در منطقه اهر به نتایج مشابهی دست یافتند (۵۷). خرمالی و شمسی (۲۰۰۹)، نیز نشان دادند که وجود کانی ایلیت در خاک‌های منطقه بیانگر جوان بودن و تکامل کم خاک‌های منطقه می‌باشد، بنابراین منشأ توارثی قطعی می‌باشد (۳۰). همچنین به‌دلیل وجود کانی‌های مختلط در مواد مادری خاک‌های منطقه (افق C) منشأ توارثی برای این کانی‌ها قطعی است. صالحی و کریمی (۲۰۰۹) نیز در مطالعات خود در استان‌های چهارمحال و بختیاری و اصفهان دریافتند که کانی‌های رسی ایلیت، اسمکتیت، کلریت و کائولینیت در تمامی خاک‌های مورد بررسی دو استان قابل تشخیص هستند که به احتمال زیاد حاصل به ارث رسیدن از مواد مادری می‌باشند (۴۶).

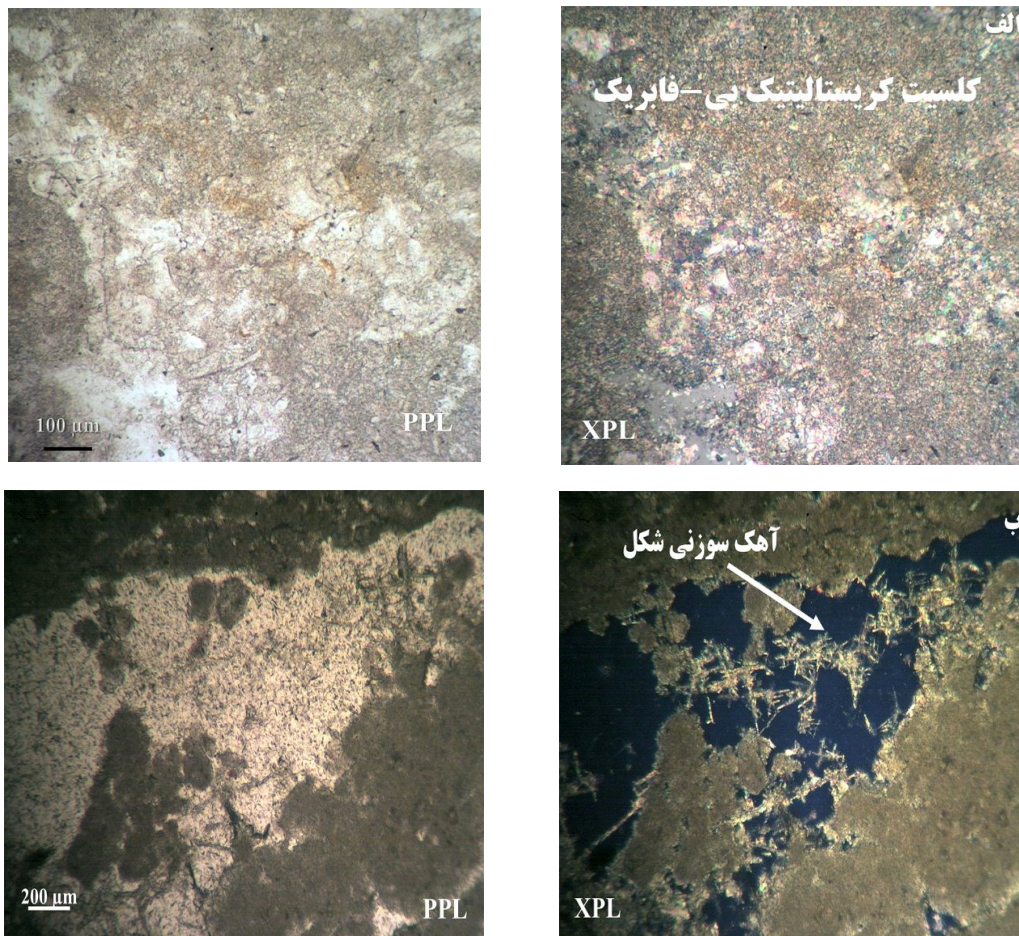


شکل ۲- (الف-ا) پراش نگاشت اشعه ایکس در افق Bk خاکرخ شماره ۹. (ب-ب) پراش نگاشت اشعه ایکس در افق Bt خاکرخ شماره ۱۰. (ج-ج) پراش نگاشت اشعه ایکس در افق Bk خاکرخ شماره ۱۵. (د-د) پراش نگاشت اشعه ایکس در افق ماده مادری خاکرخ شماره ۱۰.

Figure 2. (a) X-Ray diffractograms of Bk horizon of pedon 9. (b) X-Ray diffractograms of Bt horizon of pedon 10. (c) X-Ray diffractograms of Bk horizon of pedon 15. (d) X-Ray diffractograms of parent material horizon of pedon 10.

مناطق با رژیم رطوبتی زیریک، فرم‌های آهکی متنوعی وجود دارد (۳۳). از جمله این فرم‌ها، پرشدگی حفره‌ها، پوشش‌های آهکی، کلسیت سوزنی و نادول‌ها می‌باشند. بلورهای آهکی سوزنی‌شکل در سطح کانی‌های موجود در این موقعیت شیب مشاهده گردید (شکل ۳-ب). بر طبق نتایج مطالعات، علت تجمع این فرم آهک را می‌توان به مرتفع بودن منطقه، وجود رطوبت کافی در خاک، پایین بودن شوری خاک و حضور مواد آلی تجزیه‌پذیر نسبت داد (۲۴، ۴۷ و ۲۹).

میکرومورفولوژی خاک: مطالعه مقاطع نازک مربوط به افق Bk2 خاکرخ هشتم واقع در شانه شیب، نشان‌دهنده عوارض خاکساخت پوشش و پرشدگی آهک است که بیانگر ثانویه بودن آهک می‌باشد و باعث ایجاد بی-فابریک از نوع کلسیت کریستالیتیک شده است (شکل ۳-الف). عاکف و همکاران (۲۰۰۴)، نشان دادند که شستشوی آهک از سطح خاک به اعماق پروفیل باعث ایجاد پدوفیچرهای آهکی شده است (۴). لیاقت و خرمالی (۲۰۱۱)، در مطالعات خود نشان دادند که در

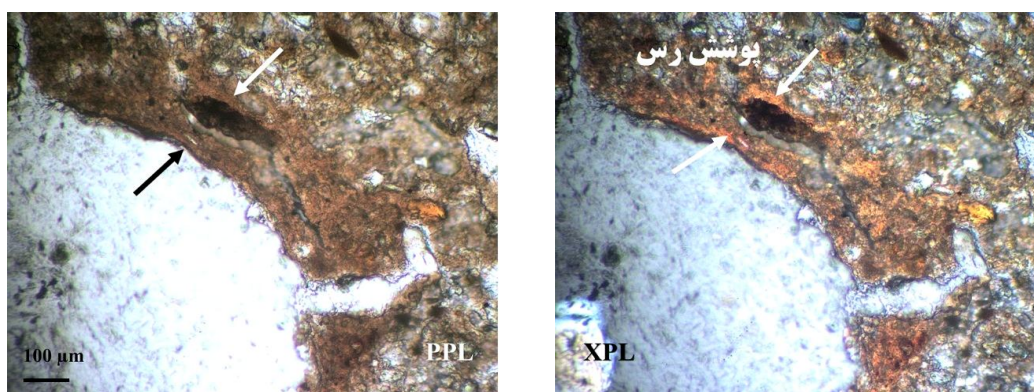


شکل ۳- کلسیت کریستالیتیک بی- فابریک (الف) و تجمع آهک سوزنی شکل (ب) در افق Bk2 خاکرخ هشتم واقع در راس شیب.

Figure 3. (a) Calcite crystalitic b-fabric. (b) Calcite needle accumulation of Bk2 horizon of pedon 8 in the top of the slope.

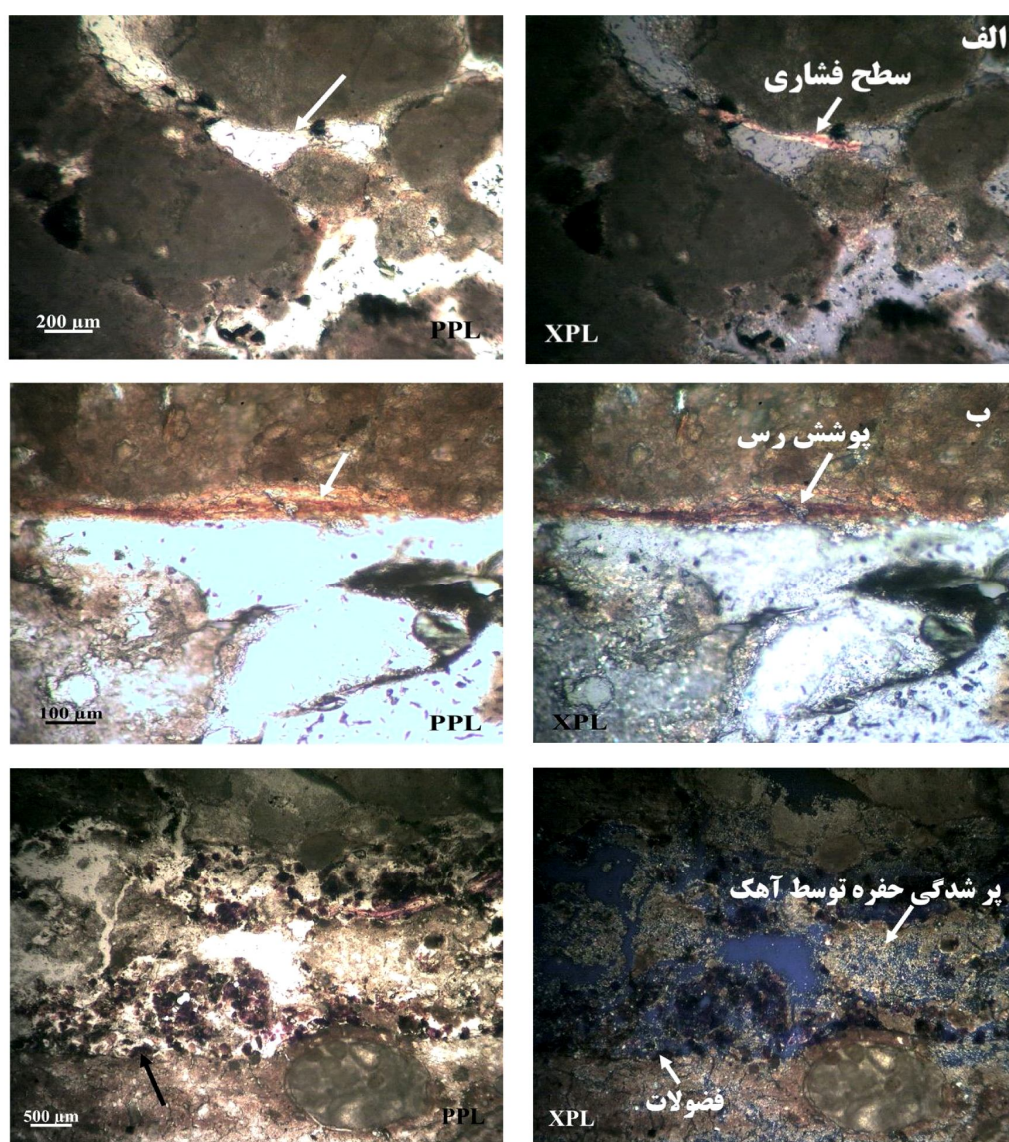
تشکیل افق آرچیلیک در خاک‌های استان چهارمحال و بختیاری اشاره کرده‌اند (۲۱، ۲۴، ۲ و ۴۴). در بررسی مقاطع نازک مربوط به افق Btk خاکرخ پانزدهم واقع در پای شیب نیز پدوفیچرهای سطوح فشاری (شکل ۵- الف) و پوسته‌های رسی (شکل ۵- ب) و همچنین مقادیری از فضولات جانوری (شکل ۵- ج) مشاهده گردید. ولی پوسته‌های رسی مشاهده شده در این خاکرخ در مقایسه با خاکرخ‌های واقع در مقاطع بالاتر شیب بسیار کم‌تر بود که پژوهشگران مختلف این امر را به خصوصیت انبساط و انقباض این خاک‌ها در اثر مقادیر بالاتر رس اسمکتیت نسبت می‌دهند (۲۵ و ۵۸).

در بررسی مقاطع نازک مربوط به افق Bt خاکرخ دهم واقع در شیب پشتی پدوفیچرهای رسی مشاهده شد (شکل ۴). پوشش‌های رس در خاک، شواهدی از انتقال رس از افق‌های بالایی به افق‌های تحتانی در نتیجه نفوذ آب هستند (۳۲ و ۳۳). تشکیل پوسته‌های رسی بر روی خاکدانه‌ها و بر دیواره خلل و فرج خاک بیانگر وجود بارندگی به نسبت زیاد منطقه و وجود آب کافی برای انتقال رس از افق‌های بالایی به افق‌های پایینی خاک است. همچنین به نظر می‌رسد در این منطقه چند پروسه اتفاق افتاده است که شامل ۱- Decalcification، ۲- Illuviation و ۳- Calcification می‌باشد. پژوهشگران دیگری نیز در مطالعات خود به مشاهده پوسته‌های رسی و



شکل ۴- پوشش رس در افق Bt خاکرخ دهم واقع در شیب پشتی.

Figure 4. Clay coating of Bt horizon of pedon 10 in the backslope.

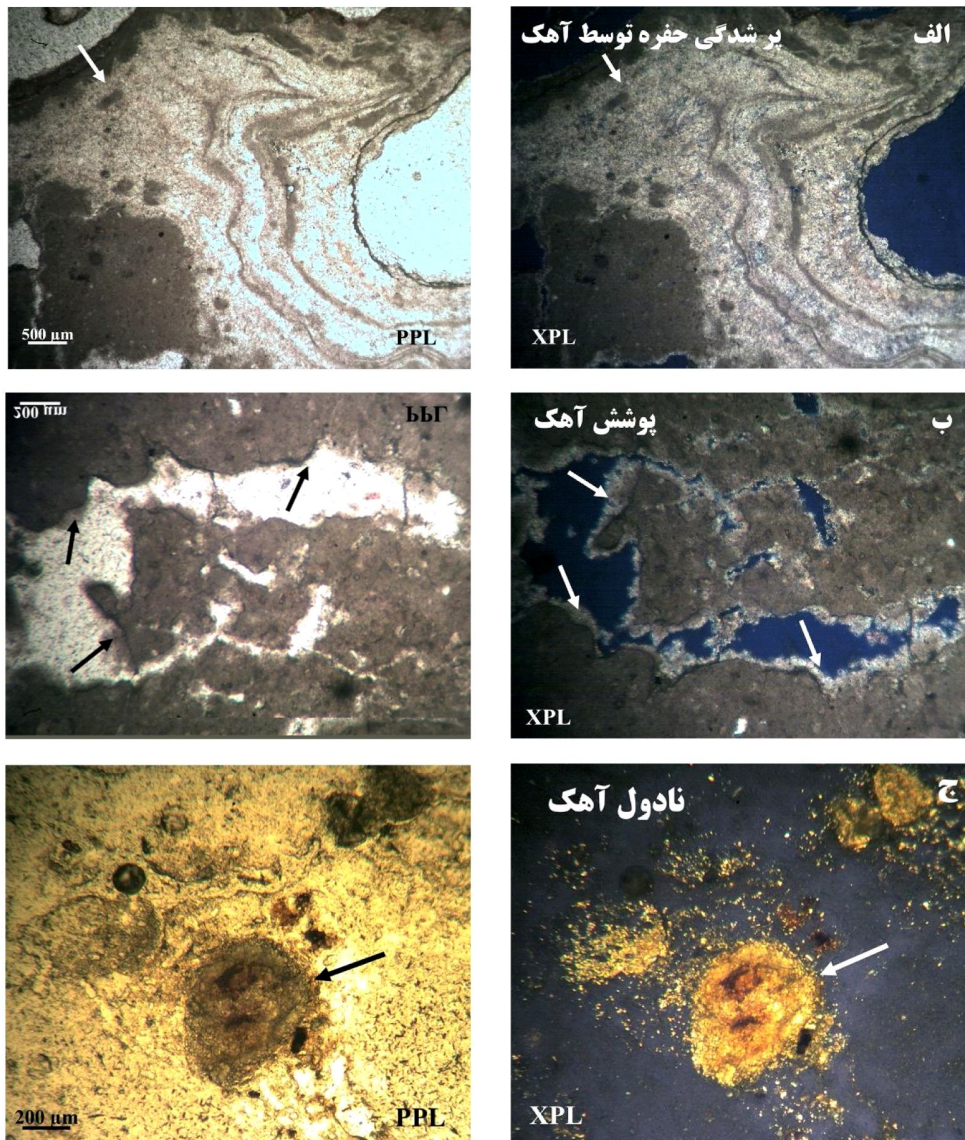


شکل ۵- سطح فشاری (الف)، پوشش رسی (ب) و تجمع فضولات جانوری (ج) در افق Btk خاکرخ پانزدهم واقع در پای شیب.

Figure 5. (a) Pressure face. (b) Clay coating. (c) Excrements accumulation of Btk horizon of pedon 15 in the footslope.

ذکر است که رژیم رطوبتی خاک در منطقه زیریک می‌باشد، در حقیقت آهک موجود در مواد مادری خاک در فصول پرباران در آب حل شده و در زمان خشکی خاک به صورت پدوفیچرهای ذکر شده در لایه‌های خلل و فرج و در متن خاک رسوب و تجمع یافته است.

در کلیه مقاطع نازک مطالعه شده، فرم‌های مختلف آهک از جمله، پرشدگی حفره‌ها (شکل ۶-الف)، پوشش‌های آهکی (شکل ۶-ب) و نادول‌ها (شکل ۶-ج) مشاهده شد. وجود پدوفیچرهایی فوق در افق‌های زیرین خاک نشان‌دهنده وجود آهک زیاد در مواد مادری خاک و تناوب دوره‌های خشک و مرطوب در فصل‌های تابستان و زمستان می‌باشد، قابل



شکل ۶- پرشدگی حفره‌ها توسط آهک (الف) در افق خاکرخ یازدهم در شیب پستی، پوشش آهکی (ب) در افق Bk خاکرخ هشتم واقع در راس شیب و نادول آهکی (ج) در افق Bk خاکرخ چهاردهم واقع در پای شیب.

Figure 6. (a) Calcite infilling of Bk horizon of pedon 11 in the back slope. (b) Calcite coating of Bk horizon of pedon 8 in the top of the slope. (c) Calcite nodule of Bk horizon of pedon 14 in the foot slope.

گردید (۵۲ و ۱۷). رده‌بندی خاک‌ها نشان می‌دهد خاک‌های واقع در موقعیت بالای شیب در راسته اینسپتی‌سولز و در موقعیت وسط شیب و پای شیب در راسته ورتی‌سولز قرار دارند (جدول ۳).

رده‌بندی خاک: با استفاده از نتایج تشریح پروفیل و تجزیه‌های آزمایشگاهی و بر اساس روش طبقه‌بندی آمریکایی خاک (۲۰۱۴)، ۴ فامیل خاک و طبق سامانه WRB (۲۰۱۴)، ۸ خاک در سطح دوم، شناسایی

جدول ۳- رده‌بندی خاک‌های منطقه طبق سامانه‌های رده‌بندی آمریکایی و جهانی.

Table 3. Classification of soils according to Soil Taxonomy and WRB systems.

شماره پروفیل Profile number	سامانه طبقه‌بندی خاک Soil Classification System	
	آمریکایی Soil Taxonomy	جهانی WRB
8	Fine, smectitic, mesic Typic Calcixerpts	Haplic Calcisols (Loamic)
9	Fine, smectitic, mesic Typic Calcixerpts	Haplic Calcisols (Loamic, Chromic)
10	Fine, smectitic, mesic Chromic Haploxererts	Haplic Vertisols (Hypereutric)
11	Fine, smectitic, mesic Chromic Calcixererts	Calcic Vertisols (Calcaric, Hypereutric)
12	Fine, smectitic, mesic Calcic Haploxerpts	Calcaric Eutric Cambisols (Loamic, Ochric)
13	Fine, smectitic, mesic Chromic Haploxererts	Haplic Vertisols (Calcaric, Hypereutric, Humic)
14	Fine, smectitic, mesic Chromic Haploxererts	Haplic Vertisols (Calcaric, Hypereutric, Gilgaic, Humic)
15	Fine, smectitic, mesic Chromic Haploxererts	Haplic Vertisols (Hypereutric, Gilgaic)

است (۵۲). در سامانه طبقه‌بندی جهانی (۲۰۱۴)، نیز با توجه به معیارهای ذکر شده برای تعریف خاک‌های ورتی‌سول، وجود افقی به نام ورتیک اجباری است که این افق همانند سامانه طبقه‌بندی جهانی، باید دارای اسلیکن سایید یا دارای ساختمان گوه‌ای باشد (۱۷). در ویرایش‌های قدیمی‌تر (۲۰۰۷) این سامانه برای داشتن افق ورتیک علاوه بر اسلیکن سایید، حتماً ساختمان گوه‌ای نیز باید وجود می‌داشت به‌همین دلیل، در مطالعه‌ای که بهمنی و همکاران (۲۰۱۴) و سرشوق و همکاران (۲۰۱۲) در مناطق کوه‌رنگ و چلگرد استان چهارمحال و بختیاری طبق سامانه طبقه‌بندی جهانی انجام داده بودند، چون تمام شرایط افق ورتیک به‌جز ساختمان گوه‌ای در منطقه وجود داشت، بنابراین خاک‌های آن مناطق در گروه مرجع ورتی‌سول طبقه‌بندی نشدند و در نتیجه، گروه مرجع، کمی‌سول

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، همه خاک‌ها به‌استثناء خاک‌های واقع در راس شیب (خاک‌های شماره ۸ و ۹) و خاک‌های شماره ۱۲ (واقع در شیب پستی) بر مبنای دو سامانه رده‌بندی آمریکایی و جهانی، خاک ورتی‌سول محسوب می‌گردند. اگرچه خاک‌های فوق‌الذکر در سامانه آمریکایی، همگی در راسته ورتی‌سول قرار می‌گیرند، اما در خاک‌های شماره ۱۱ به واسطه داشتن افق کلسیک در محدوده ۱۰۰ سانتی‌متری سطح خاک، در سطح گروه بزرگ و زیرگروه تفاوت با دیگر خاک‌ها مشاهده می‌شود. بر اساس معیارهای ذکرشده در سامانه رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۴) برای تعریف خاک‌های ورتی‌سول، وجود لایه‌ای با ضخامت ۲۵ سانتی‌متر یا بیش‌تر در محدوده ۱۰۰ سانتی‌متری سطح خاک‌هایی که دارای پدیده اسلیکن سایید یا ساختمان گوه‌ای باشند الزامی

به آن‌ها اختصاص یافت. آن‌ها پیشنهاد کرده بودند که تعدیل شرایط برای تعریف افق ورتیک و جایگزین نمودن واژه "یا" به جای حرف ربط "و" در ارتباط با وجود ساختمان گوه‌ای و اسلیکن ساید حتماً در ویرایش‌های بعدی لحاظ گردد که خوشبختانه این مشکل در ویرایش سال ۲۰۱۴ این سامانه برطرف گردیده است (۶ و ۴۸).

برای اطمینان از وجود افق مشخصه آرجیلیک در سامانه رده‌بندی آمریکایی، علاوه بر شرط ضخامت و شرط افزایش در میزان رس پس از حذف کربنات کلسیم‌های در اندازه رس، باید حتماً پوسته رسی مشاهده شود یا این‌که ضریب انبساط طولی بیش از ۰/۰۴ بوده و نسبت رس ریز به کل رس در افق آرجیلیک ۱/۲ برابر یا بیش‌تر از این نسبت در افق الویال باشد (۵۲) در حالی‌که در سامانه طبقه‌بندی جهانی علاوه بر شرط ضخامت باید یا شرط افزایش در میزان رس پس از حذف کربنات کلسیم‌های در اندازه رس را داشته باشد یا این‌که شرط مشاهده پوسته رسی یا ضریب انبساط خطی بیش از ۰/۰۴ و نسبت رس ریز به کل رس حداقل ۱/۲ برابر بیش‌تر از افق الویال را داشته باشد (۱۷). با توجه به این‌که در بعضی خاک‌ها هر دو شرط افزایش در میزان رس و تجمع پوسته رسی مشاهده نمی‌شود، بنابراین به نظر می‌رسد سامانه طبقه‌بندی جهانی، بهتر می‌تواند حضور افق آرجیک را در منطقه نسبت به سامانه رده‌بندی آمریکایی نشان دهد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در سامانه رده‌بندی آمریکایی تعدیل شرایط برای تعریف افق آرجیلیک و جایگزین نمودن واژه "یا" به جای حرف ربط "و" در ارتباط با وجود پوسته رسی یا ضریب انبساط خطی بیش از ۰/۰۴ و نسبت رس ریز به کل رس حداقل ۱/۲ برابر بیش‌تر از افق الویال و

"افزایش در میزان رس" حتماً در ویرایش‌های بعدی لحاظ گردد. طبق مطالب مذکور و همان‌طور که در جدول‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، افق دوم خاکرخ شماره ۱۰ و افق چهارم خاکرخ شماره ۱۵ طبق تعاریف در هر دو سامانه، افق آرجیلیک محسوب می‌شوند، بنابراین اضافه کردن پسوند "لوویک و لیکسیک" به گروه مرجع ورتی‌سول در سامانه طبقه‌بندی جهانی و اضافه کردن گروه بزرگ "آرجی‌زررتس" به سامانه رده‌بندی آمریکایی به دلیل عدم در نظر گرفتن وجود افق آرجیلیک، توصیه می‌شود.

خاکرخ‌های واقع در راس شیب (شماره ۸ و ۹) و خاکرخ شماره ۱۲ (واقع در شیب پشتی) در سامانه رده‌بندی آمریکایی، در رده اینسپتی‌سول قرار می‌گیرند. با توجه به این‌که در سامانه جهانی، رژیم‌های رطوبتی و حرارتی نقشی در طبقه‌بندی خاک‌ها ندارند و استفاده از این گونه ویژگی‌ها را تنها برای تفسیر خاک مناسب می‌داند، خاکرخ‌های ۸ و ۹ به دلیل داشتن افق کلسیک در محدوده ۱۰۰ سانتی‌متری سطح خاک در گروه مرجع کلسی‌سول و خاکرخ ۱۲ به دلیل داشتن افق کمبیک که در محدوده ۵۰ سانتی‌متری از سطح خاک شروع شده و مرز پایینی‌اش در حداقل ۲۵ سانتی‌متری از سطح خاک قرار گرفته، در گروه مرجع کمبی‌سول قرار می‌گیرد (۱۷). به نظر می‌رسد در این موقعیت شیب، سیستم طبقه‌بندی جهانی ویژگی‌های خاک را بهتر و داشتن خصوصیات خاص را گویاتر بیان می‌کند. در حالی‌که در سیستم رده‌بندی آمریکایی در گروه بزرگ خصوصیت داشتن افق کلسیک بررسی می‌شود. نوع رس‌ها و مقدار آن‌ها یکی از ویژگی‌های مهم خاک محسوب می‌شود که بر بسیاری از ویژگی‌های دیگر

معیارهایی که با اندازه‌گیری نسبتاً آسان به‌نحوی وضعیت حاصلخیزی خاک را بیان کنند موجب ارتقای کیفیت این سامانه رده‌بندی خواهد شد.

نتیجه گیری کلی

به‌طورکلی ویژگی‌های خاک بسته به موقعیت شیب زمین متغیر بوده و موقعیت شیب بر خصوصیات و نحوه تشکیل و تحول خاک تأثیر دارد. پستی و بلندی با تأثیر بر مقدار و نحوه توزیع بارندگی بر مقدار ایجاد رواناب سطحی تأثیر گذاشته و با ایفای نقش در تغییر شرایط رطوبتی خاک، شدت جابه‌جایی مواد را در موقعیت‌های متفاوت شیب تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به تأثیری که موقعیت‌های زمین‌نما بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارند توصیه می‌شود آنالیز زمین‌نما در طرح‌های مدیریت اراضی و برنامه‌های حفاظت آب و خاک انجام شود.

مانند گنجایش تبادل کاتیونی و دسترسی عناصر غذایی تأثیرگذار است و به‌صورت کلاس‌کانی‌شناسی در سطح فامیل رده‌بندی آمریکایی و به‌صورت غیرمستقیم در ویژگی‌های برخی از افق‌های سامانه جهانی (مانند افق آرچیک، کندیک و غیره) مدنظر قرار گرفته است. با توجه به‌شدت پیک هر یک از کانی‌ها در این خاک‌ها، می‌توان گفت اسمکتیت کانی غالب بخش رس این خاک‌ها می‌باشد که در سطح فامیل سامانه آمریکایی امکان بیان آن با ذکر کلاس اسمکتیت وجود دارد.

در سیستم رده‌بندی آمریکایی اطلاعاتی مانند رژیم‌های رطوبتی و حرارتی، نوع کانی‌ها، افق‌های مشخصه و نحوه توزیع اندازه ذرات را در بر دارد، در حالی که سیستم جهانی فقط وجود افق‌های کلسیک و کمبیک و تا حدودی کلاس بافتی را نشان می‌دهد. در نتیجه در نظر گرفتن پیشنهادهای مناسب کانی‌شناسی برای گروه‌های مرجع در رده‌بندی جهانی و یا

منابع

1. Abtahi, A. 1992. Salinity tolerance in plants. College of Agriculture, Shiraz University, 160p. (In Persian)
2. Ahmadi Ilkhchi, A., Hajabbasi, M.A., and Jalalian, A. 2003. Effects of converting range to dry-farming land on runoff and soil loss and quality in Dorahan, Chaharmahal and Bakhtiari province. *J. Agri. Sci. Natur. Resour.* 4: 103-114. (In Persian)
3. Ajami, M., and Khormali, F. 2009. Clay mineralogy as an evidence of land degradation on loess hillslopes. *J. Water Soil Conserv.* 16: 2. 61-84. (In Persian)
4. Akef, M., Mahmoudi, Sh., Karimian Eghbal, M., and Sarmadian, F. 2004. Physicochemical and micromorphological changes in paddy soils converted from forest in Foomanat region, Gilan. *J. Naturalrest.* 56: 4. 407-423. (In Persian)
5. Azinwi, P.T. 2012. Petrological, physic-chemical and mechanical study of the benue watershed vertisols (Nord Cameroon): spatial analysis and agricultural potential evaluation. Th. Doc. Ph.D. Fac. Sc. Univ. Yaounde I, 183p.
6. Bahmani, M., Salehi, M.H., and Esfandiarpour Boroujeni, I. 2014. Comparing the American soil classification system (Taxonomy) and WRB to describing the feature, of some arid and semi-arid central Iran. *J. Water Soil Sci. (Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.)*. 18: 67. 11-21.
7. Bartoli, F., Burtin, G., Royer, J.J., Gury, M., Gomendy, V., Leviandier, R., and Gafrej, R. 1995. Spatial variability of topsoil characteristics within silty soil type, effect on clay migration. *Geoderma.* 68: 279-300.
8. Bayat, A., Karimzadeh, H.R., and Khademi, H. 2011. Clay minerals in the soil of the old East geomorphic surfaces in Esfahan, Iran. *J. Crystallograph. Mineral.* 1: 1. 45-58. (In Persian)

9. Brady, N.C., and Weil, R.R. 1999. The nature and properties of soils (12th Edition), Prentice-Hall, 881p.
10. Buol, S.W., Hole, F.D., and MC Cracken, R.J. 1973. Soil genesis and classification, The Iowa State University Press, Ames, IA, 360p.
11. Cline, M.G. 1949. Basic principles of soil classification. *Soil Sci.* 67: 2. 81-91.
12. Dahlgren, A.R., Bottinger, L.T., Huntington, L.G., and Amundson, A.R. 1997. Soil development along an elevation transect in the western Sierra Nevada, California. *Geoderma.* 78: 207-236.
13. Deckers, J.P., Driessen, F.O.F., Nachtergaele, O., and Berding, F. 2003. Anticipated developments of the world reference base for soil resources. In: H. Eswaran, T. Rice, R. Ahrens and B.A. Stewart (Eds.), *Soil Classification: A Global Desk Reference*. CRC Press, Boca Raton, FL. 232p.
14. Djoufac, W.E., Elimbi, A., Panczer, G., Nyada, R., and Njopwouo, D. 2006. Caracterisations phisico-chimiques et mineralogiques des vertisols de Garoua (Nord Cameroun). *Ann. Chim. Sci. Mat.* 31: 1. 75-90.
15. Farpoor, M.H., Neyestani, M., Eghbal, M.K., and Esfandiarpour Boroujeni, I. 2012. Soil-geomorphology relationships in Sirjan playa, south central Iran. *Geomorphology.* 138: 223-230.
16. Fisher, R.F., and Brinkley, D. 2000. *Ecology and management of forest soils*, John Wiley & Sons, 489p.
17. Food and Agriculture Organization. 2014. *World Reference Base for Soil Resources. A framework for international classification, correlation and communication*, FAO, Rome, 128p.
18. Fooladmand, H.R. 2008. Estimation of cation exchange capacity from some soil physico-chemical properties. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 15: 10. 1-8. (In Persian)
19. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis, hydrometer method. P 404-408, In: D.L. Sparks (Eds.), *Methods of soil analysis. Part 1.* 3rd ed. Am. Soc. Argon., Madison, WI.
20. Gerasimova, M.I. 2010. Chinese soil taxonomy: between the American and the international classification systems. *Eurasian Soil Sci.* 43: 945-949.
21. Habibi, A., Jalalian, A., and Ayoubi, Sh. 2011. The formation and evolution of soil Vertisols and its relationship with the topography on Lordegan country in Chaharmahal and Bakhtiari. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University Khorasgan Branch, 112p. (In Persian)
22. Jafari, A., Shariatmadari, H., Khademi, H., and Rezaei Nezhad, Y. 2008. Clay mineralogy of soils in arid and semiarid regions of the four tiers of territorial and its relationship with kinetics of Phosphorus Release. *J. Agri. Sci. Natur. Resour.* 44: 153-168. (In Persian)
23. Jiang, P., and Thelen, K.D. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn-soybean cropping system. *Agronomy.* 96: 252-258.
24. Karimi Dehkordi, F., Jalalian, A., Mehnatkesh A.M., and Honarjoo, N. 2014. The effect of land use change on mineralogy and micro-morphological properties of clay soil on Lordegan County- in Chaharmahal and Bakhtiari Province. *J. Soil Manage. Sust. Prod.* 4: 3. 1-32. (In Persian with English abstract)
25. Kemp, R.A., and Zarate, M.A. 2000. Pliocene pedosedimentary cycles in the southern Pampas, Argentina. *Sedimentology.* 47: 3-14.
26. Kemp, R.A., Tomas, P.S., Sayago, J.M., Debyshire, E., King, M., and Wagner, L. 2003. Micromorphology OSL dating of the basalt part of the loess-paleosol sequence at La Mesuda in Tucuman province, northwest Argentina. *Quat. Int.* 106-107: 111-117.
27. 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. (In Persian with English abstract)
28. 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.

29. Khormali, F., Abtahi, A., and Stoops, G. 2006. Micromorphology of calcic pedofeatures in highly calcareous soils of Fars province, Southern Iran. *Geoderma*. 132: 31-46.
30. Khormali, F., and Shamsi, S. 2009. Investigation of the quality and micromorphology of soil evaluation in different landuses of the quality of Golestan province, Acase study in Ghapon region. *J. Agri. Sci. Natur. Resour.* 16: 3. 14-27. (In Persian)
31. Kittrick, J.A., and Hope, E.W. 1963. A procedure for the particle size separation of soils for X-ray diffraction analysis. *J. Soil Sci.* 96: 312-325.
32. Kodesova, R., Kodes, V., Zigova, A., and Simanek, J. 2006. Impact of plant roots and soil organisms on micromorphology and soil hydraulic properties. *Biologia, Bratislava*. 61: 19. 339-343.
33. Liaghat, M., and Khormali, F. 2011. Micromorphology of development of some loess-derived soils of western Golestan province a long a climo-topobiosequence. *J. Water Soil Conserv.* 18: 1. 1-32. (In Persian)
34. Lindsay, W.L. 1992. *Chemical equilibria in soils*. John Wiley and Sons, New York, 44p.
35. McNab, W.H. 1993. Atopographic index to quantify the effect of mesoscale landform on site productivity. *Can. J. For. Res.* 23: 1100-1107.
36. Moges, M., and Holden, N.M. 2008. Soil fertility in relation to slope position and agricultural land use: A case study of Umbulo catchments in southern Ethiopia. *Environmental Management*. 42: 753-763.
37. Mohajeri, P., Alamdari, P., and Golchin, A. 2016. Effect of slope positions on physiochemical properties of soils located on a toposequence in Deilaman area of Guilan province. *J. Water Soil*. 30: 1. 162-171. (In Persian)
38. Morand, D.T. 2010. The world reference base for soils (WRB) and soil Taxonomy: an initial appraisal of their application to the soils of the Northern Rivers of New South Wales. 19th World Congress of Soil Science. Australia, Pp: 28-31.
39. Mousavi, M.H., Mehdizadeh Shahri, H., and Ghorbani H. 2009. Mineralogy of soils formed on Aghajary formation in Masjed Soleyman and Burge Khajoo province. *J. Sci. Islamic Azad University (JSIRU)*. 77: 151-172. (In Persian)
40. Muir, J.W. 1962. The general principles of classification with reference to soils. *J. Soil Sci.* 13: 1. 22-30.
41. National Soil Survey Center. 2002. *Field book for describing and sampling soils*. Natural Resources Conservation Service, U.S. Department of Agriculture. Version 2. 228p.
42. Nelson, S.R., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. P 961-1010, In: D.L. Sparks (Eds.), *Methods of soil analysis*. Part 3. 3rd ed. Am. Soc. Argon., Madison, WI.
43. Ramazanpour, H., and Bakhshipour, R. 2003. Evidence of soil clay minerals transformation in some physiographic units, west of Langrood-Gilan. *Iran. J. Crystallograph. Mineral.* 11: 1. 45-56. (In Persian)
44. Ramazanpour, H., and Jalalian, A. 2002. Soil variability along a chrono toposequence in two climatic zones of Central Zagros. *JWSS-Isfahan University of Technology*. 6: 1. 131-147. (In Persian)
45. Rezaei, S., and Gilkes, R. 2005. The effects of landscape attributes and plant community on soil physical properties in rangelands. *Geoderma*. 125: 167-176.
46. Salehi, M.H., and Karimi Karuye, A.R. 2009. Comparison of soil classification dominant province of Chahar Mahal and Bakhtiari and Isfahan. *J. Natur. Resour. Agric. Sci. University of Isfahan*. 1: 1-4. (In Persian)
47. Sanjari, S., Farpour, M.H., Karimian Eghbal, M., and Esfandiarpour Boroujeni, I. 2011. Genesis, micromorphology and clay mineralogy of soils located on different geomorphic surfaces in Jiroft area. *J. Water Soil*. 30: 2. 411-425. (In Persian with English abstract)
48. Sarshogh, M., Salehi, M.H., and Beigie, H. 2012. The effect of slope aspect and position on soils particle size distribution in Chelgerd region, Chaharmahal-va-Bakhtiari province. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 19: 3. 77-98. (In Persian)

49. Sarshogh, M., Salehi, M.H., and Esfandiarpour Borojeni, I. 2011. Comparing the American soil classification system (Taxonomy) and WRB in various situations both northern and southern slope in Chelgerd region, Chaharmahal-va-Bakhtiari province. 12th Iranian Soil Science Congress, 4p. (In Persian)
50. Schafer, W.M., and Singer, M.J. 1976. A new method of measuring shrink-swell potential using soil pastes. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 40: 805-806.
51. Secu, C.V., Patriche, C., and Vasiliniuc, I. 2008. Aspects regarding the correlation of the Romanian soil taxonomy system (2003) with WRB (2006). *IPYHTO3HABCTBO*. 9: 56-62.
52. Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. United States Department of Agriculture and Natural Resources Conservation Service, 332p.
53. Stoops, G. 2003. *Guidelines for the analysis and description of soil and regolith thin sections*. SSSA. Madison, WI, 170p.
54. Temga, J.P. 2008. Etude des vertisols topomorphes sur alluvions de la zone soudano-sahelienne de l'Extreme- Nord Cameroun. *Mem. DEA. Univ. Yaounde I*, 61p.
55. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. P 475-490, In: D.L. Sparks (Eds.), *Methods of soil analysis*. Part 3. 3rd ed. Am. Soc. Argon., Madison, WI.
56. Tsui, C.C., Chen, Z.S., and Hsieh, C.F. 2004. Relationships between soil properties and slope position in a lowland rain forest of southern Taiwan. *Geoderma*. 123: 131-142.
57. Vahidi, M.J., Jafarzadeh, A.A., Ostan, S.H., and Shahbazi, F. 2010. Impact of land use on physical, chemical and mineralogical soil southern city of Ahar. *J. Soil Water*. 77: 33-47. (In Persian)
58. Verhey, W., and Stoops, G. 1973. Micromorphological evidence for identification of an argillic horizon in Terra Rossasoils. P 817-831, In: G.K. Rutherford (Ed.), *Soil Microscopy*. The limestone Press. Kingston. Canada.
59. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of chromic acid method in soil analysis. 1. *Experimental. Soil Science*. 79: 459-465.
60. Wilding, L.P., Smeck, N.E., and Hall, G.F. 1983. *Pedogenesis and Soil Taxonomy. Concepts and interactions*. Elsevier Publishing Company, 303p.
61. Yimer, F., Ledin, S., and Abdelkheir, A. 2006. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. *Forest Ecology and Management*. 232: 90-99.
62. Ziyae, A., Pashaei, A., Khormali, F., and Roshani, M.R. 2013. Some physic-chemical, clay mineralogical and micromorphological characteristics of loess paleosols sequence indicators of climate change in south of Gorgan. *J. Water Soil Cons*. 20: 1. 1-28. (In Persian)



Studying of the formation and development of soils in a toposequence in Chelgerd region, Chaharmahal-va-Bakhtiari province

*S. Etedali Dehkordi¹, S.A. Abtahi², M.H. Salehi³, J. Givi⁴,
M.H. Farpoor⁵ and M. Baghernejad²

¹Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, University of Shiraz, ²Professor, Dept. of Soil Science, University of Shiraz, ³Professor, Dept. of Soil Science, University of Shahrekord, ⁴Associate Prof., Dept. of Soil Science, University of Shahrekord, ⁵Professor, Dept. of Soil Science, Shahid Bahonar University of Kerman

Received: 01/13/2017; Accepted: 06/06/2017

Abstract

Background and Objectives: The optimum and sustainable use of soil is possible only with correct and complete understanding of its properties. The objectives of the this study were to enhance understanding of soils available in an area located on 35 km of Chelgerd region in Chaharmahal-va-Bakhtiari province through the study of the Soil morphological, physico-chemical, mineralogical and micromorphological characteristics to check the formation and classification of these soils according to USDA Soil Taxonomy (2014) and WRB (2014) systems.

Materials and Methods: Mean annual rainfall and soil temperature of the selected location are 1389.6 mm and 9.5 °C respectively and Soil temperature and moisture regimes of this region are mesic and xeric, respectively. Eight pedons located on one transect along slope direction were excavated and sampled. Routine physico-chemical analysis such as soil reaction, texture, COLE content, electrical conductivity, calcium carbonate equivalent, cation exchange capacity, organic carbon and clay mineralogy and micromorphology investigations were performed on selected soil samples. Then, based on description card of each profile and laboratory results, soils were classified to phamily level and to second level based on Taxonomy and WRB systems, respectively.

Results: The results showed that the category of the soils of the area according Taxonomy system, are Inceptisols and Vertisols, while in WRB system, named Calcisols, Cambisols and Vertisols. The results showed that, because of higher organic matter content and finer texture of soils of lower slope positions, cation exchange capacity was maximum in this position. The results also revealed that, with increasing soil depth, organic carbon content and cation exchange capacity decreased, whereas clay and lime content had a reverse trend and increased with increasing the soil depth. Coefficient of linear extensibility (COLE) values as well as clay content increased from back slope to foot slope and with increasing soil depth. They are constituted mainly by smectites associated to some amount of illite, chlorite, kaolinite, quartz and illite-smectite as mixed minerals. According to this results, the origin of the clay minerals in different slope positions are mostly inheritance from parent material. Study of thin section revealed the presence of clay coating in the Bt and Btk horizons, that, this clay coatings in the soil are evidence of transmission clay from upper horizons to lower horizons as a result of water penetration. Also, calcite accumulation with various forms such as calcite coating, calcite infilling and calcite needle and calcite nodule in the Bk and Btk were observed, which, confirms the secondary nature of lime and causing calcitic crystalitic b-fabric. Also, the cause is the accumulation of calcite needle in the top of the slope due to highlands area, presence of enough moisture in the soil, the low salinity of soil and presence of biodegradable organic matter.

Conclusion: The result of this study showed the role of topography on variability of soil properties and soil classification in the studied area.

Keywords: Chelgerd region, Clay mineralogy, Physico-chemical properties, Soil classification, Topography

* Corresponding Author; Email: sepidehetedali@yahoo.com