

اثر موقعیت شیب بر کانی‌شناسی بخش رس خاک‌ها در دو ردیف پستی و بلندی با مواد مادری متفاوت در بخشی از حوضه آبخیز سد کارون ۳، شرق استان خوزستان

وحید مرادی‌نسب^۱، سعید حجتی^{۱*}، احمد لندی^۱ و آنخل فازکانو^۲

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۷)

چکیده

ماده مادری و پستی و بلندی از عوامل تشکیل‌دهنده خاک بوده که با تأثیر بر پارامترهای مختلف، تکامل خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این مطالعه با هدف مقایسه اثر مواد مادری مارنی و آهکی در موقعیت‌های مختلف شیب شامل قله‌شیب، شانه شیب، پای شیب و پنجه‌شیب بر ترکیب کانی‌های رسی و شناسایی منشأ تشکیل آنها در بخشی از حوضه آبخیز سد کارون ۳ انجام شد. بر این اساس، از لایه‌های مختلف ۸ خاک‌رخ مختلف نمونه‌برداری و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و کانی‌شناسی رس‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که نوع و فراوانی کانی‌های شناسایی شده برای هر دو مواد مادری بیشتر متأثر از موقعیت پستی و بلندی هستند. ترکیب کانی‌های شناسایی شده در ردیف پستی و بلندی با مواد مادری مارنی شامل کانی‌های کائولینیت، پالیگورسکیت، اسمکتیت، کلریت، میکا و کوآرتز و در ردیف پستی و بلندی با مواد مادری آهکی کانی‌های پالیگورسکیت، اسمکتیت، کلریت، میکا و کوآرتز است و بیشتر کانی‌های شناسایی شده در همه موقعیت‌ها در افق C نیز مشاهده شدند. اما در مواد مادری مارنی کانی کائولینیت و احتمال پدوژنز بودن بخشی از اسمکتیت در قسمت‌های پایدار شیب و برای مواد مادری آهکی کانی اسمکتیت به‌صورت پدوژنیک تشکیل یافته‌اند. نتیجه رابطه ویور و بک نشان‌دهنده این بود که غالب کانی‌ها در بازه تعادلی کانی پالیگورسکیت قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: دیاگرام پایداری، پالیگورسکیت، اسمکتیت، پدوژنیک، مارن، آهک

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران.

۲. گروه علوم و فناوری زراعی، دانشگاه پلی‌تکنیک کارتاخنا، مورسیا، اسپانیا.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: s.hojati@scu.ac.ir

مقدمه

پستی و بلندی در ارتباط با شکل ظاهری سطح زمین بوده و با واژه‌هایی مانند اختلاف ارتفاع، شیب و موقعیت در زمین‌نما تشریح می‌شود. پستی و بلندی می‌تواند سبب تسریع و یا کندی تأثیر عوامل اقلیمی بر تشکیل و تکامل خاک‌ها شود. پستی و بلندی از دیگر فاکتورهای خاکسازي است که با اثرگذاری بر مقدار دریافت نزولات و نفوذ در خاک، میزان رواناب و فرسایش، انتقال مواد و همچنین اختلاف در شرایط زهکشی بر تکامل خاک اثرگذار است (۲۴).

توزیع کانی‌های ثانویه مقدمه‌ای برای درک تغییرات در اکوسیستم‌های کشاورزی و منابع طبیعی است، به دلیل اینکه کانی‌های ثانویه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها را کنترل می‌کنند. کانی‌هایی که در خاک تشکیل می‌شود به‌طور عمده تحت تأثیر سه فاکتور اقلیم، شرایط محیطی و نوع مواد مادری هستند (۶). خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری متفاوت به دلیل تنوع کانی‌های موجود در ساختار سنگ‌ها و رسوبات و مقاومت آنها به فرایندهای هوادیدگی، دارای خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی متفاوتی هستند (۴ و ۵).

ترکیب کانی‌های به ارث رسیده از مواد مادری به شدت تحت تأثیر عواملی مانند شدت هوادیدگی و پستی و بلندی، اقلیم، پوشش گیاهی و زهکشی و واکنش‌های متفاوت مواد مادری به فرایندهای هوادیدگی شیمیایی می‌تواند باعث تفاوت لنداسکیپ‌ها و محصولات هوادیدگی شود (۳۲). تازیکه و همکاران (۲۷) در بررسی اثر بین مواد مادری خاک در شمال غرب ایران گزارش کردند که خاک‌های با درجه تکامل ضعیف که روی مواد مادری ماسه‌سنگ، لای‌سنگ و سنگ‌آهک تشکیل شده در رده انتی‌سولز قرار می‌گیرند. این خاک‌ها مشابه مواد مادری خود بوده و دارای بافت درشت و متوسط هستند. خاک‌هایی با تکامل بیشتر روی شیل و مارن تشکیل یافته و در سیستم طبقه‌بندی در رده اریدی‌سولز قرار می‌گیرند. خاک‌هایی که روی مواد مادری شیل تشکیل یافته در تحت رده کلسیدز قرار گرفته و دارای بافت خیلی رسی، ساختمان مناسب و

اختلاف رنگ معناداری با مواد مادری خود است. ایشان همچنین بیان داشتند که شباهت کانی‌شناسی خاک با مواد مادری نشان‌دهنده رابطه پیدایشی محدودی بین آنها است. به‌علاوه، این شباهت حاکی از آن است که شدت فرایند هوادیدگی به میزانی نبوده که سبب شناسایی کانی‌های رسی غیرکانی‌های موجود در مواد مادری شود.

اعتدالی دهکردی و همکاران (۸) در مطالعه یک ردیف پستی و بلندی در چهارمحال و بختیاری در هر سه موقعیت شانه شیب، شیب پستی و پای شیب کانی‌های کلریت، اسمکتیت، کائولینیت، ایلیت، کوارتز و کانی مختلط اسمکتیت- ایلیت را شناسایی کرده‌اند. همچنین، در قسمت‌های پایینی ردیف پستی و بلندی، فراوانی کانی اسمکتیت بیشتر از قسمت‌های بالایی ردیف پستی و بلندی بوده و منشأ اصلی این کانی را با توجه به توزیع یکنواخت آن در تمام طول خاکرخ، توارثی دانستند.

تازیکه و همکاران (۲۸) در مطالعه خاک‌های تشکیل یافته از مواد مادری رسوبی ناودیس شیخ در منطقه شمال شرق بجنورد بیان داشتند که توزیع کانی‌های رسی شناسایی شده در خاک‌های تشکیل شده از مواد مادری سنگ‌های آهکی نشان دهنده غالب‌بودن کانی اسمکتیت بوده و کانی‌هایی همچون میکا، کلریت و کائولینیت نیز در این خاک‌ها شناسایی کرده‌اند.

نائل و همکاران (۱۷) در مطالعه منشأیابی کانی‌های رسی خاک‌های تشکیل شده روی سنگ آهک در جنگل‌های البرز غربی، منشأ کانی‌های اسمکتیت، ایلیت و کوارتز را توارثی و منشأ کانی کائولینیت را پدوژنیک دانسته‌اند.

نوروزی فرد و همکاران (۲۰) در مطالعه بررسی اثر مواد مادری آذرین، دگرگونی و رسوبی در استان چهارمحال و بختیاری، گزارش کردند که تنوع مواد مادری تأثیر قابل توجهی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، نوع و فراوانی کانی‌های رسی و رده‌بندی خاک‌ها ایجاد کرده است. همچنین، نتایج این مطالعه نشان داد که کانی‌های کائولینیت، کوارتز، کلریت و میکا در خاک‌ها، دارای منشأ توارثی هستند ولی کانی اسمکتیت در خاک‌های تشکیل یافته بر روی مواد مادری گرانیت و بازالت

از لحاظ وضعیت زمین‌شناسی سازندهای متنوعی درحوزه آبخیز سد کارون ۳ شناسایی شده است که اغلب متعلق به دوران دوم و سوم زمین‌شناسی یا میانه‌زیستی (Mesozoic) و نوزیستی (Cenozoic) هستند. سازند آسماری- جهرم به‌عنوان قدیمی‌ترین سازند، گچساران، آغاچاری، بختیاری و رسوبات دوران چهارم به‌عنوان جوان‌ترین سازند در بخش‌های مختلف حوزه مشاهده می‌شود (۹). سازندهای موجود در ردیف‌های پستی و بلندی مورد بررسی، سازند آسماری- جهرم و رسوبات کواترنر است.

نمونه‌برداری

با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی، دو ترانسکت بر اساس اهداف تعیین‌شده با مواد مادری مارن آهکی (Calcareous Marl) و آهک رسی (Argillaceous Lime) در موقعیت‌های مختلف شیب (قله، شیب پستی، پای شیب و پنجه شیب) مشخص شد. خاکرخ‌ها حفر و به روش شوینبرگر (۲۵) و اداره خاکشناسی امریکا (۲۶) تشریح شدند. سپس از افق‌های مشخصه مختلف هر خاکرخ نمونه‌هایی تهیه و برای مطالعات دقیق‌تر به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه در هوای آزاد خشک و پس از کوبیدن، از الک دو میلی متری عبور داده شدند و سپس برای انجام تجزیه‌های فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی مورد استفاده قرار گرفتند.

مطالعات آزمایشگاهی

تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری (۳)، اندازه‌گیری pH در گل اشباع به‌وسیله الکتروود شیشه‌ای، اندازه‌گیری میزان شوری خاک (ECe) در عصاره گل اشباع، اندازه‌گیری آهک با روش تیتراسیون برگشتی، اندازه‌گیری مقدار گچ به روش استون (۱۸)، اندازه‌گیری درصد کربن آلی به روش اکسیداسیون تر و در مجاورت دی‌کرومات پتاسیم (۱۹) و اندازه‌گیری گنجایش تبادل کاتیونی خاک (CEC) به روش استات سدیم در pH=8.2 (۲۲) انجام شد.

به‌صورت پدوژنیک و در خاک‌های تشکیل یافته از مواد مادری آهکی به‌صورت توارثی ایجاد شده است.

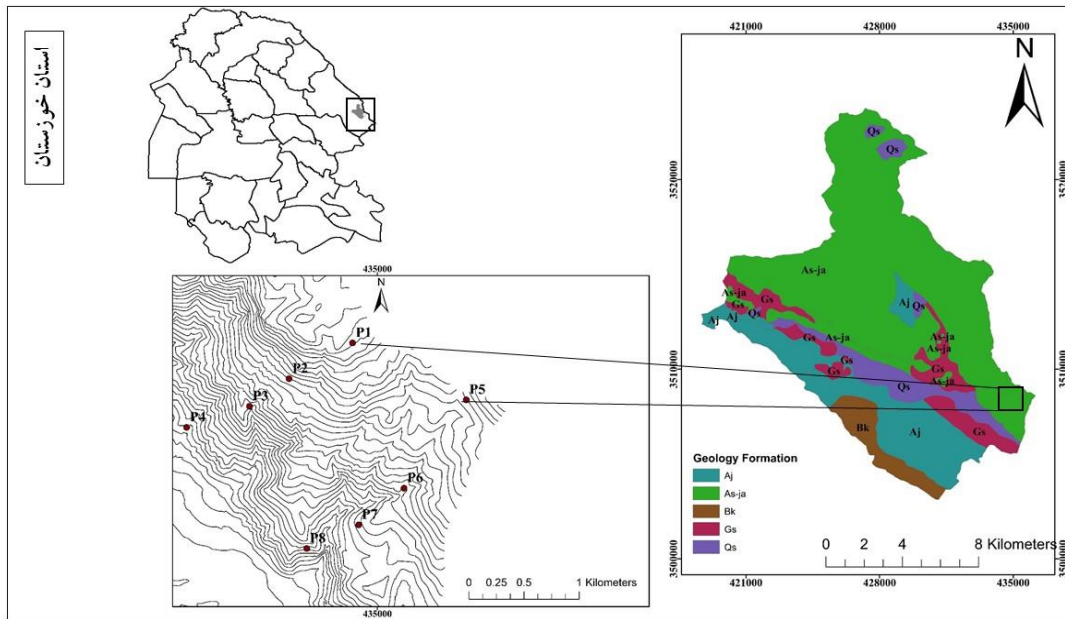
جعفری و نادیان (۱۲) در مطالعه تنوع کانی‌شناسی از توالی اندیمشک تا آبادان (جهت شیب غالب) استان خوزستان بیان داشتند که ترکیب کانی‌شناسی در خاک‌های مورد مطالعه شامل کانی‌های کلریت، میکا، کائولینیت و کوارتز بوده و کانی پالیگورسکیت در مناطق با زهکش نامناسب گزارش کرده‌اند. همچنین، ایشان کانی اسمکتیت را به‌صورت پدوژنیک و توارث از مواد مادری را شناسایی کرده‌اند.

اگرچه در رابطه با تأثیر مواد مادری بر توزیع، تشکیل و منشأیابی کانی‌های رسی مطالعات به‌نسبت زیادی صورت گرفته است، ولی تعداد این مطالعات در استان خوزستان محدود است (۱۲ و ۱). در بخش‌های شرقی استان خوزستان با تنوع مواد مادری، پستی و بلندی و پوشش گیاهی، مطالعات اندکی برای شناسایی کانی‌شناسی خاک‌ها انجام شده است. این مطالعه با هدف بررسی کانی‌شناسی رس در دو ردیف پستی و بلندی با مواد مادری متفاوت در بخشی از حوضه آبخیز سد کارون ۳ در استان خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در حوزه آبخیز سد کارون ۳ بین طول جغرافیایی ۰۶° ۰۸' ۵۰" تا ۰۳° ۲۰' ۵۰" شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴° ۳۹' ۳۱" تا ۰۶° ۵۰' ۳۱" شمالی در ۵۵ کیلومتری شرق شهرستان ایذه، در محدوده شهر دهدز واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع منطقه از سطح دریاها ۸۰۰ تا ۳۰۰۰ متر است. از لحاظ شرایط آب و هوایی به استناد آمار نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک (ایذه)، میانگین بارندگی سالیانه (۱۰ ساله) حدود ۶۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه هوا ۱۴ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس سیستم طبقه‌بندی امریکایی رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک‌ها در حوضه مورد مطالعه به‌ترتیب ترمیک و زیریک است.

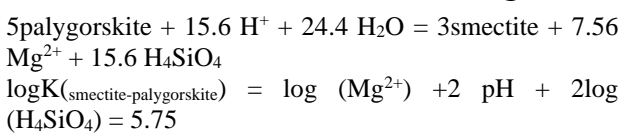


شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و خاکرخ‌ها در ردیف‌های پستی و بلندی (رنگی در نسخه الکترونیکی)

کانی‌ها از میکروسکوپ الکترونی روبشی هیتاچی مدل S-3500N استفاده شد.

برای مطالعه نیمه‌کمی کانی‌های شناسایی شده، از سطح زیر منحنی پیک‌های رده اول کانی‌ها در تیمارهای منیزیم و اتیلن گلیکول، به‌عنوان شدت آستانه و شاخصی از مقدار تقریبی هر نوع رس، استفاده شد (۱۶).

ترسیم نمودارهای پایداری کانی پالیگورسکیت-اسمکتیت در نمونه‌های مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار EXCEL نسخه ۲۰۱۰ و روابط تعادلی ارائه شده توسط ویور و بک (رابطه ۱) انجام شد (۳۰). بدین منظور مقدار سیلیس محلول با استفاده از روش رنگ سنجی و از روی شدت رنگ آبی تولید شده در نمونه‌ها تعیین شد (۲۹). واکنش خاک (pH) در گل اشباع و محتوای منیزیم محلول نمونه‌های مورد بررسی در عصاره اشباع اندازه‌گیری شد.



(۱)

برای آماده‌سازی نمونه‌های خاک به‌منظور انجام آزمایش‌های کانی‌شناسی از روش کیتیک و هوپ (۱۵) استفاده شد. در این روش برای جداسازی ذرات اصلی تشکیل دهنده خاک از تیمارهای آب مقطر و استات سدیم (pH=۵) به‌ترتیب برای حذف نمک‌های محلول و کربنات‌ها، آب اکسیژنه (۳۰ درصد) برای از بین بردن مواد آلی و برای حذف اکسیدهای آهن از سیترات‌بی‌کربنات‌دی‌تیونات استفاده شد. بعد از اعمال تیمارها، ذرات (شن، سیلت و رس) تفکیک شد و برای شناسایی انواع کانی‌ها در بخش رس، تیمارهای زیر بر روی نمونه‌های رس انجام شد:

اشباع نمونه با منیزیم توسط کلرور منیزیم، اعمال بخار اتیلن گلیکول بر روی نمونه‌های اشباع شده با منیزیم، اشباع نمونه با پتاسیم توسط کلرور پتاسیم و حرارت دادن نمونه‌های اشباع با پتاسیم در ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد. نمونه‌های رسی اشباع شده با تیمارها با دستگاه پراش اشعه ایکس Bruker D8 با فلز هدف مس با ولتاژ ۴۰ کیلووات و درجه آمپر ۳۰ میلی‌آمپر در محدوده زاویه تابش ۳ تا ۴۰ درجه با سرعت ۰/۰۲ درجه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، برای بررسی و شناسایی ساختار و اشکال

نتایج و بحث

نتایج برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. در تمامی خاک‌ها و موقعیت‌های شیب، pH خاک‌ها در محدوده خاک‌های قلیایی و غیر شور ($EC < 4 \text{ dS/m}$) و بر اساس مقادیر کربنات کلسیم معادل، خاک‌های حفر شده در موقعیت‌های مختلف شیب در کلاس شدیداً آهکی (بیش از ۴۰ درصد) قرار دارند.

بافت غالب خاک در هر دو ردیف پستی و بلندی، لومی است. که در قسمت‌های پایین دست با فرسایش و انتقال ذرات ریز از نواحی بالایی، با افزایش درصد رس، سبب سنگین‌تر شدن بافت خاک شده است. سرشوق و همکاران (۲۳) در منطقه چلگرد استان چهارمحال و بختیاری افزایش درصد رس در قسمت‌های پایینی شیب را ناشی از حرکت رواناب و جابجایی ذرات رس از قسمت‌های بالایی بیان کردند. بیمر و همکاران (۳۱) نیز به متغیر بودن بافت خاک در موقعیت‌های مختلف شیب اشاره داشتند.

تأثیر موقعیت‌های شیب بر کلاس رده‌بندی خاک‌های توسعه‌یافته بر روی مواد مادری مورد مطالعه، سبب تشکیل دو رده متفاوت در مواد مادری مارنی و سه رده در مواد مادری آهکی شده است. رده‌بندی خاک در سطح گروه‌بزرگ در موقعیت قله شیب هر دو ماده مادری با توجه به حضور اپی‌پدون مالیک، یکسان بوده *Typic Calcixerolls* ولی برای شانه شیب در مواد مارنی *Calcic Haploxerepts* و برای مواد آهکی *Typic Xerorthents* هستند. حال آنکه، در پا و پنجه شیب، تفاوتی در رده‌بندی خاک‌ها *Typic Calcixereps* برای هر دو مواد مادری مشاهده نمی‌شود. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عامل تأثیرگذار در تنوع کلاس رده‌بندی، موقعیت مکانی لندفرم با توجه به درصد شیب است که این موضوع در قله و شانه شیب مشهودتر هستند. اعتدالی دهکردی و همکاران (۸) نیز تغییرپذیری کلاس رده‌بندی خاک را در موقعیت‌های متفاوت یک ردیف پستی و بلندی در منطقه چلگرد استان چهارمحال و بختیاری گزارش کرده‌اند. اوسط و

همکاران (۲۱) هم در بررسی خود در شمال ایران بیان داشتند که موقعیت توپوگرافی تأثیر قابل توجهی بر تنوع کلاس رده‌بندی خاک‌ها داشته است؛ به گونه‌ای که خاک‌های تکامل یافته در قسمت‌های پایدار با رطوبت قابل دسترس بالا تشکیل و تکامل یافته‌اند. بادیا و همکاران (۲) در تأثیر مواد مادری و شیب بر پیدایش و رده‌بندی خاک در منطقه نیمه‌خشک زاراگوزای اسپانیا بیان داشتند که مواد مادری عامل اصلی برای تفسیر گروه‌های خاک موجود است، اما توپوگرافی با تأثیر بر برخی از ویژگی‌ها خاک مانند عمق و رطوبت مؤثر در ایجاد طبقه‌های جدید خاک اثرگذار هستند. با توجه به ماهیت مواد مادری (*Calcareous Marl, Argillaceous Lime*)، تأثیر کربنات کلسیم را می‌توان در زیرگروه‌های بزرگ مشاهده کرد.

ترکیب کانی‌های رس می‌تواند نشان‌دهنده روند فرایند هواپدگی خاک‌ها در یک ردیف پستی و بلندی باشد و احتمالاً مربوط به حضور کانی میکاست (۷). نتایج کانی‌شناسی بخش رس خاک‌های مورد مطالعه در موقعیت‌های مختلف شیب در شکل‌های ۲ و ۳ و فراوانی نسبی آنها در جدول ۲ نشان داده شده است. بر این اساس، نتایج بررسی دیفراکتوگرام‌های اشعه ایکس در مواد مادری مارنی، افق *Btk2* قله شیب یک پیک $1/4$ نانومتری به دست آمده که بخشی از آن در تیمار اتیلن‌گلیکول منبسط و به $1/74$ نانومتر تبدیل شده است، که نشان‌دهنده وجود کانی اسمکتیت باشد. در این افق، پیک $0/7$ نانومتر در تیمار منیزیم و پتاسیم و از بین رفتن آن پس از حرارت 550° درجه سانتی‌گراد نیز می‌تواند نشان‌دهنده وجود کائولینیت باشد. در تیمار اشباع با منیزیم و پتاسیم، پیک 1 نانومتری وجود دارد که پس از اعمال تیمارهای اتیلن‌گلیکول و حرارت تغییراتی در محل آن ایجاد نشده است، و احتمالاً مربوط به حضور کانی میکا است. مشابهت کانی‌شناسی افق C با افق‌های سطحی می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که بخش قابل توجهی از کانی‌های شناسایی شده از هواپدگی همین افق C به وجود آمده و یکی از منشأهای مهم این کانی‌ها حاصل توارث از ماده مادری است. در افق C شیب پستی کانی پالیگورسکیت با پیک $1/04$

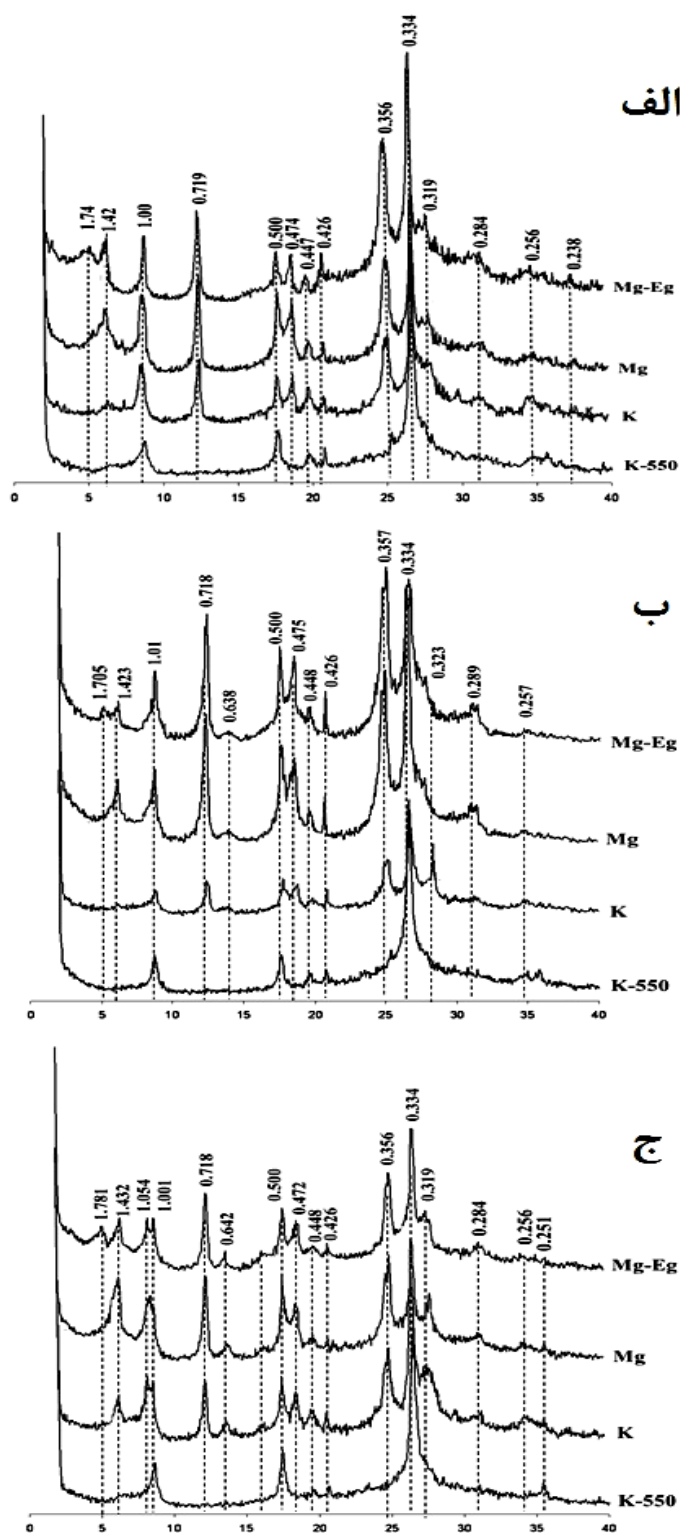
جدول ۱. نتایج برخی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مورفولوژیکی خاک‌های مطالعه شده

انواع	عمق (cm)	رنگ خاک (مضطرب)	درصد اجزا خاک	سبب شن	رس	ساختمان	کلاس بافت	pH	ECe (dS/m)	کربن آلی	گچ	کربنات کلسیم	ظرفیت تبادل کاتیونی (cmol ⁺ .kg ⁻¹)
خاک‌های توسعه یافته بر روی مواد مادری ماری													
Typic Calcixerolls													
A	۰-۳۵	7.5YR3/3	۳۲	۴۷	۲۱	2mgr	L	۷/۷۹	۰/۸۶	۳۸/۳	-	۳۸۶	۴۱
Bw	۳۵-۷۴	5YR3.5/4	۲۸	۵۴	۱۸	3mabk	SiL	۷/۶۵	۰/۹۱	۱۴/۶	-	۳۹۵	۳۵
Bk1	۷۴-۱۱۳	2.5YR4/3.5	۲۴	۴۳	۳۳	3mabk	CL	۷/۹۱	۱/۰۶	۱۱	-	۵۳۸	۴۸
Bk2	۱۱۳-۱۶۵	2.5YR3/6	۲۲	۴۳	۳۵	3mabk	CL	۷/۸۲	۰/۹۵	۶/۹	-	۵۶۹	۵۱
C	> ۱۶۵	5YR5/4	۱۶	۵۸	۲۶	-	SiL	۷/۹	۱/۳۲	۶/۵	-	۴۹۸	۳۱
Calcic Haploxerepts													
A	۰-۷/۵	7.5YR5/6	۵۰	۳۵	۱۵	1fgr	L	۷/۸۳	۱/۰۳	۱۴/۸	-	۴۱۲	
Bw	۷/۲۹-۵	10YR4/5	۳۸/۵	۴۱	۲۰/۵	2fsbk	L	۷/۸۱	۱/۱۹	۶/۶	-	۴۲۹	۳۷
C	> ۲۹	5YR5/4	۱۸	۵۶	۲۶	-	SiL	۷/۹۴	۱/۸۷	۳/۴	-	۴۹۱	۳۲
Typic Calcixerepsis													
Ap	۰-۲۸	5YR3/4	۱۳	۶۵	۲۲	1fgr	SiL	۷/۹۵	۲/۱۹	۲۰/۲	-	۳۷۹	۴۲
Bk1	۷۶-۲۸	7.5YR4/6	۲۶	۵۱	۲۳	2msbk	SiL	۸/۰۳	۲/۸۸	۱۱/۵	-	۵۳۶	۴۶
Bk2	۱۰۹-۷۶	7.5YR4/4	۲۳	۵۳	۲۴	3mabk	SiL	۷/۹	۲/۳۳	۱۰/۷	-	۵۵۱	۴۲
Bk3	۱۶۴-۱۰۹	5YR4/4	۱۸	۵۷	۲۵	3mabk	SiL	۸/۰۱	۲/۶۷	۸/۶	-	۵۵۹	۴۴
C	> ۱۶۴	5YR5/4	۲۱	۵۷	۲۲	-	SiL	۷/۹۴	۲/۴۴	۵/۱	-	۴۸۶	۳۲
Typic Calcixerepsis													
Ap	۰-۳۳	7.5YR3/4	۱۶/۲	۵۴/۳	۲۹/۵	1fgr	SiCL	۸/۱۱	۲/۵۸	۲۲/۹	-	۳۹۸	۴۷
Bw	۷۵-۳۳	7.5YR4/4	۱۶	۵۲	۳۲	3msbk	SiCL	۸/۰۳	۳/۱۷	۱۴/۱	-	۴۲۴	۴۲
Bk1	۹۷-۷۵	5YR3/3	۱۷/۵	۵۱/۵	۳۱	3mabk	SiCL	۷/۹۶	۳/۴۱	۸/۵	-	۴۹۹	۴۱
Bk2	۱۳۷-۹۷	5YR4/3	۱۷/۵	۵۰/۵	۳۲	3mabk	SiCL	۷/۸۸	۳/۵۹	۷/۱	-	۵۳۶	۴۱

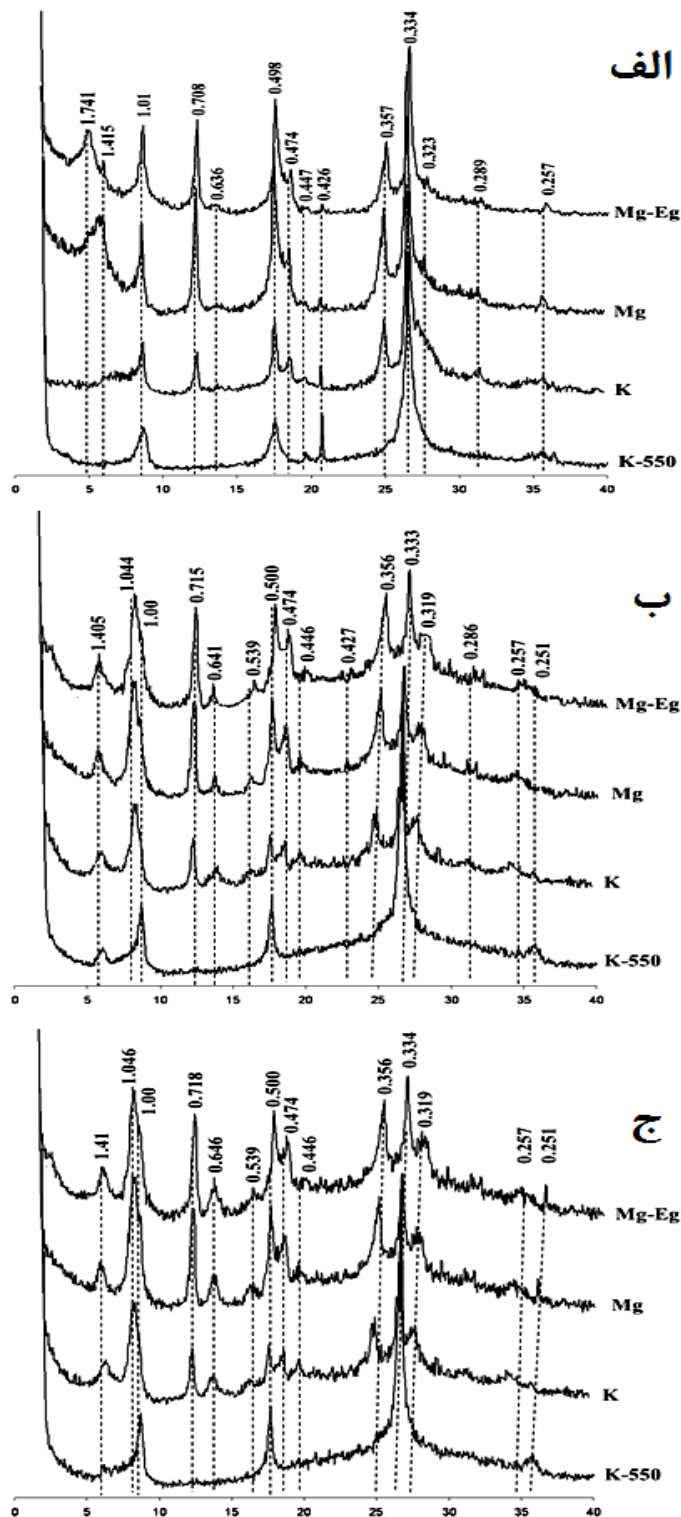
ادامه جدول ۱

ظرفیت تبادل کاتیونی (cmol+kg-1)	کربنات کلسیم (گرم بر کیلوگرم)	گج (گرم بر کیلوگرم)	کربن آلی (gC/m)	ECe (dS/m)	کلاس بافت pH	درصد اجزا خاک	رنگ خاک	عمق (cm)
شاخه ۵- شانه شیب	شاخه ۶- شیب پستی	شاخه ۷- پهنه شیب	شاخه ۸- پای شیب	شاخه ۹- شانه شیب	شاخه ۱۰- شانه شیب	شاخه ۱۱- شانه شیب	شاخه ۱۲- شانه شیب	شاخه ۱۳- شانه شیب
۲۶	۲۵۹	-	۲۸/۱	۰/۸۳	L	۳۳	۱۰YR3/3	۰-۲۹
۳۲	۲۷۴	-	۱۰/۳	۰/۹۱	L	۲۹	10YR4/3	۲۹-۶۳
۳۵	۵۹۹	۲/۹	۱۱/۱	۰/۸۷	CL	۳۲/۵	7.5YR4/3	۶۳-۹۸
۴۳	۵۰۵	۱/۸	۶/۱	۰/۹۵	CL	۲۸	5YR4/5	۱۳۱-۹۸
۴۲	۵۳۸	-	۴/۹	۱/۴۹	CL	۲۶	5YR4/5	۱۸۵-۱۳۱
۳۱	۷۸۳	-	۳/۳	۱/۹۴	SiL	۱۶	5Y7/2	> ۱۸۵
۲۲	۶۱۵	-	۱۲/۴	۱/۳۸	SL	۶۰	7.5YR4/4	۰-۱۰
۳۲	۷۶۹	-	۵/۷	۱/۷۱	L	۲۷	10YR7/3	> ۱۰
۴۱	۴۰۳	-	۱۶/۵	۱/۲۹	SiCL	۱۲	7.5YR4/3	۰-۳۰
۳۹	۴۳۴	۲/۲	۱۳/۲	۱/۴۴	CL	۲۱	7.5YR4/4	۳۰-۶۳
۴۰	۴۹۵	۲	۸/۵	۱/۳۹	CL	۲۳	7.5YR5/3	۶۳-۱۰۷
۳۷	۵۴۱	۱/۹	۶/۳	۱/۶۵	CL	۲۴	10YR5/4	۱۰۷-۱۵۲
۳۲	۷۴۱	-	۴/۱	۱/۷۸	SiL	۸	5Y6/3	> ۱۵۲
۳۵	۳۹۵	۳/۱	۲۴/۵	۱/۶۹	SiLC	۱۴	5YR4/2	۰-۳۰
۳۹	۴۱۳	۱/۹	۱۳/۹	۱/۷۸	CL	۲۵	5YR4/3	۳۰-۶۷
۴۰	۵۰۷	۸/۱	۷/۷	۲/۰۵	CL	۲۸	7.5YR5/4	۶۷-۱۱۵
۳۸	۵۷۳	۶/۵	۵/۹	۲/۲۸	CL	۳۲	7.5YR5/4	۱۱۵-۱۳۷

خاک‌های توسعه یافته بر روی مواد مادری آهکی



شکل ۲. دیفراکتوگرام‌های پراش اشعه ایکس نمونه رس افق‌های الف) Btk2 (موقعیت قله شیب)، ب) C (موقعیت شیب پشتی) و ج) Bk3 (موقعیت پای شیب) ردیف پستی و بلندی با مواد مادری مارنی. Mg-Eg = نمونه اشباع شده با منیزیم و اتیلن گلیکول، Mg = نمونه اشباع شده با منیزیم، K = نمونه اشباع شده با پتاسیم و K-550 = نمونه اشباع شده با پتاسیم و حرارت دادن ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد (اعداد پیک‌ها بر حسب نانومتر است).



شکل ۳. دیفراکتوگرام‌های پراش اشعه ایکس نمونه‌های رس افق‌های الف) Btk2 (موقعیت قله شیب)، ب) C (موقعیت شیب پستی) و ج) Bky2 (موقعیت پنجه شیب) ردیف پستی و بلندی با مواد مادری آهکی. Mg-Eg = نمونه اشباع شده با منیزیم و اتیلن گلیکول، K = نمونه اشباع شده با منیزیم، K-550 = نمونه اشباع شده با پتاسیم و K = نمونه اشباع شده با پتاسیم و حرارت دادن ۵۵° درجه سانتی‌گراد (اعداد بیک‌ها بر حسب نانومتر است).

جدول ۲. انواع و فراوانی نسبی کانی‌ها در بخش رس خاک‌رخ‌های مطالعه شده

خاک‌های توسعه‌یافته بر روی مواد مادری مارنی								
موقعیت شیب	افق	پالیگورسکیت	اسمکتیت	کائولینیت	ورمیکولیت	کلرایت	میکا	کوارتز
قله شیب	A	+	+++	-	++++	-	++++	++++
	Bw	-	++	-	++++	-	++++	++++
	Btk2	-	+++	++	++++	-	++++	++++
	C	++	++	-	++++	-	++++	++++
شیب پستی	A	-	-	-	++++	-	++++	+++++
	Bw	++	++	-	++++	-	++++	++++
	C	++	++	-	++++	-	++++	++++
پای شیب	Ap	+	++	-	++++	-	++++	++++
	Bk1	++++	++	-	++++	-	++++	++++
	Bk3	++++	++	-	++++	-	++++	++++
	C	++	++	-	++++	-	++++	++++
پنجه شیب	Ap	+++	+++	++	++++	-	++++	++++
	Bw	++++	++	-	++++	-	++++	++++
	Bk1	++++	++	-	++++	-	++++	++++
	Bk2	-	+++	-	++++	-	++++	++++
خاک‌های توسعه‌یافته بر روی مواد مادری آهکی								
قله شیب	Ap	++	-	-	++++	-	++++	++
	Bk2	+++	-	-	++++	-	++++	++
	Btk2	++	++	-	+++	-	++++	+++
	C	+++	-	-	++++	-	++++	++
شیب پستی	A	-	-	-	++++	-	++++	+++++
	C	+++	-	-	++++	-	++++	++
پای شیب	Ap	++	-	-	++++	-	++++	+++
	Bk1	++++	-	-	++++	++	++++	++
	Bk3	+++++	-	-	++++	++	++++	++
	C	+++	-	-	++++	++	++++	++
پنجه شیب	Ap	+++	-	-	++++	-	++++	++
	Bw	+++	-	-	++++	-	++++	++
	Bky2	+++++	-	-	++++	+++	++++	++

+++++ (۵۰-۷۰٪)، +++++ (۳۰-۵۰٪)، ++++ (۲۰-۳۰٪)، +++ (۱۰-۲۰٪)، ++ (۵-۱۰٪) و + و کمتر

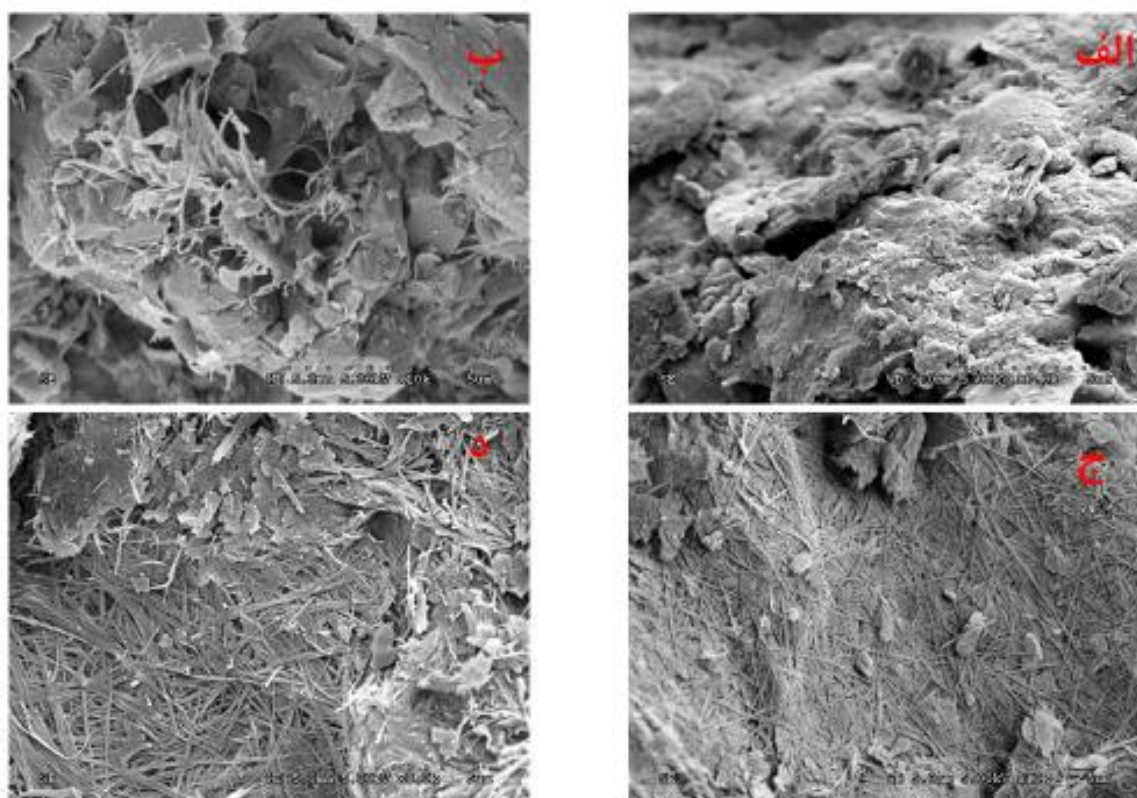
نانومتر با حالت دو لبه‌ای (دو شاخه) در مجاورت پیک میکا خود را نشان داده که در تیمار حرارت 550° درجه سانتی‌گراد از بین رفته است. همچنین، برای تأیید وجود کانی پالیگورسکیت بر اساس نتایج دیفراکتوگرام اشعه ایکس از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده شد که در این تصاویر میکروسکوپی وجود مورفولوژی رشته‌های بلند و در هم تنیده کانی پالیگورسکیت تأیید شد (شکل ۴). در افق Bky2 (در همه افق‌ها در تمام موقعیت‌های شیب) در تیمارهای منیزیم و پتاسیم، پیک $1/432$ نانومتری مشاهده شده که این پیک پس از تیمار اتیلن‌گلیکول تغییری نداشته، اما پس از اعمال تیمار حرارت 550° درجه سانتی‌گراد این پیک از بین نرفته بلکه بر شدت پیک آن نیز کمی افزوده شده که این تغییرات احتمالاً حاکی از وجود کانی کلریت است.

ترکیب کانی‌شناسی رس در هر چهار موقعیت شیب در ردیف پستی و بلندی با مواد مادری مارنی وجود کانی‌های پالیگورسکیت، اسمکتیت، ورمیکولیت، میکا و کوارتز را در تمام موقعیت‌های شیب و کانی کائولینیت را در موقعیت قله و پنجه شیب نشان می‌دهد. این ترکیب برای ردیف با مواد مادری آهکی کانی‌های کلریت، پالیگورسکیت، میکا و کوارتز در تمام موقعیت‌ها و کانی اسمکتیت فقط در افق تکامل یافته Btk2 قله شیب و کلریت در پنجه و پای شیب شناسایی شد. بر اساس کانی‌های شناسایی شده (جدول ۲) تمامی کانی‌ها به جز کانی کائولینیت در موقعیت قله و پنجه شیب مواد مادری مارنی و کانی اسمکتیت در موقعیت قله شیب مواد مادری آهکی، در افق C نیز شناسایی شده و نظریه توارثی بودن این کانی‌ها را تأیید می‌نماید، همچنین نسبت و فراوانی این کانی‌ها تحت تأثیر موقعیت قرارگیری در مدل توپوگرافی و فعالیت‌های خاکسازي قرار گرفته است.

نسبت کانی‌های میکا و کوارتز برای هر دو ردیف پستی و بلندی با عمق دارای روند به نسبت ثابتی هستند. در شیب پستی در لایه سطحی کانی کوارتز برای هر دو مواد مادری دارای فراوانی بیشتری است. به دلیل شیب و فعال بودن فرایندهایی

جابه‌جایی و انتقال خاک از این موقعیت مدل توپوگرافی، بخش قابل توجهی از کانی‌های رسی شسته شده و به قسمت‌های پایین دست انتقال یافته‌اند و به عبارت دیگر نوعی تغلیظ کوارتز صورت گرفته است. نتایج ویژگی‌های فیزیکی خاک (جدول ۱) نیز نشان‌دهنده این است که بافت خاک در این موقعیت شیب سبک‌تر (شنی‌تر) شده است. کانی ورمیکولیت در بخش رس خاک در همه موقعیت‌های شیب در ردیف پستی و بلندی مارنی مشاهده شد. فراوانی این کانی در بخش رس خاک‌های تشکیل یافته بر روی مواد مادری مارنی (۲۰ تا ۳۰ درصد) و آهکی (۳۰ تا ۵۰ درصد) نشان‌دهنده این است که این خاک‌ها در مراحل ابتدایی تکامل قرار دارند. کلریت یک کانی حدواسط است و وجود این کانی می‌تواند تعیین‌کننده درجه هوادیدگی کم خاک‌های تشکیل یافته بر روی هر دو مواد مادری باشد. کانی کلریت برای هر دو ردیف پستی و بلندی دارای فراوانی ثابتی با عمق بوده و در لایه سطحی شیب پستی بیشترین فراوانی را دارا است که این بیشتر بودن با مکان قرارگیری در مدل توپوگرافی با شیب زیاد، انتقال و جابه‌جایی‌هایی که صورت می‌گیرد، قابل پذیرش است. مشابه بودن فراوانی این کانی در بخش رس خاک‌های مورد مطالعه و افق‌های C توارثی بودن کانی را تأیید می‌کند.

تشکیل کانی پالیگورسکیت در افق C (مواد مادری) هر دو ردیف پستی و بلندی در همه موقعیت‌های شیب مشاهده شد که البته فراوانی آن در مواد مادری آهکی بیشتر است. موقعیت مکانی شیب پستی به دلیل فعال بودن فرایندهای جابه‌جایی و شستشو به سمت قسمت‌های پایین‌تر مدل توپوگرافی را تسهیل کرده و باعث خروج کانی از لایه‌های سطحی شده است. در افق Btk ردیف پستی و بلندی مارنی کانی پالیگورسکیت شناسایی نشد. در هر دو ردیف پستی و بلندی، پنجه و پای شیب نسبت به قله و شیب پستی بر فراوانی کانی پالیگورسکیت افزوده می‌شود. خیامیم و همکاران (۱۳) در مطالعه کانی‌های رسی غالب در استان اصفهان و اثر اقلیم و مواد مادری بیان داشتند که در پراکنش کانی پالیگورسکیت، اقلیم تنها عامل



شکل ۴. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از کانی پالیگورسکیت؛ الف) افق Bw موقعیت قله شیب فاقد کانی پالیگورسکیت، ب) افق C موقعیت شیب پستی ردیف پستی و بلندی با مواد مادری مارنی، ج) افق Bk3 موقعیت پای شیب و د) افق Bky2 موقعیت پنجه شیب ردیف پستی بلندی با مواد مادری آهکی

قله و پنجه شیب، این فراوانی بیشتر بوده که این افزایش در قسمت‌های پایدار ردیف پستی و بلندی صورت پذیرفته است. تغییرات ترکیب کانی‌شناسی در موقعیت‌های مختلف ردیف پستی و بلندی، متأثر از جابجایی در اثر فرسایش خاک و فرایندهای پدوژنز است. اعتدالی دهکردی و همکاران (۸) در مطالعه یک ردیف پستی و بلندی در منطقه چلگرد استان چهارمحال و بختیاری بیان داشتند که فراوانی کانی اسمکتیت در نواحی پایینی ردیف پستی و بلندی بیشتر است. با توجه به شناسایی این کانی در مواد مادری، یکی از منابع حضور این کانی در بخش رس خاک‌های مورد مطالعه را می‌توان به ارث‌رسیدن از ماده‌مادری دانست. در ردیف پستی و بلندی با مواد مادری آهکی، کانی

اثرگذار نبوده و نوع ماده مادری خاک هم در این پراکنش دارای تأثیر معناداری بوده است. ایشان بیان داشتند که ماده مادری در توارث این کانی به خاک و شرایط اقلیمی در پایدار بودن این کانی در خاک‌ها مورد مطالعه مؤثر است. همچنین، فراوانی این کانی در مناطقی با سازندهای دوره میوسن و پلیوسن بیشتر بوده است. حجتی و همکاران (۱۰) در بررسی عوامل مؤثر بر تشکیل کانی پالیگورسکیت در ایران مرکزی بیان داشتند که در خاک‌های تشکیل یافته از رسوبات ترشیری، کانی پالیگورسکیت به صورت پدوژنیک و توارثی در خاک‌های مورد بررسی شناسایی شده است. کانی اسمکتیت در مواد مادری مارنی در همه موقعیت‌های ردیف پستی و بلندی مشاهده شد. در قسمت‌های پایدارتر یعنی

اسمکتیت فقط در افق Btk موقعیت قله شیب شناسایی شد که با توجه به عدم شناسایی این کانی در ماده مادری، یکی از مکانیزم‌های تشکیل پدوژنیک این کانی را می‌توان از تغییر شکل کانی‌های دیگر (تغییر شکل کانی پالیگورسکیت به اسمکتیت در شرایط قلیایی و تغییر شکل ایلایت یا میکا) دانست. خیامیم و همکاران (۱۳) بیان داشتند که وجود کانی‌های منبسط‌شونده حاصل فرایندهای تبدیل کانی ایلایت به اسمکتیت (تشکیل پدوژنیک) و تبدیل پالیگورسکیت به اسمکتیت در بخش‌های با اقلیم مرطوب‌تر دانسته‌اند. فراهمی رطوبت مناسب در خاک جنگلی شرایط هوادیدگی این دو کانی را تشدید کرده و با آزاد شدن یون پتاسیم از ساختار ایلیت و کلریت کانی‌های رسی دیگری در خاک شکل گرفته‌اند.

وجود کانی اسمکتیت در خاک‌ها ارتباط زیادی با نوع مواد مادری تشکیل یافته از آن دارد؛ زیرا این کانی در خاک به صورت به ارث رسیده از مواد مادری است و یا ترکیب شیمیایی مواد مادری از نظر کاتیون‌های بازی، شرایط را برای تشکیل پدوژنیک کانی اسمکتیت مهیا می‌نماید (۲۷).

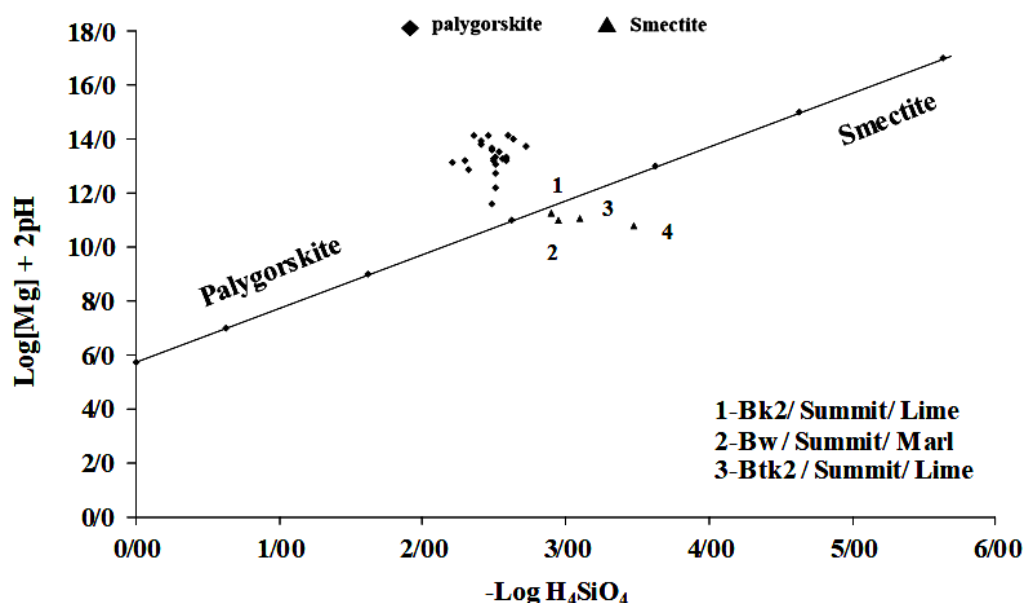
با شناسایی کانی کائولینیت در افق Btk موقعیت قله شیب مواد مادری مارنی و نبود این کانی در مواد مادری، تشکیل پدوژنیک این کانی را متصور می‌سازد. اگرچه خرمالی و شمسی (۱۴) در مطالعه خود در استان گلستان بیان کرده‌اند که تشکیل پدوژنیک کانی کائولینیت در خاک‌هایی با رژیم رطوبتی زیریک، پ. هاش در حدود ۷ تا ۸ و تجمع املاح محلول فراهم نیست. اما در این منطقه، این کانی در افق Btk2 (افق آرچلیک) با پوشش جنگل بلوط در ناحیه پایدار ردیف پستی و بلندی تشکیل یافته است.

از نکته‌های جالب توجه در ترکیب کانی‌شناسی این دو ردیف پستی و بلندی همزمانی حضور کانی‌های پالیگورسکیت و اسمکتیت است. برای بررسی منشأ کانی پالیگورسکیت که از کانی اسمکتیت تشکیل یافته است یا خیر از روابط تعادلی (رابطه ۱) پیشنهاد شده توسط ویور-بک (۳۰) استفاده شد (شکل ۵). بر این اساس، افق‌های کمبیک و آرچلیک تشکیل یافته بر روی مواد مادری مارنی و افق‌های

کلسیک و آرچلیک توسعه یافته بر روی مواد مادری آهکی، در محدوده تعادلی کانی اسمکتیت قرار گرفته‌اند. از این رو به نظر می‌رسد که کانی اسمکتیت در بیشتر افق‌ها در هر دو ردیف پستی و بلندی، پایدارترین فاز را تشکیل می‌دهند. حجتی و همکاران (۱۱) در بررسی تشکیل و پایداری کانی‌های فیبری در بخشی از ایران مرکزی و زاگرس بیان داشت که در این خاک‌ها غالباً در محدوده تعادلی کانی اسمکتیت قرار دارند و حتی در صورت تشکیل کانی پالیگورسکیت در این خاک‌ها، این کانی بر اساس شرایط محیطی به سرعت به کانی اسمکتیت تبدیل خواهد شد. همچنین، اطلاعات به دست آمده از مطالعه دوکلوکس و همکاران (۶) در بررسی کانی‌شناسی خاک‌های جنوب غرب مکزیک، با استفاده از نمودار پایداری اسمکتیت-پالیگورسکیت در یک خاک اریدسولز، نشان داد که احتمال تشکیل کانی اسمکتیت از کانی پالیگورسکیت و حضور همزمان این دو کانی وجود دارد.

نتیجه گیری

نتایج بررسی‌های صحرایی و داده‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که تحول و تکامل خاک‌ها در این مطالعه، تحت تأثیر موقعیت مکانی بر روی ردیف پستی و بلندی، بیش از سایر فاکتورهای خاکساز است. اثر مواد مادری را نیز می‌توان در برخی ویژگی‌ها، مانند افق‌های کلسیک که درصد کربنات کلسیم در برخی افق‌ها که بیش از نیمی از حجم افق را اشغال کرده، مشاهده کرد. تأثیر فعالیت‌های انسانی سبب شده که در اثر آمیختگی افق‌ها و جابجاشدن از قسمت بالای شیب به قسمت‌های پایین‌تر، درجه تکاملی خاک‌ها تحت تأثیر قرار بگیرد. ساختمان خاک به عنوان یکی دیگر از ویژگی‌های تکامل خاک، در لایه سطحی از مواد آلی و کاربری و در لایه‌های زیرسطحی از عوامل هم‌آورنده ذرات خاک متأثر شده است. فراوانی کانی‌های شناسایی شده در ردیف‌ها تحت تأثیر موقعیت پستی و بلندی قرار دارند. برای ردیف با مواد مادری مارنی کانی‌های کائولینیت،



شکل ۵. دیاگرام پایداری سیستم پالیگورسکیت-اسمکتیت بر اساس ترکیب شیمیایی نمونه‌های خاک مورد بررسی ردیف‌های پستی و بلندی

همزمانی وجود کانی‌های پالیگورسکیت و اسمکتیت را می‌توان در مواد مادری مارنی و افق Btk موقعیت قله شیب مواد مادری آهکی مشاهده کرد. بررسی رابطه ویور و بک نشان داد که بیشتر کانی‌ها در محدوده تعادلی کانی پالیگورسکیت قرار گرفته‌اند.

پالیگورسکیت، اسمکتیت، کلریت، میکا و کوارتز و برای مواد مادری آهکی کانی‌های پالیگورسکیت، اسمکتیت، کلریت، میکا و کوارتز شناسایی شد. در مواد مادری مارنی کانی اسمکتیت حاصل توارث از مواد مادری است در صورتی که در ردیف با مواد مادری آهکی این کانی از تغییر شکل کانی‌های دیگر در خاک تشکیل یافته است.

منابع مورد استفاده

1. Abdoli, Y. and S. Jafari. 2018. The effect of topography and irrigation on soil development and clay mineral diversity of Khuzestan's gypsic soils. *Journal of Water and Soil Science* 22(1): 387-403 (In Farsi).
2. Badía, D., C. Martí., J.M. Aznar and J. León. 2013. Influence of slope and parent rock on soil genesis and classification in semiarid mountainous environments. *Geoderma* 193: 13-21.
3. Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43(9): 434-438.
4. Buol, S.W., R.J. Southard., R.C. Graham and P.A. McDaniel. 2011. *Soil Genesis and Classification*. John Wiley and Sons. Iowa, USA.
5. Daniels, W.L. 2016. The nature and properties of soils. *Soil Science Society of America Journal* 80(5): 1428.
6. De Carvalho Filho, A., A.V. Inda., J.R. Fink and N. Curi. 2015. Iron oxides in soils of different lithological origins in Ferriferous Quadrilateral (Minas Gerais, Brazil). *Applied Clay Science* 118: 1-7.
7. Ducloux, J., S. Petit., A. Decarreau and J. P. Delhoume. 1995. Clay differentiation in Aridisols of northern Mexico. *Soil science society of America Journal* 59 (1): 269-276.
8. Etedali Dehkordi, S., S.A. Abtahi, M. Salehi, J. Givi, M. Farpoor and M. Baghernejad. 2018. Studying of the Formation and Development of Soils in a Toposequence in Chelgerd Region, Chaharmahal Bakhtiari Province. *Journal of Soil Management and Sustainable Production* 7(4): 45-64 (In Farsi).
9. Hojati, S., H. Khademi, A. F. Cano, S. Ayoubi and A. Landi. 2013. Factors affecting the occurrence of palygorskite

- in central Iranian soils developed on Tertiary sediments. *Pedosphere* 23 (3): 359-371.
10. Hojati, S., H. Khademi., J.M. Arocena, A.F. Cano and S. Ayoubi. 2012. Chronostratigraphic distribution and genesis of palygorskite in Tertiary sediments of the Isfahan region, central Iran. *Clay Minerals* 47(1): 11-29.
 11. Jafari, S. and H. Nadian. 2015. The study of a toposequence soil series and clay mineral assemblage in some soils of Khozestan province. *Journal of Water and Soil Science* 18(69): 151-64 (In Farsi).
 12. Khayamim, F., H. Khademi and S. Ayoubi. 2020. Mapping the dominant clay minerals in the soils of Isfahan province and their relationship with climate and parent materials. *Journal of Water and Soil Science* 24 (2): 267-285 (In Farsi).
 13. Khormali, F. and S. Shamsi. 2009. Investigation of the quality and micromorphology of soil evolution in different landuses of a loess hillslope of Golestan province, a case study in Ghapan region. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 16(3): 14-26 (In Farsi).
 14. Kittrick, J.A. and E.W. Hope. 1971. A procedure for particle size separations of soils for X-ray diffraction. *Soil Science Society of America Proceedings* 35: 621-626.
 15. Moore, D.M. and R. C. Reynolds. 1997. X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
 16. Nael, M., A. Jalalian, H. Khademi, M. Kalbasi, F. Sotohan and R. Schulin. 2011. The effect of parent material and soil development on geochemical characteristics of forest soils in Fuman-Masule region. *Journal of Water and Soil Science* 14(54 (B)):135-153 (In Farsi).
 17. Nelson, D.W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 539-577. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, Agron. Monog., No. 9.* ASA and SSSA, Madison, WI.
 18. Nelson, R. E. 1982. Carbonate and gypsum. PP. 181-197. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd ed. Agron. Monogr., No. 9.* ASA and SSSA, Madison, WI.
 19. Noruzifard, F., M.H. Salehi, H. Khademi and A.R Davoudian. 2010. Genesis, classification and mineralogy of soils formed on various parent materials in the north of Chaharmahal-Va-Bakhtiari province. *Journal of Water and Soil* 24(4): 647-658 (In Farsi).
 20. Osat, M., A. Heidari, M.K. Eghbal and S. Mahmoodi. 2016. Impacts of topographic attributes on Soil Taxonomic Classes and weathering indices in a hilly landscape in Northern Iran. *Geoderma* 281: 90-101.
 21. Rhoades, J. D. 1982. Cation exchange capacity. PP. 149-157. In: A. L. Page, R. H. Miller and D.R. Keeney, (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd ed., Agron. Monog., No. 9.* ASA and SSSA, Madison, WI.
 22. Sarshogh, M., M. H. Salehi and H. Beigi. 2012. The effecy of slope aspect and position on soils partcels size distribution in Chelgerd region, Chaharmahal-va-Bakhtiari province. *Journal of Water and Soil Conservation* 19(2): 77-97 (In Farsi).
 23. Schaetzl, R.J. and S. Anderson. 2005. *Soils: Genesis and Geomorphology.* Cambridge University Press, Cambridge.
 24. Schoeneberger, P. J., D. A. Wysocki, E. C. Benham and W. D. Broderson. 2002. *Field book for describing and sampling soils. Version 2.* National Soil Survey Center Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture, Lincoln, NE.
 25. Soil survey staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy.* Natural Resources Conservation Service: Washington, DC, USA.
 26. Stocklin, J. and A. Setudehnia. 1991. *Stratigraphic Lexicon of Iran.* Geological Survey of Iran, Report No. 18
 27. Tazikeh, H., F. Khormali, A. Amini., M.B. Motlagh. and S. Ayoubi. 2017. Soil-parent material relationship in a mountainous arid area of Kopet Dagh basin, North East Iran. *Catena* 152: 252-67.
 28. Tazikeh, H., F. Khormali., A. Amini and M. Barani Motlagh. 2017. Evolution of the soils derived from different sedimentary parent rocks in Sheikh Syncline, northeastern Bojnourd. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture)* 40(1): 15-35 (In Farsi).
 29. USDA-NRCS., *Soil Survey Laboratory Methods Manual, Soil Survey Investigations Report, No. 42.*Version 3.0 (1996) 693 p.
 30. Weaver, C.E. and K.C. Beck. 1977. Miocene of the SE United States: a model for chemical sedimentation in a peri-marine environment. *Sedimentary Geology* 17 (1-2): IX-234.
 31. Yimer, F., S. Ledin and A. Abdelkadir. 2006. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 232(1-3): 90-99.
 32. Yousefifard, M., S. Ayoubi., A. Jalalian., H. Khademi and M.A. Makkizadeh. 2012. Mass balance of major elements in relation to weathering in soils developed on igneous rocks in a semiarid region, northwestern Iran. *Journal of Mountain Science* 9(1): 41-58.

The Effect of Slope Position on Clay Mineralogy of Soils in Two Topo-Sequences with Different Parent Materials in Parts of Karoun 3 Basin, East of Khuzestan Province

V. Moradinasab¹, S. Hojati^{1*}, A. Landi¹ and A. Faz Cano²

(Received: August 29-2022 ; Accepted: February 26-2023)

Abstract

Parent material and topography are among the soil-forming factors that affect soil evolution by influencing different parameters. This study was conducted to compare the effect of marl and calcareous parent materials in different slope positions, including the summit, shoulder, foot-, and toe-slopes on soil clay mineralogy in the Karoun 3 Basin, east of Khuzestan Province. Four soil profiles in each of the two topo-sequences were dug. They were sampled based on their genetic horizons and some physical, chemical properties, and clay mineralogy were measured. The results showed that the type and abundance of clay minerals identified for both parent materials were more affected by topo-sequence position. The composition of minerals identified in the topo-sequence with marl parent materials included kaolinite, palygorskite, smectite, chlorite, mica, and quartz, and in the topo-sequence with calcareous parent materials, palygorskite, smectite, chlorite, mica minerals, and quartz, and most of the identified minerals were also observed in all positions in the C horizon. However, in marl parent materials kaolinite, and calcareous parent materials, smectite seems to have been formed pedogenically. The result of the association between Weaver and Beck indicated that most of the clay minerals are in the equilibrium of Palygorskite.

Keywords: Stability diagram, Palygorskite, Smectite, Pedogenic, Marl, Lime

1. Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Khuzestan, Iran.

2. Department of Agrarian Science and Technology, Technical University of Cartagena, Murcia, Spain.

*: Corresponding author, Email: s.hojati@scu.ac.ir