

اثرات پستی و بلندی و آبیاری بر تکامل خاک‌ها و تنوع کانی‌های رسی در برخی از خاک‌های گچی استان خوزستان

یونس عبدلی و سیروس جعفری^{*۱}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۲۵)

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی تکامل خاک‌های گچی و کانی‌های رسی متأثر از اثرات پستی و بلندی، سطح آب زیرزمینی و آبیاری در منطقه رامهرمز انجام شد. برای این منظور در این دشت ۱۰ خاکرخ جانمایی و تشریح شد، به طوری که دارای تفاوت‌های کافی در شرایط آبیاری و توپوگرافی باشد. خاک‌های مورد مطالعه در راسته‌های انتی سولز، اینسیتی سولز و اریدی سولز قرار داشتند. اپی‌پدون خاک‌ها اکریک و افق‌های زیرسطحی کمبیک، جیپسیک و سالیک بود. کانی‌شناسی با تفرق پرتو ایکس نشان داد اسمکتیت، کائولینیت، ایلیت، کلریت، پالی‌گورسکیت، ورمیکولیت و سپیولیت به ترتیب کانی‌های غالب موجود بودند. کائولینیت و میکا منشأ توارثی اما کلریت علاوه بر موروثی بودن، در خاک‌هایی بدون سابقه کشت و آبیاری، از تحول اسمکتیت‌ها نیز حاصل شده بود. میزان سپیولیت در خاک‌های حاوی گچ کاهش اما در افق‌های انباشت گچ، پالی‌گورسکیت بیشتر بود. سپیولیت در شرایط زهکشی مناسب با افزایش عمق افزایش داشت که به پایداری این کانی در عمق یا نوتشکیلی آن مربوط بود ولی در شرایط زهکشی ضعیف با افزایش عمق، کاهش یافت. این نتیجه به دلیل ناپایداری این کانی در رطوبت زیاد و فعالیت کم منیزیم بود. همبستگی معکوسی بین پالی‌گورسکیت و اسمکتیت وجود داشت، به طوری که بیشترین میزان پالی‌گورسکیت و اسمکتیت به ترتیب در افق‌های سطحی و زیرسطحی مشاهده شدند. کانی اسمکتیت کانی غالب در خاک‌های منطقه است که از تحول کانی‌های دیگر تشکیل شده و در اراضی پست منشأ نوتشکیل داشت. تشکیل ورمیکولیت در این خاک‌ها به دلیل تخلیه پتاسیم ناشی از آبشویی یا جذب گیاهی در مرحله حدواسط تبدیل ایلیت به اسمکتیت حاصل شده بود. بنابراین پستی و بلندی و آبیاری در این خاک‌ها، سبب تکامل خاک‌ها در سطح راسته و در نتیجه ایجاد تنوع قابل ملاحظه‌ای از کانی‌های رسی در این خاک‌ها شده بود.

واژه‌های کلیدی: پالی‌گورسکیت، خاک‌های گچی، رامهرمز، زهکشی، سپیولیت

۱. گروه علوم خاک، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

*. مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: siroosjafari@yahoo.com

مقدمه

خاک‌های گچی ایران ۲۸ میلیون هکتار از اراضی کشور را به خود اختصاص داده‌اند و به نظر می‌رسد کشورمان در میان سایر کشورهای جهان بیشترین وسعت اراضی گچی را داراست (۱۰ و ۱۷). به دلیل خصوصیات ویژه خاک‌های گچی مانند حاصلخیزی کم و فرسایش‌پذیری زیاد (۲۶)، استفاده از این اراضی نیازمند مدیریت ویژه‌ای است.

تشکل فلات ایران به دوران ترشیاری و به خصوص میوسن نسبت داده می‌شود. با کم شدن ارتباط دریای میوسن با آب‌های آزاد و پیشروی به مدخل دریای میوسن، دریاچه‌های کم عمق بین کوهی و لاگون‌ها تشکیل و گسترش یافته‌اند (۸). ژئوشیمی دریای تیس که به شدت متأثر از شرایط اقلیمی و وقایع رسوبی دوره ترشیاری است، تشکیل پالی‌گورسکیت و سپیولیت را کنترل می‌کند (۱۹). در اثر تبخیر، رسوبات گچ و کربنات‌ها در دریاچه‌های کم عمق تشکیل شده و با افزایش نسبت منیزیم به کلسیم و افزایش پ‌ه‌اش و شوری، محیط مناسبی را برای تشکیل کانی‌های سپیولیت و پالی‌گورسکیت فراهم نموده‌اند (۲۴). همبستگی مثبت بین وجود پالی‌گورسکیت/سپیولیت با گچ و کربنات در رسوبات، این نظریه را تأیید می‌کند (۱۹). در بخش‌های عمیق تیس، شرایط برای تشکیل کانی‌های رشته‌ای فراهم نبوده است. توزیع زمانی و جغرافیایی پالی‌گورسکیت و سپیولیت، افزایش مقادیر این کانی‌ها را در رسوبات دوره کرتاسه مخصوصاً در رسوبات ترشیاری (۲۳، ۳۱ و ۳۷) و در نواحی با محدوده عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۴۰ درجه شمالی و جنوبی (۱۶ و ۳۷) نشان داده است.

پالی‌گورسکیت در بارندگی یا آبیاری بیش از ۳۰۰ میلی‌متر ناپایدار بوده و به اسمکتیت تحول می‌یابد. تشکیل این کانی از تحول اسمکتیت‌های تری‌اکتاهدرال، بیدلایت، میکا، کلریت و سیلیکات‌های اولیه نیز ممکن است پدید آید (۲۲). از سیلیکات‌های بی‌شکل در پ‌ه‌اش کم، پالی‌گورسکیت و در پ‌ه‌اش زیاد، سپیولیت تشکیل می‌شود (۱۳). وجود کانی‌های ایلیت، کلریت، پالی‌گورسکیت و کائولینیت از منشأ مواد مادری

در خاک‌های خوزستان به‌طور گسترده‌ای گزارش شده است (۲)، ۴ و ۱۶). همچنین کانی اسمکتیت نیز در برخی از خاک‌های جنوبی این استان گزارش شده است (۹).

اگرچه پالی‌گورسکیت در بخش‌های مختلف استان خوزستان در اراضی آبیاری نشده گزارش شده است (۲، ۳ و ۱۶) با این وجود، در اثر آبیاری سنگین در خاک حذف شده است (۱۶). فاکتورهای محیطی از جمله میزان تبخیر و تعرق، بارندگی، غلظت منیزیم، پ‌ه‌اش، دما، فشار گاز دی‌اکسید کربن و شوری بر پایداری پالی‌گورسکیت یا سپیولیت اثرگذارند (۱۸ و ۱۹). برخلاف پالی‌گورسکیت، شوری اولیه مانع از تشکیل سپیولیت می‌شود، همچنین سپیولیت به پ‌ه‌اش بیشتری برای پایداری نیاز دارد (۱۳). برخلاف آن، سپیولیت تنها در برخی از سنگ‌های مادری ایران گزارش شده است (۶) ولی در رسوبات یا خاک‌های ایران تاکنون گزارشی از وجود آن ارائه نشده است. محققین مختلف، عدم وجود آن را به تیمارهای اسیدی برای حذف کربنات‌ها در هنگام خالص‌سازی رس‌ها و میزان کم آنها در مواد مادری یا خاک‌ها نسبت می‌دهند (۲۲). برخی نیز میزان کم آن را دلیل گزارش نمودن آن ارائه می‌نمایند.

وجود پالی‌گورسکیت و سپیولیت در خاک، اثرات شدیدی بر ویژگی‌های خاک دارند. این کانی‌ها می‌تواند حتی بر خواص هیدرودینامیکی خاک نیز اثرگذار باشند. پالی‌گورسکیت به‌ویژه در SAR بالای آب آبیاری (مشابه شرایط آب و خاک‌های خوزستان) حتی از اسمکتیت و کائولینیت دارای پتانسیل انتشار و مهاجرت بیشتری در خاک است. این پدیده در برخی از خاک‌های مناطق خشک در حالت‌های نادری می‌تواند به ایجاد لایه‌های سخت و سیمانی بنام پالیکریت منجر شود که نوعی دوری‌پن با مواد سیمانی پالی‌گورسکیت است (۳۵). وجود این لایه سبب می‌شود که جریان عمودی آب در خاک مختل شده و شرایط نامناسبی از لحاظ زهکشی پدید آید. چنین لایه‌ای در بخشی از اراضی منطقه شاور در کشت و صنعت میان‌آب نیز گزارش شده است (جعفری، داده‌های منتشر نشده).

منطقه مورد مطالعه دشت رامهرمز، بخشی از دشت

شده‌اند. بخشی از این مواد مادری نیز آبرفت‌های گچ‌داری است که از فرسایش بخش‌های مرتفع به قسمت‌های پست دشت منتقل شده است (شکل ۱- الف). بخشی از دشت در اثر آبیاری دچار تحولات زیادی در خاک‌ها به‌ویژه در توزیع یا حذف گچ و یا کربنات شده است.

موقعیت ۱۰ خاکرخ حفر شده در منطقه مورد مطالعه طوری انتخاب شدند که در برگیرنده تنوع کافی از خاک‌های منطقه باشد (شکل ۱- ب). با استفاده از نقشه‌های DEM، توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM⁺ و تفسیر آنها، کاربری اراضی، ارتفاع از سطح دریا و شرایط زهکشی، موقعیت خاکرخ‌ها تعیین و پس از حفر، با استفاده از روش استاندارد تشریح شدند (۳۲). ویژگی‌های بیرونی و فیزیوگرافی خاکرخ‌های مورد مطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است.

نقشه‌های تغییرات ارتفاع از سطح دریا و جهت جریان آبرفتی در محیط ARC GIS با استفاده از DEM و نقشه توپوگرافی ترسیم شد. همچنین تغییرات سطح آب زیرزمینی نیز با استفاده از داده‌های مطالعاتی منطقه تهیه (۱) و در محیط ARC GIS پهنه‌بندی شد.

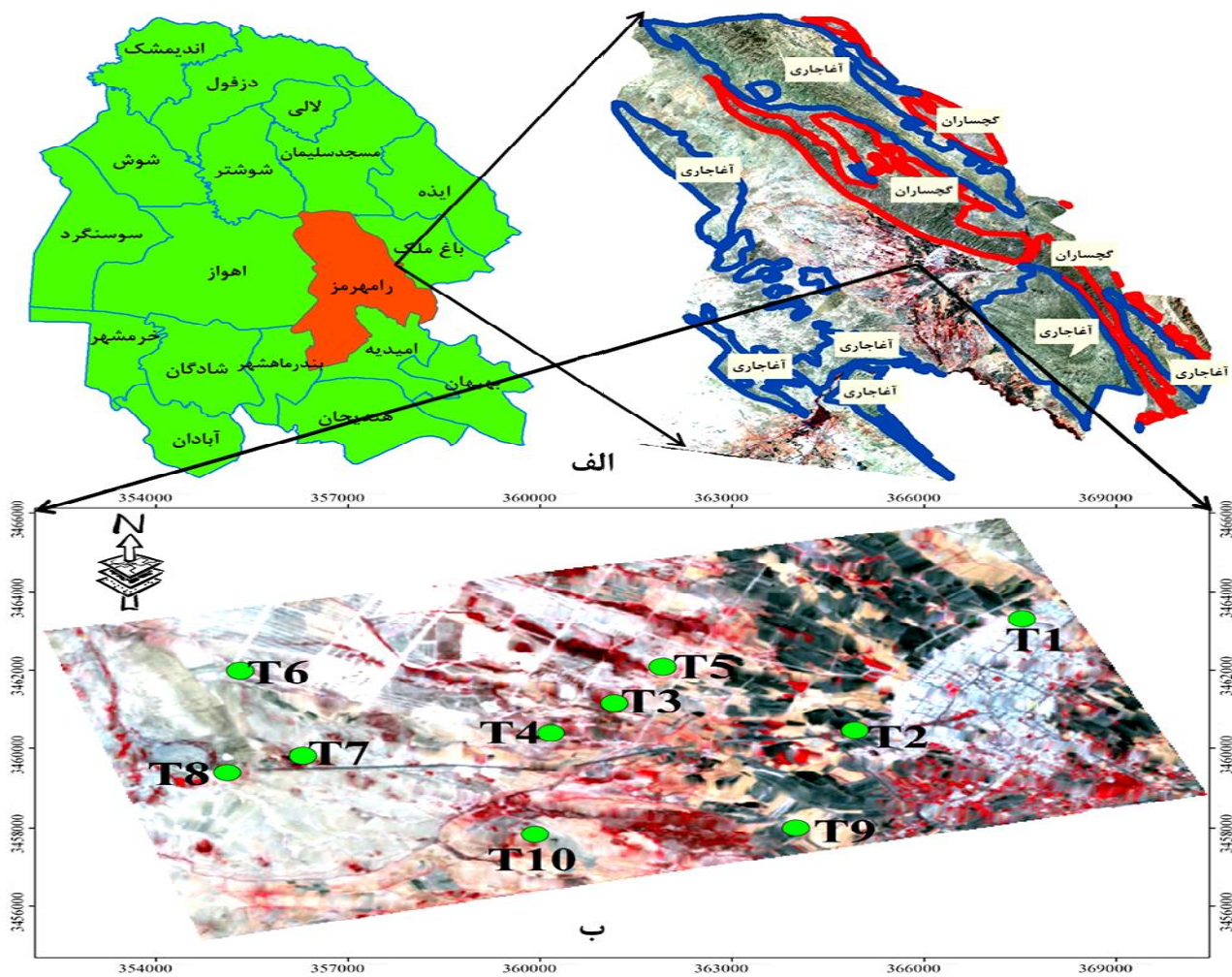
اندازه‌گیری‌های زیر در کلیه نمونه‌های خاک صورت گرفت: قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک EC_e، پ‌هاس خاک در گل اشباع (۳۶)، بافت خاک به روش هیدرومتر (۱۴)، ماده آلی به روش اکسایش تر (۲۱)، کربنات کلسیم معادل به روش خشتی‌سازی با اسید (۲۸)، گچ به روش رسوب در استون (۲۸)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش چاپمن (۱۵) کلسیم و منیزیم محلول به روش عیارسنجی با ورسین اندازه‌گیری شد (۱۱). با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی و نحوه قرار گرفتن افق‌های ژنتیکی و همچنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و تعاریف موجود در سیستم طبقه‌بندی خاک، افق‌های مشخصه سطحی و زیرسطحی تعیین و با استفاده از آنها و همچنین رژیم رطوبتی و حرارتی، خاک‌های منطقه تا سطح تحت گروه رده‌بندی شد (۳۳). همچنین برای شناسایی کانی‌های رسی با استفاده از پراش.

خوزستان است که در شرق این استان، دارای بیشترین میزان گسترش خاک‌های گچی است. دشت آبرفتی رامهرمز از رسوبات دریای قدیمی تتیس پدید آمده و در اواخر کرتاسه از اقیانوس جدا شده است (۸). بخش‌هایی از این منطقه که در آن زراعت می‌شود از قطب‌های مهم کشاورزی خوزستان و حتی کشور محسوب می‌شود. با این وجود با توسعه آبیاری و انحلال گچ و رسوب آن به بخش‌های زیرسطحی و عمقی خاک مشکلاتی در بهره‌برداری از این اراضی طی سالیان اخیر ایجاد شده است (۵). بخشی از این مشکلات را می‌توان به انتقال و یا تحول کانی‌های رسی مرتبط دانست که در این مطالعه سعی بر بررسی آن خواهد شد.

لذا با توجه به اهمیت خاک‌های گچی و یا مواد مادری گچی که وسعت زیادی از کشور و استان خوزستان را در برمی‌گیرد و با توجه به اینکه اصلاح و کشت‌وکار این خاک‌ها نیاز به شناسایی ویژگی‌های کامل آنها دارد، این مطالعه انجام شد. در این مطالعه سعی خواهد شد که با بررسی تغییرات خصوصیات خاک، تنوع کانی‌های رسی به‌ویژه حضور یا عدم حضور کانی‌های پالی‌گورسکیت و سپیولیت و ارتباط آن با فاکتورهای خاک‌ساز (مواد مادری و زهکشی) اطلاعات موجود در زمینه این خاک‌ها کامل‌تر شود.

مواد و روش‌ها

دشت رامهرمز بخشی از دشت میان رودان در شرق استان خوزستان و بین عرض جغرافیایی ۲۱° ۴۹' تا ۴۵' ۴۹° طول شرقی و ۶' ۳۱° تا ۲۶' ۳۱° عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱- الف). ارتفاع متوسط از سطح دریا ۱۱۰ متر می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه در منطقه ۳۴۰ میلی‌متر و میانگین حداکثر و حداقل دما ۴۹ و ۳ درجه سانتی‌گراد است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه به‌ترتیب یوستیک و هایپرترمیک است. زمین‌شناسی منطقه متشکل از سازندهای گچساران، آغاچاری و رسوبات آبرفتی عهد حاضر است. این سازندها مربوط به دوره ترشیاری بوده و از بقایای تبخیری دریای قدیمی تتیس حاصل



شکل ۱. الف) منطقه مورد مطالعه و برخی سازندهای مهم زمین شناسی دشت رامهرمز و ب) و موقعیت حفر خاکرخواها

جدول ۱. ویژگی های بیرونی و واحد فیزیوگرافی خاکرخواهای مورد مطالعه

شماره	واحد فیزیوگرافی	کلاس زهکشی	شیب (%)	نفوذپذیری سطحی	کاربری
۱*	دشت آبرفتی سیلابی	مناسب	۰-۲	کم	کشاورزی
۲	دشت آبرفتی سیلابی	مناسب	۰-۲	کم	کشاورزی
۳	دشت آبرفتی سیلابی	مناسب	۰-۲	کم	بایر
۴*	اراضی پست	ضعیف	۰-۲	متوسط	بایر
۵	دشت آبرفتی سیلابی	نسبتاً مناسب	۲-۵	کم	بایر
۶	دشت آبرفتی سیلابی	نسبتاً مناسب	۲-۵	کم	بایر
۷	اراضی پست	ضعیف	۵-۸	متوسط	بایر
۸*	دشت آبرفتی سیلابی	نسبتاً مناسب	۲-۵	متوسط	کشاورزی
۹	دشت آبرفتی رودخانه ای	نسبتاً مناسب	۰-۲	متوسط	کشاورزی
۱۰	دشت آبرفتی رودخانه ای	ضعیف	۲-۵	متوسط	کشاورزی

* خاکرخواهای انتخابی برای مطالعه کانی های رسی با پراش پرتو ایکس

است. میزان شوری از ۱ تا ۳۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر در افق‌های این خاکرخ‌ها تغییر می‌کند که ناشی از تنوع شرایط زهکشی خاکرخ‌هاست. کمترین مقدار شوری در افق سطحی خاکرخ یک، به دلیل آبخویی در اثر آبیاری و زهکشی مناسب است. در خاکرخ چهار به دلیل زهکشی ضعیف و بالا بودن سطح آب زیرزمینی، افق‌های سطحی شور هستند. خاکرخ‌های پنج و هشت دارای بیشترین مقدار شوری هستند (جدول ۲ و ۳). تغییرات پ‌هاش در خاکرخ‌ها بین ۸/۵-۷/۱ بوده که در خاکرخ‌های تحت کشت نسبت به اراضی بایر کمتر است. مقدار پ‌هاش در خاک تابع میزان کربنات کلسیم، گچ و شوری است (۳۴).

ظرفیت تبادل کاتیونی از ویژگی‌های مهم خاک است که متأثر از ماده آلی، بافت خاک و نوع کانی‌های رسی است (۳۴). وجود گچ و کربنات‌ها به میزان قابل توجه سبب کاهش این مشخصه می‌شود (۷). دامنه ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های مورد مطالعه ۴/۲-۲۲/۴ سانتی‌مول بار مثبت بر کیلوگرم است. بیشترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی مربوط به افق‌های سطحی خاکرخ چهار به میزان ۲۲/۴ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم و کمترین مقدار آن مربوط به افق‌های با گچ زیاد در خاکرخ‌های هشت و پنج به مقدار ۴/۲ و ۶/۸ است. مقدار کربنات در خاک‌ها (۳۷/۸-۳۹/۶ درصد) زیاد بود. در خاکرخ‌های ۷ و ۱۰ به دلیل قرار داشتن در منطقه پست و دریافت میزان بیشتری از آب‌های سطحی و وجود مواد آلی بیشتر، افق کلسیک در بخش‌های عمقی‌تر خاک را تشکیل داده است (جدول ۳). تغییرات گچ در خاکرخ‌های مورد مطالعه در محدوده ۴۶/۵-۱/۲ درصد متغیر است. مقدار کم گچ خاکرخ یک را می‌توان به دلیل ارتفاع بالا از سطح دریا، انتقال مواد آبرفتی بر روی مواد مادری گچی توسط جریان رودخانه‌ای، سیلابی و همچنین زهکشی مناسب و آبیاری آن دانست. به دلیل نبود زهکشی مناسب و تبخیر شدید در فصول گرم، تجمع گچ در افق سطحی خاکرخ‌های ۴ و ۱۰ ملاحظه شد که به خیزم‌بینگی مربوط است. همچنین در خاکرخ‌های ۵، ۶ و ۸ به واسطه ارتفاع کم و

پرتو ایکس از روش جکسون (۲۱) و کیتریک و هوپ (۲۷) برای حذف املاح محلول، کربنات‌ها، مواد آلی و اکسیدهای آهن و منگنز آزاد و در نهایت خالص‌سازی رس استفاده شد. اگرچه تیمار اسیدی منجر به حذف سپیولیت می‌شود، با این وجود در مقادیر زیاد کانی در نمونه، با پراش اشعه ایکس و تیمار اسیدی نیز قابل شناسایی است (۲۲). پلاک‌هایی از نمونه‌های آرایش یافته با تیمارهای اشباع با پتاسیم و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (K۲۵)، اشباع با پتاسیم و حرارت در ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، اشباع با منیزیم (Mg۲۵) و اشباع با منیزیم همراه با اتیلن گلیکول (EG) تهیه شد. این پلاک‌ها به کمک دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) مدل Bruker D8 Advance با تابش Cuka با انرژی ۴۰kV و ۳۰mA بررسی شد. شناسایی براساس تفسیر پیک تیمارها با استفاده از پیک‌های استاندارد گریم (۲۰) و گزارش‌های دیگر (۲۵) صورت گرفت. در این مطالعه کانی‌های رسی افق‌های خاکرخ یک در شمالی‌ترین بخش منطقه با شرایط زهکشی مناسب و سابقه زیاد کشت و کار، خاکرخ چهار در میانه منطقه با شرایط زهکشی متوسط تا ضعیف و خاکرخ هشت با شرایط زهکشی نسبتاً مناسب همراه با تجمع گچ زیاد بررسی شدند.

نتایج

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاکرخ‌های مورد مطالعه در جدول (۲) نشان داده شده است. بافت خاک منطقه نشان از تنوع بافتی در خاکرخ‌ها دارد، به طوری که بافت‌های رسی، رسی سیلتی، لوم رسی، لوم رسی سیلتی، لوم سیلتی و لومی در منطقه مشاهده شد. تنوع بافت خاک در این اراضی بیشتر تابع الگوی رسوب‌گذاری است. میزان ماده آلی از ۲/۴-۰/۱۱ درصد متغیر است (جدول ۲). شوری زیاد و تجمع املاح و گچ در افق‌ها از عوامل مهم و تأثیرگذار بر کاهش ماده آلی خاک‌ها بوده است. ماده آلی زیاد در خاکرخ چهار به دلیل آب‌ماندگی و زهکشی ضعیف که منجر به ایجاد پوشش گیاهی مناسب شده، پدید آمده

جدول ۲. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه به همراه رده‌بندی خاک در سیستم آمریکایی

خاک‌رخ	افق	ضخامت (cm)	توزیع ذرات (%)			بافت	EC (dS/m)	pH	آهک (%)	ماده آلی (%)	گچ	Mg/Ca (meq/l)	EC (cmol(+) /kg)
			شن	سیلت	رس								
Typic Haploustepts													
	A	۰-۲۳	۱۵	۳۵	۵۰	C	۴/۲	۷/۵	۳۹/۴	۰/۷۵	۱/۸	۰/۷۶	۱۵/۲
	Bw _۱	۲۳-۹۰	۱۳	۴۸	۳۹	SiCL	۷/۸	۷/۸	۳۹/۴	۰/۴۶	۳/۴	۱/۱۸	۱۲
	Bw _۲	۹۰-۱۳۲	۹	۴۴	۴۷	SiC	۷/۲	۷/۸	۳۹/۳	۰/۶۳	۱/۶	۰/۷۷	۱۳/۲
	Bw _۳	۱۳۲-۱۵۰	۱۳	۴۴	۴۳	SiC	۹/۷	۷/۷	۳۹/۳	۰/۵۴	۱/۴	۰/۹۲	۹
Aquic Haploustepts													
	Ay	۰-۳۸	۲۵	۵۲	۲۳	SiL	۱۳/۹	۷/۷	۳۹/۴	۲/۴۸	۶/۲	۱/۰۷	۲۲/۴
	Bw	۳۸-۷۸	۲۱	۴۲	۳۷	Cl	۷/۶	۷/۷	۳۹/۵	۲/۱۹	۳/۴	۰/۸۱	۱۴/۶
	Bg _۱	۷۸-۱۰۰	۱۵	۴۲	۴۳	SiL	۷/۳	۷/۷	۳۹/۵	۱/۸۳	۲	۰/۵۹	۱۴/۲
	Bg _۲	۱۰۰-۱۵۰	۱۵	۴۸	۳۷	SiCL	۵/۶	۷/۸	۳۹/۵	۱/۰۳	۱/۲	۰/۵۲	۱۱/۶
Gypsic Haplosalids													
	A	۰-۲۳	۵۰	۲۹	۲۱	L	۳۲/۵	۸/۴	۳۹	۰/۶۳	۳۷/۵	۱/۹۵	۶/۸
	Byz	۲۳-۸۰	۵۰	۳۲	۱۸	L	۳۳/۱	۸/۵	۳۸/۲	۰/۲	۴۶/۵	۲/۰۹	۱۲/۸
	Cz	۸۰-۱۵۰	۴۴	۳۵	۲۱	L	۳۹/۵	۸/۴	۳۸/۷	۰/۲	۴۰/۶	۲/۱۲	۱۰
Aridic Ustorthents													
	Ay	۰-۲۲	۴۴	۴۰	۱۶	L	۴/۴	۸/۴	۳۸/۳	۰/۴۱	۷۰/۱	۰/۵	۱۲
	C _۱	۲۲-۶۵	۴۸	۳۸	۱۴	L	۱۰/۵	۸/۳	۳۸/۲	۰/۳۹	۸۷/۶	۱/۱۶	۱۱/۴
	C _۲	۶۵-۱۵۰	۴۴	۴۲	۱۴	L	۱۱/۵	۸/۲	۳۷/۸	۰/۱	۸۵/۶	۰/۸۸	۱۰/۸
Gypsic Haploustepts													
	Ay	۰-۱۰	۴۴	۳۷	۱۹	L	۲۵	۸/۴	۳۹/۵	۰/۸۹	۳۷/۱	۱/۴۴	۴/۲
	By	۱۰-۳۸	۴۷	۳۵	۱۸	L	۲۵/۱	۸/۱	۳۹/۴	۰/۴۹	۳۸/۵	۱/۷۱	۱۲/۶
	Cy _۱	۳۸-۶۵	۴۴	۳۳	۲۳	L	۱۶/۹	۸/۴	۳۹/۳	۰/۳۵	۳۵/۶	۱/۱۰	۹/۶
	Cy _۲	۶۵-۱۵۰	۴۳	۴۰	۱۷	L	۱۲/۹	۷/۹	۳۹/۵	۰/۲۰	۱۰/۵	۱/۲۶	۱۲
Gypsic Calcustepts													
	Ap	۰-۱۸	۴۸	۳۸	۱۴	L	۳/۹	۷/۷	۳۸/۱	۱/۰۴	۳۷/۸	۰/۲۹	۱۱/۳
	By	۱۸-۴۶	۴۷	۳۵	۱۲	L	۸/۵	۸	۳۸/۲	۰/۴۳	۳۶	۱/۱۸	۱۳
	Cky _۱	۴۶-۶۳	۴۷	۳۴	۱۳	L	۱۴/۱	۷/۹	۳۷/۹	۰/۲۹	۳۹/۲	۱/۱۵	۱۰/۱
	Cky _۲	۶۳-۱۱۰	۵۰	۳۹	۱۱	L	۱۶/۸	۷/۹	۳۸/۴	۰/۱۴	۲۵/۶	۱/۱۸	۹/۹
	Cky _۳	۱۱۰-۱۵۰	۴۶	۴۲	۱۲	L	۱۷	۷/۹	۳۸/۳	۰/۱۴	۱۹/۲	۱/۶۹	۹/۱

به دلیل نداشتن ساختمان مناسب فاقد شرایط مالیک و به دلیل نبود مقدار کافی فسفر، دارای شرایط انتروپیک نیست. خاک‌های یک و چهار دارای افق مشخصه زیرسطحی کمبیک هستند. تشکیل افق کمبیک در این خاک‌ها ناشی از تشکیل ساختمان منشوری نسبتاً قوی است که به بلوکی نیمه گوشه‌دار خرد می‌شود. به‌طور کلی روند تشکیل افق کمبیک در این

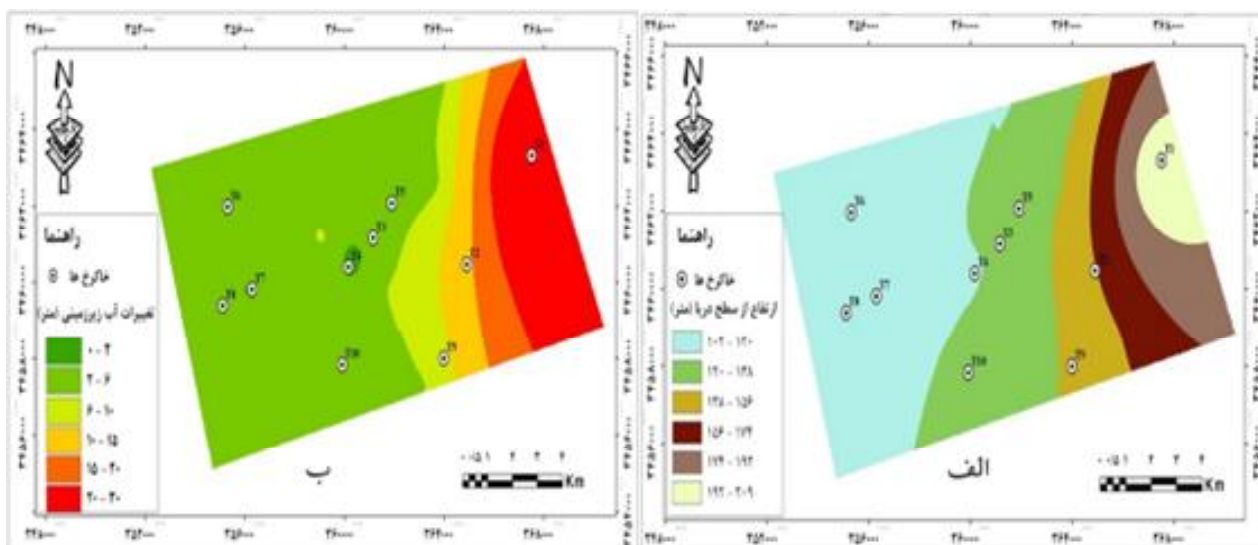
شرایط زهکشی نسبتاً مناسب در اثر جریان‌های سیلابی، با انتقال املاح و گچ از قسمت‌های مرتفع دشت سبب تجمع شوری و گچ در این خاک‌رخ و تشکیل افق ژئوپیک شده است (جدول ۲ و ۳). اپی‌پدون کلیه خاک‌های مورد مطالعه به دلیل فقر ماده آلی، اکریک است (۳۳). اگرچه در خاک‌های چهار و هفت مقادیر زیادی از تجمع ماده آلی در سطح، ملاحظه شد، با این وجود

جدول ۳. خصوصیات موفولوژیکی خاک‌های مورد مطالعه

افق	مرز	ساختمان	پایداری	روزنه	ریشه	گچ	آهک	رنگدانه
خاک‌رخ شماره ۱								
A	DW	M	h	۲f/۱c	۲vf	---	ev	---
Bw۱	DW	Pr ^۳ m ± Sbk ^۲ m	vh	m,f,Conts	---	---	ev	---
Bw۲	DW	Sbk ^۳ c	vh	m,f,Conts	---	---	ev	---
Bw ^۳	---	Sbk ^۳ c	vh	۲f,Conts	---	---	ev	---
خاک‌رخ شماره ۴								
Ay	CW	Gr۲f	h	۳f,Dis,V	Mc	۱f	ev	---
Bw	GW	Pr ^۳ m	vh	۱f,Ver,Dis,t	Mc	---	f,۱,r,ss	---
Bg۱	GW	Pr ^۳ m	vh	۱f,Ver,Dis,t	Mc	---	f,۳,r,ss	F۱d
Bg۲	---	M	vh	۱vf,Ver,Dis,t	Mc	---	f,۳,r,ss	C۲d
خاک‌رخ شماره ۵								
Ayz	DW	M	eh	۲m,Cont	۲vf/۲m	۱f	f,۲,r,sf	---
Byz	AS	M ± Sbk۱f	eh	۱f,cont,v	---	۲f	f,۱,r,sf	---
C	---	M	vh	۱f,conts,v	---	۲f	f,۱,r,sf	---
خاک‌رخ شماره ۶								
Ay	AS	M	h	Mf	۲f/1c	۲f	ev	---
C۱	CS	M	vh	m,f,Dis,v	---	۲f	ev	---
C۲	---	M	vh	Mf	---	۲f	ev	---
خاک‌رخ شماره ۸								
Ay	CW	M	fr	۱f,conts	۱f/۱m	۱f	ev	---
By	CW	Clr ^۳ c	fr	۱f,conts	۱f/۱m	۱f	f,۱,I,sf	---
Cy۱	AS	M	fr	Mf	---	۱f	f,۱,I,sf	---
Cy۲	---	M	fr	Mf	---	---	ev	---
خاک‌رخ شماره ۱۰								
Ap	GW	M	vfr	۲f	۲f	---	ev	---
By	GW	Sbk ^۳ c	fr	۲vf	۲vf	۱f	ev	---
Cky۱	GW	M	fr	۱vf	۱vf	۱f	f,۱,r,sm	---
Cky۲	GW	M	vfi	۱vf	۱vf	۱f	c,۱,r,sc	---
Cky۳	---	M	vfi	۱f	۱f	۱f	c,۱,r,sc	C۱d

است. به‌عنوان مثال، در خاک‌رخ یک با شرایط مناسب زهکشی و تشکیل ساختمان و در خاک‌رخ چهار با زهکشی ضعیف و تجمع ماده آلی همراه با تشکیل رنگین دانه و بدون تجمع املاح هر دو خاک در راسته اینسپتی سولز قرار گرفته است. با تغییر شرایط زهکشی به‌واسطه سطح آب زیرزمینی در بخش‌های دیگری از

خاک‌رخ‌ها را می‌توان متأثر از تغییرات هیدرولوژی (رطوبت و دما) و زهکشی متأثر از توپوگرافی در منطقه دانست. در این مناطق در اثر تغییر در شرایط زهکشی ناشی از فاکتور پستی و بلندی، خاک دارای افق‌های متفاوتی در بخش‌های مختلفی از اراضی شده که به‌واسطه آن، راسته خاک نیز تغییر یافته



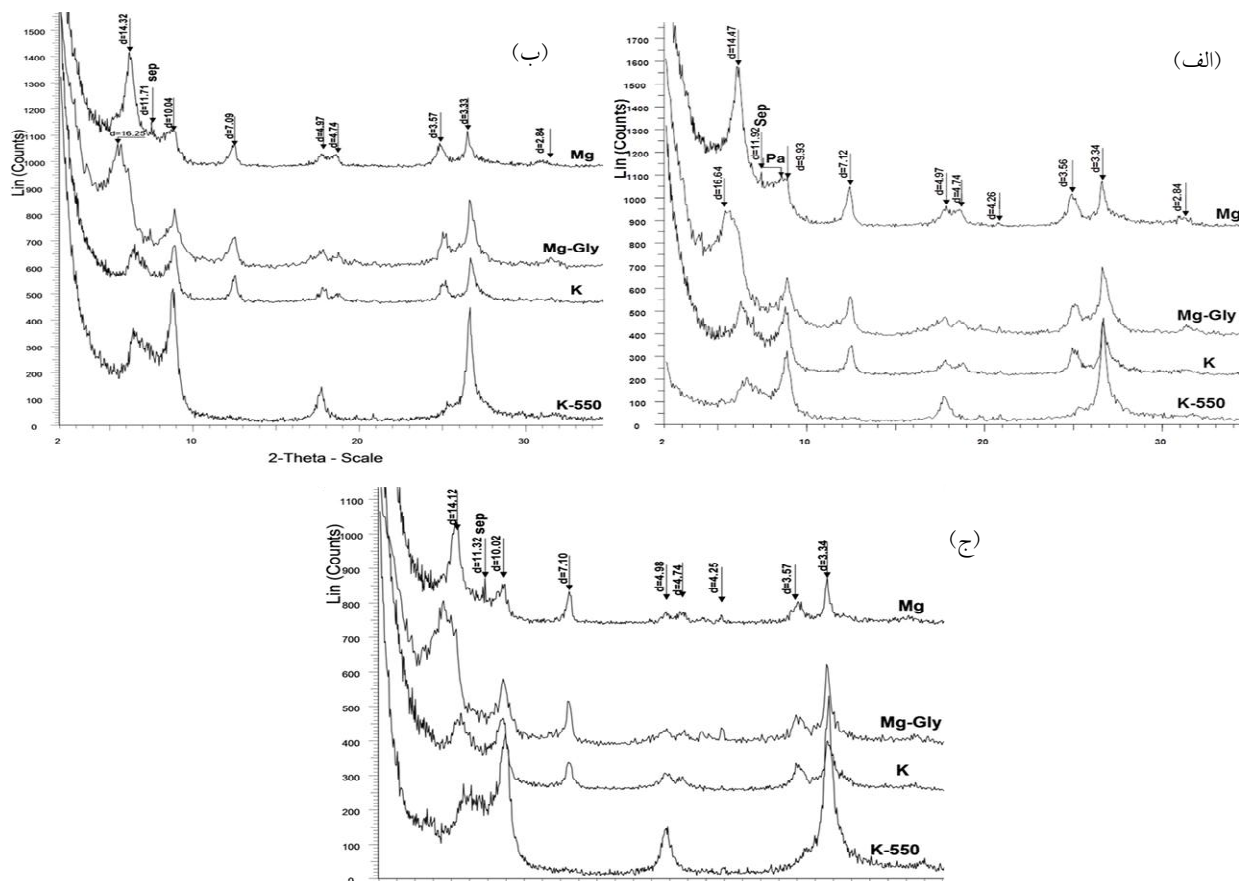
شکل ۲. الف) تغییرات ارتفاع از سطح دریا در دشت رامهرمز و ب) تغییرات سطح آب زیرزمینی آن

دانست (شکل ۲-ب و جدول ۱). در بخش‌هایی از قسمت‌های پست منطقه، چشمه‌هایی وجود دارد که دارای املاح کمی هستند و رشد بسیاری از گیاهان آب‌دوست از جمله لویی و نی را تشدید کرده‌اند (خاکرخ هفت و شکل ۲-ب). پایین بودن ارتفاع از سطح دریا و فرسایش پذیری سازندها سبب شده است که خاکرخ‌های ۵، ۶، ۸ و ۱۰ شور شده و تجمع گچ به‌وضوح در آنها دیده شود. این امر سبب شده است که امکان رشد گیاه در این اراضی کاهش یافته و به سبب آن از میزان ماده آلی در این خاکرخ‌ها کاسته شد که دمای زیاد خاک نیز این کاهش را تشدید نموده است (جدول ۲).

در این اراضی، بخشی از تحول خاک به تشکیل ساختمان منشوری و ستونی و تبدیل ساختمان توده‌ای و منشوری به مکعبی نیمه‌گوشه‌دار (sbk) و لبه مدور مربوط می‌شود (جدول ۳). چنین فرآیندی توسط محققین دیگر در برخی از خاک‌های مشابه نیز تشریح شده است (۷). در برخی از این خاک‌ها به‌دلیل تجمع ماده آلی (خاکرخ چهار)، شرایط برای تشکیل ساختمان دانه‌ای ضعیفی فراهم شده است. همچنین تشریح صحرایی افقی‌های Bg₂، Bg₃ و Cky₃ خاکرخ‌های ۴ و ۱۰ در اثر شرایط نامناسب زهکشی، این رنگ‌دانه‌ها به رنگ زرد تا قرمز کم رنگ در اندازه ریز (F₁)، متوسط (M₂) و درشت (C₂) همراه با

منطقه در خاکرخ پنج، تجمع املاح و شوری خاک سبب ایجاد افق سالیک و در نتیجه تشکیل خاک‌های اریدی‌سولز شده است. بنابراین تغییرات پستی و بلندی و در نتیجه تغییرات شرایط زهکشی، سبب تغییرات قابل توجهی در ویژگی خاک‌ها شده، به‌طوری‌که منجر به تغییر خاک‌ها در بالاترین سطح رده‌بندی یعنی راسته‌ها شد و این خاک‌ها را در راسته‌های انتی‌سولز، اینسپتی‌سولز و اریدی‌سولز قرار داده است.

کاهش ارتفاع از سطح دریا در شمال غرب و غرب منطقه (شکل ۲-الف) بر توزیع اندازه ذرات تشکیل‌دهنده آبرفت‌های دشت به‌شدت اثرگذار است، به‌طوری‌که در بخش‌های شمال و شمال شرقی دشت، بخشی از خاک از اجزاء قلوه سنگی اغلب از جنس گچ در سطح و عمق تشکیل مخروط‌افکنه را داده است. بخشی از مواد گچی ریز و درشت این خاک‌ها در اثر انحلال گچ و رسوب ثانویه آن به قسمت‌های عمقی‌تر منتقل شده است. علاوه بر تجمع گچ در بخش‌های پست منطقه، تجمع املاح محلول‌تر از آن سبب شوری بخش‌هایی از قسمت‌های پایین‌دست دشت نیز شده است. در این اراضی به‌دلیل وجود اختلاف ارتفاع (حدوداً ۱۰ متر) از سطح دریا و جهت شیب کلی اراضی، تفاوت در شرایط زهکشی را می‌توان به اختلاف تغییرات سطح آب زیرزمینی و اثرات رودخانه بر زهکشی اراضی



شکل ۳. الگوهای پراش اشعه ایکس مربوط به کانی‌های رسی افق‌های خاک‌رخ یک، الف) افق A، ب) افق Bw2، ج) افق Bw3

پالی‌گورسکایت در این افق است. منشأ مواد مادری خاک، گچ و سازندها تبخیری است، لذا وجود کانی‌های رشته‌ای یا انتقال از طریق رسوبات بادی قابل انتظار است. کاهش این کانی‌ها در امتداد خاک‌رخ را می‌توان تا حدودی به تبدیل آنها به کانی‌های اسمکتیت نسبت داد. برخلاف پالی‌گورسکایت که فقط در سطح وجود دارد، سپیولیت هم در سطح و هم در عمق ملاحظه شد. این خاک‌رخ برای مدت طولانی آبیاری شده است. پالی‌گورسکایت در این خاک‌ها در اثر آبیاری حذف و به اسمکتیت تبدیل شده است. محققین نشان دادند که در بارندگی بیش از ۳۰۰ میلی‌متر، پالی‌گورسکایت حذف و اسمکتیت تشکیل می‌شود (۲۳). منشأ پالی‌گورسکایت موجود در لایه سطحی خاک می‌تواند از گرد و غبار ناشی از توفان‌هایی که در این مناطق خشک متداول است، باشد. فراوانی بیشتر سپیولیت

مقادیر متفاوت با درجه وضوح نامشخص تا واضح در خاک ملاحظه شد. تجمع آهک در برخی از افق‌ها به صورت توده‌ای نرم، رشته‌ای، نادل و به رنگ روشن ملاحظه شد. همچنین مقدار تجمع گچ در برخی از خاک‌رخ‌ها در اندازه‌های ریز با مقدار کم تا متوسط مشاهده شد (جدول ۳).

کانی‌شناسی رس

کانی‌های کلریت، کائولینیت، اسمکتیت، ورمی‌کولیت، پالی‌گورسکایت، سپیولیت و کوارتز در افق سطحی خاک‌رخ یک شناسایی شد (شکل ۳-الف). تبدیل پیک ۱۴/۱۸ آنگسترومی با تیمار منیزیم و اتیلن گلیکول به پیک ۱۶/۸۴ آنگسترومی نشانگر وجود مقادیر متنابهی از اسمکتیت یا ورمی‌کولیت در افق سطحی است. پیک ۱۰/۵ آنگسترومی مربوط به وجود

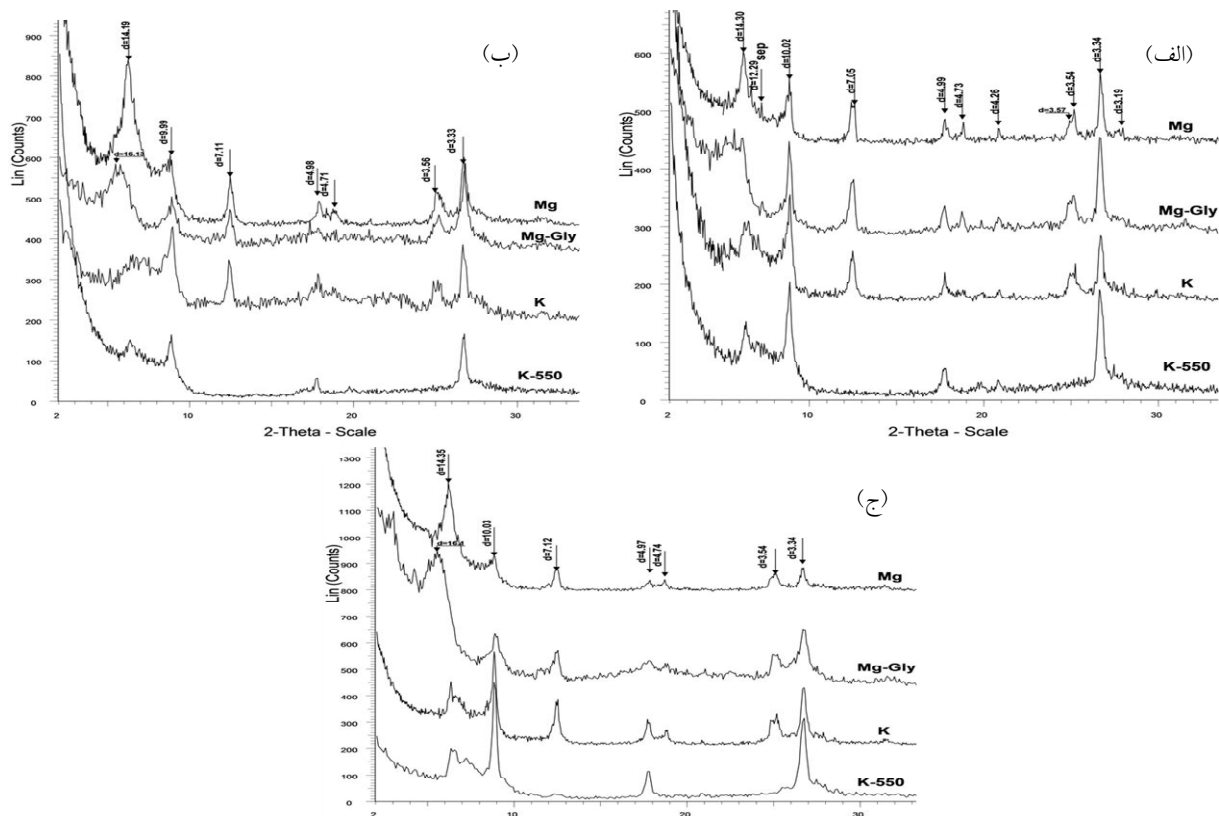
تیمار منیزیمی بر شدت آن اضافه شده است. براساس نظر محققان در اثر حرارت در ۵۵۰ درجه سانتی گراد، شدت پیک ۱۴ آنگسترومی نسبت به دمای عادی افزایش می یابد (۲۵).

الگوهای تفرق اشعه ایکس کانی های خاکرخ چهار که در اراضی نسبتاً پست تری نسبت به خاکرخ یک قرار دارد، در شکل (۴) نشان داده شده است. در این خاکرخ در اثر آب ماندگی سطحی، تجمع میزان قابل ملاحظه ای از مواد آلی در سطح خاک را سبب شده بود (به میزان ۲/۵ درصد، جدول ۲). در خاکرخ چهار براساس شدت پیک ۱۰ آنگسترومی میزان رس ایلیت به مراتب بیشتر از خاکرخ یک است که می توان آن را به نبود کشت و کار و آبیاری برای حذف پتاسیم، مربوط دانست. تجمع گچ در افق سطحی (جدول ۲) مستندی بر این ادعاست. پیک ۱۴ آنگسترومی در اثر اشباع با اتیلن گلیکول به ۱۶/۱۳ انبساط یافته که نشان از وجود اسمکتیت در این خاکرخ را دارد که از سطح به عمق بر مقدار آن افزوده می شود. در اثر تیمار پتاسیم و حرارت، از شدت پیک ۱۴ کاسته و بر شدت پیک ۱۰ آنگسترومی افزوده شده است که حاکی از وجود ورمی کولیت در نمونه است و با اعمال این تیمار به ایلیت تبدیل شده است (۳۰). به عبارتی از سطح تا عمق در اثر تیمار افزایش پتاسیم و حرارت، کاهش شدت پیک ۱۴ آنگسترومی و افزایش شدت پیک ۱۰ آنگسترومی رخ داد که نشان از تبدیل ورمی کولیت موجود در نمونه و تبدیل به ایلیت دارد (۳۰). بنابراین در این خاکرخ برخلاف خاکرخ یک، از سطح به عمق با افزایش پتاسیم و حرارت بر شدت پیک ۱۰ آنگسترومی افزوده می شود.

نظر به اینکه این خاکرخ در بخش پست دشت قرار دارد که چشمه ای نیز در حوالی آن در جریان است، می توان چنین استدلال نمود که جریان های آب زیرزمینی، لایه های عمقی خاک را شسته و از پتاسیم تخلیه نموده اند. به عبارتی در این اراضی، به جای آبشویی از افق های سطحی به عمق، آبشویی در افق های زیرین خاک صورت گرفته و پتاسیم را از خاک خارج نموده است. این تفاوت عمده در کلاس های زهکشی از مناسب به ضعیف، سبب سیر متفاوتی از تحول کانی ها در بخش های

در عمق خاک را می توان به پایداری این کانی در عمق و یا نوتشکیلی آن نسبت داد. تشکیل این کانی را می توان به شرایط مناسبی که در عمق این خاکها با بالا آمدن سطح آب زیرزمینی با منیزیم زیاد در بخشی از سال رخ می دهد، مرتبط دانست. چنین نتایجی به طور کلی توسط گالان و سینگر نیز تشریح شده است (۱۹). این پیک نمی تواند پیک دوم کانی حدواسط ایلیت - ورمیکولیت باشد، چرا که باید پیک اول آن به اندازه ۲۴/۲۵ آنگسترومی در زاویه ۳/۶ رخ دهد که چنین رخدادی در الگوها ملاحظه نمی شود.

در تیمارهای منیزیمی اعمال شده، پیک ۱۴ آنگسترومی در سطح تیز و مرتفع تر از سایر اعماق است که با افزایش عمق از شدت پیک این تیمار کاسته می شود، لذا چنین پنداشته می شود که در این خاکرخ، منیزیم بیشتری از کانی های حاوی آن آزاد و از سطح به عمق منتقل شده است که با افزایش منیزیم به کانی ها در تیمار منیزیم، شدت این پیک افزایش یافته است. همچنین از سطح به عمق، روندی از افزایش پیک ۱۰ آنگسترومی ملاحظه می شود که نشان از افزایش میکا از سطح به عمق دارد. در تیمار پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سانتی گراد، علاوه بر افزایش شدت پیک ۱۰ آنگسترومی، سبب تیزتر شدن این پیکها نیز شده است که نشان از تحول این کانی ها در اثر تخلیه میکاها و تشکیل کانی ورمی کولیت در این خاکها را دارد که با افزایش پتاسیم و حرارت، این لایه مجدد ترمیم شده و با تشکیل دوباره لایه به حالت اول، شدت این پیک را تقویت نموده است. بنابراین در این خاکرخ، تشکیل اسمکتیت را می توان به تحول سیپولیت یا پالی گورسکیت در اثر آبیاری زیاد و تغییر رژیم رطوبتی ناشی از آن مرتبط دانست. درحالی که تشکیل ورمی کولیت در این خاک می تواند از تخلیه پتاسیم ناشی از آبشویی و یا جذب گیاهی حاصل شده باشد. چنین نتایجی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۱۶). مقادیر نسبتاً یکسانی از کائولینیت از سطح به عمق ملاحظه می شود که منشأ آن را می توان موروثی دانست. وجود کلریت را می توان به وجود پیک ۱۴ آنگسترومی در کلیه تیمارها نسبت داد که در

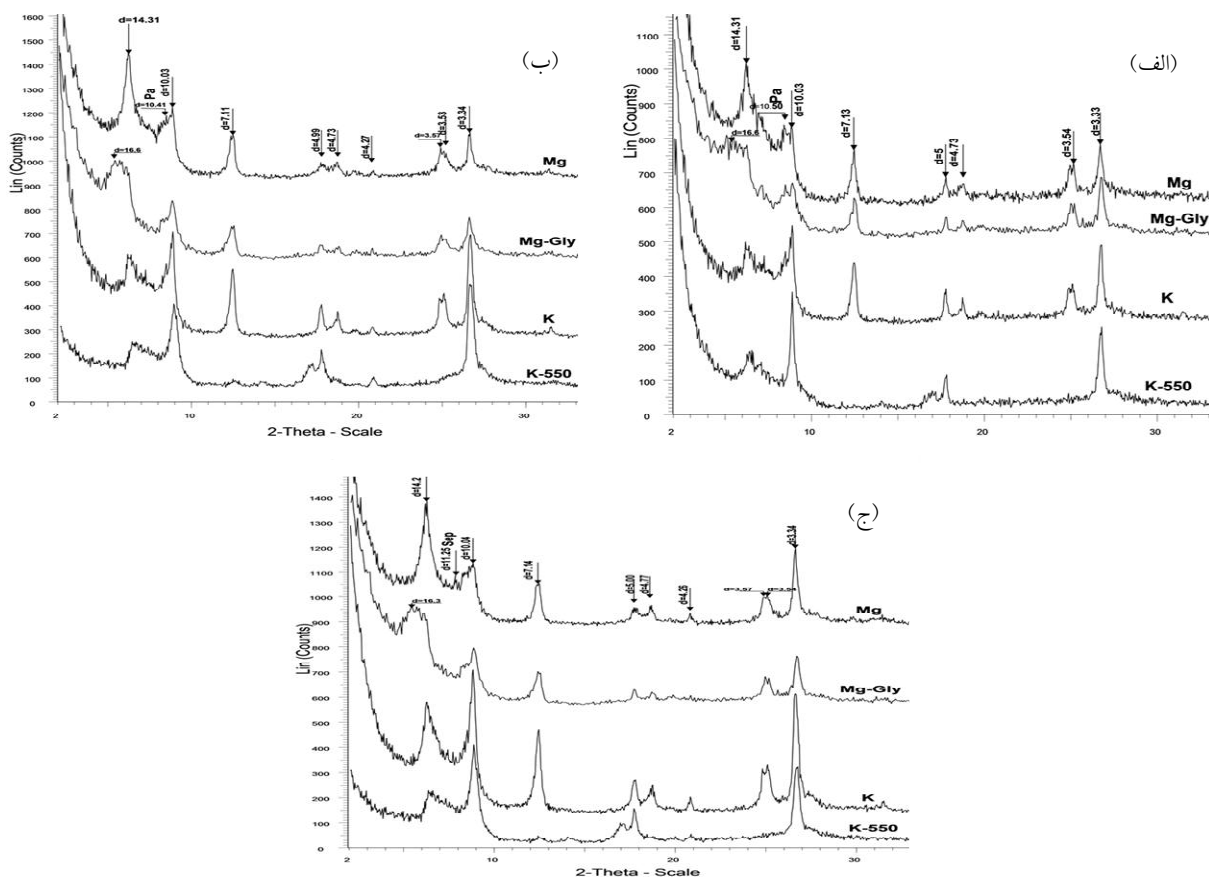


شکل ۴. الگوهای پراش اشعه ایکس کانی‌های رسی افق‌های خاکرخ چهار، الف) افق Ay، ب) افق Bw و ج) افق Bg1

حرارتی مرتفع‌تر می‌شود. در پیک دوم شدت کاهش می‌یابد و پیک سوم (۴/۷۸ آنگسترومی) حذف و پیک چهارم یا ۳/۵۸ آنگسترومی نیز مرتفع می‌شود (۲۵). نظر به اینکه چنین شرایطی در مورد پیک‌های خاکرخ مورد مطالعه ملاحظه نمی‌شود و با توجه به وجود گچ که منجر به افزایش میزان منیزیم در محلول خاک می‌شود می‌توان ادعا نمود که کلریت‌های موجود در این نمونه از نوع منیزیم‌دار است. نکته مهم دیگر این است که با اشباع خاک از رطوبت، کانی‌های رشته‌ای به ویژه پالی‌گورسکیت از این خاکرخ حذف شده و به کانی‌های قابل انبساط تبدیل شده‌اند. با این وجود مقدار کمی از پیک سپیولیت در لایه سطحی ملاحظه می‌شود.

در خاکرخ هشت به دلیل سطح نسبتاً بالای آب زیرزمینی و رسوب گچ در افق‌های سطحی با کشت‌وکار دیم، در اثر خیزم‌بینگی گچ از سطح تا عمق تجمع یافته است. در این

مختلف دشت شده است. وجود کانی کائولینیت از حذف پیک ۷/۱۵ آنگسترومی در اثر تیمار حرارت و پتاسیم قابل استنباط است. وجود کانی کلریت با پیک ۱۴ آنگسترومی که در تیمار پتاسیم و حرارت نیز باقی مانده و پیک ۷/۱۵ آنگسترومی آن که در این تیمار به شدت کاهش می‌یابد، قابل استناد است که با نتایج سایر محققین نیز همخوانی دارد (۲۹). به نظر می‌رسد که در افق‌های زیرین خاک، بر میزان کلریت افزوده شده است. این کانی می‌تواند با رسوب هیدروکسیدهای Mg یا Fe در شرایط قلیایی بین لایه‌های کانی‌های قابل انبساط تشکیل شود (۱۲) هم‌زمان با آزاد شدن منیزیم از ساختار این کانی‌ها، این یون به صورت لایه‌ای بین این واحدهای کانی‌های قابل انبساط رسوب نموده و سبب تشکیل کلریت در زیر سطح و عمق این خاک‌ها شده است. چنین روندی توسط محققین دیگر (۲۵) نیز تشریح شده است. شدت پیک اول کلریت‌های آهن‌دار در تیمارهای



شکل ۵. الگوهای پراش اشعه ایکس مربوط به کانی‌های رسی افق‌های خاکرخ هشت، الف) Ay، ب) By2 و ج) Cy2

بحث

ترکیب کانی‌های رسی در منطقه متأثر از فاکتورهای خاک‌سازی به‌ویژه شرایط زهکشی، سطح آب زیرزمینی همراه با کاربری اراضی و آبیاری بود. در اثر آبیاری، گچ و کانی‌هایی چون پالی‌گورسکیت از پروفیل خاک حذف شده و در عمق اثری از این کانی‌ها دیده نمی‌شد. با این وجود مقادیری از این کانی در لایه سطحی ملاحظه شد که احتمالاً در اثر توفان‌های گرد و غبار و یا آب آبیاری اضافه شده است. این کانی در رطوبت بیشتر از ۳۰۰ میلیمتر در سال ناپایدار بوده و از خاک حذف می‌شود (۱۹). براساس دیاگرام جونز و گالن (۲۲) میزان سیپولیت تابع میزان شوری (متوسط)، پ‌هاش (۸-۹/۵) و غلظت بالای منیزیم است. با توجه به اثرات انحلال گچ و افزایش غلظت منیزیم و افزایش شوری در اثر تبخیر در برخی از مواقع سال، احتمال ایجاد چنین شرایطی در خاک و تشکیل

خاکرخ (شکل ۵) در تیمار منیزیم و اتیلن گلیکول، پیک ۱۶/۸۵ نشان از وجود کانی‌های قابل انبساط گروه اسمکتیت دارد که نسبت به خاکرخ یک در افق سطحی نسبتاً کمتر و با افزایش عمق، شدت پیک این کانی افزایش می‌یابد. برعکس شدت پیک پالی‌گورسکیت در سطح خیلی واضح و دارای ارتفاع و وضوح بیشتر است ولی با افزایش عمق، این پیک ضعیف و از میزان شدت آن کاسته شده است. وجود رطوبت بیشتر در عمق و میزان کمتر آن در سطح روند معکوسی از وجود پالی‌گورسکیت و اسمکتیت ایجاد نموده است. کانی سیپولیت به میزان خیلی کم در عمق این خاکرخ ملاحظه می‌شود (حضور پیک ۱۲ آنگسترومی). شدت پیک ۱۰ آنگسترومی از سطح به عمق تفاوت چندانی ندارد. با این وجود با افزایش پتاسیم به‌ویژه با اعمال حرارت، بر شدت این پیک افزوده شده است. کائولینیت نیز در همه نمونه‌ها از سطح تا عمق وجود دارد که با تیمار حرارتی حذف شده است.

جدول ۴. تخمین نیمه کمی کانی‌های رسی موجود در افق‌های خاک‌خ مورد مطالعه

Quartz.	Sep.	Paly.	Kao.	Illit.	Smec./Verm.	Chlo.	افق	خاک‌رخ
++	+	+	++	+	+	++	A	
++	-	-	++	+	++	++	Bw ₂	۱
++	+	-	++	++	++	++	Bw ₃	
++	-	-	++	++	+	++	Ay	
++	-	-	++	+	+	++	Bw	۴
++	-	-	++	++	++	++	Bg ₁	
++	-	+	++	+	+	+	Ay	
++	-	-	++	+	++	++	By	۸
++	+	-	++	++	++	++	Cy ₂	

Chlo کلریت، Smec اسمکتیت، Verm ورمی کولیت، Illit ایلیت، Kao کائولینیت، Paly پالی گورسکایت، Sep سپیولیت و Quartz کوارتز.

همچنین علامت - به معنی ناچیز یا کمتر از پنج درصد، + بین ۱۰-۵ درصد و ++ بین ۲۵-۱۰ درصد است.

بخشی از آن به ورمی کولیت تبدیل شده است. دوم اینکه در اغلب الگوهای پراش اشعه ایکس نشان داده شده در تیمار افزایش پتاسیم و حرارت، بر شدت پیک ۱۰ آنگسترومی افزوده شده است که این امر بیانگر وجود ورمی کولیت است. چنین نتایجی توسط بانهیسلا و برتچ (۱۲) نیز گزارش شده است.

تشکیل کلریت می‌تواند در اثر انحلال و حذف گچ از خاک و افزایش نسبت منیزیم به کلسیم با رسوب لایه‌ای از هیدروکسیدهای آهن و یا منیزیم بین لایه‌های ۲:۱ کانی‌های قابل انبساط تشکیل شود. در خاک‌رخ چهار در لایه‌های زیرسطحی با حذف گچ در اثر جریان‌های زیرسطحی، چنین شرایطی پدید آمده است و بر شدت میزان کلریت خاک اضافه نموده است. شدت پیک‌های ۰۰۱ و ۰۰۲ بیانگر وجود لایه منیزیم‌دار در این کلریت‌ها است.

مقادیر ایلیت در این خاک‌ها از سطح به عمق افزایش می‌یابد که در خاک‌رخ چهار به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی در خاک و نبود شرایط مناسب آبخوبی در سطح، میزان ایلیت در سطح نیز زیاد است. کاهش مقادیر ایلیت به شدت تابع آبخوبی در اثر آبیاری زیاد و یا جذب گیاهی بود. مقادیر کائولینیت که در این خاک‌ها دارای منشأ موروثی است که در همه افق‌ها دارای میزان نسبتاً یکسانی است.

سپیولیت وجود دارد. اگرچه این کانی به تیمارهای اسیدی اعمال شده در مرحله خالص‌سازی رس حساس بوده و ممکن است حذف شود، با این وجود مقادیر اندکی از آن در این مطالعه در خاک‌رخ‌های یک و هشت ملاحظه شد که وجود آن در شرایط این خاک‌ها و مقایسه با شرایطی که برای پایداری و یا تشکیل این کانی توسط محققین دیگر بیان شده است، همخوانی دارد (۱۹). برعکس کانی‌های رشته‌ای، روندی از وجود اسمکتیت / ورمی کولیت در این خاک‌ها ملاحظه شد. در همه این خاک‌ها میزان کانی‌های قابل انبساط از سطح به عمق افزایش یافت (جدول ۴). بخشی از منشأ تشکیل این کانی‌ها به تحول کانی‌های رشته‌ای و بخشی نیز از هوادیدگی کلریت حاصل شده است که در اغلب الگوهای نشان داده شده، در تیمار افزایش منیزیم به کانی‌ها، بر شدت پیک کلریت افزوده شده است. اگرچه تشکیل ورمی کولیت در خاک‌های با مقادیر قابل توجهی از یون کلسیم کمتر گزارش شده است با این وجود به دو دلیل این کانی در این خاک‌ها وجود دارد: اول اینکه ورمی کولیت کانی حد واسط در تحول ایلیت به اسمکتیت‌ها است که با افزایش پتاسیم و حرارت می‌تواند مجدد به ایلیت تبدیل شود. چون در این خاک‌ها از شدت پیک کانی ایلیت کاسته شده است لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که

نتیجه گیری

تنوع در مواد مادری و توپوگرافی متأثر از زهکشی منطقه، تغییرات قابل توجهی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، نوع و مقدار کانی‌های رسی و تنوع رده‌بندی خاک‌ها ایجاد نموده است. فرایندهای آبرفتی و بادرفتی، تغییرات سفره آب زیرزمینی و تبخیر دریاچه‌های قدیمی در ایجاد خاک‌های گچی این منطقه نقش مؤثری داشته‌اند. منشأ اصلی گچ در بیشتر مناطق، سازندهای گچی موجود در منطقه است. این خاک‌ها داری تکامل اندکی بوده و شامل راسته‌های انتی‌سول، اینسپتی‌سول و اریدیسول با پی‌پدون اکریک و افق‌های زیرسطحی سالیک، کمبیک، جیپسیک و کلسیک هستند. عمده تنوع خاک‌ها به دلیل انحلال و یا عدم انحلال گچ است که نوع کانی‌های رسی در خاک‌ها را نیز دستخوش تغییر نموده است. گچ هم در اثر آبیاری و هم در اثر جریان‌های آب زیرزمینی حل شده و از خاک حذف شده است.

کانی‌های کوارتز، اسمکتیت، کائولینیت، ایلیت، کلریت، ورمیکولیت، پالی‌گورسکیت و سپیولیت در خاک‌ها شناسایی شد. وجود مقادیر متنابهی از گچ و سازندها تبخیری، سبب تشکیل کانی‌های رشته‌ای پالی‌گورسکیت و سپیولیت در این خاک‌ها شده بود. کاهش این کانی‌ها در خاک سطحی تا حدودی به تحول آنها به کانی‌های اسمکتیت نسبت داده شد. همچنین سپیولیت در خاک‌ها در شرایط زهکشی مناسب از

سطح به عمق رو به افزایش بوده که فراوانی بیشتر سپیولیت در عمق خاک به پایداری این کانی در عمق و یا نوتشکیلی آن نسبت داده شد. این کانی در شرایط زهکشی ضعیف با عمق کاهش یافت. میزان سپیولیت در خاک‌های حاوی گچ به میزان قابل توجهی کاهش یافته و در حضور گچ بر میزان پالی‌گورسکیت افزوده شد ولی در سطح میزان آن خیلی زیاد بود. منشأ این بخش از پالی‌گورسکیت به گرد و غبار ناشی از توفان‌های مناطق خشک نسبت داده شد. با این وجود حذف سپیولیت یا پالی‌گورسکیت همراه با افزایش اسمکتیت و یا ورمی‌کولیت بود. وجود کانی اسمکتیت در تمام افق‌های خاک‌ها، دلیلی بر موروثی بودن بخشی از این کانی بود اما افزایش این کانی با افزایش عمق در مناطقی با زهکشی نامناسب، نوتشکیل و در سایر مناطق از تغییر شکل سایر کانی‌ها است، همچنین منشأ ورمی‌کولیت در این خاک‌ها می‌تواند از تخلیه پتاسیم ناشی از آبشویی و یا جذب گیاهی حاصل شده باشد. وجود کانی‌های کائولینیت، کوارتز و ایلیت در این خاک‌ها منشأ توارثی دارد. منشأ بخشی از کلریت علاوه بر موروثی بودن، در خاک‌هایی که سابقه‌ای از کشت و کار نداشته و آبیاری نداشته‌اند، تحول اسمکتیت‌ها بود. خروج منیزیم از کانی‌های حاوی آن در اثر ناپایداری، با ایجاد لایه بروسیت در کانی اسمکتیت به تشکیل کلریت منجر شده بود.

منابع مورد استفاده

۱. بی‌نام. ۱۳۸۹. گزارش لایه‌بندی و تعیین سطح آب زیرزمینی اراضی مریچه و صیدون رامهرمز. شرکت سبزآب اروند، سازمان آب و برق خوزستان.
۲. پورکیهان، س. ۱۳۹۶. بررسی تحولات خاک ناشی از کشت نیشکر. پایان‌نامه دکتری علوم خاک، گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه شهید چمران اهواز.
۳. پیشگیر، م. و س. جعفری. ۱۳۹۳. مقایسه تثبیت پتاسیم و آمونیوم توسط رس‌های جداسازی شده از خاک با سیستم‌های مختلف کشاورزی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ۱۸(۶۹): ۲۳۷-۲۴۹.
۴. جعفری، س. ۱۳۹۳. اثر فاکتورهای خاکساز بر توزیع و تنوع کانی‌های رسی غالب در خاک‌ها و رسوبات رودخانه کارون در استان خوزستان. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین. طرح تحقیقاتی شماره ۹۳۱/۱۴.

۵. جعفری، س. ۱۳۹۵. تشریح پروفیل خاک راه‌کاری برای تدقیق نتایج هدایت هیدرولیکی و لایه‌بندی: تجربه پروژه فجر رامهرمز. دومین کنگره مهندسی و مدیریت آب و خاک. تهران، ایران.
۶. جعفری، س. و ح. ا. نادیان. ۱۳۹۳. مطالعه تکامل خاک‌ها و تنوع کانی‌های رسی در یک ردیف پستی و بلندی در استان خوزستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ۱۸(۶۹): ۱۶۳-۱۵۱.
۷. حاجتی، س. و ح. خادمی. ۱۳۹۲. بررسی برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی ذخایر سیپولایت شمال خاور ایران، مجله علوم زمین ۲۳(۹۰): ۱۷۴-۱۶۵.
۸. قبادیان، ع. ۱۳۶۹. *سیمای فلات ایران*، انتشارات دانشگاه شهید باهنر.
۹. قربان لویینه، ن.، س. جعفری و ب. خلیلی مقدم. ۱۳۹۳. مطالعه تنوع کانی‌های رسی در خاک‌های جوان رسوبات حاصل از پسروری دریا. بیست و دومین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز.
۱۰. محمودی، ش. ۱۳۷۲. خصوصیات و مدیریت خاک‌های گچی. چهارمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۱۱. نقشینه پور، ب. ۱۳۵۶. تجزیه آب، خاک و گیاه. جزوه شماره ۵۳۱۲، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جندی شاپور اهواز، ایران.
12. Bamhisel, R. I. and P. M. Bertsch. 1989. Chlorites and hydroxyl-interlayered vermiculite and smectite. PP: 729-787. *In: J. B. Dixon and S. B. Weed (Ed.), Minerals in Soil Environments*. 2nd ed. SSSA book. I. SSSA, Madison, WI.
13. Birsoy, R. 2002. Formation of sepiolite-palygorskite and related minerals from solution. *Clays Clay Miner.* 50: 736-745.
14. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agron. J.* 54: 464-465.
15. Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. PP: 891-901. *In: C. A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis*, Part 2. American Society of Agronomy. Madison. WI.
16. Chorom, M., M. Baghernejad and S. Jafari. 2009. Influence of rotation cropping and sugarcane production on the clay mineral assemblage. *Applied Clay Sci.* 46: 385-395.
17. Farpoor, M. H., H. Khademi, M. K. Eghbal and H. R. Krouse. 2004. Mode of gypsum deposition in southeastern Iranian soils as revealed by isotopic composition of crystallization water, Iran. *Geoderma* 121: 233 – 242.
18. García-Romero, E., M. Suárez, J. Santarén and A. Álvarez. 2007. Crystallochemical characterization of the palygorskite and sepiolite from the Allou Kagne deposit. Senegal. *Clays Clay Miner.* 6: 606-617.
19. Galan, E. and A. Singer. 2011. Developments in Palygorskite-Sepiolite Research. A New Outlook on These Nanomaterials. *Developments in Clay Science - Volume 3*. Elsevier.
20. Grim, R. E. 1968. *Clay mineralogy*. International Series in Earth and Planetary Sciences. McGraw-Hill, New York.
21. Jackson, M. L. 1975. *Soil Chemical Analysis-Advanced Course*. University of Wisconsin, Madison, WI.
22. Jones, B. F. and E. Galan. 1988. Sepiolite and palygorskite. PP: 631-674. *In: S. W. Bailey (Ed.), Hydrous Phyllosilicates (Exclusive of the Micas)*. Reviews in Mineralogy, Vol. 19. Mineralogical Society of America, Washington, DC.
23. Kadir, S. and M. Eren. 2008. The occurrence and genesis of clay minerals associated with quaternary caliches in the Mersin area, southern Turkey. *Clay Miner.* 56: 244-258.
24. Khademi, H. and A. Mermut. 1998. Source of palygorskite in gypsiferous aridisols and associated sediments from central Iran. *Clay Miner.* 33: 561-578.
25. Kohut, C. K. and C. J. Warren. 2002. Chlorites. *In: Soil Mineralogy with Environmental Applications*. SSSA Books Series, No. 7: 542-543.
26. Khademi, H., A. R. Mermut and H. R. Krouse. 1997. Sulphur isotope geochemistry of gypsiferous Aridisols from central Iran. *Geoderma* 80: 195-209.
27. Kittrick, J. A. and E. W. Hope. 1963. A procedure for the particle- size separation of soils for x-ray diffraction analysis. *Soil Sci.* 96: 312-325.
28. Nelson, R. E. 1982. Carbonate and gypsum. PP: 181-199. *In: A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis*. Part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI.
29. Potter, R. M. and G. R. Rossman. 1977. Desert varnish: the importance of clay minerals. *Sci.* 196(4297): 1446-1448.
30. Reid-Soukup, D. and A. L. Ulery. 2002. Smectites. *In: Soil Mineralogy with Environmental Applications*. SSSA Books series, No. 7: 489.
31. Singer, A. 1981. The texture of palygorskite from the Rift Valley, southern Israel. *Clay Miner.* 16: 415-419.
32. Soil Survey Staff. 2002. *Field Book for Describing and Sampling Soil*, Version 2.0. National Soil Survey Center,

USDA, USA.

33. Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. Twelfth edition. USDA, NRCS
34. Sposito, G. 2008. The Chemistry of Soils. 2nd Ed. Oxford University Press, New York.
35. Stahr, K., J. Kühn, J. Trommler, K. Papenfuss, M. Zarei and A. Singer. 2000. Palygorskite-cemented crusts (palycretes) in Southern Portugal. Aust. J. Soil Res. 38: 169–188.
36. United State Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook. 60. Washington, DC.
37. Yalcin, H. and O. Bozkaya. 1995. Sepiolite-palygorskite from the Hekimhan region (Turkey). Clays Clay Miner. 43: 705–717.

The Effect of Topography and Irrigation on Soil Development and Clay Mineral Diversity of Khuzestan's Gypsic Soils

U. Abdoli and S. Jafari^{1*}

(Received: Aug. 26-2016; Accepted: May 15-2017)

Abstract

This study was done to evaluate the effect of topography, water table, and irrigation on gypsc soil development and clay mineral diversity in Ram-Hormuz Plain, Khuzestan Province. To localize, 10 profiles in this region that covered all purpose irrigation and topography situation were described. The results showed that the soils could be classified in Entisols, Inceptisols and Aridisols orders. All soil epipedons were ochric and subsurface horizons were cambic, gypsic, and salic. The salic horizons were formed under a low water table. The XRD results showed that smectite, kaolinite, illite, chlorite, palygorskite, vermiculite and sepiolite were the dominant minerals, respectively. Kaolinite and illite were inherited from the parent material, but chlorite was the result of both inheritance and transformation of other clay minerals except uncultivated or non-irrigated soils. Sepiolite was decreased in gypsic horizons, but palygorskite was increased in these horizons. Sepiolite was raised with increasing the depth under the good drainage class; this could be related to neof ormation, but it was decreased with depth under the weak drainage class. These results could be due to the instability of this mineral in high moisture and its low Mg activity. There was also a negative correlation correlation between Palygorskite and smectite; this was such that most palygorskite was observed in the surface horizons, but smectite was in the subsurface. Smectite was the dominant clay mineral in the studied soils; it was formed from the weathering of other minerals as well as from neof ormed ones in the lowlands. Vermiculite was formed in these soils due to k depletion by leaching or plant absorption. This happened in the illite to smectite transformation process. Therefore, topography and irrigation could be regarded as the main factors putting these soils in high category; also, clay mineral assemblage was different under this situation in these soils.

Keywords: Drainage, Palygorskite, Gypsiferous soils, Ram-Hormuz, Sepiolite.

1. Dept. of Soil Sci., Ramin Agric. and Natural Resour. Univ. of Khuzestan, Ahvaz, Iran.

*: Corresponding Author, siroosjafari@ramin.ac.ir