



چگونگی تشکیل، رده‌بندی و کانی‌شناسی رسی خاک‌های گچی نمکی منطقه‌ی کشکوئیه-انار کرمان

فیروزه نورمندی پور، محمد‌هادی فرپور*، مهدی سرچشمہ پور

گروه مهندسی خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

(دریافت مقاله: ۹۱/۵/۲۵، نسخه نهایی: ۹۱/۱۲/۱۰)

چکیده: تشکیل کانی‌های رسی متأثر از فرایندهای خاک‌سازی بوده است که به نوبه خود نقش مهمی در مدیریت اراضی ایفا می‌کنند. این پژوهش با هدف بررسی چگونگی تشکیل، رده‌بندی و کانی‌شناسی رسی خاک‌های کشکوئیه-انار انجام گرفت. بهمین منظور، چهار خاکرخ شاهد مورد آزمایش‌های فیزیکی شیمیایی و کانی‌شناسی رسی قرار گرفتند. افق‌های جیپسیک، سالیک، و ناتریک از جمله افق‌های مشخصی بودند که در بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی شناسایی شدند. زیرگروه‌های جیپسیک هاپلوسالید و تیپیک هاپلوسالید بر اساس رده‌بندی خاک امریکایی جدا شدند. کانی‌های رسی ایلیت، کائولینیت، کلریت، اسمکتیت، پالیگورسکیت و سپیولیت با استفاده از پراش‌سنجد پرتو X (XRD) شناسایی شدند. به علاوه، از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نیز برای تأیید حضور کانی رسی فیبری پالیگورسکیت استفاده شد. کانی رسی سپیولیت برای اولین بار در خاک‌های استان کرمان گزارش می‌شود. همبستگی معکوسی بین اسمکتیت و پالیگورسکیت در خاک‌های مورد بررسی وجود داشت، به طوری که بیشترین میزان اسمکتیت و پالیگورسکیت به ترتیب در افق‌های سطحی و زیرسطحی مشاهده شدند.

واژه‌ها کلیدی: ایران مرکزی؛ پالیگورسکیت؛ خاک‌های گچی نمکی؛ سپیولیت؛ منطقه‌ی کشکوئیه-انار

دارند [۱۶]. با توجه به اینکه برای تشکیل کانی‌ها به شرایط اقلیمی و فیزیکی-شیمیایی ویژه‌ای نیاز است، لذا با اطلاع از نوع کانی‌ها می‌توان شرایط اقلیمی و جغرافیایی گذشته را بازسازی کرد. پالیگورسکیت از دیرباز به عنوان یک کانی رسی مهم و رایج در خاک‌ها و رسوب‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک گزارش شده است [۷-۹]. هنگامی که توزیع زمانی و جغرافیایی پالیگورسکیت و سپیولیت مورد بحث قرار می‌گیرند، افزایش مقادیر این کانی‌ها در رسوب‌های کرتاسه بالایی مخصوصاً در رسوب‌های ترشیاری در نواحی با محدوده‌ی عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۴۰ درجه شمالی و جنوبی [۱۰] مشاهده می‌شود. این

مقدمه

کشور ایران با دارا بودن حدود ۲۸ میلیون هکتار خاک گچی [۱]، بیشترین گسترش این نوع خاک‌ها را در میان سایر کشورها دارد [۲]. به دلیل خصوصیات ویژه‌ی خاک‌های گچی از قبیل حاصلخیزی کم و فرسایش پذیری زیاد [۳]، استفاده از این‌گونه اراضی نیازمند مدیریت ویژه‌ای است. بنابراین بررسی نحوه‌ی تشکیل، ویژگی‌های ریخت شناسی و کانی‌شناسی این خاک‌ها نیز همانند سایر خاک‌ها برای استفاده‌ی پایدار از این منابع ارضی دارای اهمیت بسیاری است [۴].

ترکیبات شیمیایی و کانی‌شناسی مواد خاکی اثر ویژه‌ای روی سرنشی‌های فیزیکی خاک‌ها در شرایط اقلیمی خشک

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۳۴۱ ۳۲۰۲۶۵۶، نمبر: ۰۴۳ ۳۲۲۲۰، پست الکترونیکی: farpoor@uk.ac.ir

دریا، واقع در ۲۴ کیلومتری جنوب شرق شهرستان انار انجام گرفت. این منطقه در حد فاصل طول‌های جغرافیایی $۳۰^{\circ} ۵۲'$ تا $۳۱^{\circ} ۳۲'$ و عرض‌های جغرافیایی $۵۵^{\circ} ۴۳'$ تا $۵۵^{\circ} ۵۵'$ قرار گرفته است (شکل ۱). میانگین دمای سالانه منطقه درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین بارندگی طی دوره‌ی آماری (۱۳۷۰-۱۳۷۰) ۸۹.۴ میلی‌متر است. بر اساس نقشه‌ی $۱:۲۵۰۰۰۰$ مؤسسه تحقیقات خاک و آب، رژیم رطوبتی و گرمایی منطقه به ترتیب اridیک و تمیک گزارش شده است [۲۸]. از دیدگاه زمین‌شناسی، این منطقه بخشی از واحد ایران مرکزی است و در فروفتگی رفسنجان-انار قرار دارد که از رسوب‌های اخیر کواترنر تشکیل شده و به وسیله‌ی سازند سرخ بالای حاوی مارن‌های گچی، ماسه سنگ و کنگلومراهای سرخ مربوط به میوسن [۲۹] و کنگلومراها و ماسه سنگ‌های نئوژن [۳۰] احاطه شده است. از نظر زمین‌ریخت‌شناسی، خاک‌خ اول در مخروط افکنه‌ی سنگریزه‌دار جوان واقع شده در حالی که خاک‌خ‌های ۲، ۳ و ۴ در موقعیت پلایا قرار دارند.

بررسی‌های صحرایی و فیزیکی-شیمیایی
تعداد نه خاک‌خ برای بررسی‌ها حفر شدند به طوری که تعداد چهار خاک‌خ آن‌ها در زمین‌های غیرزراعی منطقه حد فاصل کشکوئیه و انار به عنوان شاهد نمونه‌برداری شدند [۳۱]. خاک‌ها با استفاده از سیستم رده‌بندی آمریکایی [۲۶] و سیستم رده‌بندی جهانی [۲۷] رده‌بندی شدند.

تعداد ۱۸ نمونه خاک مربوط به کلیه افق‌ها هوا خشک شده و پس از کوبیدن با چکش لاستیکی، از الک ۲ میلی‌متر عبور داده و ضمن اندازه‌گیری درصد حجمی سنگریزه، کلیه تجزیه‌های فیزیکی-شیمیایی معمول از جمله توزیع اندازه‌ی ذرات به روш پیپت [۳۲]، pH گل اشباع با pH سنج مدل Jenway [۳۳]، قابلیت رسانندگی الکتریکی (EC) در عصاره اشباع با رساناسنج الکتریکی مدل Jenway [۳۴]، اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل به روشن عیارسنجی برگشتی [۳۵]، گچ به روشن رسوب‌گذاری با استون [۳۵]، کلسیم و منیزیم محلول به روشن عیارسنجی با محلول ورسین در عصاره‌ی گل اشباع [۳۶]، سدیم محلول نیز در عصاره‌ی گل اشباع با دستگاه نورسنج فلیم‌فتومنتر مدل Jenway [۳۶] و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) با جانشینی استات سدیم با آمونیوم [۳۷] روی آن‌ها انجام گرفت.

کانی‌ها فقط در شرایط قلیایی با فعالیت بالای منیزیم، پایدار هستند [۱۱]. کانی پالیگورسکیت در خاک‌های خشک و نیمه-خشک استان فارس توسط محققین زیادی با اشاره به خاستگاه‌های به ارث رسیده و خاکساز گزارش شده است [۱۲، ۱۳]. از سوی دیگر، کانی پالیگورسکیت در خاک‌ها و رسوب‌های ایران مرکزی در استان‌های اصفهان [۱۱، ۱۴] و کرمان [۲۰-۲۶] گزارش شده و خاستگاه‌های خاکساز و به ارث رسیده برای این کانی توسط محققین مورد اشاره قرار گرفته است.

اگرچه حلالیت کمتر آهک در مقایسه با گچ به حفظ بلورهای پالیگورسکیت در افق‌های کلسیک و در مجاورت بلورهای کلسیت کمک می‌کند [۲۱]، اما اصولاً میزان پالیگورسکیت در خاک‌های گچی، بیش از خاک‌های آهکی است [۲۲]. محققین [۱۴] سه شرط ایده‌آل را برای تشکیل پالیگورسکیت در خاک‌ها و رسوب‌های ایران مرکزی گزارش کرده‌اند که شامل افزایش نسبت منیزیم به کلسیم ناشی از تبلور گچ در محیط‌های آبی کم عمق، افزایش واکنش محیط ناشی از اقلیم گرم، و افزایش سیلیس محلول ناشی از گرماب‌های غنی از سیلیسیم است. این شرایط برای تشکیل پالیگورسکیت توسط برخی محققین [۱۸، ۱۶] نیز گزارش شده است.

سپیولیت به فراوانی در سنگ‌های ترشیاری مخصوصاً سنگ‌های غنی از فسفات‌ها، نمک، سولفات‌ها، کربنات‌ها و زئولیت‌ها و نیز در سنگ‌های سیلیسی و در محیط‌های مختلف اعم از محیط‌های دریاچه‌ای و دریایی ایجاد می‌شود [۲۴].

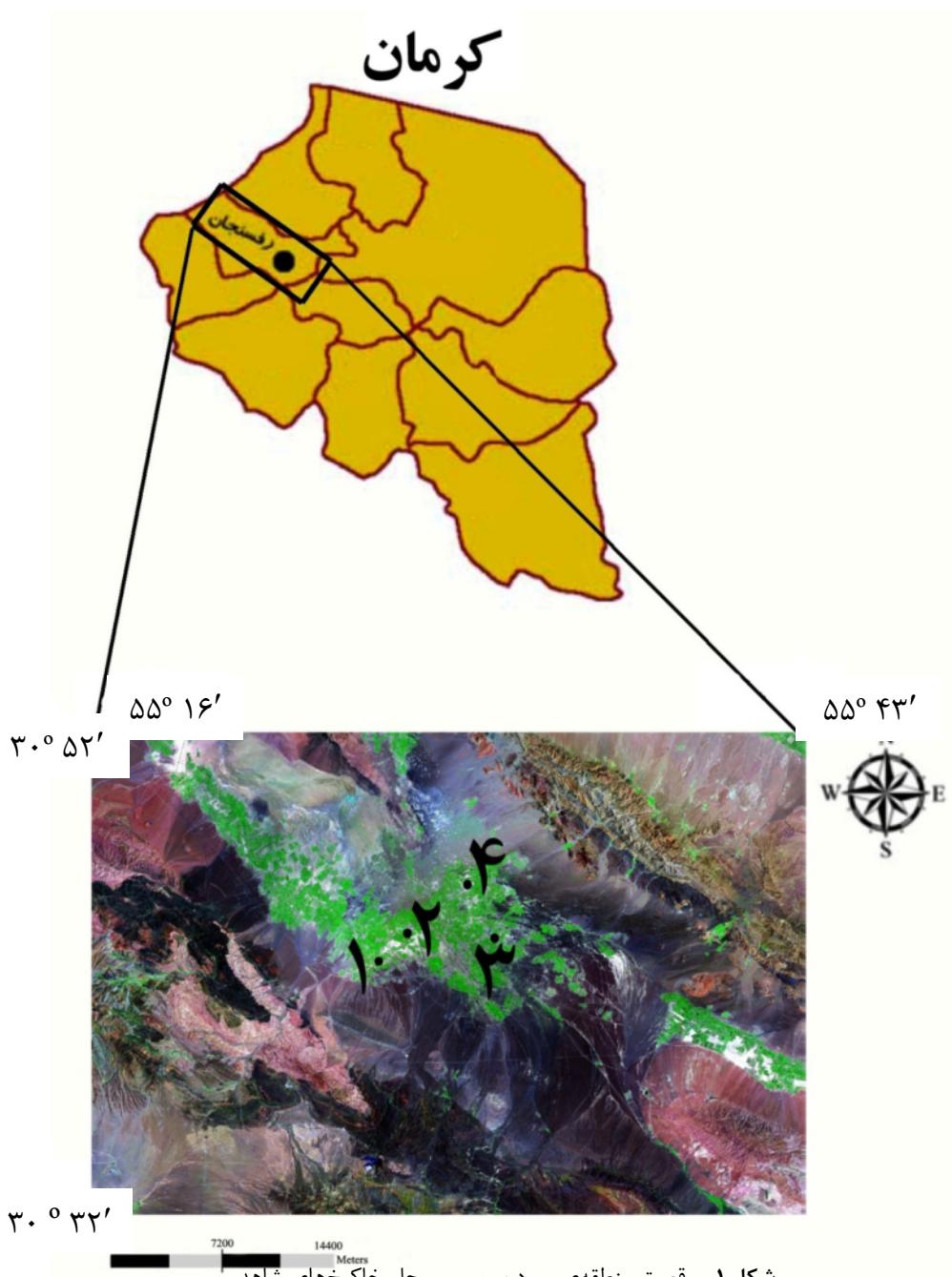
سپیولیت، آخرین مرحله‌ی کانی است که در محیط هوازده در شرایط بازی گسترش می‌یابد. علاوه بر این، سپیولیت قادر است در محیط هوازده با pH بالا از اولیوین نیز تشکیل شود [۲۵].

این پژوهش برای نیل به اهداف زیر پایه‌ریزی شده است:

- بررسی کانی‌شناسی رسی خاک‌های منطقه.
- بررسی چگونگی تشکیل و رده‌بندی خاک‌ها بر اساس سیستم رده‌بندی جامع آمریکایی [۲۶] و سیستم جهانی [۲۷].

روش بررسی منطقه مطالعاتی

این کار پژوهشی در منطقه‌ای به مساحت تقریبی $۸۲۰\text{--}۹۳۷$ کیلومترمربع و در ارتفاع بین ۱۴۰۱ تا ۱۴۳۵ متری از سطح



شکل ۱ موقعیت منطقه‌ی مورد بررسی و محل خاکرخ‌های شاهد.

[۳۸] و کیتریک و هوپ [۳۹] برای حذف مواد سیمانی و جدا کردن بخش رس استفاده شد و چهار تیمار مختلف شامل اشباع با منیزیم، اشباع با پتاسیم، اشباع با منیزیم و تیمار اتیلن گلیکول، اشباع با پتاسیم و تیمار در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد روی هر یک از نمونه‌ها اعمال شد. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی به وسیله‌ی پراش‌سنجد پرتو ایکس بروکر مدل Dh8 با زوایای ۲۰ درجه و با کاتد مسی به

بررسی‌های کانی‌شناسی رسی
بررسی‌های پراش پرتو ایکس (XRD)
تعداد ۹ نمونه از خاک‌های مورد بررسی از افق‌های Byz1 و Btnez (خاکرخ شماره‌ی یک)، افق‌های Az و Btnez (خاکرخ شماره‌ی دو)، افق‌های C و By2 (خاکرخ شماره‌ی سه) و افق‌های Bz و 2Cz (خاکرخ شماره‌ی چهار) برای تجزیه کانی‌شناسی رس انتخاب شدند. در این پژوهش از روش جکسون

خاکرخ شماره‌ی ۲ در موقعیت زمین ریخت‌شناسی پلایا (پهنه‌های سیلت، رس؛ به طور محلی نمکی) و به ارتفاع ۱۴۲۷ متر از سطح دریا و عرض جغرافیایی "۰۳۸° ۴۱' ۳۰° شمالي و طول شرقی ۵۳/۷° ۵۵° ۳۱' واقع شده‌اند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این خاکرخ نیز در جدول ۱ آورده شده است. بیشترین میزان رسانندگی الکتریکی ۲۰۲ دسی‌زیمنس برمترا و مربوط به افق سطحی Az است و با افزایش عمق روند کاهشی دارد. افزایش در میزان رس طی بررسی‌های آزمایشگاهی وجود پوسته‌های رسی روی سطوح خاکدانه‌ها طی بررسی‌های صحرائی در عمق ۴۵-۷۰ سانتی‌متری مؤید وجود افق ناتریک است که به دلیل بالا بودن میزان رسانندگی الکتریکی (جدول ۱) و حضور گچ، به صورت Btnyz نامگذاری شد. خاک مربوطه در سیستم رده‌بندی آمریکایی [۲۶] به صورت Fine-loamy, mixed, subactive, thermic, Gypsic Haplosalids Gypsic Salic Solonetz سیستم جهانی [۲۷] به صورت Episiltic (Episiltic) رده‌بندی شد.

خاکرخ شماره‌ی ۳ نیز همانند خاکرخ قبل در موقعیت زمین ریخت‌شناسی پلایا (پهنه‌های سیلت، رس؛ به طور محلی نمکی) در ارتفاع ۱۴۲۶ متر از سطح دریا و عرض جغرافیایی "۳۰° ۴۱' ۲۷,۵ شمالي و طول شرقی ۱۱/۱° ۳۲' ۵۵° واقع شده است. میزان رسانندگی الکتریکی در این خاکرخ نیز همانند خاک قبلی با افزایش عمق کاهش یافته و بیشترین مقدار رسانندگی الکتریکی مربوط به افق سطحی Az (۲۵۶/۲ دسی‌زیمنس برمترا) اندازه‌گیری شد و در عمق ۲۰۰-۱۴۰ سانتی‌متری به ۱۳/۴۱ دسی‌زیمنس برمترا کاهش یافت. درصد رس در این خاکرخ نیز همانند خاکرخ ۲ نسبت به عمق افزایش ۷۵ یافته و از ۱۲ درصد در افق Az به ۳۰ درصد در افق Bz و درصد در افق Btnyz رسیده است. در تمامی افق‌ها کربنات کلسیم وجود دارد و با افزایش عمق نیمروز، به طور نسبی افزایش یافته است، ولی میزان آهک ثانویه قابل رویت در صحرا به حد جدا کردن افق به صورت کلسیک نبوده است. خاک مورد نظر در سیستم رده‌بندی آمریکایی [۲۶] به صورت Very-fine, mixed, subactive, thermic, Gypsic Haplosalids Gypsic و در سیستم جهانی [۲۷] به صورت Episalic Solonetz Rده‌بندی شد.

خاکرخ شماره‌ی ۴ نیز در موقعیت زمین ریخت‌شناسی پلایا (پهنه‌های سیلت، رس؛ به طور محلی نمکی) و ارتفاع ۱۴۲۲ متر از سطح دریا و عرض جغرافیایی "۰۸/۸° ۴۲' ۳۰° شمالي و طول شرقی ۴۹,۷° ۵۵° ۳۰' واقع شده است. با توجه به جدول ۱، میزان رسانندگی الکتریکی در این خاک نیز همانند خاکرخ-

عنوان چشمی پرتو Cu K α در جریانی معادل ۳۰ میلی‌آمپر و ولتاژی برابر ۴۰ کیلوولت در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد بررسی شد.

بررسی‌های با میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) تعداد ۹ نمونه رس جدا شده از مرحله‌ی آزمایش‌های پراش پرتو ایکس را که قادر پوشش اکسیدهای آهن، نمک‌های محلول، آهک و گچ بودند، رقیق کرده و پس از مخلوط کردن آسیابی و یکنواخت سازی با چرخش دهنده فراصلوتی، روی پولک‌های نازک مسی ۲۰۰ مش پوشش داده شده، چکانده شدند. سرانجام نمونه‌ها پس از خشک شدن، با یک میکروسکوپ الکترونی مدل Hitachi H-7650 با ولتاژ ۸۰ کیلوولت، در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید باهنر کرمان مورد بررسی و عکس‌برداری قرار گرفتند.

بررسی نتایج

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها

خاکرخ شماره‌ی ۱ در موقعیت زمین ریخت‌شناسی مخروط افکنه سنگریزه‌دار جوان و در ارتفاع ۱۴۲۸ متری از سطح دریا در گستره‌ی عرض جغرافیایی "۲۷,۵° ۳۹' ۲۷/۵ شمالي و طول شرقی " ۲۶/۸° ۲۹' ۵۵° قرار گرفته است. میزان رسانندگی الکتریکی در این نیمروز با عمق، کاهش و میزان pH افزایش یافته است (جدول ۱). حداقل و حداکثر میزان رسانندگی الکتریکی به ترتیب ۵۰ (افق Btnyz) و ۱۴۱/۲ (افق Byz) دسی‌زیمنس برمترا است. با توجه به بالا بودن مقدار کاتیون سدیم، مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) در تمامی افق‌ها بیشتر از ۱۳ است و بیشترین انباشت نمک در افق‌های سطحی مشاهده می‌شود. با بررسی درصد نسبی ذرات خاک، افزایش چشمگیر رس در عمق ۱۲۰-۷۵ سانتی‌متری دیده شد که نسبت به افق Bz ۲۴ درصد افزایش یافته و به دلیل بالا بودن SAR دارای شرط ناتریک است. میزان گچ با عمق افزایش نسبی دارد و بیشترین انباشت را در عمق ۱۲۰-۷۵ سانتی‌متری (افق Btnyz) نشان می‌دهد (جدول ۱). خاک مورد نظر دارای افق‌های Ayz, Byz, Bz و Btnyz بوده و به دلیل رژیمهای رطوبتی/آگرماهی به ترتیب اریدیک/ترمیک، در سیستم Rده‌بندی آمریکایی [۲۶] به صورت Fine-loamy, Gypsic, and thermic, Gypsic Haplosalids در سیستم جهانی [۲۷] به صورت Gypsic Episalic Solonetz Rده‌بندی شدند.

اسمکتیت تأیید می‌شود و به دلیل حذف شدن قله در تیمار گرمائی ۵۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، کانی کلریت موجود نیست. قله‌ی دو شاخه‌ی ۱۰۵ نانومتر مربوط به کانی پالیگورسکیت و ۰۶۵ ایلیت در هر دو افق مشاهده شد. به علاوه قله‌ی رده دوم ۰۴۴ نانومتر مربوط به پالیگورسکیت نیز به عنوان تأییدی بر وجود این کانی مشاهده شد. قله‌های رده‌ی اول ۱۲۴ و رده دوم ۰۴۴ نانومتر مشاهده شد. پالیگورسکیت نیز روندی را به سمت عمق نشان نمی‌دهد.

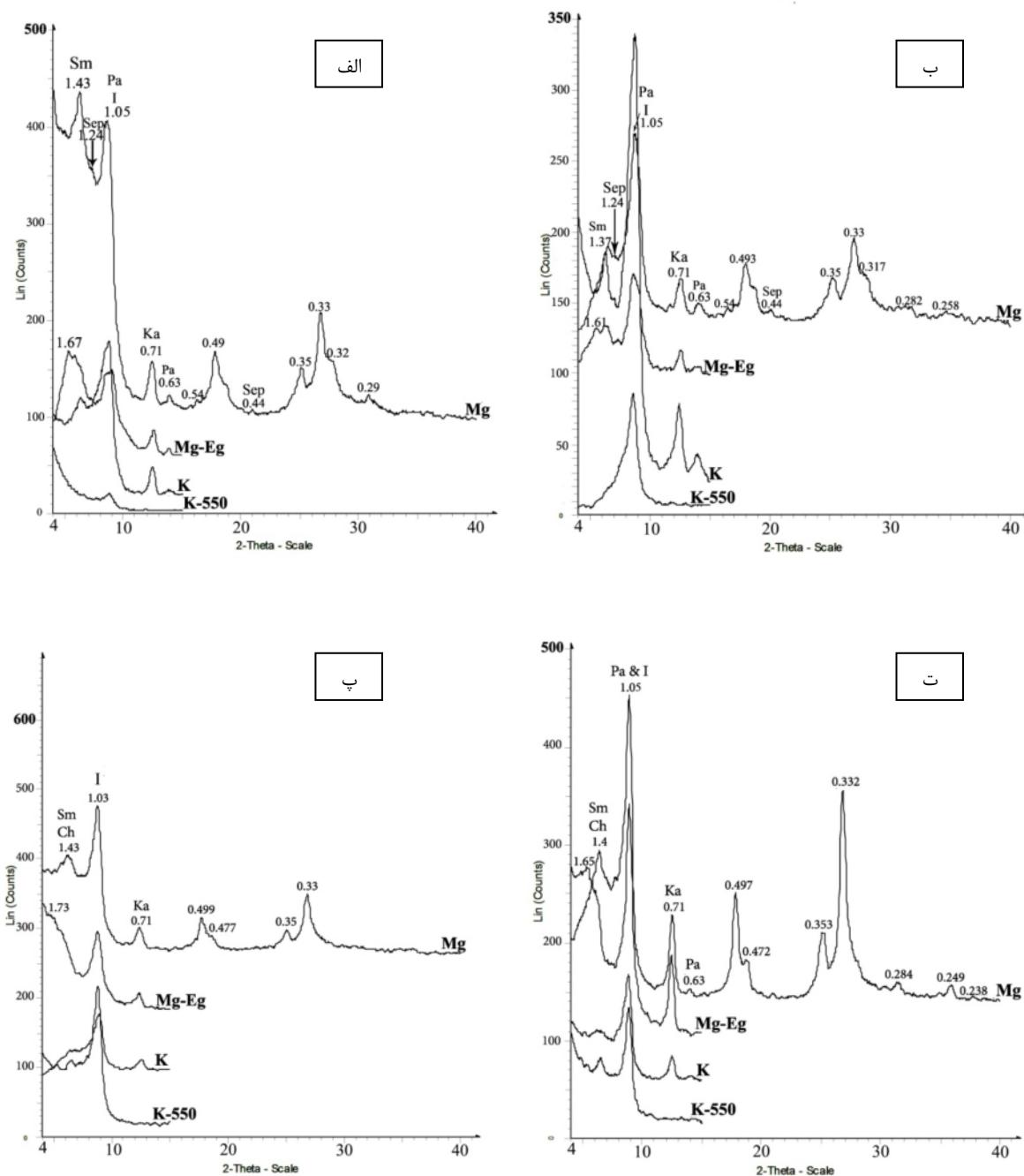
های ۲ و ۳ به سمت عمق نیم‌رخ کاهش یافته، به‌گونه‌ای که بین ۲۴۰ در افق سطحی (Az) و ۸۶۲ دسی‌زمینس بر متر در افق C (عمر ۶۰-۱۳۵ سانتی‌متر) متغیر است. این خاک‌خ در سیستم رده‌بندی آمریکایی [۲۶] به صورت Fine-loamy, mixed, superactive, thermic, Typic Haplosalids Hypersalic Solonchaks [۲۷] به صورت Sodic, Chloridic, Episiltic (Sodic, Chloridic, Episiltic) رده‌بندی شد.

کانی‌شناسی رسی خاک‌ها

خاک‌خ ۱ واقع در مخروط افکنه سنگریزه‌دار جوان دارای کانی‌های رسی اسماکتیت، ایلیت، کائولینیت، پالیگورسکیت، و سپیولیت است (شکل ۲ الف و ب). از آنجاکه قله‌ی ۱۴ نانومتری در تیمار اتیلن گلیکول مربوط به هر دو افق Byz و Btnez به حدود ۱۶ نانومتر انبساط یافته، لذا وجود کانی

جدول ۱ برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌خ‌های مورد بررسی.

افق	عمق (cm)	نوع	درشت (٪)	توزیع اندازه‌ذرات		ذرات رس (٪)	ذرات شن (٪)	ذرات سیلت (٪)	ذرات کربنات (٪)	گچ (٪)	EC (dS/m)	pH	کلسیم (٪) معادل (٪)	کربنات کلسیم (٪)	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
				بافت خاک	درشت خاک											
Pedon 1: Gypsic Haplosalids																
۰-۱۵	Ayz	۶۴,۴	۲۱,۲	۱۴,۴	۲۱	SL	۷,۸	۱۸	۱۱۹,۵	۱۸	۱۷,۴	۲۹۲,۳۳	۲۹۲,۳۳	۱۷,۴	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
۱۵-۴۵	Byz	۴۸,۶	۴۳,۱	۸,۳	۱۷	L	۸,۱	۱۴	۱۴۱,۲	۱۴	۱۳,۹	۳۳۷,۹۸	۳۳۷,۹۸	۱۳,۹	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
۴۵-۷۵	Bz	۵۶,۵	۳۷,۱	۶,۴	۱۹	SL	۸,۳	۱۴	۶۷	۱۴	۴,۲	۹۶,۸۵	۹۶,۸۵	۴,۲	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
۷۵-۱۲۰	Btnyz	۴۸,۶	۲۱,۲	۳۰,۲	۱۴	SCL	۸,۲	۵۰	۵,۰	۸,۲	۱۸,۸	۶۶,۵۷	۶۶,۵۷	۱۸,۸	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
Pedon 2: Gypsic Haplosalids																
۰-۱۰	Az	۴۸,۵	۴۳,۲	۸,۳	۲۲	SL	۶,۹	۲۰	۲۰,۲	۱۷,۵	۲,۴۶	۱۹۹,۸۲	۱۹۹,۸۲	۲,۴۶	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
۱۰-۴۵	Byz	۴۰,۳	۵۳,۳	۶,۴	۱۹	SiL	۷,۶	۱۲,۵	۱۰,۱,۵	۱۴	۱۳,۶	۹۹,۴۵	۹۹,۴۵	۱۳,۶	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
۴۵-۷۰	Btnyz	۴۲,۴	۱۷,۲	۳۰,۴	۲۱	SCL	۷,۷	۶۳,۲	۶,۳	۱۷	۸,۶۱	۴۹,۲۲	۴۹,۲۲	۸,۶۱	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
Pedon 3: Gypsic Haplosalids																
۰-۱۰	Az	۴۳	۴۵	۱۲	۱۴	L	۷,۸	۲۲,۰	۲۵۶,۲	۱۷	۲۲,۰	۸۹۳,۴۰	۸۹۳,۴۰	۲۲,۰	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
۱۰-۴۵	Bz	۴۹	۲۱	۳۰	۵	SCL	۷,۸	۱۸	۳۴	۱۸	۰	۷۵,۷۳	۷۵,۷۳	۰	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
۴۵-۸۰	Byl	۶۳	۱۸	۱۸	۲۲	SL	۷,۷	۱۸,۵	۱۱,۳۲	۸,۳۵	۲۶,۷۱	۲۶,۷۱	۸,۳۵	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)	
۸۰-۹۵	By2	۶۹	۱۰	۱۰	۱۶	SCL	۷,۶	۸,۷۳	۱۰,۰,۵	۲۲,۰,۹	۱۴	۱۸,۰,۵	۱۸,۰,۵	۲۲,۰,۹	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
۹۵-۱۴۰	Btny	۹۵	۱۶	۷۵	۲۹	C	۷,۷	۱۰,۵,۷	۲۲,۱,۴	۱۲,۲,۱	۱۵,۰	۲۲,۱,۴	۱۲,۲,۱	۱۵,۰	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
۱۴۰-۲۰۰	C	۱۱	۶۸	۲۱	۲۱	SL	۷,۶	۱۳,۴,۱	۲۱	۲۱	۰	۲۴,۴۲	۲۴,۴۲	۰	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
Pedon 4: Typic Haplosalids																
۰-۳۰	Az	۱۲,۸	۶۳,۶	۲۲,۶	۲۲	SiL	۶,۵	۲۴۰	۶,۵	۱۲	۰	۱۳۰,۷۲	۱۳۰,۷۲	۰	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
۳۰-۶۰	Bz	۲۶,۸	۲۷,۶	۲۷,۶	۴۰	C	۷,۰	۷۴,۲	۷۴,۲	۱۷	۴,۳۴	۴۲,۴۷	۴۲,۴۷	۴,۳۴	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)
۶۰-۱۳۵	C	۵۴,۸	۳۹,۶	۵,۶	۳	SL	۷,۹	۸,۶۲	۱۸,۵	۰	۲۳,۴۸	۲۳,۴۸	۰	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)	
۱۳۵-۱۶۵	2Cz	۲۸,۸	۲۳,۶	۴۷,۶	۳۹	C	۷,۹	۳۸	۱۴	۹,۵۶	۵۵,۹۲	۵۵,۹۲	۹,۵۶	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)	
۱۶۵-۲۰۵	2C	۱۸,۹	۵۱,۶	۲۹,۵	۶۰	SiCL	۷,۶	۱۸,۷۳	۱۸,۷۳	۱۶,۵	۴۰,۶۴	۴۰,۶۴	۰	SAR	CEC (cmol ⁺ /kg)	



شکل ۲ پراش نگاشت افق‌های Byz1 (الف) و Btnyz (ب) خاکرخ ۱ و Az (پ) و Btnyz (ت) خاکرخ ۲: نمونه‌ی اشباع شده با کلرور منیزیم، Mg-Eg: نمونه‌ی اشباع شده با کلرور منیزیم و تیمار شده با اتیلن گلیکول؛ K: نمونه‌ی اشباع شده با کلرور پتابسیم، K-550: نمونه‌ی اشباع شده با کلرور پتابسیم و تیمار شده با دما 550°C ؛ Ch: کلریت؛ Sep: سپیویلت؛ Pa: پالیگورسکیت؛ I: ایلیت؛ Sm: اسمکتیت؛ Ka: کائولینیت.

مقایسه با خاکرخ ۱ در عدم وجود کانی سپیویلت و پالیگورسکیت در افق سطحی خاکرخ ۲ است. کانی‌های یاد شده در افق سطحی خاکرخ ۲ در موقعیت پلایا حضور ندارند. شدت قله‌ی اسمکتیت از افق Btnyz به سمت سطح در این

خاکرخ شماره‌ی ۲ کانی‌های رسی مشابهی با خاکرخ ۱ دارد با این تفاوت که علاوه بر کانی اسمکتیت، کانی کلریت نیز در هر دو افق Az و Btnyz مشاهده شده است (شکل ۲ پ و ت). دومین تفاوت در ترکیب کانی‌شناسی رسی این خاکرخ در

توسط محققین مختلف در ایران مرکزی گزارش شده‌اند [۱۹، ۴۱، ۴۲] نمی‌توان نسبت داد.

با مقایسه ریزنگارهای میکروسکوپ الکترونی عبوری وابسته به دو افق *Byz* و *Btnyz* خاکرخ ۱ (شکل ۴ الف و ب) مشاهده می‌شود که با افزایش عمق، بر طول دسته‌های بلورهای پالیگورسکیت افزوده شده و حالت دسته جاروبی یافته‌اند که می‌تواند دلیلی بر نقش ماده‌ی مادری در افزودن پالیگورسکیت به خاک و بنابراین موروژی بودن این کانی باشد. نتایج مشابهی در خاک‌های استان اصفهان [۱۴] و کرمان [۱۶، ۴۳] نیز گزارش شده‌اند.

در خاکرخ شماره ۲ علاوه بر کانی اسمکتیت، کانی کلریت نیز در هر دو افق *AZ* و *Btnyz* مشاهده شده است (شکل ۲ پ و ت). از آنجا که برای تشکیل این کانی به آبشویی شدید، واکنش کمتر از ۶ گرمای زیاد، و در نتیجه خروج هیدروکسیدهای بین لایه‌ای نیاز است [۴۴]. لذا وجود این کانی در اقلیم گرم و خشک منطقه‌ی مورد بررسی، به ارث رسیده از مواد مادری است. خاستگاه به ارث رسیده از کانی کلریت در خاک‌های ایران از جمله در استان‌های اصفهان [۱۴]، فارس [۱۳] و کرمان [۱۸، ۱۶] گزارش شده است. دلیل وجود کانی‌های پالیگورسکیت و سپیولیت در افق *Btnyz* را شاید بتوان همانند خاکرخ ۱ به موروژی بودن این کانی‌ها به خصوص در مورد کانی پالیگورسکیت نسبت داد. عدم وجود این کانی‌ها در افق سطحی خاکرخ ۲ در موقعیت پلایا احتمالاً به نقش رواناب‌های دریافت شده در سطح این شکل اراضی و بنابراین تبدیل این کانی‌ها به اسمکتیت مربوط است [۱۶، ۱۳، ۲۲، ۱۸]. افزایش شدت قله‌ی اسمکتیت از افق *Btnyz* به سمت سطح در این خاکرخ نیز مؤید تبدیل احتمالی پالیگورسکیت به اسمکتیت در افق سطحی است (شکل ۲ پ و ت).

وجود پالیگورسکیت در ماده‌ی مادری خاکرخ ۳ به موروژی بودن این کانی مربوط بوده و دلیل عدم وجود این کانی در افق سطحی را شاید بتوان به تبدیل آن به کانی دیگری نسبت داد. در خاکرخ ۴ نیز همین روند مشاهده می‌شود (شکل ۳ ت و ج). از سوی دیگر در خاکرخ ۳ شدت قله‌ی ۱/۴ نانومتر مربوط به اسمکتیت-کلریت با عمق افزایش یافته که احتمالاً به دلیل نقش ماده مادری در افزودن کلریت به خاک است. در خاکرخ ۴، روند عکس نشان می‌دهد که می‌تواند به تغییر شکل پالیگورسکیت به اسمکتیت در اثر رواناب نسبت داده شود.

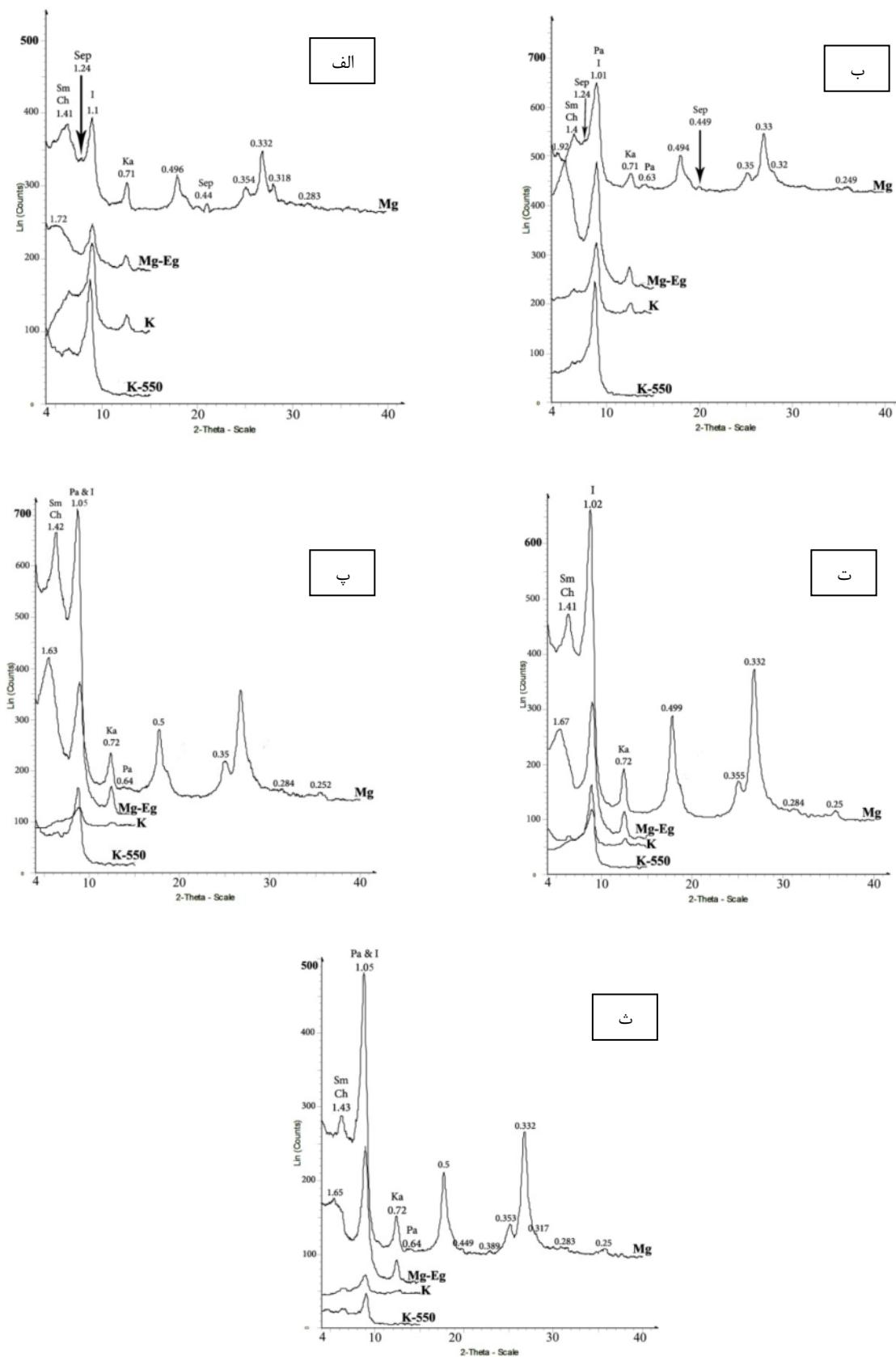
خاکرخ افزایش یافته است (شکل ۲ پ و ت). ریزنمودار میکروسکوپ الکترونی عبوری مقداری کمتری از کانی پالیگورسکیت در خاکرخ ۲ را در مقایسه با خاکرخ ۱ نشان می‌دهند که با نتایج قله‌های جدایش پرتو ایکس نیز همخوانی دارد. به علاوه مقایسه‌ی شکل‌های ۴ پ و ت نیز مؤید افزایش نسبی در مقدار کانی پالیگورسکیت با افزایش عمق است که با نتایج جدایش پرتو ایکس همخوانی دارد.

خاکرخ ۳ در افق سطحی (*AZ*) دارای کانی‌های رسی اسمکتیت، کلریت، ایلیت، کائولینیت، و سپیولیت است (شکل ۳ الف). با افزایش عمق به سمت افق *By2* کانی پالیگورسکیت نیز به مجموع کانی‌های رسی یاد شده اضافه می‌شود (شکل ۳ ب). در افق *C* این خاکرخ، اثری از کانی سپیولیت وجود نداشت ولی پالیگورسکیت همچنان مشاهده شد (شکل ۳ پ). مقایسه‌ی تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (شکل‌های ۴ ث، ج و چ) نیز نشانگر وجود پالیگورسکیت در افق‌های *By2* و *C* و عدم وجود آن در افق *AZ* است که با نتایج جدایش پرتو ایکس و بحث‌های یاد شده همخوانی دارد.

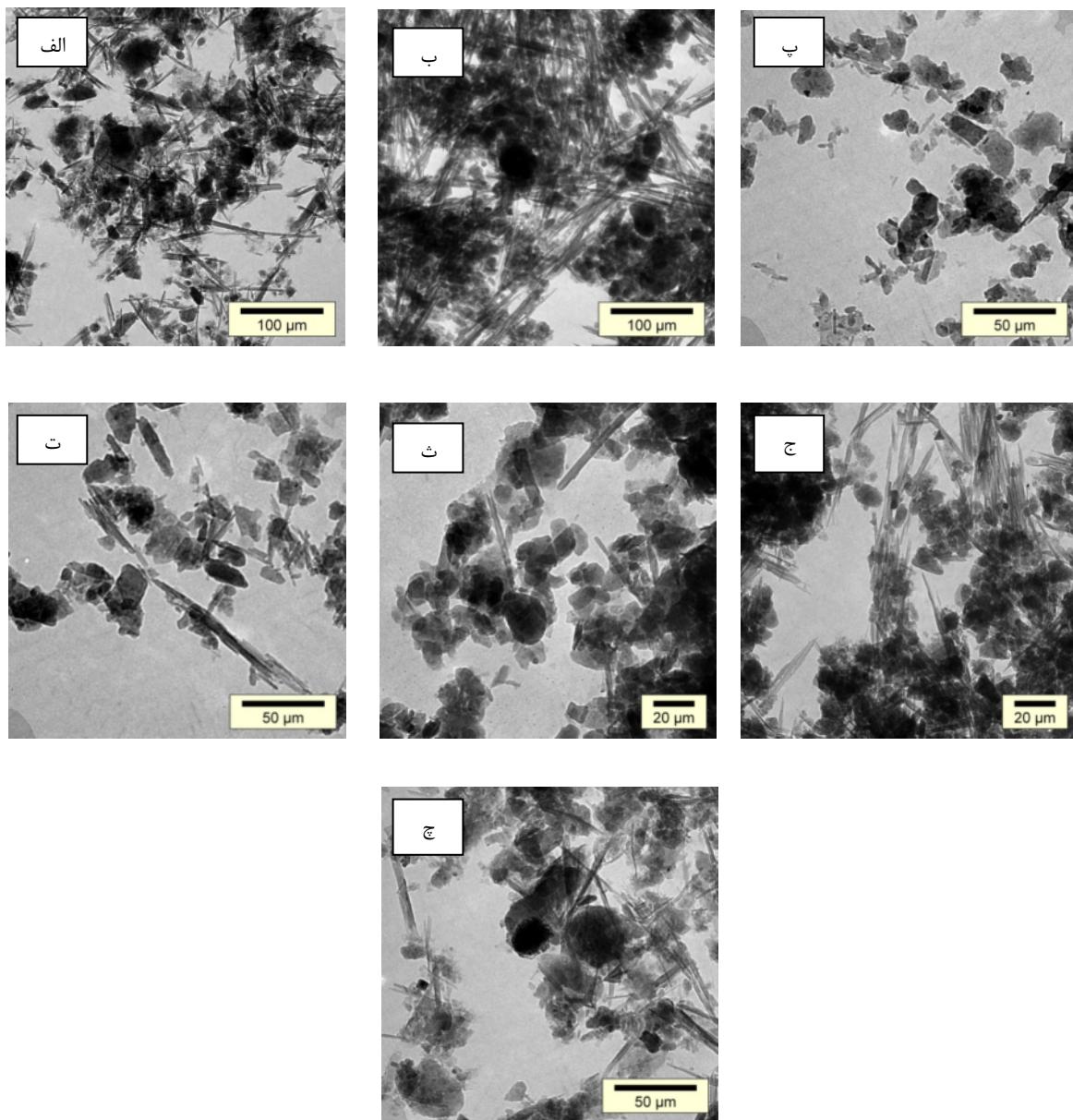
خاکرخ ۴ نیز دارای کانی‌های اسمکتیت، کلریت، کائولینیت، و ایلیت بوده و در ماده‌ی مادری (*2Cz*) پالیگورسکیت نیز دارد (شکل ۳ ت و ث). ضمناً شدت قله‌ی اسمکتیت-کلریت نیز از عمق به سمت سطح افزایش یافته است.

بحث

بیشترین میزان رسانندگی الکتریکی در خاکرهای ۲ و ۳ مربوط به افق‌های سطحی است که با افزایش عمق روند کاهشی نشان دادند. افزایش نمک به سطح موقعیت پلایا از جمله دلایل زیادی نمک در سطح و کاهش آن با عمق است. نمک در خاک‌های ایران دارای دو خاستگاه شوری طبیعی و شوری در اثر دخالت‌های انسان هستند. از آنجا که خاکرهای موردن بررسی در این پژوهش تاکنون مورد کشت و آبیاری قرار نگرفته‌اند، لذا خاستگاه شوری موجود در این خاکرخ به محیط‌های پلایا ای به جا مانده از بالازدگی‌های دوران میوسن برمی‌گردد [۴۰]، و بنابراین از نوع طبیعی است. وجود سدیم تبادلی زیاد و نقشی که این کاتیون در پخشیدگی ذرات رس دارد، باعث ایجاد افق ناتریک در خاکرهای ۱، ۲ و ۳ شده، در حالی که رطوبت اندک موجود در اقلیم اریدیک منطقه نقشی در شستشوی رس نداشته است. ضمناً به دلیل سدیم تبادلی زیاد، شستشوی رس را به اقلیم‌های مرتبط‌تر گذشته که شواهد آن



شکل ۳ پراش نگاشت افق‌های Az (الف)، By₂ (ب) و C (ج) و Bz (ت) و 2Cz (ث) خاکرخ ۴



شکل ۴ ریزنگاشت میکروسکوپ الکترونی عبوری افق‌های Byz (الف) و Btnyz (ب) خاکرخ ۱، Az (پ) و Bt (ت) خاکرخ ۲، By2 (ث)، Az (ج) و C (چ) خاکرخ ۳ نشان دهنده بلورهای دسته جارویی و منفرد پالیگورسکیت

موقعیت‌های زمین ریخت‌شناسی بالاتر است. لازم به یادآوری است که شواهد سفره‌ی آب زیرزمینی غنی از منیزیم (با نسبت منیزیم به کلسیم برابر ۱/۶) در اطراف این خاکرخ مشاهده شد [۴۵] که به نوبه خود می‌تواند با تغییر در نسبت منیزیم به آلومینیم، در تشکیل خاکساز کانی سپیولیت (نوتشکیلی و یا تغییر فرم اسمکتیت و پالیگورسکیت به سپیولیت) در این خاکرخ مؤثر بوده باشد [۴۶].

نکته‌ی قابل توجه در خصوص کانی سپیولیت، عدم وجود آن در ماده‌ی مادری و بنابراین موروثی نبودن خاستگاه این کانی می‌توان ذکر کرد. به نظر می‌رسد که کانی سپیولیت از تغییر شکل کانی پالیگورسکیت در افق‌های Az و By2 به وجود آمده باشد. از آنجا که در افق سطحی خاکرخ ۲ (شکل ۲ پ) که در سطح زمین ریختی مشابهی با این خاکرخ قرار دارد، سپیولیت مشاهده نشد، لذا تشکیل سپیولیت از تغییر شکل پالیگورسکیت محتمل‌تر از افزوده شدن این کانی به سطح از

باهنر به خصوص سرکار خانم مهندس لسانی به دلیل همکاری در انجام مطالعات میکروسکوپ الکترونی عبوری قدردانی می‌گردد.

مراجع

- [۱] محمودی ش، "خصوصیات و مدیریت خاک‌های گچی"، چهارمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، ص ۲۹-۳۱ (۱۳۷۲).
- [۲] محمودی ش، حیدری الف، "طبقه‌بندی و خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک‌های گچی در منطقه جنوب غرب گیلان غرب"، مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۹، ۳۰۸-۲۹۹ (۱۳۷۷).
- [۳] Khademi- Moghari H., "Stable isotope geochemistry, mineralogy and microscopy of gypsiferous soils from central Iran", Ph.D. thesis, Univ. of Saskatchewan (1997).
- [۴] Emadi M., Baghernejad M., Memarian H., "Genesis and clay mineralogical investigation of highly calcareous soils in semi-arid regions of southern iran", Journal of applied sciences 8 (2008) 288- 294.
- [۵] Reichert J. M., Norton L. D., "Aggregate stability and rainimpacted sheet erosion of air-dried and prewetted clayey surface soils under intense rain", Soil Sci. 158 (1994) 159-169.
- [۶] Yilmaz K., Selim Kapur I. C., Rayan J., "Clay Minerals, Ca/Mg Ratio and Fe-Al-Oxides in Relation to Structural Stability, Hydraulic Conductivity and Soil Erosion in Southeastern Turkey", Turk J Agric For 29 (2005) 29-37.
- [۷] Elprince A. M., Mashhady A. S., Aba-Hussein M. M., "The occurrence of pedogenic palygorskite (attpulgite) in soils of Saudi Arabia", Soil Science 128 (1979) 211-218.
- [۸] Monger H. C., Dagherty L. A., "Neoformation of palygorskite in a Southern New Mexico aridisols", Soil Sci. Soc. Am. J., 55 (1991) 1646-1650.
- [۹] Stahr K., Kuhn J., trommler J., Papenfuß K. H., Zarei M., Singer A., "Palygorskite-cemented crusts (palycretes) in southern Portugal. Aust", J. Soil Res. 38 (2000) 169-188.
- [۱۰] Yalcin H., Bozkaya O., "Sepiolite-palygorskite from the Hekimhan region (Turkey)", Clays Clay Miner. 43 (1995) 705-717.

از آنجا که امکان تشکیل کانی کائولینیت در اقلیم‌های خشک وجود ندارد، لذا وجود این کانی در خاک‌های مورد بررسی به ارث رسیده از مواد مادری است [۱۳، ۱۴، ۱۶]. کانی ایلیت نیز در خاک‌های ایران مرکزی به صورت به ارث رسیده از مواد مادری گزارش شده است [۱۸، ۴۷]. هر دو خاستگاه به ارث رسیده و خاکساز برای کانی پالیگورسکیت در ایران مرکزی گزارش شده است [۱۱، ۱۴، ۴۸].

برداشت

نتایج این پژوهش حاکی از وجود کانی‌های رسی کائولینیت، کلریت، اسمکتیت، ایلیت، پالیگورسکیت و سپیولیت به عنوان کانی‌های رسی غالب در نمونه‌های خاک منطقه‌ی مورد بررسی هستند. با توجه به افزایش شدت قله‌ی کانی پالیگورسکیت و نیز بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی رو بشی، احتمالاً این کانی از مواد مادری به ارث رسیده است. کانی رسی سپیولیت برای اولین بار در خاک‌های استان کرمان طی این بررسی گزارش می‌شود. به نظر می‌رسد که کانی سپیولیت در خاکرخ ۳ که متأثر از آب منیزیمی (با نسبت منیزیم به کلسیم بیش از ۱) بوده است، به صورت خاکساز از تغییر شکل کانی پالیگورسکیت به وجود آمده باشد.

افق‌های انباشت رس (Btnyz) و Btny که در خاکرخ‌های ۱، ۲، و ۳ مشاهده شد به دلیل نسبت بالای جذب سدیم در این خاکرخ‌ها بوده و به شرایط مرتبط‌تر اقلیمی گذشته که شواهد آن در ایران مرکزی گزارش شده است، نسبت داده نمی‌شود. از آنجا که افق ناتریک در هاپلوسالیدها حتی تا سطح زیرگروه نیز دیده نشده است، لذا با توجه به محدودیت بیشتری که سدیم در مقایسه با گچ برای رشد گیاه ایجاد می‌کند، اضافه شدن زیرگروه سدیک هاپلوچیپسیدز قبل از جیپسیک هاپلوسالیدز به تاکسونومی خاک امریکایی پیشنهاد می‌شود.

قدرتانی

از بخش مهندسی خاکشناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان به دلیل فراهم نمودن امکان تحقیق و انجام تجزیه‌های فیزیکی شیمیایی تشكیر می‌گردد. از آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید

- منطقه‌ی جیرفت", نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۱۳۹۰ (۲) ۴۲۵-۴۱۱.
- [21] Salehi M. H., Khademi H., Eghbal M. K., "Genesis of Clay Minerals in Soils from Chahrmehl Bakhtiari Province, Iran", Book of Abstracts of the Conference on Sustainable Use and Management of Soils in Arid and Semiarid Region, Septembe. Cartagena, Spain, (2002) 47-48.
- [22] Owliaie H. R., Abtahi A., Heck R. J., "Pedogenesis and clay mineralogical investigation of soils formed on gypsiferous and calcareous materials, on transect, Southwestern Iran", Geoderma 134 (2006) 62-81.
- [23] Gamil A., Ramadan R., Rahim I., "Genesis and Classification of Wadi El-Sheikh Soils, Beni Suef, Egypt", Int. J. Nat. Eng. Sci., 2 (2008) 79-84.
- [24] Singer A., Gala'n E., "Palygorskite-Sepiolite: Occurrence, Genes is and Uses", Developments in Sedimentology, 37, Elsevier, Amsterdam, (1984) 352 pp.
- [25] Peters E. K., "D-18O enriched waters of the Coast Range mountains, northern California: connate and ore-forming fluids", Geochimica ET Cosmochimica Acta, 57 (1993) 1093 –1104.
- [26] Soil Survey Staff, "Keys to Soil Taxonomy", USDA, NRCS, (2010) 346 P.
- [27] World Soil Resource Reports International Society of Soil Science, "World Refrence Base of Soil Resources", first update, Italy, Rome (2007).
- [۲۸] بنایی ح.م." نقشه منابع و استعداد خاک‌های ایران .
- ، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران- ایران .(۱۳۸۰)
- [29] Seradic A., et al., "Geological map of Anar (Scale 1:100,000)", (1972).
- [۳۰] سهندی م. ر." نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ کرمان" .
- سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۷۰).
- [31] Schoeneberger P.J., Wysocki D.A., Benham E.C., Broderson W.D., "Field book for describing and sampling soils", National Soil Survey Center, NRCS, USDA, Nebraska (2002)228p.
- [32] Gee G., Bauder W., "Particle Size Analysis", In: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis.Part 1.2 nd ed., Agron.Monger, No. 9.ASA and SSSA. Madison, WI. (1986) 388-409.
- [11] Hojati S., Khademi H., "Genesis and distribution of palygorskite in Iranian soils and sediments", Developments in clay sci. 3 (2011) 201- 218.
- [12] Baghernejad M., "Variation in soil clay minerals of semi-arid regions of Fars province, Iran", Agri. Res. 19 (2000) 165-180.
- [13] Khormali F., Abtahi A., "Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, southern Iran", Clay minerals. 38 (2003) 511-527.
- [14] Khademi H., Mermut A. R., "Source of palygorskite gypsiferous Aridisols and associated sediments from Central Iran", Clay minerals 33 (1998) 561-578.
- [15] Khademi H., Mermut A. R., 1999."Submicroscopy and stable isotope geochemistry of carbonates and associated palygorskite in Iranian Aridisols", Europ. J. Soil Sci. 50 (1999) 207-216.
- [16] Farpoor M. H., Khademi H.,Eghbal M. K., "Genesis and distribution palygorskite and associated clay minerals in Rafsanjan soils on different geomorphic surfaces", Iran Agric. Res. 21 (2002) 39-60.
- [17] Farpoor M. H., Neyestani M., Eghbal M. K., Esfandiarpour Borujeni I., "Soil-geomorphology relationships in Sirjan playa, south central Iran", Geomorphology, 138 (2012) 223-230.
- [18] Moazzallahi M., Farpoor M. H., "Soil genesis and clay mineralogy along the xeric-aridic climotoposequence, south central Iran", Journal of Agricultural Science and Technology, Tarbiat Modares, Tehran, Iran, 2 (2012).
- [۱۹] سنجری ص.، فریبور م.ه.، اسفندیارپوروجنی ع.، کریمیان اقبال م.، "مقایسه میکرومorfولوژی و کانی‌شناسی رسی خاک‌های قدیمی و عهد حاضر در منطقه جیرفت" ، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی علوم آب و خاک ۵۸ (۱۳۹۰ الف) ۱۸۶-۱۷۳.
- [۲۰] سنجری ص.، فریبور م.ه.، کریمیان اقبال م.، اسفندیارپوروجنی ع.، "نحوه تشکیل، میکرومorfولوژی و کانی-شناسی رسی خاک‌های واقع بر سطوح ژئومرفیک گوناگون در

- رسنگان در ارتباط با سطوح ژئومورفولوژی", مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شماره ۳ (۱۳۸۲) ۹۱-۹۲.
- [۴۲] فرپور م.ھ، ایران نژاد م.، ۱۳۹۰. "بررسی جگونگی تشکیل، کانی‌شناسی رسی و ریز ریخت شناسی خاک‌های قدیمی واقع بر مخربوط آبرفتی گیودری رسنگان". انجمن بلوشناسی و کانی‌شناسی ایران ۴ (۱۳۹۰) ۷۶۱-۷۷۲.
- [۴۳] Farpoor M. H., Krouse H. K., "Stable isotope geochemistry of sulfur bearing minerals and clay mineralogy of some soils and sediments in Loot Desert, Central Iran", Geoderma 146 (2008) 283-290.
- [۴۴] Barnhisel R. I., Bertsch P. M., "Chlorite and hydroxy interlayered vermiculite and smectite", Madison, Wisconsin, USA (1989).
- [۴۵] نورمندی‌پور ف.، "کانی‌شناسی رسی خاک‌های متاثر از منیزیم و بررسی تأثیر نسبت‌های این عنصر بر رشد گیاه سورگوم و درصد کلینیز/سیون میکوریز/", پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران، (۱۳۹۰).
- [۴۶] Jones B. F., Gala'n E., "Palygorskite-Sepiolite", Hydrous Phyllosilicates (Exclusive of Micas) (S.W. Bailey, editor).Reviews in Mineralogy, 19. Mineralogical Society of America, Washington, D.C. (1988) 631-674.
- [۴۷] Nadimi M., Farpoor M. H., "Genesis and clay mineralogy of soils on different geomorphic surfaces in Mahan-Joupar area, central Iran", Arabian Journal of Geosciences , DOI: 10.1007/s12517-011-0350-3 (2011).
- [۴۸] Hojati S., Khademi H., Faz Cano A., "Palygorskite formation under the influence of saline and alkaline groundwater in central Iranian soils", Soil Science 175 (2010) 303-312.
- [۳۳] Thomas G. W., "Soil pH and soil activity", In: D. L. Sparks.(Ed).Method of Soil Analysis. Part III. 3rd Ed. AM.Sco.Agron., Medison, WI. (1996) 475-490.
- [۳۴] Rhoads J. D., "Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids", In: D.L. Sparks. (Ed.), Method of Soil Analysis. Part III. 3rd Ed. AM. Soc. Agron., Medison. WI. (1996) 417-436.
- [۳۵] Nelson D. W., Sommers L. E., "Total Carbon, Organic matter", In: A. L. Page et al. (Ed.), Method of Soil Analysis.Part 2.2nd ed., Agron.Monger.No.9.ASA and SSSA. Madison, WI. (1982)539-577.
- [۳۶] Richards L. A., "Diagnosis and Importance of Saline and Alkaline Soils", (Ed.) U. S. Salinity.Laboratory Staff.USDA. Hand book No. 60. Washington, DC, USA.(1954)160p.
- [۳۷] Chapman H. D., Pratt P. F., "Methods of analysis for soils, plants and waters", Riverside, CA: University of California. (1961).
- [۳۸] Jackson M. L., "Soil chemical analysis-advanced course.Univ.of Wisonsin College of Agric., Dept of Soils Sci., Madison, WI", (1985).
- [۳۹] Kittric J. A., Hope E. W., "A procedure for the particle size separation of soil for X-ray diffraction analysis". Soil Sci. Soc. 96 (1963) 312-325.
- [۴۰] نیستانی م.، "بررسی نحوه تشکیل و طبقه‌بندی خاک در برش طولی بردسیر- شهریابک"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران، (۱۳۸۹).
- [۴۱] فرپور م.ھ، کریمیان اقبال م.، خادمی ح.، "نحوه تشکیل و میکرومorfولوژی اریدی‌سول‌های گچی و نمکی منطقه نوق",