

## بررسی نحوه تشکیل، کانی شناسی رس و میکرومورفولوژی خاک‌های گچی - نمکی پلایای خیر آباد سیرجان

۱- مهرناز نیستانی، کارشناس ارشد بخش مهندسی خاک‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- محمد هادی فرپور، دانشیار بخش مهندسی خاک‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

farpoor@uk.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۱/۰۵/۲۴

پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۰۷

### چکیده

پلایا از جمله شکل‌های اراضی مهم در مناطق بیابانی بوده و سطح زیادی را در این مناطق به خود اختصاص داده است. این شکل اراضی از سطوح مختلف ژئومورفولوژی تشکیل می‌گردد. پس از فرآیندهای کوه‌زایی، پلایاها، به عنوان سطوح به جا مانده از تبخیر دریاچه‌های باقیمانده از تیتیس، تشکیل و انواع کانی‌های تبخیری در آن‌ها ایجاد شد. کانی‌هایی با حلالیت کم‌تر در سطوح بالاتر ته‌نشست نموده و به عنوان منشأ این کانی‌ها برای مناطق پایین دست خود به حساب می‌آیند. یکی از این پلایاها، پلایای گچی - نمک خیرآباد واقع در استان کرمان است که جهت بررسی خصوصیات فیزیکی - شیمیایی، کانی شناسی رس، و میکرومورفولوژی، انتخاب گردید. پهنه‌های رسی شور که دارای سطوح پفکی، نوار مرطوب و سله نمکی بوده از جمله سطوح ژئومورفولوژی هستند که طی مطالعات صحرایی و بررسی تصاویر گوگل، عکس ماهواره‌ای و هوایی و نقشه توپوگرافی در پلایای خیر آباد شناسایی گردید. در پهنه‌های رسی غیر شور میزان هدایت الکتریکی از ۲/۸ تا ۳۲/۲ دسی زیمنس بر متر در تغییر است. کانی‌های رسی اسمکتیت، ایلیت، پالیگورسکیت و کائولینیت در این سطح ژئومورفولوژی شناسایی گردید. بلورهای یوهدرال گچ در افق جیپسک و پوشش‌های کلسیت در افق کلسیک این موقعیت ژئومورفولوژیکی مشاهده شد. در سطوح پهنه رسی شور مقدار هدایت الکتریکی از ۳۳/۵ تا حدود ۱۶۰ دسی زیمنس بر متر متغیر است. گچ‌های عدسی شکل و صفحات در هم قفل شده گچی از جمله اشکال گچ ثانویه‌ای بودند که طی مطالعات میکرومورفولوژی در این پلایا شناسایی گردید. بیشترین میزان هدایت الکتریکی (۳۱۴ دسی زیمنس بر متر) در پهنه‌های رسی شور دارای سطوح پف کرده که در اثر حرکت موئینه آب شور به سطح خاک رخ می‌دهد، اندازه‌گیری شد. سطح منطقه مرطوب دارای کانی‌های رسی ایلیت، پالیگورسکیت، اسمکتیت، و کائولینیت و فابریک کلسیتیک کریستالیتیک بی‌فابریک است. از سطوح بالادست به طرف مرکز پلایا، بر میزان هدایت الکتریکی و درصد و اندازه بلورهای گچ اضافه می‌شود، ولی کانی شناسی بخش رس تغییری نشان نمی‌دهد.

واژگان کلیدی: پهنه‌های رسی؛ سطوح پف کرده نمکی؛ بلور عدسی گچ؛ پالیگورسکایت.

### مقدمه

انقباض نمک‌ها در پی گرم و سرد شدن و خشک و مرطوب شدن نقش مهمی را در تکامل سطوح زمین بازی می‌کنند. با تکامل شکاف‌های ایجاد شده طی این فرآیندها، چند ضلعی‌هایی تشکیل می‌شوند که در برخی موارد لبه‌های آن‌ها برگشته شده است [۲]. شکل‌های متفاوتی از چند ضلعی‌های نمکی و شکاف‌ها در دشت کویر ایران توسط کرینسلی [۳۱] شناسایی شده است. کرینسلی این پدیده‌ها را به جریان، تبخیر و به دنبال آن، خشک شدن آب‌های زیرزمینی شور و غنی از نمک مربوط دانست. خصوصیات رسوبات در پلایا بستگی به جریان‌های

پلایا حوضچه‌ای کم عمق و بسته‌ای است که در مکان‌های پست و گود در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک که میزان تبخیر و تعرق بسیار بیشتر از میزان بارندگی سالانه است، تشکیل می‌شود [۹]. پلایاها اغلب با سیستم آب‌های زیرزمینی محلی و منطقه‌ای در ارتباط هستند [۴۶]. سطح آب زیرزمینی در پلایا در نزدیکی سطح زمین بوده و منجر به تجمع زیاد رسوبات تبخیری در آن می‌شود [۴۴]. به همراه متبلور شدن نمک، پدیده‌های متفاوتی نیز بر روی سطح پلایا ایجاد می‌شود. از طرف دیگر، خشک شدن پوسته‌های رسوبی غنی از نمک در پلایاها، انبساط و

در ایران به علت منشأ رسوبی بیشتر خاک‌ها [۴۸] مواد اولیه اغلب لایه لایه و از نظر کانی شناسی کم و بیش مشابه هستند [۳ و ۳۴]. در مناطق خشک و نیمه‌خشک پالیگورسکایت، اسمکتیت، کلریت، ایلیت، کائولینیت و ورمی‌کولایت از کانی‌های رسی غالب هستند [۴، ۲۱، ۷ و ۲۶].

حضور کائولینیت، ایلیت و کلریت در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، منشاء توارثی دارد. در جنوب ایران، حضور کانی کائولینیت نشان از شرایط اقلیمی مناسب برای تشکیل این کانی در گذشته است و در نتیجه از سنگ‌های دوران کرتاسه به خاک‌های امروزی به ارث رسیده است [۲۶ و ۲۹]. پژوهش‌گران به حضور توارثی ایلیت در خاک‌های ایران اشاره داشته‌اند. حضور کانی کلریت نیز در خاک‌های ایران مرکزی به وجود آن در سنگ مادر و پایداری آن در شرایط تشکیل در محیط خاک نسبت داده شده است [۲۵ و ۲۶].

پالیگورسکایت به میزان گچ و تبخیر و تعرق و بارندگی سالیانه بستگی دارد [۲۶، ۲۷]. در مناطق خشک و نیمه‌خشک بین پالیگورسکایت و اسمکتیت، رابطه معکوس وجود دارد. در محیط‌های پدوژنیک و رسوبی، سه فرضیه برای شرح پالیگورسکایت و سپیولایت بیان شده است:

(۱) ارث از مواد مادری [۴۲، ۲] منشاء انتقالی توسط فعالیت باد [۱۲] و یا انتقال یافته همراه با مواد آبرفتی [۲۵، ۳] تشکیل از محلول خاک در مناطق خشک [۱۳].

رسوبات دوران ترشیاری از جمله مهم‌ترین مواد مادری خاک‌های تشکیل شده در منطقه ایران مرکزی و در سایر مناطق ایران مانند قسمت‌های شرقی و جنوبی کشور است. در منطقه خاورمیانه، میزان قابل ملاحظه‌ای از کانی‌های فیبری در رسوبات دوران ترشیاری گزارش شده است [۱۰ و ۴۷]. توارث و تشکیل پدوژنیک کانی پالیگورسکایت از جمله منابع این کانی در خاک‌های ایران مرکزی معرفی شده است [۵۱]. برخی محققین نیز نشانه‌هایی از تشکیل اتوژنیک پالیگورسکایت را در جنوب ایران یافتند [۳۵، ۴، ۲۱]. شرایط حضور پالیگورسکایت را در خاک‌ها این‌گونه بیان شده است [۲۵]:

جانبی از دیگر حوضه‌ها و شرایط شیمیایی محل دارد، که منجر به تشکیل گچ، دولومیت، هالیت و دیگر کانی‌ها می‌شود [۴۵].

مقدار، مورفولوژی و اندازه بلورهای گچ تابع فرآیندهای خاک‌سازی است [۱۹]. تغییر اندک در شرایط محیطی در طول زمان تشکیل بلور در رابطه با تکامل خاک، شکل‌های عدسی، ریزبلور، منشوری و کریستال‌های فیبری را ایجاد نموده است [۴۱]. بلورهای عدسی گچ از رایج‌ترین شکل‌های آن در خاک‌های تکامل یافته هستند. در خاک‌هایی کمتر تکامل یافته، میکرو بلورهای گچ دیده می‌شود [۱۹]. انتقال گچ از بخش زیرین آب زیرزمینی به طرف بالا در اثر صعود موئینگی بوده که وجود گچ عدسی شکل در حفرات با اندازه‌های مختلف این موضوع را نشان می‌دهد. در اریدی‌سول‌های گچی در منطقه نوق رفسنجان شکل‌های کرمی، عدسی، صفحه‌ای، چند وجهی و صفحات در هم قفل شده گچ دیده می‌شود. به طرف پائین شیب، میزان بلورهای عدسی و کرمی افزایش می‌یابد، درحالی‌که در پدیمنت سنگی، آویزه‌های با اندازه‌ی بزرگ‌تر و در پدیمنت‌های پوشیده، آویزه‌های با اندازه‌ی کوچک‌تر دیده می‌شوند [۱۵]. بلورهای گچی عدسی شکل و نامنظم، تکامل خیلی ضعیف نیم‌رخ‌های گچی را که به علت بارندگی کم، تبخیر زیاد و زیادی نمک است، نشان می‌دهد [۱].

عوامل مختلفی از جمله رطوبت قابل استفاده، دما و بافت خاک به همراه پوشش گیاهی و میزان کربنات کلسیم در دسترس، در مورفولوژی و پدیده‌های خاک‌سازی آهکی مؤثر است [۲۹]. رس‌ها مانع ایجاد بلورهای بزرگ بوده و در نتیجه رابطه نزدیکی بین بافت خاک و اندازه بلورهای آهک وجود دارد [۵].

از طرفی شناخت و مطالعه انواع کانی‌های خاک و روند تکامل آن‌ها به دستیابی چگونگی پیدایش، تغییر، تحول و تکامل خاک کمک زیادی می‌کند. از آن‌جا که برای تشکیل کانی‌ها به شرایط اقلیمی و فیزیکی- شیمیایی ویژه‌ای نیاز است، بنابراین با اطلاع از نوع کانی‌ها می‌توان شرایط اقلیمی و جغرافیایی گذشته را بازسازی نمود. با این وجود تشکیل و پایداری کانی‌های ایجاد شده تحت تأثیر کانی اولیه و مادری و شرایط محیطی است [۵۲].

آب زیرزمینی بالا می‌آید به صورت پدوژنیک تشکیل شده است [۲۵].

بررسی تغییرات خصوصیات خاک، کانی شناسی رسی و میکرومورفولوژی و طبقه‌بندی خاک براساس سیستم جامع آمریکایی سال ۲۰۱۰ و جهانی سال ۲۰۰۷، در سطوح مختلف کفه نمک خیرآباد از اهداف این مطالعه است.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت منطقه

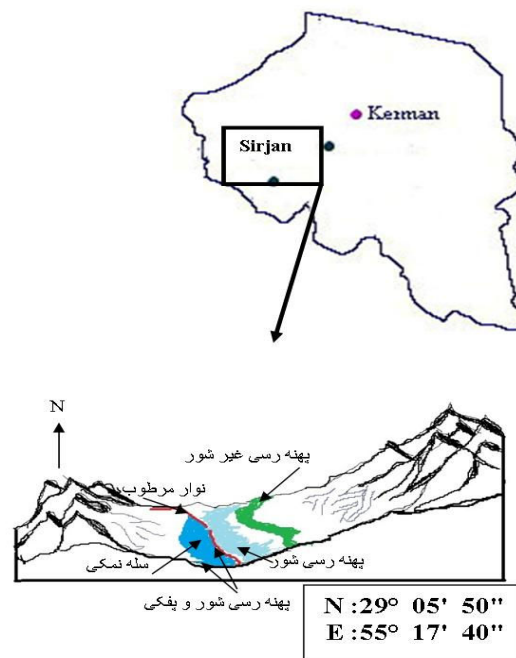
کفه گچی- نمکی خیرآباد در شهرستان سیرجان واقع شده است (شکل ۱). پلایای سیرجان بزرگ‌ترین پلایا در حوضه اصفهان است که شکل مثلثی گود را دارد و در جنوب غربی شهر سیرجان قرار دارد. مخروط‌افکنه‌های فعالی در حاشیه شمال شرقی این پلایا قرار دارند و هم‌چنین در گوشه شرقی این پلایا رودخانه‌های بزرگی واقع شده است.

(۱) افزایش نسبت Mg/Ca به علت کریستاله شدن گچ در آب‌های کم عمق؛

(۲) افزایش pH محیط به علت اقلیم گرم ترشیاری؛

(۳) افزایش سیلسیم در محلول خاک.

اریدی‌سول‌های ایران از نابودی دریای قدیمی تتیس تشکیل شده است. پالیگورسکایت یک نوع کانی رسی است که همراه با گچ در اشکال اراضی آن وجود دارد. همراهی پالیگورسکایت و گچ نشان دهنده این مطلب است که بعد از رسوب اولیه گچ، نسبت Mg/Ca و به دنبال آن pH نیز بالا رفته است. پالیگورسکایت در فلات‌ها و مناطق سنگریزه‌ای به صورت اتوژنیک در زمانی که باقی مانده‌های دریای بسیار شور تتیس در ایران مرکزی در حال خشک شدن بوده، تشکیل شده است، در حالی که این کانی در مخروط‌افکنه‌ها از سایر مکان‌ها منتقل شده است. به نظر می‌رسد که پالیگورسکایت در مخروط‌افکنه‌ها توارثی و در مناطقی که افق کلسیک و جیپسیک وجود دارد و سطح



شکل ۱. موقعیت نسبی سطوح ژئومورفولوژی پلایای خیرآباد و محل تقریبی پروفیل‌های شاهد.

پلایا اشکال متنوعی از اراضی دیده شامل خصوصیات متنوعی از نظر درصد اجزاء تشکیل دهنده بافت خاک، نوع و میزان املاح، و عمق تجمع املاح دیده می‌شود. این اشکال اراضی شامل پهنه‌های رسی غیر شور، شور، نوار

مخروط‌افکنه‌های جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی این پلایا به‌طور محلی فعال است. این پلایا از نوع پلایاهای پهنه‌های رسی- پوسته‌های نمکی است که نوع آن با بررسی ترکیب رسوبات و موقعیت سطح آب تعیین می‌شود [۳۲]. در این

رسی انتخاب شدند. این نمونه‌ها شامل افق Bk پروفیل شماره ۱ و افق 2Bz1 پروفیل شماره ۵ بود. پس از طی مراحل آماده سازی به روش جکسون [۲۳] و کیتریک و هوپ [۳۰] رس موجود در این نمونه‌ها با استفاده از سانتریفیوژ جدا شد. نمونه‌های رس جدا شده به تفکیک توسط پتاسیم و منیزیم اشباع و پس از آن در نمونه اشباع از منیزیم تیمار اتیلن گلیکول و در نمونه اشباع از پتاسیم، تیمار درجه حرارت  $55^{\circ}\text{C}$  اعمال گردید. نمودارهای تفرق اشعه ایکس مربوط به این چهار تیمار برای هر نمونه توسط دستگاه پراش پرتو ایکس مدل بروکر تحت ولتاژ 40 KV و شدت جریان 30 میلی‌آمپر تهیه گردید.

### آزمایش‌های میکرومورفولوژی

کلوخه‌های دست نخورده خاک از افق‌های Bk و By پروفیل شماره ۱، افق 3Byz3 پروفیل شماره ۲ و افق 2Bz1 پروفیل شماره ۵ تهیه شد. پس از خشک شدن آن‌ها در هوای آزاد، با استفاده از رزین و ستاپل اشباع گردید. پس از انجام سایر مراحل آماده سازی، مقاطع نازک توسط میکروسکوپ پلاریزان الیمپوس مدل BH2 تفسیر گردید [۵۰] و در نهایت از مقاطع عکس برداری شد.

### بحث و نتایج

#### خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

در بالا دست منطقه مورد مطالعه سطوح پدیمنتی قرار دارد که از ارتفاع و شیب زیادی برخوردارند. به سمت پایین دست از میزان شیب و ارتفاع آن‌ها کاسته شده تا به سطوح پست پلایایی می‌رسند. و از خصوصیات این سطوح افزایش املاح است. از آن‌جا که در طی فرآیند کوه‌زایی اواخر کرتاسه، مناطق مرتفع بیرون زده و به دنبال آن در طی دوران خشکی و نابودی دریای تتیس املاح مختلف رسوب کرده و منجر به نمایان شدن هر گروه از املاح در عمق خاصی با توجه به حلالیت‌شان شده‌اند، بنابراین املاح محلول که حلالیت‌شان از همه بالاتر است در آخرین مرحله ته‌نشست نموده و در سطح خاک دیده می‌شوند. گچ و کربنات کلسیم که حلالیت کم‌تری دارند در لایه‌های پایینی حضور دارند. همچنین ممکن است به علت رطوبت بیشتر مناطق بالادست از آن نقاط به همراه جریان رواناب رسیده باشد [۱۸]. در مناطق پست املاح با تبخیر آب از

مرطوب، پهنه‌های رسی شور به همراه سطح پفکی و سله نمکی است (شکل ۲-الف). بر اساس مطالعات صحرایی اولیه و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه، پنج پروفیل شاهد به منظور بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، کانی شناسی رس و میکرومورفولوژی مورد مطالعه قرار گرفت. رژیم رطوبتی و حرارتی منطقه به ترتیب اریدیک و ترمیک است، به استثناء پروفیل یک که دارای رژیم حرارتی مزیک است [۹].

#### آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

نمونه‌های خاک در سایه خشک و پس از کوبیدن از الک دو میلیمتری عبور داده شدند. سپس گل اشباع خاک تهیه و اسیدیته آن تعیین گردید. سپس رطوبت اشباع نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. عصاره خاک با استفاده از پمپ مکش گرفته و هدایت الکتریکی نمونه‌ها به کمک دستگاه هدایت سنج الکتریکی مدل جن وی تعیین گردید. جهت تعیین هدایت الکتریکی در نمونه‌های با شوری بالا، ابتدا نمونه‌ها به نسبت ۱ به ۱۰۰ و ۱ به ۱۰۰۰ با آب مقطر رقیق شد. از عصاره تهیه شده جهت آزمایش‌های معمول شیمیایی استفاده شد. به علاوه، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی اندازه‌گیری شد [۴۰]. گچ با استفاده از حرارت دادن در آون اندازه‌گیری شد به این طریق که نمونه هوا خشک برای ۲ ساعت در حرارت  $40^{\circ}\text{C}$  قرار داده شد. پس از آن نمونه مورد نظر در دمای  $110^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲۴ ساعت حرارت داده شد و اختلاف وزن حاصل از تبخیر آب متناسب با میزان گچ در نظر گرفته شد. همچنین بافت خاک به روش هیدرومتری [۲۰] تعیین گردید. از آن‌جا که گچ موجود در برخی از نمونه‌ها باعث فولکوله شدن خاکدانه شده و در تعیین درصد اجزاء تشکیل دهنده خاک خطا ایجاد می‌کرد، بنابراین نمونه‌ها قبل از تعیین بافت چند بار با آب مقطر آبشویی گردید.

#### کانی شناسی رسی

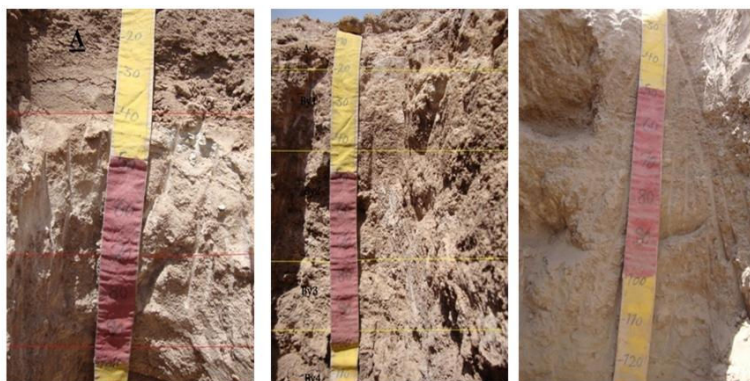
تعدادی از نمونه‌های کوبیده و هوا خشک شده، پس از بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی جهت بررسی کانی شناسی

است. در این سطوح سنگریزه دیده نمی‌شود و میزان شن از سطح به عمق خاک کم شده و از طرفی بر میزان رس آن تا عمق ۱۱۰ سانتیمتری اضافه شده است (جدول ۱).

اعماق به سطح خاک آمده و در سطح نیز رسوب می‌کند. پروفیل شماره ۱ (شکل ۲ الف) بر روی پهنه‌های رسی غیرشور، در پلایای خیرآباد واقع شده است. این سطوح در اراضی کشاورزی و به خصوص کشت پسته قرار گرفته

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در پروفیل‌های خاک شاهد

SAR	سنگریزه	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	کربنات کلسیم (%)	گچ (%)	pH	Ec (dS/m)	عمق (cm)	افق خاک	نوع سطح
۲۱/۶	-	۱۲/۶	۵۲	۳۵/۴	۹/۵	۲	۷/۳	۲/۸	۰-۲۰	<b>A</b>	شور (پروفیل ۱) پهنه رسی غیر شور
۴۵/۷	-	۱۹/۶	۵۱	۲۹/۴	۸/۵	۶	۸/۲	۳۲/۲	۲۰-۷۰	<b>By</b>	
۳۷	-	۴۰	۴۴	۱۵/۴	۱۵/۵	۰/۷	۸/۶	۲۴	۷۰-۱۱۰	<b>Bk</b>	
۵۱/۳	-	۱۳/۷	۵۲/۳	۳۴	۱۸	-	۸/۳	۲۵	۱۱۰-۱۶۰	<b>C</b>	
۳۹	-	۶/۶	۴۱	۵۲/۴	۵	۴۸/۸	۷/۸	۳۳/۵	۰-۲۰	<b>A</b>	شور (پروفیل ۲) پهنه رسی شور
۲۵۵	-	۵/۶	۴۳	۵۱/۴	۹/۵	۲۸	۷/۹	۵۰/۴	۲۰-۴۵۰	<b>Byz1</b>	
۲۵۵	-	۶/۶	۱۶	۷۷/۴	۹/۵	۲۹	۷/۶	۶۲/۵	۴۵-۷۵	<b>Byz2</b>	
۲۸۸	-	۹/۸	۶۵/۳	۲۴/۹	۱۵	۱۶/۴	۷/۱	۱۶۰/۶	۷۵-۹۵	<b>Byz3</b>	
۲۵۴	-	۱۳/۳	۵۳/۳	۳۳/۴	۱۸/۵	۱۷	۷/۵	۹۶/۲	۹۵-۱۱۵	<b>Byz4</b>	
۲۸۱	-	۲۴/۶	۷۲	۳/۴	۱۶/۵	۳	۶/۵	۲۲۴	۰-۳۰	<b>A</b>	شور (پروفیل ۳) پهنه رسی با سطوح پفکی
۱۳۰	-	۱۲/۶	۷۸	۹/۴	۸	۶	۶/۸	۳۱۴	۳۰-۶۰	<b>Bz1</b>	
۱۵۳	-	۲۰/۶	۷۴	۵/۴	۱۲/۵	۵/۴	۶/۹	۱۹۴/۵	۶۰-۹۰	<b>Bz2</b>	
۱۴۸	-	۱۹/۷	۷۵/۴	۴/۹	۱۳/۵	۵/۵	۶/۵	۲۰۲	۹۰-۱۲۰	<b>Bz3</b>	
۴۶۸	-	۱۸/۶	۷۴	۷/۴	۲۰	۵/۶	۷	۲۲۸	۰-۴۰	<b>Az</b>	شور (پروفیل ۴) پهنه رسی با سطوح پفکی
۱۰۵	-	۴/۶	۱۰	۸۵/۴	۱۰/۵	۵۴	۷/۷	۱۹۷/۴	۴۰-۷۰	<b>Byz1</b>	
۱۲۷	-	۶/۶	۱۱	۸۲/۴	۱۵	۵۱	۷/۵	۱۵۸/۱	۷۰-۹۵	<b>Byz2</b>	
۱۱۵	-	۶/۶	۱۱	۸۲/۴	۷/۵	۵۶	۷/۷	۱۲۴/۱	۹۵-۱۲۰	<b>Byz3</b>	
۱۰۵	۵	۱۷/۶	۲۴	۵۸/۴	۲۲	-	۷/۲	۱۶۸/۱	۰-۳۵	<b>Az</b>	شور (پروفیل ۵) نوار مرطوب
۷۰	۵	۱۲/۸	۱/۳	۸۵/۹	۲۲	-	۷/۶	۷۲/۸	۳۵-۷۰	<b>2Bz1</b>	
۳۵	۲	۱۰/۸	۵/۳	۸۳/۹	۲۱/۵	-	۷/۹	۳۷	۷۰-۱۰۰	<b>2Bz2</b>	
۳۶	۲	۱۲/۸	۵/۳	۸۱/۹	۲۱	-	۷/۹	۳۲/۴	۱۰۰-۱۴۰	<b>2Bz3</b>	



ج

ب

الف

شکل ۲. نمایی از پروفیل‌های حفر شده در سطح پلایا الف) پروفیل شماره ۱ در پهنه رسی غیرشور، ب) پروفیل شماره ۲ در پهنه رسی شور و ج) پروفیل شماره ۴ در پهنه رسی با سطح پفکی.

اسفنجی و در لایه‌های پائینی گچ تبلور یافته و به صورت بلور دیده می‌شود. با از بین رفتن دریای قدیمی تیتیس طی فرآیند کوه‌زایی دوران میوسن، دریاچه‌های پستی تشکیل شده است و در طی اقلیم گرم ترشیاری، کانی‌های تبخیری از جمله گچ در سواحل این دریاچه‌ها (سطوح پدیمنتی و دشت دامنه‌ای کنونی) رسوب نموده [۱۶، ۱۷ و ۲۵] و رواناب منجر به انتقال این رسوبات به سطح پلایا شده است. بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) این خاک به صورت GypsicAquisalids و بر اساس سیستم جهانی به صورت GypsicSolonchaks (Sodic) رده‌بندی گردید.

پروفیل شماره ۳ بر روی پهنه‌های رسی شور قرار دارد. به علت صعود موئینگی آب و املاح به سمت سطح خاک، سطوح غیر منظمی در این موقعیت ژئومورفولوژیکی ایجاد شده که به سطوح پفکی معروف هستند. خاک در این سطح فاقد سنگریزه بوده و در مقایسه با پروفیل‌های قبلی ریزبافت‌تر و سنگین‌تر است که نشان دهنده پست‌تر بودن این موقعیت ژئومورفولوژی است. شوری در این پروفیل افزایش داشته است (هدایت الکتریکی ۳۱۴ دسی زیمنس بر متر). میزان سدیم و کلر نیز با افزایش عمق کم شده و به علت حضور مقادیر زیاد پوستره‌های نمکی حاوی هالیت، بیش‌ترین میزان در سطح خاک دیده می‌شود. نمک‌ها و شوری زیاد در این پروفیل طبیعی بوده و به محیط‌های پلایایی به‌جا مانده از بالازدگی‌های دوران میوسن برمی‌گردد. این خاک بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) به صورت TypicAquisalids و بر اساس سیستم جهانی به صورت PufficHypersalicSolonchaks (Sodic, Silitic) رده‌بندی گردید.

پروفیل شماره ۴ (شکل ۲ ج) نیز بر روی پهنه‌های رسی نمکی و شور پلایایی با سطوح پفکی قرار گرفته است. سنگریزه در این خاک دیده نمی‌شود. این پروفیل دارای سطوح پف کرده‌ی نمکی بوده و افق‌های AZ، Byyz1، Byyz2 و Byyz3 تا عمق ۱۲۰ سانتیمتری آن گسترش دارند. میزان هدایت الکتریکی در این پروفیل با افزایش عمق کاسته شده و بین ۱۲۱/۴ تا ۲۲۸ دسی زیمنس بر متر متغیر است. علت بیش‌ترین میزان شوری در سطح را می‌توان به افزایش نمک‌ها به سطح این خاک و

در دوره‌های مرطوب‌تر، رسوبات درشت بافت‌تر در این موقعیت ژئومورفولوژی رسوب کرده است. در دوره‌های خشک‌تر، به علت کمبود آب، رسوبات درشت به این سطوح نرسیده و تنها رسوبات ریزبافت به این منطقه منتقل و رسوبات درشت‌تر به دلیل کم بودن قدرت حمل آب در موقعیت‌های بالادست رسوب کرده‌اند. سنگریزه‌ها نیز در موقعیت‌های دشت دامنه‌ای و پدیمنت فعلی که سواحل دریاچه قدیمی را تشکیل می‌دهد، رسوب کرده‌اند. در این پروفیل دو لایه سطحی حاوی سیلت زیاد است. در لایه سوم میزان رس زیاد می‌شود که دلیلی بر خشکی بیش‌تر است. در لایه چهارم این روند همانند لایه‌های دوم و سوم بوده که بیان‌گر افزایش رطوبت و قدرت حمل بیش‌تر رواناب است. تغییر در قطر ذرات در لایه‌های مختلف می‌تواند نشانی از تغییر اقلیم منطقه باشد [۳۲]. تغییر در اقلیم سطوح پلایا در دو افق Bym موجود در عمق‌های مختلف در منطقه نوق رفسنجان نیز گزارش گردیده است [۱۵]. آبیاری زمین‌های زیرکشت پسته منجر به شسته شدن گچ از افق‌های سطحی و انتقال آن به افق‌های پائین‌تر شده است. این موضوع سبب شده که میزان گچ در افق‌های میانی نسبت به افق‌های بالایی و پائینی بیش‌تر باشد. گچ موجود، اغلب به صورت‌های سوزنی‌شکل و دانه برفی دیده می‌شود [۴۳]. خاک این پروفیل دارای افق‌های A، By، Bk و C بوده و بر اساس نظام رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) این خاک به صورت TypicCalcigypsidis و بر اساس سیستم جهانی [۵۳] به صورت HypogypsicGypsisols (Sodic, Silitic) Calcic نام‌گذاری می‌شود.

پروفیل شماره ۲ (شکل ۲ ب) بر روی پهنه‌های رسی شور حفر شده است. در این سطوح میزان شوری نسبت به سطح قبلی افزایش چشم‌گیری نشان داده و به دلیل زیاد بودن کاتیون سدیم حاصل از نمک هالیت، مقدار SAR در این پروفیل بسیار بالا است. گچ نیز بیش‌ترین میزان را در سطح خاک داشته (حدود ۴۸/۸ درصد) و با افزایش عمق از میزان آن کاسته می‌شود. به نظر می‌رسد که رسوب گچ به دلیل حرکت شعریه آب است. شکل گچ در لایه‌های مختلف این پروفیل متفاوت است. به‌طوری‌که در لایه‌های سطحی به صورت دانه برفی و با افزایش عمق به صورت

شماره ۳ قرار گرفته است و پست‌ترین موقعیت در سطح پلایا را نیز تشکیل می‌دهد. سطح سله‌های نمکی به طور عمده از نمک خالص (نمک سفید) و کمی از اجزاء دیگر تشکیل شده است. نمک‌ها در محلول خاک توسط رواناب و تخلیه آب زیرزمینی در طول فصل‌های مرطوب و همچنین توسط حرکت موئینگی به طرف سطح خاک در تمامی طول سال منتقل می‌شوند. هنگامی که لایه‌های سطحی گل‌های پوشاننده شده توسط نمک خشک می‌شوند، شکاف‌های چند ضلعی در آن‌ها ایجاد می‌شود. سیلاب‌های متناوب مانع از تجمع نمک شده و در نتیجه نمک در شکاف‌هایی که طی سیلاب بعدی از بین می‌روند انباشت شده و به طور تدریجی پوسته‌های نمکی در طی هر دوره رشد می‌کنند و توسعه می‌یابند. در طی دوره‌های خیلی گرم، آب تبخیر شده و منجر به تشکیل خوشه‌های نمکی در شکاف‌های اصلی و ضخیم‌تر شدن سله‌های نمکی می‌شود. ضخیم‌تر شدن سله‌های نمکی منجر به توسعه آن‌ها تا منطقه مرطوب می‌شود. در زیرسله‌های نمکی، گل سیاه دیده می‌شود. دانه‌بندی خوب ذرات سیلت و رس در آن به منزله رسوب‌گذاری در محیط دریاچه‌ای غیرفعال است. فشار ناشی از وزن مواد بالایی و همچنین انبساط گل سیاه ناشی از دمای بالا منجر به رانده شدن گل سیاه به سمت بالا و بین صفحات چند ضلعی و شکاف‌ها می‌شود. سپس این گل سیاه طی فرآیند جامد شدن به نمک سیاه تبدیل می‌شود [۳۲].

#### خصوصیات کانی شناسی رسی

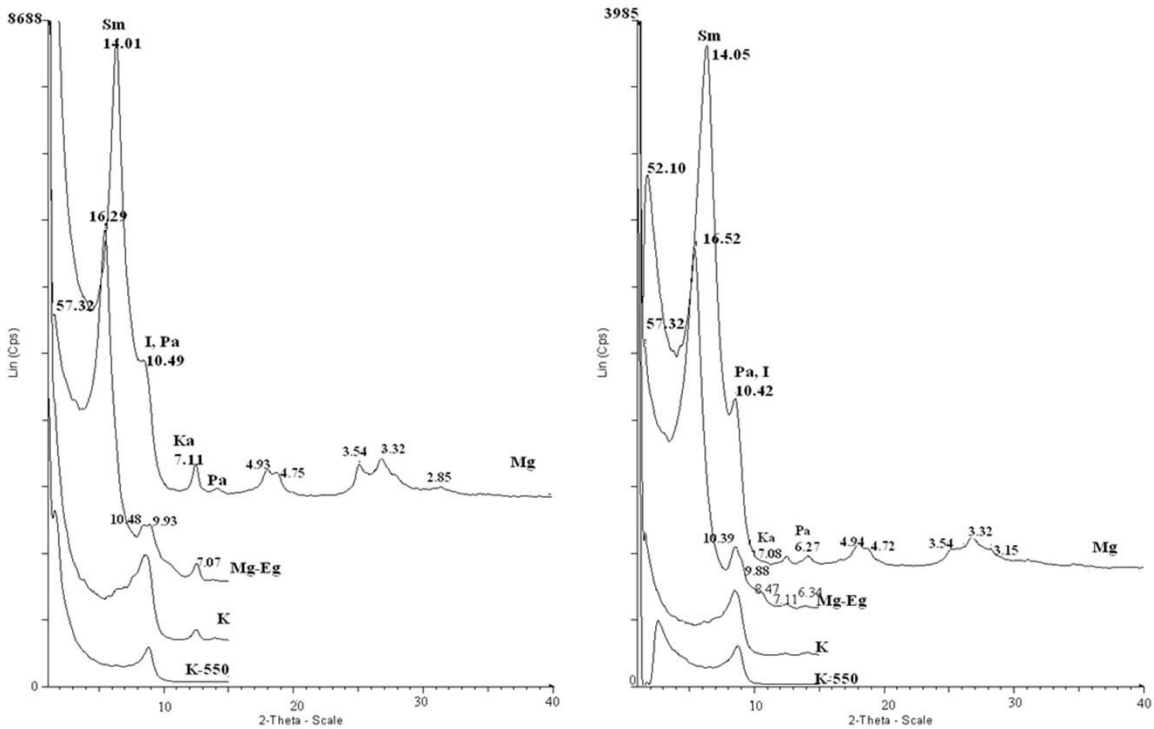
همان گونه که در شکل ۳ مشخص است پیک واضح ۱۴ آنگسترومی تحت تیمار منیزیم وجود دارد که با اتیلن گلیکول تا حدود ۱۶ آنگستروم انبساط یافته است، بنابراین می‌توان کانی‌های گروه اسمکتیت را گزارش نمود.

پیک ۱۰ آنگستروم می‌تواند مربوط به ایلیت باشد که در مواد مادری وجود دارد. از آن‌جا که این پیک به همراه پیک ۶/۵ آنگسترومی دیده می‌شود، این امر دلیل حضور پالیگورسکاپت است. وجود پیکی در ناحیه ۷ آنگسترومی تحت تیمار پتاسیم و از بین رفتن حرارت این پیک، به دلیل حضور کائولینیت است که در مواد مادری حضور دارد (شکل ۳ الف و ب).

نیز تبخیر آب زیرزمینی شور در سطح نسبت داد. میزان سدیم در این پروفیل زیاد بوده و با افزایش عمق از میزان آن کاسته می‌شود. به جز افق سطحی، سایر افق‌های این پروفیل در مقایسه با پروفیل شماره ۳، دارای میزان شن بیش‌تری بوده که به احتمال زیاد به میزان رطوبت موجود در گذشته و حمل ذرات با اندازه متفاوت نسبت داده می‌شود. میزان گچ در این پروفیل نیز با افزایش عمق زیاد شده و در عمق ۱۲۰ سانتیمتری از سطح خاک به بیش‌ترین میزان خود (۵۶٪) می‌رسد. بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) این خاک به صورت GypsicAquisalids و بر اساس سیستم جهانی به صورت GypsicPufficHypersalicSolonchaks (Sodic, Silitic) رده‌بندی شده است.

منطقه مرطوب یکی دیگر از اشکال اراضی موجود در پلایای سیرجان است که در حد فاصل پروفیل شماره ۲ و ۳ قرار دارد. محدوده نوار مرطوب سال به سال براساس تغییر در شرایط هیدرولوژیکی تغییر می‌کند. صعود موئینه املاح در این ناحیه، باعث شوری زیاد خاک شده است، ولی از آن‌جا که شوری آن نسبت به سایر بخش‌ها کم‌تر است نمی‌تواند منجر به تشکیل سله‌های نمکی و همچنین تشکیل سطوح پفکی شود. پروفیل شماره ۵ بر روی این سطح قرار دارد. در این پروفیل میزان شوری با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابد. از طرفی کربنات کلسیم نیز در این پروفیل با افزایش عمق روندی کاهشی را نشان می‌دهد. به علت تغییر اقلیم و قدرت حمل رواناب میزان ذرات درشت خاک از لایه ۳۵ سانتیمتری به بعد افزایش می‌یابد که حاکی از خشک‌تر شدن اقلیم در زمان ترسیب لایه‌های بالایی سطح زمین است. این خاک با توجه به سیستم رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) به صورت TypicHaplosalids و بر طبق سیستم جهانی به صورت HypersalicSolonchaks (Sodic, Aridic, Arenic) نام‌گذاری می‌شود.

از دیگر سطوح موجود در پلایای خیرآباد سله نمک را می‌توان نام برد. این سطح مسطح، سفت، سخت و مرطوب است و در ارتباط با مخروط‌افکنه‌ها دلتاها بوده و توسط ترکیبی از نمک‌ها، به شکل پوسته‌های چند ضلعی باریک پوشانده می‌شود. این سطح در پلایای خیرآباد در حدود ۳۲٪ سطح منطقه را پوشانده [۳۲] و بعد از پروفیل



الف

ب

شکل ۳. پراش نگار نمونه رس افق 2Bz پروفیل ۵. S: اسمکتیت، I: ایلیت، Pa: پالیگورسکایت، Ka: کائولینیت، Mg: تیمار منیزیم، Mg-Eg: تیمار منیزیم و اتیلن گلیکول، K: تیمار پتاسیم، K-550: تیمار منیزیم و حرارت  $550^{\circ}\text{C}$ ، (ب) افق Bk پروفیل ۱.

دامنه‌ای منطقه مورد مطالعه، نشان دهنده رخ دادن فرآیند فوق است. ساز و کار مشابهی نیز در خاک‌های اصفهان گزارش شده است [۲۵]. در اثر حرکت رواناب، پالیگورسکایت به صورت آواری از دشت‌های دامنه‌ای به طرف پلایا حرکت می‌کند. به دلیل حرکت آواری، بلورهای آن خرد شده و در پلایا رسوب می‌کند. اسمکتیت در این موقعیت شیب، پدوژنیک بوده و پالیگورسکایت احتمالاً از سطوح بالاتر به ارث رسیده است.

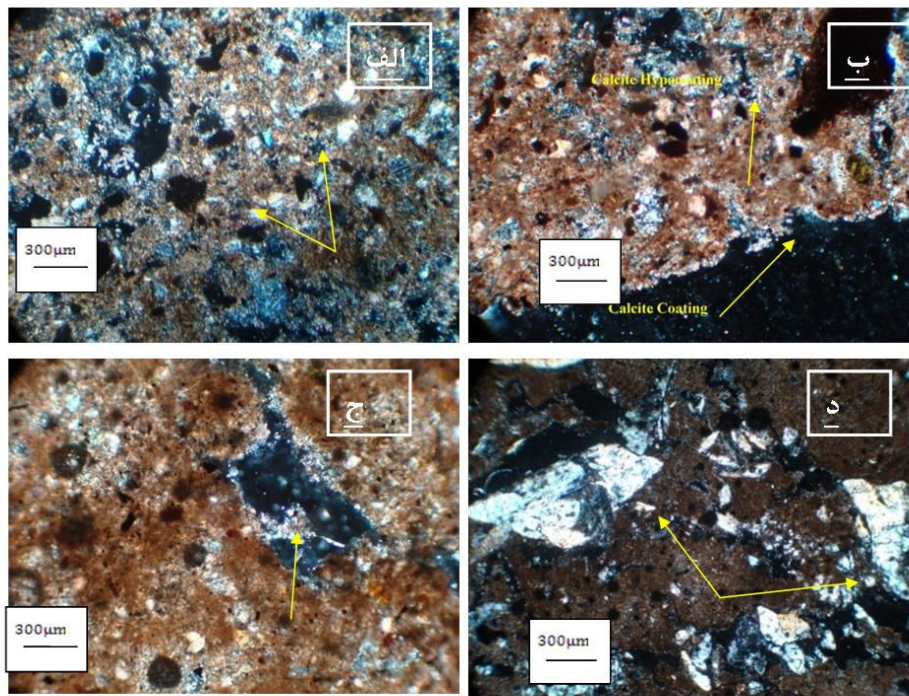
#### خصوصیات میکرومورفولوژی

تصاویر مقاطع نازک گرفته شده از افق By پروفیل ۱ (پهنه رسی غیر شور)، ذرات منفردی از گچ را نشان داده است (شکل ۴ الف). حضور کریستال‌های منفرد گچ به مقدار کم که هیچ‌گونه جهت‌گیری را نشان نمی‌دهند به منزله منشأ پدوژنیک این کانی است [۴۱]. در افق Bk این پروفیل، انباشت آهک در متن خاک بوده و منجر به تشکیل بی‌فابریک کلسیتیک کریستالیتیک شده است. پرشدگی‌ها و پوشش‌های کلسیتی را نیز از جمله

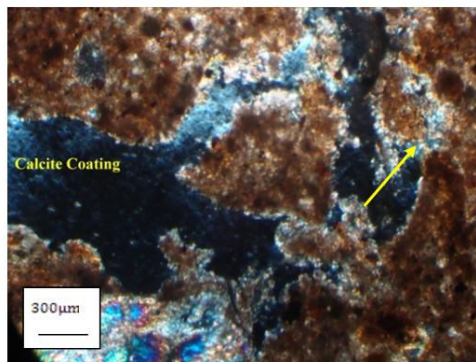
وجود کانی‌های کائولینیت و ایلیت در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، مربوط به وجود آن‌ها در مواد مادری است [۲۷]. این مطلب توسط محققان دیگری نیز در خاک‌های ایران و استان کرمان بیان شده است [۱۴، ۳۷ و ۳۹] اسمکتیت از جمله کانی‌هایی است که از تغییر شکل دیگر کانی‌ها مثل ایلیت در مناطقی که زهکشی مناسب دارند (پروفیل ۱) تشکیل می‌شود. در مناطقی که پست بوده و شرایط زهکشی نامناسب است، این کانی می‌تواند در خاک تشکیل و یا از دیگر مکان‌ها انتقال پیدا کند [۴۱]. حضور پالیگورسکایت در خاک‌های ایران مرکزی

مربوط به رسوبات دوران ترشیاری است. با از بین رفتن دریای تتیس در طی این دوران و ایجاد حوضه‌ها و مناطق پست، شرایط برای تشکیل این کانی فراهم شده است. این کانی در ایران می‌تواند به صورت اتوژنیک نیز ایجاد شود. از آن‌جا که بعد از رسوب گچ، فلیائیت، نسبت منیزیم به کلسیم و هم‌چنین میزان سیلیسیم افزایش می‌یابد، در نتیجه شرایط برای تشکیل پالیگورسکایت در محیط خاک فراهم می‌شود. همراهی این کانی با گچ در دشت‌های





شکل ۴. الف) تصویر XPL مقطع نازک افق By پروفیل ۱، ب و ج) تصویر XPL مقطع نازک افق Bk پروفیل ۱، د) تصویر XPL مقطع نازک افق Byz3 پروفیل ۲.



شکل ۵. تصویر XPL مقطع نازک افق 2Bz1 پروفیل ۵

زیاد از عوامل مؤثر در رشد بلورهای عدسی شکل گچ گزارش شده است [۱۱]. به طور کلی در مناطق پست، بافت ریز خاک، حفرات ریز و کمبود سنگریزه را می‌توان از عوامل تأثیرگذار در تشکیل این نوع بلورها دانست [۱۵]. کلرورسدیم هم‌چنین به عنوان یک ناخالصی شرایط مناسبی را برای تشکیل گچ‌های عدسی شکل فراهم می‌کند [۶]. در نتیجه انحلال و رسوب دوباره گچ عدسی شکل، صفحات درهم قفل شده گچ تشکیل می‌شوند [۱۵ و ۲۵]. تصاویر مقطع نازک افق 2Bz1 پروفیل ۵ وجود پوشش‌های

پدوفیچرهای موجود در این افق می‌توان نام برد (شکل ۴ ب و ج). با کاهش شیب و پست‌تر شدن منطقه (پهنه رسی شور، افق Byz3 پروفیل ۲)، بلورهای عدسی شکل و صفحات درهم قفل شده گچ، به صورت پرشدگی‌ها و مجموعه‌ای از بلورهای رشدیافته تشکیل شده است (شکل ۴ د). فوق اشباع بودن محلول خاک از سولفات کلسیم در حفرات کوچک خاک به مدت طولانی، موجب رشد بلورهای عدسی شکل گچ می‌شود [۴۱]. هم‌چنین نسبت بالاتر یون‌های کلسیم به سولفات در محلول خاک و دمای

آهکی را نشان می‌دهد (شکل ۵). این مقطع دارای بی‌فابریک کلسیتیک کریستالیتیک بوده که نشان‌دهنده انحلال و رسوب مجدد کربنات‌های کلسیم در محیط خاک است [۲۷].

جدول ۲. ویژگی‌های میکرومورفولوژیکی پروفیل‌های شاهد

پروفیل	افق	نسبت C/F	بی فابریک	پدوفیچر
۱	By	۲/۸ (۱۵ μm)	کلسیتیک کریستالیتیک و خرده بلوری	کریستال گچ
۱	Bk	۴/۶ (۲۰ μm)	حفره راستا، لکه ای موزائیکی و کریستالیتیک گچی	پوشش کلسیت، هایپو کوتینگ و کوازی کوتینگ کلسیت
۲	Byz3	۱/۹ (۱۵ μm)	کریستالیتیک گچی و حفره راستا	کریستال و بلورهای گچ، پرشدگی چگال و ناکامل گچ
۵	2Bz1	۵/۵ (۲۰ μm)	کلسیتیک کریستالیتیک، ذره راستا، خطی	پوشش کلسیت و کریستال های گچ

### نتیجه‌گیری کلی

سطوح بالادست (پدیمنت‌ها) طی حرکات آواری منتقل شده است، در نتیجه بلورهای آن خرد شده و بنابراین دستگاه پراش پرتو ایکس، پیک ضعیفی از آن را نشان می‌دهد. در عوض در سطوح پلایا پیک مربوط به کانی اسمکتیت شدت بیش تری نشان می‌دهد. در پلایا سطح آب زیرزمینی بالا بوده و رطوبت موجود می‌تواند منجر به ناپایداری پالیگورسکایت و تبدیل آن به کانی اسمکتیت شود. در سطوح پلایا مقاطع نازک مربوط به پهنه‌های رسی غیرشور و نوار مرطوب افزون بر وجود متن کریستالی آهکی خاک، تجمعات آهکی به صورت پوشش‌ها و پرشدگی‌ها نیز دیده می‌شود. مقاطع مربوط به پهنه‌های رسی شور نیز تجمعات گچ ثانویه را به صورت بلورهای عدسی شکل و صفحات درهم قفل شده‌ای از گچ نشان می‌دهد. دمای بالا، بافت ریز خاک و شوری زیاد از جمله عوامل مؤثر در تشکیل فرم عدسی شکل گچ می‌باشد.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مالی بخش خاک شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شید باهنر کرمان تشکر می‌گردد. ضمناً نویسندگان مقاله مایل به تشکر از سرکار خانم مهدوی، عضو محترم هیأت علمی بخش زمین شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان به دلیل همکاری در مطالعات میکرومورفولوژی می‌باشند.

با توجه به ارتباط و همبستگی خاک و ژئومورفولوژی هرگونه تغییر در شکل اراضی، به نوبه خود منجر به تغییر در خاک‌های مناطق مختلف می‌شود. پس از فرآیند کوه-زایی در اواخر کرتاسه، دریای تتیس از بین رفته و سطوح مختلف و دریاچه‌های کوچکی ایجاد شده که پلایا از جمله این سطوح پست است. منشأ املاح پلایا از سطوح بالادست بوده که به سطوح پست انتقال و با تبخیر در سطح خاک ترسیب نموده و املاح با حلالیت کم‌تر در اعماق پایینی رسوب می‌کنند. پلایای سیرجان (کفه نمک خیرآباد) دارای سطوح مختلف پلایایی است که این سطوح در نقاط مختلف خصوصیات متفاوتی را نشان می‌دهند. ترتیب قرارگیری این سطوح شامل پهنه‌های رسی غیرشور، پهنه‌های رسی شور، نوار مرطوب، پهنه‌های رسی شور همراه با سطوح پفکی و سله نمکی است. از پهنه‌های رسی غیر شور که اولین سطح پلایاست، به سمت پهنه‌های رسی شور و پفکی، سله نمکی منطقه پست‌تر شده و بر میزان شوری افزوده می‌شود. در سله نمکی، هالیت خالص نمایان است، با این وجود بافت خاک نیز سنگین‌تر می‌شود که به نوبه خود دلیلی بر پست‌تر شدن این ناحیه نیز می‌باشد. همچنین با افزایش شوری و پست‌تر شدن منطقه، از میزان ذرات کربنات کلسیم در خاک کاسته شده و گچ از حالت نقطه‌ای به شکل‌های اسفنجی و بلورین دیده می‌شود. همچنین از آنالیزهای کانی شناسی در منطقه مورد مطالعه کانی‌های کلریت، کائولینیت، ایلیت، اسمکتیت و پالیگورسکایت مشاهده شد. از آن‌جا که پالیگورسکایت در سطوح پلایایی پهنه رسی غیر شور در این منطقه، از

## References

- [1]. Abbaslou, H., & Abtahi, A., (2009). Mineralogy and micromorphology investigation of soils on calcareous, gypsiferous and saline material in Bakhtegan Lake margin, Fars Province, The 11<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress, 456-457, (in Farsi).
- [2]. Abrahams, A. D., & Parsons, A. J., (1994). *Geomorphology of Desert Environment*. 1<sup>st</sup> edition: Champan & Hall, London.
- [3]. Abtahi, A. (1977). Effect of a saline and alkaline groundwater on soil genesis in semi-arid southern Iran. *Soil Science Society of American Journal*, 41,583-688.
- [4]. Abtahi, A. (1980). Soil genesis as affected by topography and time in highly calcareous parent materials under semi-arid conditions of Iran. *Soil Science Society of American Journal*, 41, 329-336.
- [5]. Alonso, P., Dorronsoro, C., & Egido, J. A. (2004). Carbonatation in paleosols formed on terraces of the Tormes river basin (Salamanca, Spain). *Geoderma*, 118, 261-276.
- [6]. Amit, R., & Yaalon, A. D. (1996). The micromorphology of gypsum and halite in reg soils: the Negev desert, Israel. *Earth Surface Processes Landforms*, 21, 1127-1143.
- [7]. Baghernejad, M. (2000). Variation in soil clay minerals of semi-arid regions of Fars province, Iran. *Agriculture Resources*, 19,165-180.
- [8]. Banaie, M. H. (1998). Soil moisture and temperature regimes map of Iran. Soil and Water Reaserch institute of Iran, (in Farsi).
- [9]. Briere, P. R. (2000). Playa, palaya lake, sabkha: Proposed defenitinsfor old terms. *Journal of Arid Environments*, 45, 1-7.
- [10]. Buol, S. W., Hole, F. D., & McCracken, R. J. (1989). *Soil genesis and classification*. 4<sup>th</sup> edition: Iowa State University Press, Ames.
- [11]. Cody, R. D., & Cody, A. M., (1988). Gypsum nucleation and crystal morphology in analog saline terrestrial environments. *Journal Sedimentary Petrology*, 58, 247-255.
- [12]. Coude-Gausser, C. (1987). Observation au MEB de fibers de palygorskite transportee engrains par le vent. In: Federoff, N., Bresson, L. M., Courty, M. A., (Eds.), *Micromorphologie des sols*. Association francaise pour Etude du sol, Paris pp. 199-205.
- [13]. Elprince, A. M., Mashhad, A. S., & Aba-Hussein, M. M. (1997). The occurrence of pedogenicpalygorskite (attpulgite) in soils of Saudi Arabia. *Soil Science*, 128, 211-218.
- [14]. Farpoor, M. H., Khademi, H., & Eghbal, M. K. (2002). Genesis and distribution palygorskite and associated clay minerals in Rafsanjan soils on different geomorphic surfaces. *Iran Agriculture Resources*, 21,39-60, (in Farsi).
- [15]. Farpoor, M. H., Eghbal, M. K., & Khademi, H., (2003). Genesis and micromorphology of saline and gypsiferous Aridisols on different geomorphic surfaces in Nough area, Rafsanjan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 7(3), 71-93 ( in Farsi).
- [16]. Farpoor, M. H., Khademi, H., Eghbal, M. K., & Krouse, H. R. (2004). Mode of gypsum in south eastern Iran soils as revealed by isotopic composition of crystallization water. *Geoderma*, 121, 233-242.
- [17]. Farpoor, M. H., & Krouse, H. R. (2008). Stable isotope geochemistry of sulfur bearing minerals and clay mineralogy of some soils and sediments in Loot Desert, Central Iran. *Geoderma*, 146, 283-290.
- [18]. Farpoor, M. H., Neyestani, M. Eghbal, M. K., & Esfandiarpour Borujeni, I. (2012). Soil-geomorphology relationships in Sirjan playa, south central Iran. *Geomorphology*, 138, 223-230.
- [19]. Fazeli, S., Abtahi, A., & Maria poch, R. (2009). Micromorphological study of gypsiferous profiles in Joyum region of Larestan, Fars province, The 11<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress, 480-482, (in Farsi).
- [20]. Gee, G., Bauder, W. (1986). Particle size analysis. P. 388-409. In: A. Klute (Ed.), *Methods of soil analysis*. Part 1. 2 nd ed., Agron. Monger, No. 9. ASA and SSSA. Madison, WI, 388-409.
- [21]. Gharaee, H. A., & Mahjoory, R. A. (1984). Characteristics and geomorphic relationship of some representative Aridisols in southern Iran. *Soil Science Society of American Journal*, 48, 115-119.
- [22]. Hardie, L. A., Smoot, J. P., & Eugster, H. P. (1978). Saline lakes and their deposits: a sedimentological approach. In: Matter, A., Tucker, M.E. (Eds.), *Modern and ancient Lake sediments*. International Association of Sedimentologists Special Publication, 2, 7- 41.

- [23]. Jackson, M. L. (1975). Soil chemical analysis-advanced course University of Wisconsin College of Agriculture, Department of Soils Science, Madison, WI.
- [24]. Jafari, S., & Cherm, M. (2009). Investigation of dominant soil clay minerals originated from Fars group geological formations. The 11<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress, p 410 (in Farsi).
- [25]. Khademi, H., & Mermut, A. R. (1998). Source of polygorskitegypsiferous Aridisols and associated sediments from Central Iran. *Clay minerals*, 33, 561-57.
- [26]. Khormali, F., & Abtahi, A. (2003). Origin and distribution of clay minerals in soils of different climatic regions of Fars Province. The 8<sup>th</sup> Iranian Soil science Congress, 1, 127-129 (in Farsi).
- [27]. Khormali, F., & Abtahi, A. (2003). Origin and distribution of clay minerals in calcareousaridand semi-arid soils of Fars Province, southern Iran. *Clay Minerals*, 38, 511-527.
- [28]. Khormali, F., Abtahi, A., & Owliaie, H. R. (2005). Late Mesozoic Cenozoic claymineral succession of Southern Iran and their palaeoclimatic implication. *Clay Minerals*, 40, 191- 203.
- [29]. Khormali, F., Abtahi, A., & Stoops, G. (2006). Micromorphology of calcitic features in highly calcareous soils of Fars Province, Southern Iran. *Geoderma*, 132, 31-46.
- [30]. Kittric, J. A., & Hope, E. W. (1963). A procedure for the particle size separation of soil for X-ray diffraction analysis. *Soil Science Society*, 96, 312-325.
- [31]. Krinsley, D. B. (1968). Geomorphology of three kavirs in northern Iran, Air Force Cambridge Laboratories Environmental Reaserch Papers 283.
- [32]. Krinsley, D. B. (1970). A geomorphological and paleoclimatological study of the playas of Iran. Geological Survey U.S. Department of Interior, Washington D.C., 486 pp.
- [33]. Langbein, W. S. (1961). Salinity and hydrology of closed lakes. Geological Survey Professional Paper 412, 20 pp.
- [34]. Mahjoory, R. A. (1975). Properties of soil in arid regions of Iran. *Soil Science Society of America Proceeding*, 39,1157-1164.
- [35]. Mahjoory, R. A. (1979). The nature and genesis of some salt-affected soils in Iran. *Soil Science Society of American Journal*, 43, 1019-1024.
- [36]. Millot, G. (1970). Geology of clays, Mosson et al Cie, Paris.
- [37]. Moazallahi, M., & Farpoor, M. H. (2012). Soil genesis and clay mineralogy along xeric-aridicclimotoposequence in South Central Iran. *Journal of Agriculture Science Technology*, 14, 683-696.
- [38]. Mohammadi, M. (2006). Agricultural soil science, Sepehr publication Co., Iran (in Farsi).
- [39]. Nadimi, M. (2009). Soil genesis and classification in Mahan-Joopar area, Kerman Province. MSc. thesis, Shahid Bahonar University of Kerman (in Farsi).
- [40]. Nelson, D. W., Sommers, L. E. (1982). Total Carbon, Organic matter. P. 539-577. In: A. L. Page et al. (Ed.), Method of Soil Analysis. Part 2. 2<sup>nd</sup> ed., Agron. Monger. No. 9. ASA and SSSA. Madison, WI.
- [41]. Owliaie, H. R., Abtahi, A., & Heck, R. J. (2006). Pedogenesis and clay mineralogical investigation of soils formed on gypsiferous and calcareous materials, on a transect, Southwestern Iran. *Geoderma*, 134, 62-81.
- [42]. Paquet, H., & Millot, C. (1972). Geochemical evolution of clay minerals in the weathered products and soils of Mediterranean climates. In: Procmt. Clay Conference Madrid, Spain, pp. 199-202.
- [43]. Rezaeinejad, R., Abtahi, A., Zeynadini, A., Shah Nazari, S., & Zare, S. (2009). Morphological, clay mineralogy, physic chemical properties and classification of soils under pistachio cultivation in Sirjan plain (Kerman province), The 11<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress, 562-563 (in Farsi).
- [44]. Rosen, M. R. (1994). The importance of groundwater in playas: a review of playa classifications and the sedimentology and hydrology of playas. In: Rosen, M. R. (Ed.), Palaeoclimateand basin evolution of playa systems: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper, 289,1 –18.
- [45]. Roy, P. D., Nagar, Y. C., Juyal, N., Smykatz-Kloss, W., & Singhvi, A. K. (2009). Gechemmical signatures of Late Holoceenepaleo-hydrological changes from Phulera and Porkhan saline playas near the

eastern and western margins of the Thar Desert, India. *Journal of Asian Earth Science*, 34, 275-286.

[46]. Salama, R. B., (1997). Geomorphology, geology and palaeohydrology of the Salt River System. W. Australia. *Australian Journal of Earth Sciences*, 44, 751- 765.

[47]. Shadfani, H., & Mashhadi, A. S., (1985). Distribution of palygorskite in sediments and soils of eastern Saudi Arabia. *Soil Science Society of American Journal*, 49, 243-250

[48]. Soil science and soil fertility institute, (1968). Reconnaissance study of Abick-Karaj soils, Report number 298. Soil and Water Institute of Iran (in Farsi).

[49]. Soil Survey Staff. (2010). Keys to Soil Taxonomy 11<sup>th</sup> edition, USDA, Natural Resource Conservation Service, Washington, DC. 346 P.

[50]. Stoops, G. (2003). Guidelines for the analysis and description of soil andregolite thin sections, SSSA, Madison, WI. 182p.

[51]. Toomanian, N., Jalalian, A., & Eghbal, M. K. (2001). Genesis of gypsum enriched soils in north-west Isfahan, Iran. *Geoderma*, 99, 199-224.

[52]. Velde, B. (1995). Origin and mineralogy of clays. *Clay and the Environment*: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.

[53]. World Soil Resource Reports International Society of Soil Science, (2007). World Reference Base of Soil Resources, Italy, Rome.

[54]. Zaabuou, N., Abdeljaouad, S., & Lopez-Galindo, A. (2005). Origin of fibrous clays in Tunisian paleogene continental deposits. *Journal of African Earth Sciences*, 43, 494-504.

## Genesis, clay mineralogy and micromorphology of saline-gypsiferous soils in Kheirabad playa, Sirjan

1- M. Neyestani, MSc. of Soil Science, Shahid Bahonar University of Kerman

2- M. H. Farpoor, Associate professor, Soil Science Department, Shahid Bahonar University of Kerman  
farpoor@uk.ac.ir

Received: 14 Aug 2012

Accepted: 27 Apr 2014

### Abstract

Playa is an important landform in desert environments and covers an extensive area in this type of ecosystem. Playa landform is composed of different geomorphic surfaces. After orogenic activities and evaporation of water bodies remained from Thetis Sea, playa was formed and various evaporite minerals were precipitated. Minerals with lower solubility precipitated in upper parts were the origin of minerals for lower positions. Kheirabad saline-gypsiferous playa in Kerman Province was selected to study physicochemical, clay mineralogy, and micromorphological properties. Clay flat, puffy ground clay flat, wet zone and salt crust are among geomorphic surfaces identified by field studies and Google Earth images in Kheirabad playa. Electrical conductivity at non-saline clay flats varied between 2.8 to 32.2 dS/m. Smectite, illite, palygorskite and kaolinite were detected in this geomorphic surface. Euhedral gypsum crystals and calcite coatings were observed in gypsic and calcic horizons of this position, respectively. Electrical conductivity in saline clay flats varied between 33.5 to 160 dS/m. Lenticular and interlocked plates of gypsum were among secondary gypsum crystals identified in this geomorphic surface using micromorphology. Maximum EC (314 dS/m) was investigated in puffy ground clay flat which is attributed to capillary movement of saline groundwater. Illite, palygorskite, smectite, and kaolinite clay minerals together with calcitic crystalline fabric were found in wet zone geomorphic surface. Electrical conductivity and percentage and size of gypsum crystals increased from upslope positions toward the center of the playa, but no such a trend was found for clay minerals.

**Keywords:** Clay flats; Puffy ground surfaces; Lenticular gypsum crystal; Palygorskite; Iran.