

# بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به همراه میکرومورفولوژی خاک‌های با منشأ آهک و گچ بر روی واحدهای مختلف زمین نما<sup>۱</sup> (مطالعه موردی: استان لرستان، الشتر)

کلثوم رحمان سالاری<sup>۱</sup>، محمد امیر دلاور<sup>۲</sup>، مهرداد اسفندیاری<sup>۳\*</sup> و ابراهیم پذیرا<sup>۴</sup>

(۱) دانشجوی دکتری پیدایش و رده‌بندی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
(۲) دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.  
(۳) استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
(۴) استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
\* ایمیل نویسنده مسئول: mehrdadesfandiari8@gmail.com

## چکیده:

**زمینه و هدف:** استفاده مطلوب و پایدار از خاک در صورتی امکان‌پذیر است که شناخت صحیح و کامل از خصوصیات آن داشته باشیم. این پژوهش به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکرومورفولوژی خاک‌های تشکیل شده بر روی یک ترانسکت در منطقه نیمه‌خشک منطقه الشتر استان لرستان انجام شد.

**مواد و روش:** برای انجام این پژوهش، ۵ خاک‌رخ در امتداد یک ترانسکت در جهت شیب (فلات)، واریزه‌های بادبزی شکل و دشت دامنه‌ای، در منطقه شناسایی و بر اساس نوع مواد مادری به واحدهای فیزیوگرافی مختلف تقسیم شدند. در هر واحد فیزیوگرافی، یک خاک‌رخ حفرة، تشریح و نمونه‌برداری شد. خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکرومورفولوژی نمونه‌های خاک تعیین و در نهایت خاک‌ها با استفاده از سیستم رده‌بندی آمریکایی و طبقه‌بندی جهانی رده‌بندی شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که مقادیر کم ماده آلی در سطح و اعماق خاک به واسطه شدت تجزیه بالای این مواد در این مناطق است. کربنات کلسیم معادل در تمام خاک‌رخ‌ها روند افزایشی را با عمق نشان داد. بررسی مقاطع نازک نشان داد که از نظر نوع حفرات و پراکنش نسبی ذرات درشت به ذرات ریز (C/F) تفاوتی زیادی بین افق‌ها وجود ندارد. حفرات صفحه‌ای، وگی و کانالی بیش‌ترین حفرات این خاک-رخ‌ها را تشکیل داده بودند. انباشت آهک به شکل‌های گوناگون مانند پوشش، پر شدگی، آهک سوزنی و نودول‌های آهکی دیده شد که بیانگر ثانویه بودن آهک می‌باشد و سبب ایجاد بی فابریک از نوع کلسیت کریستالیک شده است. ریز ساختمان دیده شده در بیشتر افق‌ها از نوع مکعبی زاویه‌دار و بدون زاویه بود. همچنین صفحات درهم قفل شده گچ در افق Bky در واحد فیزیوگرافی فلات گچی دیده شد. با توجه به وجود گچ پدوژنیک در خاک‌های منطقه و اهمیت افق جیسیک در سیستم طبقه‌بندی خاک و تأثیر مهم آن بر رشد گیاهان، می‌توان پیشنهاد کرد که زیر گروه بزرگ جدیدی در زیر رده Xerepts، تحت عنوان Gypsic Calcixerpts در سیستم رده‌بندی خاک گنجانده شود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج پژوهش نمایانگر نقش مهم پستی بلندی و مواد مادری در تغییرپذیری خصوصیات خاک‌ها می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** خاک‌های گچی و آهکی، واحدهای فیزیوگرافی، عوارض خاک‌ساخت، میکرومورفولوژی



شاپا چاپی: ۲۲۵۱-۷۴۸۰

شاپا الکترونیکی: ۲۲۵۰-۷۴۰۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:

<https://wsrj.srbiau.ac.ir>

پست الکترونیک:

[iauwsrcj@srbiau.ac.ir](mailto:iauwsrcj@srbiau.ac.ir)

[iauwsrcj@gmail.com](mailto:iauwsrcj@gmail.com)

سال یازدهم

شماره چهار

تابستان ۱۴۰۱

تاریخ دریافت:

۱۴۰۰/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۰/۰۸/۰۳

صفحات: ۱-۱۴



میانگین (and Gwari, 2014; Shiau et al., 2018) ظرفیت نگهداشت آب قابل استفاده Maniyunda and (Gwari, 2014) از قسمت بالای شیب به سمت پایین شیب افزایش می‌یابد. علاوه بر این در پژوهش‌های دیگر همبستگی بین ویژگی‌های قسمت‌های مختلف شیب و اغلب پارامترهای شیمیایی خاک مانند pH خاک (Maniyunda and Gwari, 2014; Imadojemo et al., 2017), کربن آلی خاک (Etedali Dehkordi et al., 2018). گزارش شده است. یکی از روش‌های مهم و حتی شاید ضروری در مطالعه خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مطالعات میکرومورفولوژی می‌باشد. علاوه بر خصوصیات ظاهری، بسیاری از پدیده‌ها و فرآیندهای تشکیل خاک در اندازه درشت دارای وضوح کافی نبوده و از این رو میکرومورفولوژی مطمئن‌ترین روش برای تشخیص فرآیندهای پیچیده در خاک است (Khormali and Abtahi, 2003). در تحقیقی کمپ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۳). با بررسی میکرومورفولوژیک توالی لس-پالئوسول در آرژانتین، پراکنش عمقی میکروساختمان، پوشش‌های رسی و کربنات‌های ثانویه را سه نوع از مهم-ترین ویژگی‌های میکرومورفولوژیک بیان نمودند. باهورزی و همکاران (۱۳۹۵) در منطقه کوه بیرک شهرستان مهرستان در استان سیستان و بلوچستان چگونگی تشکیل و تکامل خاک را در سطوح مختلف ژئومورفیک بررسی کردند. بررسی‌های میکرومورفولوژی نشان دهنده وجود پوشش رس و پوشش<sup>۲</sup> و پرشدگی آهک<sup>۳</sup> در سطح پدیمت سنگی، پرشدگی آهک در سطح مخروطه افکنه و صفحات درهم قفل شده<sup>۴</sup> گچ در سطح پدیمت پوشیده و تراس بالایی در منطقه بود. نتایج پژوهش آن‌ها نمایانگر نقش مهم زمین نما در تغییرپذیری ویژگی‌های خاک‌های منطقه مورد بررسی است. در تحقیقی اوولئی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی

در زندگی برخاسته از خاک، اندیشیدیدن به جهانی بدون خاک ناشدنی است. زیرا گیاهان، جانوران و همه انسان‌ها را نیستی می‌کشاند. احتیاجات بشر با تمام تنوع و گوناگونی‌هایش همه از خاک تأمین می‌شود. استفاده مطلوب و پایدار از خاک در شرایطی امکان‌پذیر خواهد بود که آشنایی کامل و شناخت صحیح از ویژگی‌های آن وجود داشته باشد (Nazari, 2003). خاک حاصل اثر متقابل پنج عامل خاک‌ساز یعنی سنگ مادر، اقلیم، موجودات زنده، توپوگرافی و زمان می‌باشد (Jafari and Sarmadian, 2005). خاک و سطوح ژئومورفیک اثر متقابل بر هم دارند بدین معنی که نه تنها سطوح ژئومورفیک به درک فرآیندهای خاک‌سازی کمک می‌کند بلکه خاکشناسی نیز در بررسی فرآیندهای تکامل اشکال اراضی مهم است. خاک به موقعیت سطوح ژئومورفیک بسیار مرتبط می‌باشد و اگر در بررسی‌های تشکیل و طبقه‌بندی خاک مفاهیم ژئومورفولوژی لحاظ شود فرآیندهای تشکیل خاک بهتر درک می‌شوند (Graham and Boul, 1990). سطوح ژئومورفیک بخشی از زمین‌نما هستند که به صورت اختصاصی در مکان و زمان با مرزهای جغرافیایی مشخص تعریف شده‌اند (Gouid, 2004) که دارای انواعی نظیر پدیمت سنگی، مخروطه افکنه، تراس بالایی و ... می‌باشد. توپوگرافی و پستی بلندی یکی از مهم‌ترین عوامل خاک-ساز می‌باشند که به علت تأثیر بر روابط رطوبتی خاک، شدت جابجایی مواد در اثر شیب، تغذیه گیاهان و پوشش گیاهی، ارتفاع و وضعیت شیب نسبت به نور آفتاب، اختلاف مواد معدنی، عمق آب زیرزمینی، شرایط جریان آب سطحی، توزیع کانی‌های رسی و عناصر غذایی بر پیشرفت خاک‌سازی و تغییرات در خاک و ضخامت آن اثر می‌گذارد (Jafari and Nadian, 2014). پژوهش‌های گسترده‌ای اثرات توپوگرافی بر بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژی، فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها را نشان داده‌اند. بر اساس نتایج موجود، ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند توزیع رس با عمق و همچنین مقدار شن (Maniyunda

<sup>1</sup> Kemp

<sup>2</sup> Coatings

<sup>3</sup> Infilling Coatings

<sup>4</sup> Interlocked

<sup>5</sup> Owliaie

و ۵۵ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. میانگین ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۶۰۰ متر است. بر اساس داده‌های هواشناسی ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۵) ایستگاه هواشناسی الشتر، میانگین بارندگی و درجه حرارت سالانه این منطقه به ترتیب ۴۸۳ میلی‌متر و ۱۲/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و بر اساس محاسبات برنامه کامپیوتری نیوهال، رژیم‌های رطوبتی و حرارتی این منطقه به ترتیب زیریک خشک و مزیک می‌باشد (Van Wambek, 2000). از نظر تقسیمات زمین‌شناسی ایران، منطقه مطالعاتی بر روی رسوبات واقع شده است. این تشکیلات رسوبی متشکل از سنگ آهک‌های مارنی دوران پلیوسن و سنگ آهک‌های مارنی خاکستری دوران میوسن می‌باشند که دارای تشکیلات حاوی ترکیبات گچ هستند (سایت زمین‌شناسی ایران، ۱۳۹۱). شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه را در کشور و استان در طول یک ترانسکت نشان می‌دهد.

در این تحقیق، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و عکس هوایی منطقه مورد مطالعه که بر روی یک لندسکیپ قرار گرفته، انتخاب شد. پنج خاک‌رخ که بیانگر تنوع مواد مادری و توپوگرافی در منطقه بود، مشخص و در سطوح ژئومورفیک مختلف یک خاک‌رخ شاهد حفر شد. خاک‌رخ یک و سه در فلات با مواد مادری آهکی و گچی، خاک‌رخ دو در فن‌های واریزه‌ای شکل و خاک‌رخ چهار و پنج در قسمت بالایی و پایینی دشت دامنه‌ای حفر شدند. با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی و چگونگی قرار گرفتن افق‌های ژنتیکی و همچنین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و تعاریف موجود در سامانه آمریکایی رده‌بندی خاک‌ها، افق‌های مشخصه سطحی و زیرسطحی تعیین شدند. در نهایت خاک‌رخ‌های مورد نظر پس از حفر بر اساس مشاهدات ثبت شده در برگه‌های تشریح استاندارد (Soil Survey Staff, 2014) و نتایج آزمایشگاهی، طبق کلید تاکسونومی خاک (Soil Survey Staff, 2014) تا سطح زیر گروه و سیستم طبقه‌بندی (WRB, 2015) تا سطح دوم نام‌گذاری شدند.

میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه نیمه‌خشک دهدشت و چرام در جنوب غربی ایران، پوشش و پرشدگی حفرات از بلورهای گچ و آهک و همچنین وجود نودول‌های اکسید آهن و منگنز را عوارض خاک‌ساخت غالب دیده شده در این خاک‌ها مشاهده کردند. اعتدالی دهکردی و همکاران (۱۳۹۷) در منطقه چلگر چهارمحال بختیاری تجمع آهک را به شکل‌های گوناگون از جمله پوشش، پرشدگی، آهک سوزنی<sup>۱</sup> و نودول آهکی<sup>۲</sup> مشاهده کردند که بیانگر ثانویه بودن آهک است. کریمی دهکردی و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی میکرومورفولوژی خاک‌های لردگان استان چهارمحال بختیاری به این نتیجه رسیدند که حفرات صفحه‌ای<sup>۳</sup>، وگ‌ها<sup>۴</sup> و حفرات به هم مرتبط<sup>۵</sup> بیش‌ترین حفرات این خاک‌ها را تشکیل داده بودند. بی فابریک و ریز ساختمان دیده شده در همه افق‌ها به ترتیب از نوع کریستالیک و مکعبی بدون زاویه بود و در همه افق‌ها به جز افق مربوط به شانه شیب و شیب پستی با کاربری دیم پوشش رسی و آهکی دیده شد. بنابراین از آنجایی که اطلاعات بسیار کمی در خصوص نحوه تشکیل، طبقه‌بندی و ویژگی‌های خاک‌های آهکی و گچی در منطقه غرب ایران وجود دارد. این پژوهش برای دستیابی به اهداف زیر انجام شد: ۱- بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه ۲- مطالعه ویژگی‌های میکرومورفولوژیک برای تشریح دقیق‌تر فرآیندهای پدوژنیک ۳- بررسی اثر سطوح مختلف ژئومورفیک بر ویژگی‌های رده‌بندی خاک‌ها در امتداد یک ردیف پستی و بلندی در منطقه نیمه‌خشک الشتر استان لرستان.

#### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در غرب کشور در ۳۵ کیلومتری شهرستان خرم‌آباد بین ۴۸ درجه و ۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۳ درجه

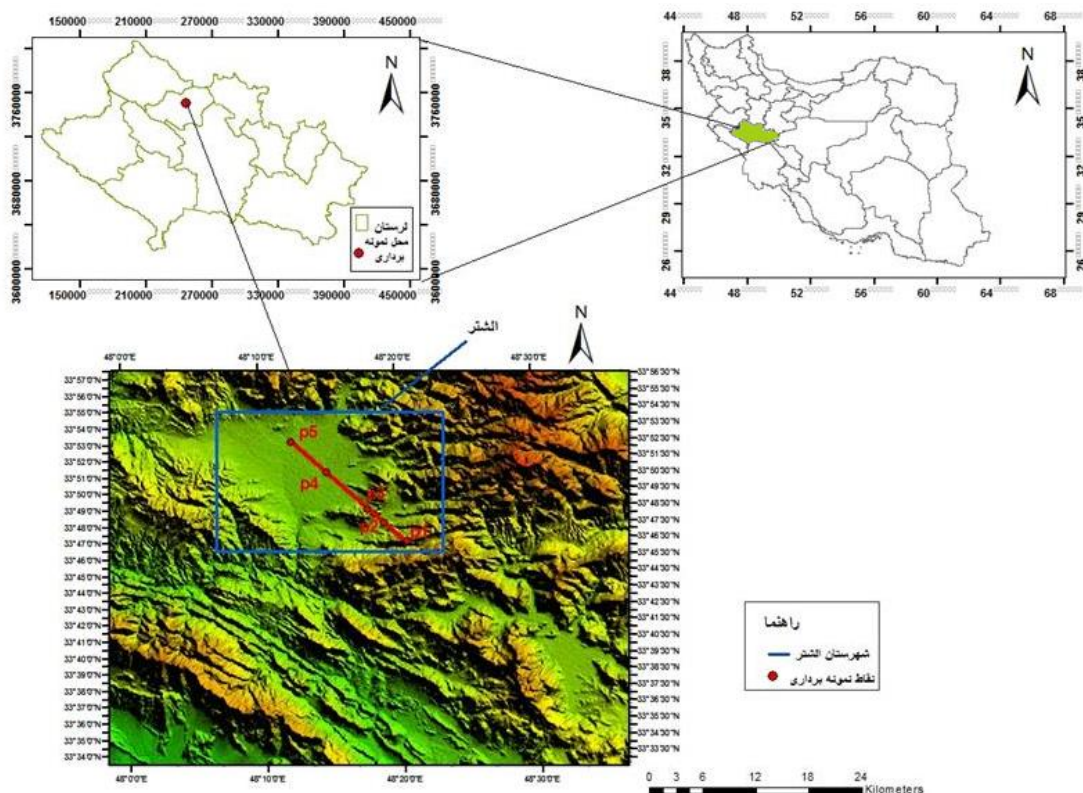
<sup>1</sup> Needs Shaped Calcite

<sup>2</sup> Nodules Calcite

<sup>3</sup> Plane

<sup>4</sup> Vugh

<sup>5</sup> packing Voids



شکل ۱. موقعیت خاک‌رخ‌های مشاهداتی در منطقه مورد مطالعه، استان و کشور

### تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی

در این بررسی پس از نمونه‌برداری و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، در مجموع تعداد ۳۵ نمونه خاک از افق‌های ژنتیکی مختلف جمع‌آوری و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی لازم مانند توزیع اندازه ذرات خاک با روش هیدرومتر (Gee and Bauder, 1986)، پ اچ خاک در خمیر اشباع با دستگاه pH سنج و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با دستگاه هدایت سنج الکتریکی مدل جن وی، کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون برگشتی (Nelson, 1982)، گچ با روش ترسیب با استون (Nelson, 1982)، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با روش جایگزینی کاتیون‌ها با استات سدیم نرمال در پ اچ ۸/۲ (Chapman, 1965) و میزان کربن آلی با روش اکسیداسیون تر (Walkley and Black, 1934) اندازه‌گیری شدند.

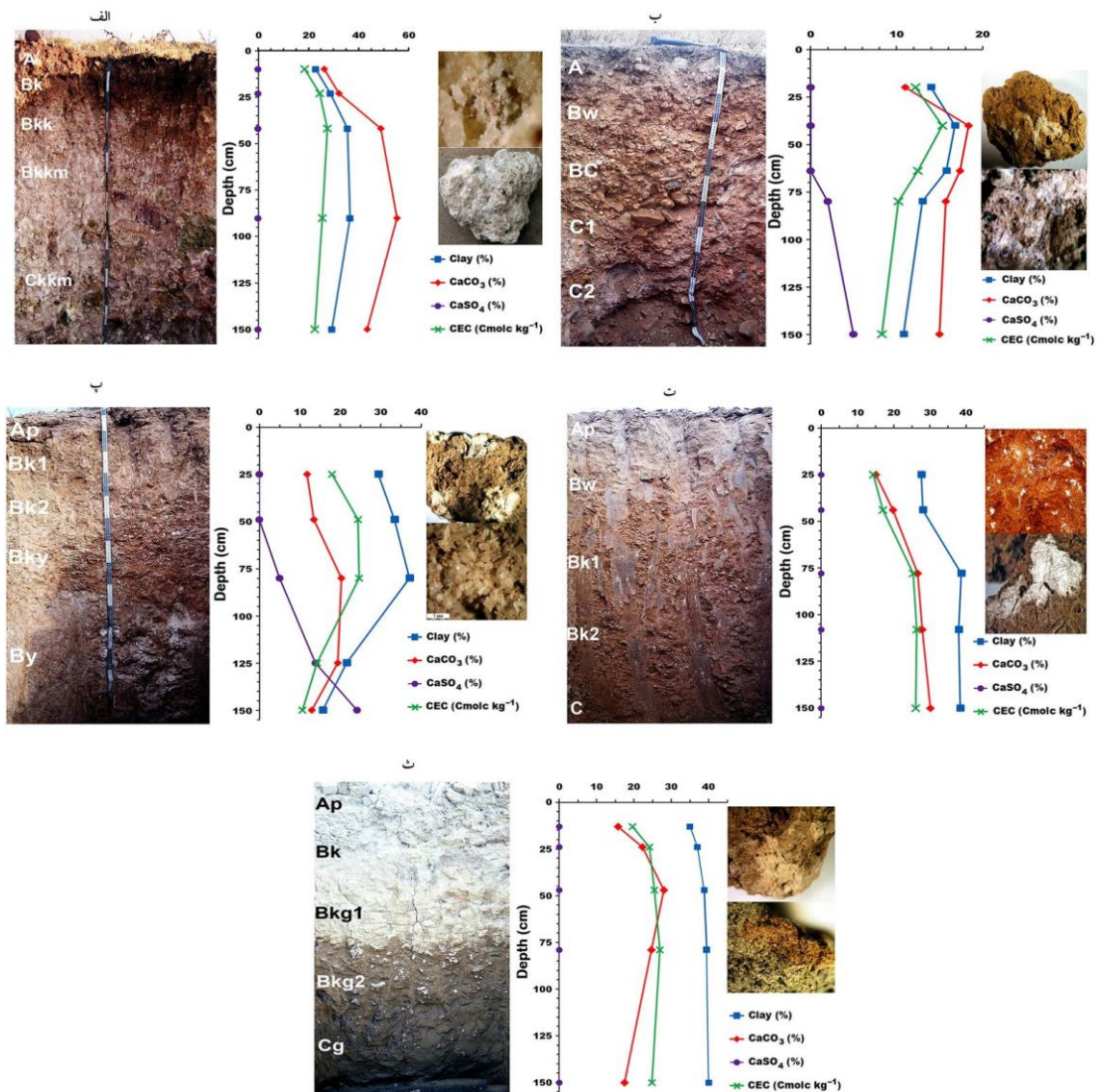
### مطالعات میکرومورفولوژی

برای بررسی‌های میکرومورفولوژی، از نمونه‌های دست نخورده خاک استفاده شد. پس از هوا خشک شدن، تلقیح نمونه‌ها توسط رزین پلی استر انجام شد. پیش از تلقیح ۵ قطره سخت کننده اسید استاریک و حدود سه قطره کبالت به‌عنوان کاتالیست اضافه شد. نمونه‌ها پس از گذشت تقریباً دو هفته سخت شدند و توسط دستگاه برش، بریده شدند. سپس با پودرهای کاربرد دوم ضخامت نمونه‌ها به حدود ۳۰ میکرون رسانده شدند. این ضخامت با کمک میکروسکوپ پلاریزان در دو حالت نور پلاریزه صفحه‌ای (PPL) و متقاطع (XPL) مورد مطالعه قرار گرفت. تشریح و تفسیر مقاطع نازک بر اساس تعاریف و واژه‌های استوپس (Stoops, 2003) انجام گرفت. برای مشاهدات میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه‌های دست نخورده‌ی کوچک را بر روی پایه‌های آلومینیومی چسبانده و پس از پوشش نازک با طلا با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل Jeol 6400 عکس‌برداری شدند.

## نتایج و بحث

**نتایج ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌های منطقه مورد مطالعه**  
 نتایج برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و طبقه‌بندی بندی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه در دو سیستم رده‌بندی تاکسونومی و WRB در سطوح مختلف ژئومورفولوژیک در جدول (۱) ارائه شده است. یکی از مهم‌ترین فاکتورهای کیفیت خاک اندازه‌ی کربن آلی خاک است. تفاوت در مقدار کربن آلی می‌تواند در گردش عناصر غذایی تأثیر مهمی داشته باشد. نتایج نشان داد در همه‌ی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه مقدار کربن آلی خاک از سطح به عمق کاهش یافته و بیش‌ترین مقدار آن در افق Ap (خاک‌رخ چهار) ۱/۳۶ درصد و کم‌ترین مقدار آن در افق

C<sub>2</sub> (خاک‌رخ دوم)، ۰/۱۳ درصد دیده شد؛ که می‌توان دلیل آن را وجود ریشه و بقایای گیاهی در افق‌های سطحی در آن‌ها بیان نمود. نتیجه مشابهی به‌وسیله دیگر پژوهش‌گران گزارش شده است (اعتدالی دهکردی و همکاران، ۱۳۹۷). قابلیت هدایت الکتریکی (EC) خاک کم بوده و در خاک‌رخ‌های دارای افق جیسیک (خاک‌رخ دو و سه) مقادیر قابلیت هدایت الکتریکی با عمق افزایش یافته است. پ‌اچ خاک بین ۷/۷-۸/۰ متغیر بوده و در تعادل با مقادیر کربنات کلسیم معادل در خاک است. همان‌طور که جدول ۱ آمده است بافت خاک از لوم شنی (خاک‌رخ دو) به لوم رسی (خاک‌رخ یک، سه، چهار و پنج) متغیر بوده است.



شکل ۲. روند تغییرات عمقی مقادیر رس، کربنات کلسیم معادل، گچ و ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک‌رخ‌های مورد مطالعه. (الف) خاک‌رخ یک (فلات آهکی)، (ب) خاک‌رخ دو (فن واریزه‌ای)، (پ) خاک‌رخ سه (فلات گچی)، (ت) خاک‌رخ چهار (دشت دامنه‌ای)، (ث) خاک‌رخ پنج (دشت دامنه‌ای)

شد (شکل ۲-ب). مقدار گچ ثانویه با مقادیر بسیار کم دو تا پنج درصد در خاک‌رخ دو دیده شد. در خاک‌رخ سه میزان گچ خاک با عمق روند افزایشی نشان داد، به طوری- که بیش‌ترین مقدار تجمع گچ در اعماق ۱۲۵ تا ۱۵۰ سانتی‌متر، ۲۴/۲ درصد در افق Bky خاک‌رخ سه دیده شد و در اعماق سطحی مقادیر آن بسیار ناچیز بود. به‌طور کلی، چهار منشأ عمده برای حضور گچ در خاک وجود دارد. منبع اصلی برای تشکیل گچ در خاک، کلسیم و سولفات می‌باشد. تشکیل گچ در خاک‌ها به فاکتورهای زیادی مانند اختلاف بارش و تبخیر سالانه، وجود منابع گچ در مواد مادری، تخلخل خاک، نوسانات تراز آب زیرزمینی وابسته است (Buck and Van Hosen, 2002). پاشایی و منافی (۱۳۹۵) در پژوهشی بیان نمودند که منشأ خاک‌ساز، گچ می‌تواند در نتیجه فراهم بودن شرایط محیطی مانند تبخیر از دریاچه‌ها، تبلور کانی‌های تبخیری به‌ویژه گچ در اثر تبخیر آب سواحل دریاچه‌ها رخ داده باشد.

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها از ۱۰/۶ تا ۲۷/۵ سانتی مول بار بر کیلوگرم خاک متغیر بود. پیش‌بینی می‌شود، مقادیر زیاد رس منجر به افزایش مقادیر CEC شده است. مقادیر کربنات کلسیم معادل خاک‌های مورد بررسی متغیر بوده و در محدوده بسیار آهکی (بالتر از ۵۶ درصد) در افق Bkk خاک‌رخ یک تا کمی آهکی (کمتر از ۱۱ درصد) (Soil Survey Staff, 2014) در خاک‌رخ دو بود (شکل ۲-الف-ب).

از مهم‌ترین ویژگی‌های پدوژنیک در خاک‌رخ‌های مورد مطالعه انتقال و آبشویی کربنات‌ها (شکل ۲-الف، ب)، گچ (شکل ۲-ب) و ویژگی‌های ردوکسی مورفیک (شکل ۲-ث) بودند. رسوب کربنات کلسیم در مقادیر مختلف از جمله از مقادیر کم در افق کمبیک (خاک‌رخ دو)، متوسط تا زیاد در افق کلسیک (خاک‌رخ‌های سه تا پنج) و بسیار زیاد در افق پتروکلسیک (خاک‌رخ یک) دیده شد (شکل ۲ الف تا ث). در منطقه مورد مطالعه در بعضی از قسمت‌ها گچ ثانویه در خاک (خاک‌رخ دو و سه) دیده

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در خاک‌رخ‌های مورد مطالعه

افق	عمق (cm)	تجمعات*	درصد ذرات		سنگریزه %	کلاس بافت	کربن آلی (OC) %	واکنش خاک (pH)	قابلیت هدایت الکتریکی (EC) dS m <sup>-1</sup>	ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) (cmol(+)/kg)	کربنات کلسیم معادل (CCE) %	گچ (CaSO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O) %
			ساختمان*	رس سیلت شن								
USDA: Petrocalcic Calcixerepts, WRB: Petric Calcisols -۵۰/۰-۰۸/۰ شیب ۱: خاک‌رخ شماره ۱												
Ap	۰-۱۰	1c can	۲۲/۸	۳۶/۲	۴۱	L	۰/۹۹	۷/۷	۱/۳۰	۱۸/۴	۲۶/۴	-
Bk	۱۰-۲۳	2msbk	۲۸/۸	۳۵/۲	۳۶	CL	۰/۸۵	۷/۸	۱/۱۰	۲۴/۴	۳۲/۲	-
Bkk	۲۳-۴۲	2msbk	۳۵/۶	۳۷/۲	۲۷/۲	CL	۰/۴۰	۸/۴	۰/۳۱	۲۷/۵	۴۹/۹	-
Bkkm	۴۲-۹۰	Massive	۳۶/۶	۴۳/۲	۲۰/۲	CL	۰/۳۳	۸/۴	۰/۲۸	۲۵/۶	۵۶/۴	-
Ckkm	۹۰-۱۵۰	Massive	۲۹/۴	۳۹	۳۱/۶	CL	۰/۲۴	۸/۴	۰/۳۲	۸/۸	۵۰/۵	-
USDA: Calcic Haploxerepts, WRB: Calcaric Cambisols -۵۰/۰-۰۸/۰ شیب ۲: خاک‌رخ شماره ۲												
Ap	۰-۲۵	1fgr	۱۴/۰	۳۲/۶	۵۳/۴	SL	۰/۹۵	۷/۸	۱/۳۵	۱۴/۰	۱۱	-
Bw	۲۵-۴۲	1fsbk	۱۶/۸	۲۶/۶	۵۶/۶	SL	۰/۴۹	۷/۹	۰/۵۴	۱۶/۸	۱۸/۴	-
Crk	۴۲-۶۴	1fsbk	۱۵/۸	۳۰/۰	۵۴/۲	SL	۰/۲۵	۸/۱	۰/۶۳	۱۵/۸	۱۷/۴	-
C1	۶۴-۸۰	1fM,Cry-Gy	۱۳/۰	۲۴/۰	۶۳/۰	SL	۰/۱۸	۸/۱	۰/۶۵	۱۳/۰	۱۵/۷	۲
C2	۸۰-۱۵۰	2CM, Cry-Gy	۱۰/۸	۳۲/۰	۵۷/۲	SL	۰/۱۳	۷/۹	۰/۸۲	۱۰/۸	۱۵	۵
USDA: Gypsic Calcixerepts, WRB: Calcaric Gypsisols -۵۰/۰-۰۸/۰ شیب ۳: خاک‌رخ شماره ۳												
Ap	۰-۲۵	1fgr	۲۹/۴	۳۶/۰	۳۴/۶	CL	۰/۸۱	۷/۹	۱/۷۲	۱۸/۰	۱۱/۸	-
Bk1	۲۵-۴۹	1fsbk	۳۴/۴	۳۶/۶	۳۶/۰	CL	۰/۳۲	۷/۹	۱/۱۵	۲۴/۴	۱۳/۵	-
Bk2	۴۹-۹۰	2c CAN	۳۷/۲	۳۰/۶	۳۲/۲	CL	۰/۳۰	۷/۷	۱/۴۴	۲۴/۶	۲۰/۳	۵
Bky	۹۰-۱۲۵	2c CAN,Cry-Gy	۱۵/۶	۳۲/۴	۳۵/۰	L	۰/۲۳	۷/۷	۱/۷۰	۱۴/۲	۱۳/۸	۱۹/۴
By	۱۲۵-۱۵۰	2c, Cry-Gy	۱۵/۶	۳۲/۴	۵۲	L	۰/۲۳	۷/۸	۲/۶۰	۱۰/۶	۲۴/۲	۱۳
USDA: Typic Calcixerepts, WRB: Haplic Calcisols- ۱۰/۰-۲۰/۰ شیب ۴: خاک‌رخ شماره ۴												

افق	عمق (cm)	تجمعات*	ساختمان*	درصد ذرات			سنگریزه %۰	کلاس بافت	کربن آلی (OC) %۰	واکنش خاک (pH)	قابلیت هدایت الکتریکی (EC) dS m <sup>-1</sup>	ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) (cmol(+)/kg)	کربنات کلسیم معادل (CCE) (%)	گچ (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O) (%)
				رس سیلت شن	سilt	شن								
Ap	۰-۲۵	-	Fgr	۲۷/۶	۳۷/۴	۳۵/۰	CL	۱/۳۶	۷/۸	۱/۱۷	۱۴/۴	۱۵/۱	-	
Bw	۲۵-۴۴	1f CASP	1fsbk	۲/۰	۳۳/۲	۳۸/۸	CL	۰/۸۴	۷/۹	۱/۱۱	۱۷/۰	۱۹/۸	-	
Bk1	۴۴-۷۸	2c CAN	2msbk	۳/۶	۳۳/۶	۲۷/۸	CL	۰/۳۲	۸/۲	۰/۶۹	۲۵/۴	۲۶/۷	-	
Bk2	۷۸-۱۰۸	2c CAN	2msbk	۳/۰	۳۴۹/۲	۲۲/۸	CL	۰/۳۰	۸/۳	۰/۸۲	۲۶/۴	۲۷/۹	-	
C	۱۰۸-۱۵۰	-	Massive	۳/۴	۳۵/۲	۲۶/۴	CL	۰/۲۳	۸/۲	۰/۶۵	۲۶/۱	۳۰/۲	-	
خاک‌رخ شماره ۵ شیب ۲۰/۰-۱۰/۰ USDA: Aquic Calcixerepts, WRB: Haplic Calcisols														
Ap	۰-۱۳	-	2fgr	۳۵/۰	۲۵/۰	۴۱	CL	۱/۲	۷/۶	۱/۸۷	۱۹/۶	۱۵/۸	-	
Bk	۱۳-۲۴	1f CAM	1fsbk	۳۷/۰	۲۷/۰	۳۶/۰	CL	۱/۶	۷/۹	۱/۶۵	۲۴/۲	۲۲/۳	-	
Bkg1	۲۴-۴۷	2m CAN	2msbk	۳/۸	۳۱/۰	۳۰/۲	CL	۰/۸۴	۷/۹	۰/۸۶	۲۵/۵	۲۸	-	
Bkg2	۴۷-۷۹	2c CAN, 2c	2msbk	۳۹/۵	۳۰/۰	۳۰/۵	CL	۰/۶۰	۷/۹	۰/۸۱	۲۷/۰	۲۴/۷	-	
Cg	۷۹-۱۵۰	2c CAD, 2c	Massive	۴/۰	۳۲/۰	۲۷/۰	CL	۰/۴۱	۷/۸	۰/۶۴	۲۴/۸	۱۷/۵	-	

\*کلاس‌های ساختمان خاک: درجه وضوح: ۱: ضعیف، ۲: متوسط-اندازه: f کوچک، m متوسط-نوع: abk بلوکی زاویه دار، sbk بلوکی بدون زاویه، gr دانه‌ای، کلاس‌های تجمعات کربنات و گچ: اندازه: ۱: کوچک، ۲: متوسط، ۳: بزرگ- فراوانی: f کم (کمتر از ۰/۲)، c متوسط (۰/۲-۰/۲)، m زیاد (بیشتر از ۰/۲۰)- شکل: ss آهک پودری، sf آهک میسیلومی، N گرهک، M توده‌ای، D پخش شده، CA: کربنات، Gy گچ.

\*Soil structure classes: Grade- 2: moderate, 1: weak. Size- f: fin, m: medium. Typ-abk: angular blocky, gr: granular, ma: massive- carbonate concentration classes: m: many (>20 0/0), c: common (2-20 0/0), f: few (<2 0/0)- Size- 1: fin, 2: medium, 3: coarse. Shape- SS: powdery calcite, SF: pseudomy celiums calcite, N: nodule, M: masses, D: disseminate, CA: carbonate, Gy: gypsum.

## نتایج میکرومورفولوژی خاک

یکی از مهم‌ترین پدیده‌های میکرومورفولوژیک در خاک‌های آهکی وجود اشکال مختلف آهک است. بررسی مقاطع نازک نشان می‌دهد که پدوفیچرهای غالب آهک به صورت پوشش، هایپوکوتینگ، پرشدگی و نادول‌های آهکی هستند. از آنجایی که نتایج میکرومورفولوژیکی پروفیل‌های مطالعه شده کم‌وبیش همانند هم هستند، نتایج میکرومورفولوژیکی برخی افق‌ها از پدول‌های مختلف در جدول (۳) ارائه شده است.

حفرات: در تمامی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه منافذ به‌طور عمده از نوع وگ، صفحه‌ای و کانال<sup>۱</sup> می‌باشند (جدول ۳). نوع حفرات تقریباً در تمام خاک‌رخ‌ها یکسان، ولی از نظر مقدار متفاوت می‌باشند؛ که این مقدار روند خاصی را در خاک‌رخ‌ها نشان نمی‌دهد. حفرات وگی مانند (شکل‌های ۴-الف، ب و شکل ۵-ث) بیشترین فراوانی را در خاک‌رخ‌های مورد بررسی دارند که بیانگر تفاوت در هوا دیدگی کانی و آبشویی آنها می‌باشد و با توجه به مقادیر فراوان کربنات کلسیم در خاک‌های منطقه

احتمالاً منافذ وگی در اثر تجمع آهک تشکیل شده‌اند. برخی از پژوهش‌گران نیز در بررسی‌های خود به نتایج مشابهی دست یافتند (Akef et al., 2004؛ Chakherloo and Manafi, 2016). در قسمت‌های مختلف ترانسکت نیز حفرات صفحه‌ای دیده شد (شکل ۵-ث). به نظر می‌رسد، وجود این حفرات را می‌توان به اثر انقباض و انبساط در خاک‌ها در نتیجه وجود کانی‌های ۱:۲ و تناوب خشکی و رطوبت و همچنین فعالیت جانوران خاک نسبت داد. کریمی دهکردی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش‌های خود تشکیل حفرات صفحه‌ای را به وجود دوره تناوب خشکی و رطوبت در خاک‌ها مرتبط دانسته‌اند. همچنین بر اساس پژوهش‌های برور<sup>۲</sup> (۱۹۷۶) بودن منافذ کانالی در خاک‌های آهکی را می‌توان به فعالیت جانوران نسبت داد (شکل ۴-الف، پ، ت).

ریز ساختمان خاک: ریز ساختمان دیده شده به‌طور عمده در تمامی خاک‌رخ‌ها، از نوع مکعبی زاویه‌دار<sup>۳</sup> است که این امر بیانگر تکامل یافتگی کم تا متوسط خاک‌های

<sup>2</sup> Brewer

<sup>3</sup> Angular blocky

<sup>1</sup> Channel

الف، ب). طول این سوزن‌ها بین ۲۰ تا ۳۰ میکرون و قطر ۱ تا ۲ میکرون بود. به عقیده رابن هورست<sup>۸</sup> و همکاران (۱۹۸۴) گذشت زمان و فشارهای ناشی از رشد کریستال-ها سبب تبدیل سوزن‌های آهکی به میکریت<sup>۹</sup> می‌شود. این پژوهش‌گران نیز به رشد آهک‌های سوزنی در حفرات و منافذ درشت و به‌صورت جهت یافته اشاره کرده‌اند. منشأ تشکیل این شکل آهک، کربناتی شدن و کربنات‌زدایی متوالی است. همچنین وجود گرهک‌های آهکی در خاک-های منطقه در اثر رسوب درجای کربنات در ریز ساختمان خاک می‌باشد. در افق Bkkm (خاکرخ یک) عوارض خاکساز به‌صورت کوتینگی از آهک اسپاریتی<sup>۱۰</sup> در اطراف حفرات مشاهده شد که نشان دهنده تبلور مجدد آهک در این خاکرخ می‌باشد (شکل ۴-ب).

تجمع بلورهای عدسی شکل گچ: در بررسی مقاطع نازک مربوط به افق Bky خاکرخ سه واقع در فلات با ماده مادری گچی، گچ به‌صورت عدسی<sup>۱۱</sup> شکل و صفحات درهم قفل شده<sup>۱۲</sup> دیده شد (شکل ۴-ث، ج). تشکیل صفحات در هم قفل شده گچ در این افق در اثر حل شدن بلورهای عدسی شکل گچ می‌باشد. تحقیقی که کالیف<sup>۱۳</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در منطقه کارما در عراق اجرا کردند، وجود خوشه‌های آهکی و گچی و شکل‌های دوکی و کروی گچ در خاک‌های منطقه را در اثر حرکت، روش و نوع آب آبیاری در درون منافذ خاک بیان نمودند. رحیمی مشکله و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعات خود در گیلان گزارش نمودند که نوع اقلیم منطقه، مقدار نمک، عمق خاک، مقدار و نوع رس روی نوع و شکل بلورهای تشکیل یافته از گچ تأثیرگذار است. مقبلی و همکاران (۱۳۹۸) در منطقه فاریاب استان کرمان وجود عوارض خاکساخت گچ به شکل بلورهای عدسی شکل و صفحات در هم قفل شده گچ به دلیل پویایی بیشتر، به میزان زیادتری تحت تأثیر عوامل خاکساز از جمله موقعیت ژئومورفیک قرار گرفته است. همچنین در افق By

مورد بررسی می‌باشد. و الگوی توزیع اندازه ذرات (c/f) در تمامی خاکرخ‌های منطقه از نوع پورفیریک<sup>۱</sup> بود. بی فابریک: بی فابریک در این خاک‌ها عمدتاً کریستالیک<sup>۲</sup> و متشکل از بلورهای کلسیت و رس می‌باشد (شکل ۴-الف). این نوع بی فابریک شرایط مناسب برای رسوب سریع کربنات مانند خشکی مکرر، خروج سریع CO<sub>2</sub> از محلول خاک و یا هر دو را نشان می‌دهد. بنابراین به نظر می‌رسد این نوع فابریک در اثر انحلال و انتقال کربنات کلسیم و رسوب دوباره در افق‌های زیرین به وجود آمده باشد. نتایج مطالعات منافی<sup>۳</sup> (۲۰۱۰، ۲۰۱۲) در منطقه ارومیه، عاکف و همکاران (۱۳۸۲) در گیلان نشان داد که شستشوی آهک از سطح خاک به عمق خاک-رخ سبب ایجاد بی فابریک کریستالیک شده است. هم-چنین در بعضی از خاکرخ‌ها در افق Bkg<sub>1</sub> (خاکرخ پنج) بی فابریک لکه‌ای<sup>۴</sup> دیده شد (شکل ۶-پ) که احتمالاً به دلیل حضور ناخالصی‌های اکسید آهن و منگنز به‌واسطه تغییر در شرایط اکسید و احیا ایجاد شده است. اولیایی (۱۳۹۱) تداوم تخلیه غیر یکسان آهک از مناطق مجاور (حفرات و کانال‌ها) را سبب نمایان شدن بی فابریک لکه-ای ذکر نموده است.

تجمع‌های آهکی: در خاکرخ‌های مورد بررسی بارزترین عوارض خاکساز به‌صورت تجمع‌های آهکی دیده شد که به‌صورت گرهک‌های تیپیک<sup>۵</sup>، پرشدگی و پوشش‌های آهکی می‌باشند (شکل ۴-الف-ب). در افق Bkk (خاکرخ یک) عوارض خاکساز به‌صورت گره‌های آهکی و بلورهای سوزنی شکل کلسیت دیده شد. این نوع کلسیت بیشتر در درون منافذ درشت تشکیل شده و به-صورت پوشش‌هایی بر روی سطوح منافذ درشت، خاکدانه‌ها و ذرات اسکلتی حضور دارند (شکل ۴-الف). بر اساس پژوهش‌های ورکچیا<sup>۶</sup> و ورکچیا<sup>۷</sup> (۱۹۹۴) کلسیت‌های دیده شده در این خاکرخ از نوع MA با لبه-های صاف و MB با لبه‌های دنداندار است (شکل ۳-

<sup>8</sup> Rabenhorst

<sup>9</sup> Micrite

<sup>10</sup> Sparitic

<sup>11</sup> Lenticular

<sup>12</sup> Interlocked

<sup>13</sup> Kalif

<sup>1</sup> Porphyric

<sup>2</sup> Crystallitic

<sup>3</sup> Manafi

<sup>4</sup> Speckled

<sup>5</sup> Typic Nodul

<sup>6</sup> Verrecchia

<sup>7</sup> Verrecchia



آهک و بلورهای عدسی گچ را نیز به صورت تکی و دسته‌جمعی هستند، نشان می‌دهد (شکل ۵-ث، ج).  
تجمع‌های اکسیدهای آهن و منگنز: در خاکرخ پنج (دشت دامنه‌ای) مقادیر زیادی از منقوطة‌های رنگی ناشی از شرایط اکسیداسیون و احیای آهن به صورت گرهک-هایی با قطر ۲-۰/۱ در ریز ساختمان خاک دیده شد که نشان‌دهنده شرایط رطوبتی بالا و نوسان آب زیرزمینی در منطقه است، (شکل ۶-ث). در حالت کلی، فعالیت زیستی ریشه، میکروارگانیسم‌ها و همچنین حضور مواد آلی با تغییرات pH خاک‌ها، در ایجاد حالت‌های اکسیداسیون و احیا در خاک‌ها و در نتیجه پیدایش و تجمع اکسیدهای آهن و منگنز نقش مهمی ایفا می‌کنند. اولیایی (۱۳۹۱) در بررسی خصوصیات میکرومورفولوژیکی اکسیدهای آهن و منگنز در خاک‌های استان کهگیلویه و بویراحمد، بیان نمودند که وجود عارضه‌های خاک‌ساز اکسید آهن و منگنز با میزان بارندگی، شرایط زهکشی، مواد مادری، فیزیوگرافی و ریز ساختمان خاک مرتبط می‌باشد.

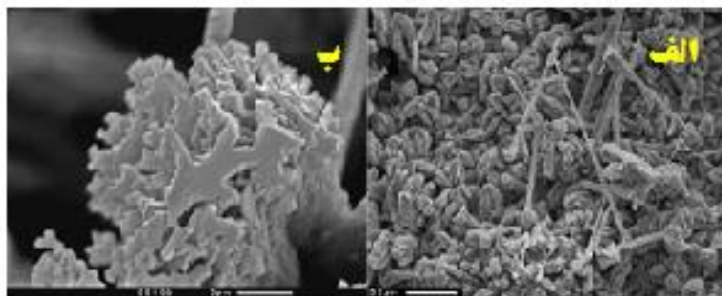
همین خاکرخ عوارض خاک‌سازی نیز بیشتر شامل بلورهای یوهدرال تا ساب‌هدرال گچ با اندازه‌های متفاوت در ماتریکس خاک به صورت پراکنده یا دسته‌جمعی دیده می‌شود که توسط آهک پوشیده شده‌اند. میکروگراف‌های میکروسکوپ الکترونی رویشی حضور توأمان گچ و آهک را در این خاک تأیید می‌کند (شکل ۴-پ، ت). این خاکرخ دارای یک افق جیپسیک است که در آن تجمع آهک نیز مشهود است. با افزایش عمق و رسیدن به افق جیپسیک، از مقدار آهک کاسته شده و در افق گچی مقدار آن کاهش می‌یابد. وجود ذرات آهکی ریز به صورت کلسیت و یا پوشش‌های آهکی دیده شده درون حفرات و یا روی ذرات خاکی را می‌توان به وجود شرایط حد واسط، مرحله‌ای که توسط گیل و همکاران (۱۹۶۶) در توضیح چگونگی تشکیل افق‌های کلسیک در خاک‌های ریزبافت ارائه گردیده، مشابه دانست. در افق گچی تجمع گچ بیشتر عدسی شکل گچ در این تصاویر منشأ پدوژنیک گچ را اثبات می‌کند. تصاویر میکرومورفولوژی گره‌های

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های میکرومورفولوژی خاک‌رخ‌های منطقه مطالعاتی

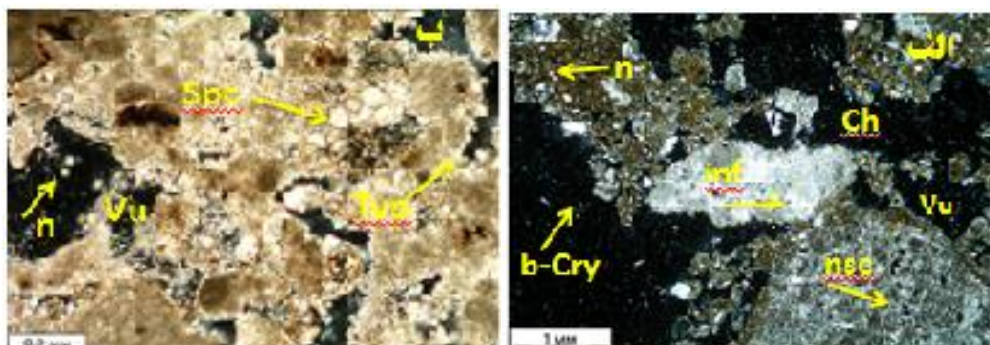
افق	عمق (cm)	ساختمان میکروسکوپی	حفرات * Voids	الگوی توزیع نسبی *(C/F)	بی-فابریک * b-Fabric	عوارض خاک ساخت
<b>خاکرخ ۱- فلات آهکی</b>						
Bkk	۲۳-۴۲	Ab	Vu, Ch	Po	Cry	ncs, n, inf
Bkkm	۴۲-۹۰	Ab	Vu, Pn	Po	Cry	typ(mic/spc), n
<b>خاکرخ ۳- فلات گچی</b>						
Bky	۹۰-۱۲۵	Ma	Vu, Pn	Po	Cry	typ, n, gy
By	۱۲۵-۱۵۰	Ma	Vu	Po	Cry	gy(len, int)
<b>خاکرخ ۴- دشت دامنه‌ای</b>						
Bw	۲۵-۴۴	Ab	Vu, Pn, Ch	Po	Cry	Typ, n
Bk1	۴۴-۷۸	Ab	Vu, Pn, Ch	Po	Cry	typ, n, nsc
<b>خاکرخ ۵- دشت دامنه‌ای</b>						
Bk	۱۳-۲۴	Ab, Gr	Vu, Pn, Ch	Po	Cry	typ, dec
Bkg1	۲۴-۴۷	Ab	Vu, Pn, Ch	Po	Cry	typ, n
Bkg2	۴۷-۷۹	Ab	Vu, Pn, Ch	Po	Cry, Spk	n(fe/mn), dr, fr

\* ساختمان میکروسکوپی: Ab: مکعبی زاویه‌دار، Gr: دانهای، Ma: توده‌ای - حفرات: Ch: کانال، Vu: وگی، Pn: صفحه‌ای - الگوی توزیع نسبی ذرات (C/F): Po: پورفیریکی - بی فابریک: Spk: لکه‌ای، Cry: کریستالی - عوارض خاک‌ساخت کربناته: Inf: پرشده‌گی کربناته، Typ: پوشش، Nsc: کلسیت سوزنی شکل، Spc: آهک اسپاریتی، Mic: آهک میکریتی، dec: مناطق تخلیه شده از آهک، N: گرهک - عوارض ردوموکی: N(Fe/Mn): نودول آهن و منگنز - عوارض خاک‌ساخت گچ: Gy: بلورهای گچ، Len: بلورهای عدسی شکل گچ، Int: صفات درهم قفل شده گچ، dr: بقایای پوسیده ریشه، Fr: بقایای تازه ریشه.

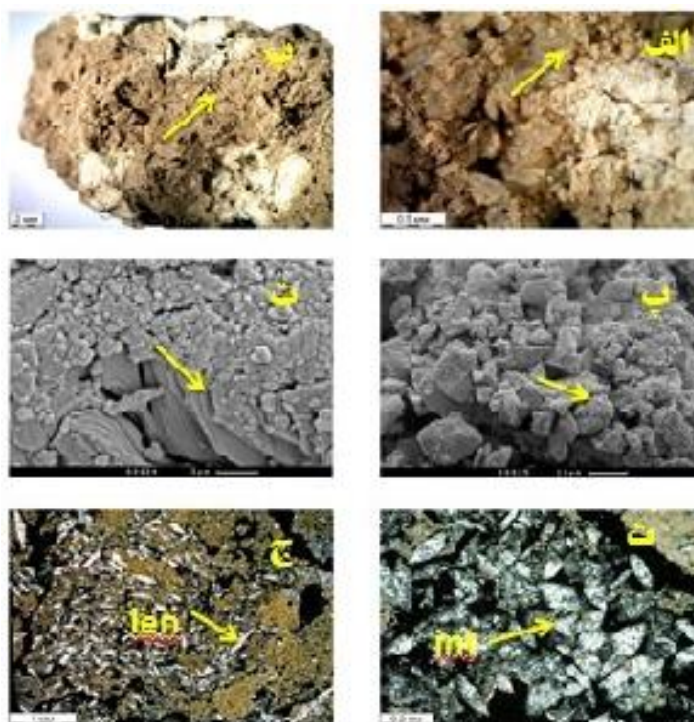
\* Microscopic structur: Gr: Granual, Ab: Angular blocky, Ma: Massive - Void: Ch: Channel, Vu: Vugh, Pn: Plane - C/F(related distribution pattern): Po: Porphyric - b-Fabric: Cry: Crystallite, Spk: Speckled- carbonate pedofeatures: Typ: Typic cotaing, N: Nodules, N(Fe/Mn): Fe/Mn Nodules, Inf: Calcite Infilling, Ncs: Needls-Shaped calcite, Spc: Sparitic calcite - Mic: Micritic calcite-gypsum pedofeature: Len: Lenticular gypsum, Int: Interlocked gypsum, Dec: Depleted calcite, Dr: Decomposed organic residues, Fr: Feresh organic resudes



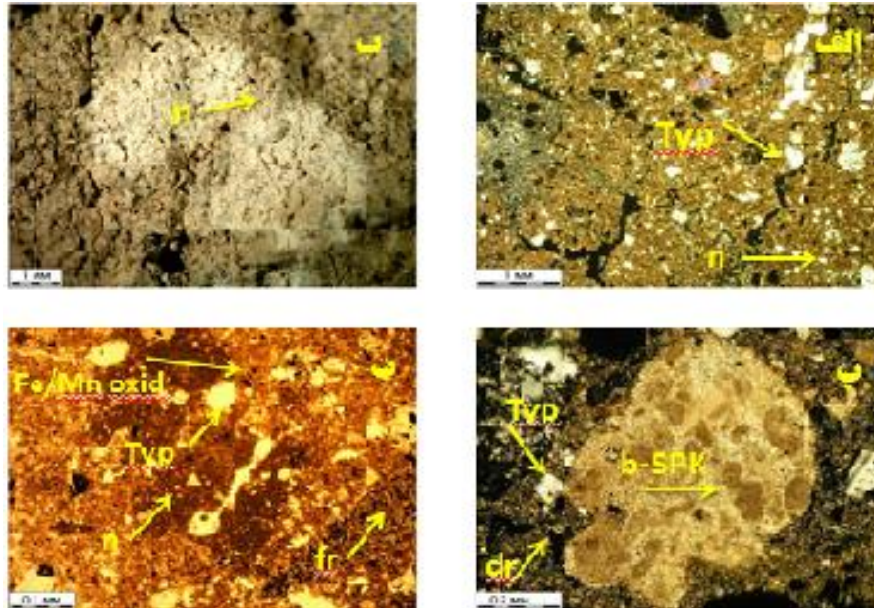
شکل ۳. کلسیت‌های مشاهده شده از نوع MA (الف) و از نوع MB (ب) در افق BKK



شکل ۴. تصاویر مقاطع نازک افق‌های Bkk و Bkkm برای خاک‌رخ یک: کلسیک سوزنی شکل (Ncr)، پرشدگی آهک درون حفرات (inf)، بی فابریک کریستالیک (b-Cry)، (الف). در افق Bkk: آهک اسپاریتی (Spe)، گره‌های تپییک آهک (Typ)، (ب). در افق Bkkm: حفرات از نوع وگ (Vu)، کانال (Ch).



شکل ۵. تصاویر مزومورفولوژی (الف، ب)، میکروگراف‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی (پ، ت) و مقاطع نازک (ث، ج) افق‌های Bky و By برای خاک‌رخ سوم: (الف، ب) بودن هم‌زمان آهک و گچ، آهک به صورت گره با اندازه مرز پخشیده و بلورهای ریز گچ در داخل حفرات، (پ، ت) پوشش آهک‌های ثانویه بر روی بلورهای ورقه‌ای گچ. تصاویر مقاطع نازک (ث، ج). گره‌های آهکی و بلورهای عدسی شکل گچ (len) به صورت منفرد و دسته جمعی و صفحات درهم قفل شده گچ (Int) در درون حفرات صفحه‌ای (Pn).



شکل ۶ تصاویر مقاطع نازک (الف، پ، ت) و مزومورفولوژی (ب) برای افق‌های Bk (الف، ب) و Bkg<sub>1</sub> و Bkg<sub>2</sub> (پ، ت) برای خاک‌رخ پنج (الف، ب): مناطق تخلیه شده، مناطق تجمع آهک و گره‌های آهکی در زمینه خاک و اطراف حفرات به حالت هایپوکوتینگ، (پ): بی فابریک لکه‌ای (b-SPK)، (ت): گره‌های آهکی به همراه اکسیدهای آهن و منگنز، ذرات درشت و کوتینگ‌ها به همراه مناطق تخلیه شده در افق‌های کلسیک با مرز مشخص گره، (پ، ت): تجمع فضولات جانوری

### نتیجه‌گیری کلی

بر اساس مشاهدات مورفولوژیکی و مطالعات آزمایشگاهی و با توجه به جوان بودن خاک‌های منطقه، دو عامل مواد مادری و توپوگرافی از مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار بر تشکیل و تکامل خاک‌ها در منطقه نیمه‌خشک الشتر شناسایی شدند. مهم‌ترین فرآیندهای پدوژنیک در خاک‌های منطقه مورد مطالعه انتقال و آبشویی کربنات‌ها، گچ و ویژگی‌های ردوکسی مورفیک بودند. بررسی مقاطع نازک برای خاک‌های منطقه نشان داد که کربنات کلسیم فراوان در این خاک‌ها سبب ایجاد بی‌فابریک کریستالیک شده است. حفرات از نوع وگی، صفحه‌ای و کانالی که توسط عوارض خاک‌ساز مانند پوشش‌های آهکی، آهک‌های سوزنی شکل و گره‌های آهکی و تجمعات گچی به صورت صفحات درهم قفل شده گچ پوشیده

شده‌اند. بر اساس ویژگی‌های خاک‌رخ‌های مطالعه شده و وجود گچ پدوژنیک در خاک‌های منطقه و با توجه به اهمیت افق جیسیک در سیستم طبقه‌بندی خاک و تأثیر مهم آن بر رشد گیاهان، می‌توان پیشنهاد کرد که گروه بزرگی تحت عنوان Gypsixerepts در خاک‌های اینسپتی-سول در سیستم رده‌بندی تاکسونومی ایجاد شود که دارای افق جیسیکی در محدوده ۱۰۰ سانتی‌متری می‌باشد که مرز فوقانی آن در ۱۰۰ سانتی‌متری سطح خاک قرار گرفته است. نتایج پژوهش، حاکی از آن است که موقعیت مختلف فیزیوگرافی در منطقه، نقش قابل توجهی در تغییر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، میکرومورفولوژی خاک داشته‌اند و بنابراین تشکیل و طبقه‌بندی خاک‌های منطقه را تحت تأثیر قرار داده‌اند.

**Reference:**

- Akef, M., Mahmoudi, Sh., Karimian Eghbal, M., & Sarmadian, F. (2004). Physico-Chemical and Micro-Morphological Changes in Paddy Soils Converted from Forest in Foomanat Region, Gilan. *J. Naturalrest*, 56(4), 407-423. [In Persian].
- Bahoorzehi, M. A., Farpoor, M. H., Jafari, A. (2015). Genesis and Development of Soils along Different Geomorphic Surfaces in Kouh Birk Area, Mehrestan City, *Journal of Water and Soil*, 30(2), 555-568. (In Farsi).
- Banaei, M. H. (1998). Soil Moisture and Temperature Regime Map of Iran. Soil and Water Research Institute. Ministry of Agriculture, Iran.
- Brewer, R. (1976). Fabric and Mineral Analysis of Soils. Robert E. Krieger Pub. Co, New York. 482p.
- Buck, B.J., & Van Hoesen, J.G. (2002). Snowball morphology and SEM analysis of pedogenic gypsum, southern New Mexico. *Journal of Arid Environment*, 51:469-487.
- Buol, S.W., Southard, R.J., Graham, R.C., & McDaniel, P.A. (2003). Soil Genesis and Classification. Fifth Edition. Iowa State Press.
- Chakherloo, S., Manafi, Sh. (2016). Micromorphologic Study of Pores and Porosity of Some Saline-Sodic Soils in the West of Urmia Lake using Image Analysis. *Journal of Water and soil knowledge*, 26(1), 131 of 143. [in Persian]
- Chapman, H.D. (1965). Cation exchange capacity. In: Black, C.A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 2*. American Society of Agronomy, Madison, WI, 891-901.
- Etedali Dehkordi, S., Abtahi, A., Salehi, M.H., Givi, J., Farpoor, M.H., & Baghernejad, M. (2018). Studying of the formation and development of soils in a toposequence in Chelgerd region, Chaharmahal-va-Bakhtiari province. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 7(4), 45-64. (In Persian).
- Gee, G.W., & Bauder, J.W. (1986). Particle-size analysis. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, Soil Science Society of American Society of Agronomy, Madison, WI, 383-411.
- Geological Survey website. (2012). <http://www.gsi.ir>
- Gile, L.H., Peterson, F.F., & Grossman, R. B. (1966). Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. *Soil Science*, 101(5): 347-360.
- Gould, A. (2004). *Encyclopedia of Geomorphology (Vol.2)*. Psychology Press.
- Graham, R.C., & Boul, S.W. (1990). Soil-geomorphic relations on the Blue Ridge Front. II. Soil characteristics and pedogenesis. *Soil Science Society of American Journal*, 54:1188-1194.
- Imadojemo, P.E., Osugieke, D.N., & Obasi, S.N. (2017). Evaluation of Fadama soil along a toposequence proximal to river Donga in wukari area of northeast Nigeria. *International Journal of agriculture and rural development*, 20(2): 3150-3158.
- IUSS Working Group. (2015). World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*: 192.
- Jafari M., & Sarmadian F. (2005). *Fundamentals of Soil Science and Soil Taxonomy*. Tehran University Press.
- Jafari, S., & Nadian, H. (2014). The study of a toposequence soil series and clay mineral assemblage in some soils of Khuzestan province. *Journal of water and soil science*, Isfahan University of Technology, 18(69). 151-164. [In Persian].
- Kalif, B.H., & Mnam Hassn, M.A. (2021). Micromorphology of Gypsum Soil on Karma Island in Al-Anbar Governorate. *Soil and Water Resources*, College of Agriculture, University AL-Anbar, Iraq, 25(4):6796-6806.
- Karimi Dehkordi, F., Jalalian, A., Mehnatkesh A.M., and Honarjoo, N. 2014. The effect of land use change on mineralogy and micro-morphological properties of clay soil on Lordegan County- in Chaharmahal and Bakhtiari Province. *J. Soil Manage. Sust. Prod.* 4: 3. 1-32. (In Persian with English abstract)
- Kemp, R.A., Tomas, P.S., Sayago, J.M., Debyshire, King, E.M., & Wanger, L. (2003). Micromorphology OSL dating of the basalt part of the loess-paleosol sequence at La Mesuda in Tucuman province, northwest Argentina. *Quart. Intl.* 106-107: 111-117.
- Khormali, F., and Abtahi, A. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, Southern Iran. *Clay MINERALS*. 38: 511-527. [In Persian with English abstract].
- Manafi, Sh. (2010). Calcium carbonate pendants as a record of climate change in semiarid soil of Rashkan region, Urmia, Iran. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 14(4): 11-16.
- Manafi, Sh. (2012). Micromorphic evidences of climate change in some arid and semi arid soils in the west of Urmia Lake, Western Azerbaijan, Iran. *Proceedings of the 14th International Working Meeting on Soil Micromorphology*, 8(14).
- Maniyunda, L.M., & Gwari, M.G. (2014). Soil development on a toposequence on Loessial deposit Northern Guinea, Savana, Nigeria. *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science*, 9(3):110-116.
- Nazari N. (2003). Morphological and Physiochemical Properties and Mineralogy of Soils and their Genesis and Classification along a Toposequence in Rejein Area of Mianeh, East Azarbaijan Province. MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science, University of Shiraz. (in Persian with English abstract)

- Nelson, D.W., & Sommers, L.E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy, Madison, WI, 539–579.
- Owliaie H.R. 2012. Micromorphology of calcitic features in calcareous soils of Kohgilouye Province, Southwestern Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology* 14: 225- 239.
- Owliaie, H.R., Najafi Ggiri, M., & Shakeri, S. (2018). Soil-landscape relationship as indicated by pedogenesis data on selected soils from Southwestern, Iran. *Eurasian Journal Soil Science*, 7(2):167-180.
- Pashaei, L., Manafi, Sh. (2016). Investigation of physical, chemical and mineralogical properties of gypsum soils in northern Urmia. *Journal of Soil Applied Research*, 4 (2).
- Rabenhorst, M.C., Wilding, L. P., & West, L. T. (1984). Identification of Pedogenic Carbonates using Stable Carbon Isotope and Microfabric Analyses 1. *Soil Science Society of America Journal*, 48(1): 125-132.
- Rahimi Mashkaleh, M., Ramezanpour, H., Yaghmaeian Mahabadi, N., & Norouzi, M. (2019). Micromorphological study of gypsum and calcium carbonate features and clay mineralogy in soils with different parent material in south of Guilan province. *Applied Soil Research*, 7(1): 132-147.[in Persian].
- Shiau, Y.J., Pai, Ch.W. T., sai, J., Liu, W.Ch., Yam, R.S.W., Chang, I.Sh., Ch. Tang, S.L. and Chiu, Ch.Y. (2018). Characterization of Phosphours in a Toposequence of Subtropical Perhumid Forest Soils Facing a Subalpine Lake. *Forest*, 9(249):1-14.
- Soil Survey Staff. (2014). *Keys to Soil Taxonomy*. United States Department of Agriculture and Natural Resources Conservation Service, 332p.
- Stoops, G. (2003). *Guidelines for the analysis and Description of soil and Regolith Thin sections*. SSSA. Madison, WI, 170p.
- Van Wambeke, A.R. (2000). *The Newhall Simulation Model for estimating soil moisture and temperature regimes*. Department of Crnell University, Ithaca, YN.USA.
- Verrecchia, E.P., & Verrecchia, K. E. (1994). Needle-fiber calcite; a critical review and a proposed classification. *Journal of Sedimentary Research*, 64(3a): 650-664.
- Walkly, A., & Blaack, I.A. (1934). An examination of the digestion metod for determination soil organic matter and proposal modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29-38



Print ISSN: 2251-7480  
Online ISSN: 2251-7400

Journal of  
**Water and Soil  
Resources Conservation  
(WSRCJ)**

**Web site:**

<https://wsrcj.srbiau.ac.ir>

**Email:**

[iauwsrcj@srbiau.ac.ir](mailto:iauwsrcj@srbiau.ac.ir)  
[iauwsrcj@gmail.com](mailto:iauwsrcj@gmail.com)

**Vol. 11  
No. 4  
Summer 2022**

**Received:**  
2021-06-14

**Accepted:**  
2021-10-25

**Pages: 1-14**

## **Investigation of some Soil Physico-Chemical along with Micromorphological Properties with Calcareous and Gypsiferous Parent Materials in Different Landscaping Units** (Case study: Lorestan province, Alashtar)

**Kolsoum Rahman Salari**<sup>1</sup>, **Mohamad Amir Delavar**<sup>2</sup>, **Mehrdad Esfandyari**<sup>3\*</sup> and **Ebrahim Pazira**<sup>4</sup>

1) PhD Student, Soil Genesis and Classification, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2) Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

3) Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4) Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

\*Corresponding author email: [mehrdadesfandiari8@gmail.com](mailto:mehrdadesfandiari8@gmail.com)

**Abstract:**

**Background and Objectives:** The optimum and sustainable use of soil is only possible with a correct and complete understanding of its properties. This study was conducted to investigate of should be omitted some physical, chemical, and micromorphology properties of soil formed on the should be added landscapes in the should be added semi-arid region of Lorestan province.

**Materials and Methods:** For this study 5 profiles, a long, a should be omitted transect in the direction of slop (plateau, gravelly colluvial fan and pediment plain) were identified in the area, and divided into different physiographic unit based on the type of parent material. At each, physiographic units a profil was excavated, dissected sampled. Physicochemical together with micromorphological observations performed and Soil Taxonomy and WRB were used for soil classification.

**Results:** The results showed that should be omitted low amounts of organic carbon in the surface and depths of the soil due to the high rate of decomposition of these substances in these areas. The equivalent calcium carbonate in all profiles showed an increasing trend with depth. Thin section investigation showed that there was not much difference between the horizons in terms of the type of voids and the relative distribution of large particles (C/F). Planar, vugh and cannel voids were the most dominant voids of the profiles. Accumulation of calcite was seen in various forms such as coating, infilling, needle- shaped calcite, and nodules calcite which indicates that secondary calcite, and caused a should be omitted crystallite calcite of kind b-fabric. Soil structure in most the horizons of kind angular blocky and sub angular blocky. Also, lenticular plates gypsum was observed on the Bky horizon on the of the gypsum physiographic units plateau. According According to the existence of pedogenic gypsum in the soils of the region, and the important of the gypsum horizon in the soil classification system and its important effect on plant growth. New great groups, and subgroups of Xerepts (Gypsic Calcixerepts) are suggested to be included in soil taxonomy.

**Conclusion:** Results of the study showed raise in topography and parent material on the variability of soil properties in the area.

**Keywords:** Physiographic units, Gypsum and calcareous soils, Micromorphology, Pedogenic Effects

