

## مطالعه کانی‌های رسی در خاک‌های تشکیل شده بر روی مواد

### مادری لسی در یک توالی اقلیمی در استان گلستان

مجتبی زراعت پیشه<sup>1\*</sup>، فرهاد خرمالی، فرشاد کیانی و محمد هادی پهلوانی

دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، Zeraatpishem@yahoo.com

دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، Khormali@yahoo.com

استادیار گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، Kianifarshad@yahoo.com

دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، Hpahlavani@yahoo.com

### چکیده

این تحقیق به منظور بررسی نقش پارامترهای اقلیمی (دما و بارندگی) بر روی خصوصیات خاک‌ها و مطالعه تغییر و تحول کانی‌های رس در استان گلستان انجام شد. منطقه مطالعاتی به گونه‌ای انتخاب گردید تا یک توالی اقلیمی بر روی مواد مادری لسی وجود داشته باشد. به همین منظور یک ردیف اقلیمی به طول 80 کیلومتر در محدوده جغرافیایی 55° 16' 56" تا 55° 54' 55" 46" طول شرقی و 37° 03' 28" تا 37° 30' 26" عرض شمالی انتخاب گردید. در منطقه مطالعاتی محدوده‌های دارای سه رژیم رطوبتی اریدیک، زیریک و یودیک و دو رژیم حرارتی مزیک و ترمیک تعیین و در آن‌ها 7 نیمرخ خاک حفر گردید. از کلیه افق‌های ژنتیکی و مورفولوژیکی نمونه‌برداری شد و در نمونه‌های جمع‌آوری شده بافت خاک، واکنش عصاره اشباع خاک، مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe)، مقدار کربن آلی، مقدار کربنات-کلسیم معادل (آهک) و مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) تعیین گردید. برای جداسازی ذرات رس خاک از روش‌های کیتریک و هوب استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش بارندگی و کاهش دما بر تکامل خاک‌ها افزوده شده است. در محدوده دارای رژیم رطوبتی اریدیک خاک‌های جوان انتی‌سولز و اریدی‌سولز، در محدوده دارای رژیم رطوبتی زیریک خاک‌های اینسپتی‌سولز و مالی‌سولز با درجه تحول کم و در محدوده دارای رژیم رطوبتی یودیک خاک‌های تکامل یافته‌تر مالی‌سولز با افق زیر سطحی آرجیلیک و کلسیک تشکیل شده‌اند. بررسی منحنی پراش نگار اشعه ایکس ذرات رس خاک‌ها وجود کانی‌های ایلیت، کلریت، اسمکتیت، ورمی‌کولیت، کائولینیت و کانی‌های مخلوط را نشان داد. تفسیر منحنی‌های پراش نگار اشعه ایکس نشان داد که کانی‌های ایلیت، کلریت و کائولینیت کانی‌های غالب را در خاک‌های این مناطق تشکیل می‌دهند. مقدار کانی‌های ایلیت و کلریت با شاخص اقلیمی رابطه معکوس نشان داد اما رابطه شاخص اقلیمی با کانی اسمکتیت مثبت بود. در منطقه دارای رژیم رطوبتی اریدیک بیشتر کانی‌های به ارث رسیده منشأ مواد مادری داشته و در مناطق دارای رژیم‌های رطوبتی مرطوب‌تر زیریک و یودیک بر مقدار کانی‌های رسی تشکیل شده متأثر از تحولات خاک‌سازی افزوده شده است. کانی ورمی‌کولیت فقط در نیمرخ شماره 1 (رژیم یودیک) وجود داشته است و در سایر نیمرخ‌ها به دلیل واکنش قلیایی خاک، وجود  $Mg^{2+}$ ،  $Si^{4+}$  و حلالیت کم  $Al^{3+}$  ناپایدار است.

واژه‌های کلیدی: کانی شناسی رس، تحول خاک، لس، اقلیم، رژیم رطوبتی و حرارتی، استان گلستان

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: گرگان، خیابان شهید بهشتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جهاد دانشگاهی استان

گلستان، کد پستی 49175-1116

\* دریافت: آذر 1390 و پذیرش: شهریور 1391

## مقدمه

رسوبات لسی در دوره‌های یخچالی پلیستوسن و در شرایط محیطی سرد و خشک تشکیل شده است. با آغاز دوره‌های بین یخبندان و با مساعد شدن شرایط محیطی، خاک‌های نسبتاً تکامل یافته‌ای بر روی این رسوبات تشکیل شده است (حق نیا و لکزیان، 1374). به طور کلی 70-90 درصد مواد تشکیل دهنده رسوبات لسی را مواد سیلتی با قطر متوسط (125-15 میکرومتر) یعنی سیلت متوسط تا شن خیلی ریز تشکیل می‌دهد. مقدار رس این رسوبات در لس‌های جوان به دلیل هوادیدگی کم، کمتر از حدود 10 درصد و در لس‌های قدیمی‌تر به حدود 20-25 درصد بالغ می‌شود. تخلخل زیاد، جرم مخصوص ظاهری حدود 1/25-1/65 گرم بر سانتی‌متر مکعب و عدم وجود افق‌های مورفولوژیک مشخص که برای همه نهشته‌های بادی عمومیت دارد، مقدار زیاد کربنات کلسیم از حدود 10-15 درصد در لس‌های جوان تا 40 درصد در لس‌های قدیمی‌تر مناطق مدیترانه از دیگر مشخصه‌های این رسوبات محسوب می‌شود (پاشایی، 1997). لس در ایران در استان‌های مازندران، گیلان، گلستان، قسمتی از دامنه کوه‌های هزار مسجد، حاشیه بیابانی کاشان و جنوب ارتفاعات مکران گسترش دارد. در گرگان ضخامت لایه‌های لس کوتاه‌تر گاه تا 50 متر هم می‌رسد (درویش زاده، 1370).

کانی‌های آلومینوسیلیکاته تأثیر شگرفی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارند. بنابراین شناسایی و مطالعه نحوه تشکیل، تحول و تبدیل این کانی‌ها به انواع دیگر می‌تواند ضمن کمک به درک فرآیندهای خاک‌سازی در جهت برنامه‌ریزی اصولی برای مدیریت مناسب اراضی مورد استفاده قرار بگیرد (خرمالی و قربانی، 1388). بارندگی و دما به عنوان دو عامل مهم اقلیمی بر تشکیل خاک اثر داشته و با عواملی مانند ارتفاع و عرض جغرافیایی تغییر می‌یابند. آب عامل اصلی در پدیده هوادیدگی است. معمولاً افزایش بارندگی بر سرعت تشکیل خاک می‌افزاید. نوع کانی‌های رسی خاک، علاوه بر مواد مادری و فعالیت‌های زیستی تحت تأثیر اقلیم نیز قرار دارد. معمولاً رس اسمکتیت در اقلیم‌های خشک و رس کائولینیت در اقلیم‌های گرم و مرطوب یافت می‌شود (حق نیا، 1370؛ اولیایی و ابطی، 1382؛ رامشینی و ابطی، 1374).

سه مکانیزم به ارث رسیدن از مواد مادری، نوالی هوادیدگی و نوتشکیلی به عنوان مهم‌ترین

فرآیندهای مؤثر در تشکیل و تحول کانی‌های رسی ارائه شده است (گونال و رانسون<sup>1</sup>، 2006). ایلیت، اسمکتیت، کلریت، کائولینیت، ورمی‌کولیت و پالیگورسکیت از کانی‌های غالب در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند (ویلسون<sup>2</sup>، 1999). حضور غالب کانی ایلیت با منشأ مواد مادری در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک مکرراً گزارش شده است (سینگر<sup>3</sup>، 1989؛ خرمالی و همکاران، 2006). کانی اسمکتیت در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران، عراق، آمریکا و عربستان مشاهده شده است (ابطی، 1980؛ خرمالی و ابطی، 2003). وجود این کانی با منشأ نوتشکیلی از محلول خاک در شرایط شور و قلیایی با غلظت زیاد  $Mg^{2+}$ ،  $Si^{4+}$  و  $Al^{3+}$  در منطقه جنوب استان فارس تأیید شده است (گیوی و ابطی، 1985). کائولینیت کانی رسی متداول مناطق گرم و مرطوب بوده و حاصل هوادیدگی است (دیکسون<sup>4</sup>، 1989). کائولینیت می‌تواند از اسمکتیت و تحت شرایط اسیدی و خارج شدن سیلیکات نیز به وجود آید (دیکسون، 1989). کانی مونت‌موریلونیت در اقلیم با دوره‌های تر و خشک متوالی، تحت شرایط اسیدی، مواد آلی کم، هوادیدگی شدید و وجود یون‌های آلومینیوم، می‌تواند به کائولینیت تبدیل گردد. تشکیل این کانی از هوادیدگی میکا، کلریت و فلدسپار غنی از آهن نیز گزارش شده است (میلر<sup>5</sup> و همکاران، 1993). مایز<sup>6</sup> و همکاران (2003)، با مطالعه بر روی لس‌های یخچالی آمریکا عنوان کردند که اسمکتیت و ورمی‌کولیت کانی‌های رسی غالب خاک‌های تشکیل یافته بر روی رسوبات یخچالی منطقه مورد بررسی بوده و مقدار میکا و کائولینیت در آن‌ها کمتر است. محمدی و همکاران (1380)، در ردیف منطقه نیمه مرطوب گرگان مقداری کانی ورمی‌کولیت شناسایی کردند که در منطقه خشک وجود نداشت. نتایج آن‌ها نشان داد که در هر ردیف توپوگرافی با کاهش شیب مقدار اسمکتیت در افق‌های تحتانی بیشتر بود که علت اصلی آن در منطقه خشک تشکیل درجا و نوتشکیلی و در منطقه نیمه مرطوب هوازگی میکا و انتقال از افق‌های بالاتر و تجمع در افق‌های تحتانی گزارش شد.

1. Gunal and Ransom

2. Wilson

3. Singer

4. Dixon

5. Miller

6. Mays

های استاندارد مطالعات خاک‌شناسی مورد مطالعه و تشریح قرار گرفت. از کلیه افق‌های ژنتیکی و مورفولوژیکی نمونه‌برداری شد. نمونه‌های خاک برای انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی به آزمایشگاه منتقل گردید. با تلفیق نتایج آزمایشگاهی و مطالعات مورفولوژیکی خاک‌ها بر اساس آخرین کلید سیستم جامع طبقه‌بندی خاک (اعضای نقشه برداری خاک آمریکا، ۲۰۱۰) طبقه‌بندی شدند.

#### تجزیه‌های آزمایشگاهی

خاک‌ها پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. در این تحقیق بافت خاک پس از حذف مواد آلی (دی<sup>۴</sup>، ۱۹۵۵) به روش هیدرومتر (بایکاس<sup>۵</sup>، ۱۹۶۲)، واکنش عصاره اشباع خاک به روش پتانسیومتری، هدایت الکتریکی (EC) به روش هدایتسنجی (پیچ و همکاران<sup>۶</sup>، ۱۹۸۲)، کربن آلی به روش والکی و بلک (والکلی و بلک، ۱۹۳۴)، کربنات کلسیم معادل (آهک) به روش تیتراسیون (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش چاپمن تعیین گردید (چاپمن<sup>۷</sup>، ۱۹۶۵).

#### تجزیه‌های کانی‌شناسی

برای جداسازی ذرات رس خاک از روش‌های کیتریک و هوپ<sup>۸</sup> (۱۹۶۳) و جکسون<sup>۹</sup> (۱۹۷۵) استفاده شد. املاح و کربنات‌های خاک با استفاده از محلول نرمال استات سدیم با پ هاش ۵ (جکسون، ۱۹۷۵)، مواد آلی خاک به کمک آب اکسیژنه و اکسیدهای آزاد آهن و آلومینیوم خاک به روش دی‌تیونات سدیم حذف شد (کیتریک و هوپ<sup>۸</sup>، ۱۹۶۳). جدا سازی ذرات رس خاک از طریق تهیه سوسپانسیون آب و رس انجام شد. برای اینکار نمونه‌ها به سیلندرهای یک لیتری منتقل شد. هر ۷ ساعت از عمق ۱۰ سانتی‌متری سیلندرها نمونه‌برداری شد. این فرآیند تا خارج نمودن رس نمونه‌ها ادامه یافت. بخشی از نمونه‌های رس با یون منیزیم، بخشی از آن با یون منیزیم و گلیسرول و بخشی نیز با یون پتاسیم اشباع گردید و نمونه‌ها بر روی اسلایدهای شیشه‌ای آرایش داده شد و به این ترتیب تیمارهای منیزیم، منیزیم و گلیسرول، پتاسیم در دمای معمولی و پتاسیم در حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تهیه گردید. برای شناسایی کانی‌های رسی

شرایط ویژه اقلیمی، موجب ایجاد ناحیه‌ای با تنوع اقلیمی زیاد در استان گلستان شده است. این تنوع اقلیمی موجب شده است که رژیم رطوبتی اریدیک در شمال، رژیم رطوبتی زیریک در منطقه میانی و رژیم رطوبتی یودیک در ارتفاعات جنوبی همراه با رژیم‌های حرارتی مزیک و ترمیک مشاهده شود. در این تحقیق سعی گردیده است تا با تعیین ترکیب کانی‌شناسی جزء رس خاک، منشأ و چگونگی تحول کانی‌های رسی در یک توالی رطوبتی و حرارتی مورد بررسی قرار گرفته و نقش عوامل اقلیمی در پراکنش کانی‌های رسی مورد بررسی قرار گیرد.

#### مواد و روش‌ها

##### خصوصیات و ویژگی‌های محدوده مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه، یک توالی اقلیمی (تغییرات بارندگی - دما) به طول ۸۰ کیلومتر در محدوده جغرافیایی  $55^{\circ} 16' 56''$  تا  $54^{\circ} 55' 46''$  طول شرقی و  $37^{\circ}$  تا  $37^{\circ} 30' 26''$  عرض شمالی در شرق استان گلستان بر روی مواد مادری لسی، در حوالی آزادشهر تا شمال گنبد قابوس واقع شده است (شکل ۱). اقلیم محدوده مورد بررسی در سیستم دومارتن، نواحی خشک تا مرطوب را در بر می‌گیرد. ردیف اقلیمی مورد مطالعه از نظر رژیم رطوبتی خاک دارای سه نوع رژیم رطوبتی یودیک<sup>۱</sup>، زیریک<sup>۲</sup> و اریدیک<sup>۳</sup> است. محدوده دارای رژیم رطوبتی خاک یودیک در بخش جنوبی آزادشهر گسترش دارد که به رشته کوه‌های البرز مشرف است. متوسط دمای سالانه هوا در این محدوده حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۸۶۲ میلی‌متر است. رژیم حرارتی خاک در این محدوده مزیک است. در محدوده دارای رژیم رطوبتی خاک زیریک، متوسط دمای سالانه هوا ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد و مقدار بارندگی سالانه ۵۷۸ میلی‌متر است. در این محدوده، رژیم حرارتی خاک ترمیک است. محدوده دارای رژیم رطوبتی خاک اریدیک شامل قسمت‌های خشک و نیمه خشک منطقه مورد بررسی می‌باشد. در این محدوده متوسط دمای سالانه هوا ۱۸/۰۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۳۱۴ میلی‌متر بوده و رژیم حرارتی خاک ترمیک است.

#### مطالعات میدانی

به منظور دستیابی به اهداف تحقیق، در نقاط انتخاب شده ۷ نیمرخ خاک حفر و بر اساس دستورالعمل -

4. Day  
5. Bouyoucos

6. Page

7. Chapman

8. Kittrick and Hope

9. Jackson

1. Udic

2. Xeric

3. Aridic

**خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه**  
 برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در جدول 2 ارائه شده است. بافت خاک‌های مورد مطالعه عموماً لوم سیلتی تا لوم رسی سیلتی است. با توجه به جدول ملاحظه می‌گردد که به‌طور کلی جزء سیلت در همه افق‌های مطالعه شده در مقایسه با رس و شن بیشتر است که با توجه به منشأ مواد مادری توجیه‌پذیر می‌باشد. با کاهش بارندگی و افزایش دما به دلیل نامناسب شدن شرایط هوازدگی بر مقدار متوسط سیلت افزوده شده است به‌طوری‌که این مقدار برای نیمرخ شماره 1 حدود 48/3 درصد می‌باشد ولی برای نیمرخ شماره 7 این مقدار به 64/5 درصد می‌رسد (جدول 2). پاشایی (1997)، در منطقه گرگان و دشت به نتایج مشابهی دست یافته است. مقدار رس در نیمرخ‌های موجود در مناطق با رطوبت مناسب برای هوادیدگی (نیمرخ‌های 1، 2 و 4) بیشتر از مقدار متوسط رس در کل منطقه مطالعاتی است. به نظر می‌رسد فرآیندهای خاک‌سازی در این خاک‌ها با شدت بیشتری عمل نموده و مقداری از سیلت به رس تبدیل شده است.

با توجه به جدول 2 ملاحظه می‌شود که در همه نیمرخ‌ها مقدار شن با افزایش عمق افزایش می‌یابد. دلیل این امر کاهش دامنه تأثیر عوامل خاک‌سازی با افزایش عمق است. به‌طور کلی تعدادی از عوامل در وجود تفاوت‌های بافتی افق‌های تشکیل دهنده خاک‌های مالی‌سولز و خاک‌های مشابه با آن‌ها تأثیرگذار هستند که از جمله آن‌ها می‌توان به آب‌شویی کربنات‌ها، تشکیل رس، دگرگونی شیمیایی رس و حرکت و انتقال رس اشاره کرد (امینی‌جهرمی و همکاران، 1388).

به‌طور کلی مقدار کربن آلی خاک‌ها توسط عوامل اقلیمی (بارندگی و دما) کنترل می‌شود. نتایج نشان داد که مقدار تجمع ماده آلی با متوسط بارندگی و دمای سالانه رابطه مستقیم دارد (شکل 2). به‌طوری‌که با افزایش بارندگی و کاهش دما، افزایش تجمع ماده آلی در افق‌های سطحی خاک رخ داده است. مطالعات فرانزاوبرز<sup>2</sup> (2002) نشان داد که در یک توالی اقلیمی، مقدار تجمع کربن آلی در خاک‌های مناطق دارای اقلیم مرطوب و سرد نسبت به خاک‌های مناطق دارای اقلیم خشک‌تر بیشتر است. بر طبق اظهارات وی با افزایش دما، کاهش بارندگی و درشت‌تر شدن اندازه ذرات خاک از مقدار ماده آلی خاک کاسته می‌شود.

نمونه‌ها، از دستگاه اشعه ایکس مدل D8 ADVANCE استفاده شد. منحنی‌های پراش اشعه ایکس نمونه‌ها در زوایای 20 تا 30 درجه با ولتاژ 40 کیلوولت و شدت جریان 30 میلی‌آمپر تهیه و تفسیر شد. برای مطالعه نیمه کمی کانی‌ها از سطح زیر منحنی پیک‌های رده اول کانی‌ها در تیمار اشباع با منیزیم و گلیسرول به عنوان پیک مرجع استفاده شد (جونز<sup>1</sup> و همکاران، 1954).

## نتایج و بحث

### رده بندی و تحول نیمرخ خاک‌ها

خاک‌ها براساس سیستم طبقه‌بندی جامع خاک (کارکنان نقشه‌برداری خاک، 2010) رده‌بندی شد. نتایج حاصله در جدول 1 ارائه شده است. با توجه به جدول خاک‌ها در چهار رده مالی‌سولز، اینسپتی‌سولز، اریدی‌سولز و انتی‌سولز طبقه‌بندی شدند.

در مناطق دارای رژیم رطوبتی و حرارتی اریدیک و ترمیک (نیمرخ‌های 5، 6 و 7)، به دلیل مقدار کم بارندگی و نسبت کم بارندگی به تبخیر و تعرق، عوامل خاک‌ساز نتوانسته‌اند تأثیر چندانی در تحول و تکامل خاک داشته باشند. خاک‌های انتی‌سولز فاقد تکامل پروفیلی بوده و و خاک‌های اریدی‌سولز دارای اپی-پدون‌های اکریک و افق‌های زیرسطحی کلسیک و کمبیک هستند. به دلیل وجود دمای بیشتر، مقدار کمتر بارش و عدم وجود پوشش گیاهی مناسب مقدار ماده آلی در افق‌های سطحی خاک‌های این ناحیه کم است. با گذر از منطقه اریدیک به منطقه زیریک مقدار بارندگی افزایش یافته و تأثیر عوامل خاک‌ساز شدیدتر شده است. در این منطقه پوشش گیاهی انبوه‌تر بوده و خاک‌ها در رده‌های اینسپتی‌سولز و مالی‌سولز طبقه‌بندی شدند. افق‌های سطحی اکریک و مالیک و افق‌های زیر سطحی کلسیک و کمبیک مهم‌ترین افق‌های مورفولوژیک در خاک‌های این منطقه است (نیمرخ‌های 4، 3 و 2). بیشترین درجه تحول و تکامل پروفیلی در منطقه بودیک مشاهده شد. در این منطقه خاک‌های مالی‌سولز با اپی‌پدون مالیک ضخیم و افق‌های زیر سطحی آرجیلیک و کلسیک قوی تشکیل شده است (نیمرخ 1). بر طبق اظهارات رامشنی و ابطحی (1995)، با افزایش مقدار بارندگی و کاهش دما، خاک‌ها از تکامل پروفیلی بیشتری برخوردار بوده و افق‌های مورفولوژیک تحول یافته‌تری تشکیل می‌شود.

<sup>2</sup> Franzluebbbers

<sup>1</sup> Johns

بودن شرایط سرد و خشک می‌باشد (لی<sup>1</sup> و همکاران، 2000). نتایج محاسبات انجام یافته بر روی منحنی‌های دیفرانسیال حاصل از مطالعات کانی‌شناسی نمونه‌های خاک تهیه شده از نیمرخ خاک حفر شده در این رژیم رطوبتی نشان داد که متوسط مقدار کانی ایلیت نسبت به سایر انواع کانی‌های شناسایی شده بیشتر بوده و این نوع کانی فراوان‌ترین کانی در ترکیب معدنی نمونه-های خاک این نیمرخ است (نیمرخ شماره 1 و شکل 3- الف). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه سن مواد مادری لسی در منطقه مربوط به دوران یخبچالی پلیستوسن و شرایط سرد و خشک می‌باشد وجود این کانی دارای منشأ وراثتی است.

با توجه به شکل 3- الف ملاحظه می‌گردد که در افق آرچلیک از مقدار نسبی کانی ایلیت کاسته شده و بر مقدار کانی اسمکتیت و مخلوط کانی ایلیت-اسمکتیت افزوده شده است. به نظر می‌رسد که این کاهش احتمالاً به دلیل تبدیل کانی ایلیت به کانی اسمکتیت و کانی‌های مخلوط اتفاق افتاده باشد. بر طبق اظهارات خرمالی و همکاران (2003)، کانی ایلیت می‌تواند به انواع دیگری از کانی‌ها و غالباً اسمکتیت تبدیل شود. عدم تغییر منحنی ناحیه 14 آنگسترمی در تیمار اشباع با منیزیم گلیسرول و تیمار اشباع با پتاسیم در حرارت 550 درجه نشان‌دهنده حضور کانی کلریت در این نمونه است (شکل 3- ب) که احتمالاً دارای منشأ وراثتی است (ویلسون، 1999؛ خرمالی و ابطحی، 2003). در اکثر مواقع کلریت در عمق مقداری افزایش می‌یابد. این وضعیت در صورت عدم وجود کانی ورمی‌کولیت مشاهده می‌شود، به‌طورکلی مقدار کلریت و ورمی‌کولیت روند عکس با یکدیگر دارند. آلن و هاجک<sup>2</sup> (1989)، نیز معتقدند که کانی ورمی‌کولیت می‌تواند از تغییر شکل کانی بیوتیت و یا کلریت تشکیل شود. بر طبق اظهارات گریم<sup>3</sup> (1968)، کانی کلریت غالباً از هوادیدگی متوسط تا کم سنگ‌های دگرگونی منشأ می‌گیرد.

با توجه به جدول 2 ملاحظه می‌شود که با افزایش عمق از مقدار کانی ورمی‌کولیت کاسته شده است به‌طوری‌که در افق Bk مشاهده نمی‌شود. ولی در افق Ck مجدداً ظاهر شده و این کانی نوع کانی غالب در جزء کوچکتر از 0/002 میلی‌متر خاک می‌شود. دلیل کاهش کانی ورمی‌کولیت در افق Bk احتمالاً بالا بودن واکنش خاک است. بر طبق اظهارات خرمالی و ابطحی (2003)،

وجود افق کلسیک و مقدار نسبتاً زیاد کربنات کلسیم ثانویه نشان‌دهنده درجه تکامل و وضعیت عناصر غذایی در خاک است (ملکوتی و همایی، 1373). به-طورکلی مقدار آهک در لس‌ها زیاد است. عمق شستشو و تجمع آهک بسته به شرایط رطوبتی مقطع کنترل رطوبتی خاک متغیر است. در منطقه رژیم رطوبتی یودیک به دلیل وجود بارندگی و ماده آلی زیاد، که تامین کننده CO<sub>2</sub>، برای انحلال آهک می‌باشد، آهک از افق سطحی و هم-چنین افق‌های زیر سطحی (Bt<sub>1</sub> و Bt<sub>2</sub>) تقریباً به‌طور کامل تخلیه شده است. این شرایط در مورد نیمرخ‌های شماره 2 و شماره 3 واقع در رژیم رطوبتی زیریک نیز صادق است. در منطقه رطوبتی اریدیک به دلیل کم بودن مقدار بارندگی و عدم نفوذ جبهه رطوبتی به اعماق خاک فرآیند انحلال و رسوب مجدد آهک باعث تجمع آهک در افق سطحی شده و تغییرات مقدار آهک در طول نیمرخ‌های خاک دارای نوسانات زیادی نمی‌باشد (جدول 2).

مقدار هدایت الکتریکی خاک با افزایش مقدار بارندگی و کاهش دمای هوا کاسته شده است که دلیل آن آبتشویی املاح از سطح خاک و تجمع آهک در افق‌های تحت‌الارضی است. مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در افق‌های سطحی مناطق خشک به دلیل کاهش مقدار بارندگی و عدم آبتشویی املاح از افق‌های سطحی نیمرخ‌های موجود در مناطق مرطوب بیشتر است. واکنش خاک در محدوده خنثی تا قلیایی ضعیف (6/9-8/3) متغیر است. مقدار زیاد آهک در مواد مادری لس و تعادل آن با فشار جزئی گاز CO<sub>2</sub> در اتمسفر، دلیل اصلی زیاده‌تر بودن مقدار واکنش در خاک‌های تشکیل شده در منطقه مطالعاتی است. روند تغییرات واکنش خاک شبیه به روند تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بوده و مقدار آن با افزایش عمق افزایش می‌یابد.

#### ترکیب کانی‌شناسی خاک‌ها

درصد کمی مهم‌ترین کانی‌های رسی در دو بخش رس و خاک در منطقه مورد مطالعه در جدول 3 ارائه شده است. ایلیت، کلریت، اسمکتیت، ورمی‌کولیت، کائولینیت و کانی‌های مخلوط ایلیت-ورمی‌کولیت و ایلیت-اسمکتیت در مناطق مطالعه شناسایی گردیده‌اند.

#### بررسی کانی‌های رس در رژیم‌های رطوبتی مختلف رژیم رطوبتی یودیک (نیمرخ شماره 1)

حضور کانی‌های رسی ایلیت و کلریت در مواد لسی بیانگر فرآیند هوادیدگی در زمان تشکیل و حاکم

<sup>1</sup>. Li

<sup>2</sup>. Allen and Hajek

<sup>3</sup>. Grim

ایلیت به اسمکتیت (خرمالی و ابطحی، 2003) و تبدیل اسمکتیت به ایلیت (مور و رندولز<sup>1</sup>، 1997) است.

#### رژیم رطوبتی زیرک (نیمرخ‌های 2، 3 و 4)

مطالعه کانی‌شناسی جزء کوچکتر از 0/002 میلی‌متر نمونه‌های خاک نیمرخ‌های حفر شده در منطقه دارای رژیم رطوبتی زیرک نشان می‌دهد که کانی ایلیت بیشترین مقدار نسبی را در بین کانی‌های رسی دارا می‌باشد (جدول 2، اشکال 4 و 5). تغییر مقدار نسبی کانی ایلیت با افزایش عمق از روند مشخصی تبعیت نمی‌کند. مقدار نسبی کانی ایلیت در نیمرخ شماره 2 با افزایش عمق افزایش یافته و در نیمرخ شماره 3 مقدار آن با افزایش عمق نسبتاً ثابت بوده و در نیمرخ شماره 4 با افزایش عمق کاهش می‌یابد. مقدار نسبی کانی ایلیت در خاک‌های تشکیل شده در این رژیم رطوبتی در مقایسه با مقدار کانی ایلیت در خاک‌های تشکیل شده در رژیم‌های رطوبتی بودیک و اریدیک بیشتر است. به نظر می‌رسد در این رژیم رطوبتی شرایط برای تبدیل کانی ایلیت به سایر انواع کانی‌های رسی دیگر نظیر ورمی‌کولیت و یا مونت‌موریلونیت مساعد نیست. با توجه به جدول 2 ملاحظه می‌گردد که با افزایش عمق از مقدار نسبی کانی کلریت کاسته می‌شود. کانی کلریت در کلیه نمونه‌های خاک تهیه شده از نیمرخ‌های مورد مطالعه وجود دارد. بیشترین مقدار نسبی کانی کلریت در نمونه‌های مربوط به افق A نیمرخ شماره 4 و کمترین مقدار آن در افق Bw<sub>2</sub> نیمرخ شماره 2 قابل مشاهده است. کانی کلریت در اثر هوازدگی به کانی‌های بین لایه‌ای کلریت-ورمی‌کولیت و اسمکتیت تبدیل می‌شود (خرمالی و قربانی، 1388). مقدار نسبی کانی اسمکتیت عموماً از سطح به عمق خاک افزایش می‌یابد که دلیل آن احتمالاً وجود فرآیند تبدیل کانی ایلیت به کانی اسمکتیت می‌باشد. بیشترین مقدار نسبی کانی اسمکتیت در افق Bw<sub>2</sub> نیمرخ شماره 2 با حدود 40 درصد (شکل‌های 4 و 5) و کمترین مقدار نسبی آن در افق A نیمرخ شماره 4 با 8 درصد اسمکتیت ملاحظه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که با نزدیک شدن به منطقه دارای رژیم رطوبتی اریدیک از مقدار اسمکتیت کاسته می‌شود.

مقدار کانی کائولینیت روند خاصی را با افزایش عمق نشان نمی‌دهد. با توجه به اینکه شرایط در خاک‌های مورد مطالعه برای تشکیل کائولینیت مناسب نیست و از طرف دیگر مقدار تکامل خاک‌های مورد مطالعه در حد متوسطی قرار دارد، به نظر

کانی ورمی‌کولیت در پ.ه‌هاش زیاد (واکنش قلیایی)، حضور Si، Mg و در شرایطی که حلالیت Al کم است، ناپایدار است. بین مقدار CEC و مقدار رس افق‌های دارای کانی ورمی‌کولیت و افق‌های فاقد این کانی تفاوت فاحش وجود دارد (جدول 2). افزایش شدت و تقارن منحنی ناحیه 10 آنگسترومی در تیمار پتاسیم و حرارت 550 درجه سانتی‌گراد احتمالاً موید آن است که بخش اعظم کانی‌های ناحیه 14 آنگسترومی از نوع کانی ورمی‌کولیت است (شکل 3-ج).

با توجه به جدول 2 ملاحظه می‌گردد که در این نیمرخ از سطح به عمق بر مقدار کانی اسمکتیت افزوده می‌شود. دلیل این فرآیند احتمالاً تبدیل کانی ایلیت به اسمکتیت است. بیشترین مقدار کانی اسمکتیت در افق توسعه یافته آرچیلیک (Bt<sub>2</sub>) مشاهده شده است که احتمالاً ناشی از شستشو و انتقال ذرات ریز رس از افق‌های فوقانی است. خرمالی و ابطحی (2003)، 3 مکانیزم (1) نو تشکیلی از محلول خاک در شرایط زهکشی ضعیف، (2) منشأ ارثی و (3) تبدیل از سایر کانی‌ها در شرایط مطلوب را برای حضور اسمکتیت در خاک بیان کردند. مقدار بیشتر اسمکتیت در افق زیر سطحی Bt به دلیل انتقال این کانی از افق‌های سطحی و تجمع آن در افق آرچیلیک می‌باشد (خرمالی و قربانی، 1388). با توجه به وجود شرایط زهکشی مطلوب در نیمرخ خاک به نظر می‌رسد وجود کانی اسمکتیت در این نیمرخ بیشتر جنبه وراثتی داشته و یا محصول تغییر شکل از سایر کانی‌ها باشد (شکل 3-د).

با توجه به شکل (3-و) ملاحظه می‌گردد که مقدار کانی کائولینیت از سطح به عمق نسبتاً افزایش می‌یابد. خرمالی و ابطحی (2003) بر وجود واکنش اسیدی، وجود فعالیت متوسط Si و کم بودن مقدار کاتیون‌های قلیائی در محیط را برای نو تشکیلی کانی کائولینیت ضروری دانسته‌اند. با وجود اینکه شرایط خاک‌های مورد مطالعه برای تشکیل کانی کائولینیت مناسب نیست لذا حضور این کانی در این خاک‌ها احتمالاً دارای منشأ وراثتی است.

نتایج تفسیر منحنی‌های پراش نگار پرتو ایکس نشان می‌دهد که در کلیه افق‌های نیمرخ مطالعه شده به جز افق Ck ترکیب کانی‌های مخلوط بیشتر از نوع ایلیت-اسمکتیت و در افق Ck از نوع ایلیت-ورمی‌کولیت است (شکل 3-ه). مقدار کانی‌های مخلوط از سطح به عمق خاک افزایش می‌یابد. تغییرات مقدار این نوع کانی‌ها نسبت به عمق نشانه وجود فرآیندهای حد واسط تبدیل

<sup>1</sup> Moore and Reynolds

برای تغییر و تبدیل کانی‌ها مناسب نیست بیشتر در خاک شاهد کانی‌های اولیه هستیم (کانی‌های به ارث رسیده). کانی‌های ایلیت، کلریت و کائولینیت در خاک‌ها احتمالاً دارای منشأ وراثتی هستند و از مواد مادری به ارث رسیده‌اند. بعلاوه کانی ورمی‌کولیت فقط در سه افق A، Bt<sub>2</sub> و Ck نیمرخ شماره 1 مشاهده شد. خرمالی و قربانی (1388)، نشان دادند که مقدار دو کانی ایلیت و کلریت در خاک‌های دارای مواد مادری لس در مقایسه با سایر کانی‌های رسی به مراتب بیشتر است.

در شکل 8 متوسط تغییرات مقدار نسبی کانی اسمکتیت نسبت به کانی ایلیت در نیمرخ‌های مورد بررسی نشان داده شده است. با توجه به شکل ملاحظه می‌گردد که بین مقدار نسبی کانی ایلیت با مقدار نسبی کانی اسمکتیت یک رابطه معکوس وجود دارد که احتمالاً نشانگر وقوع فرآیند تبدیل ایلیت به اسمکتیت است.

نتایج این بررسی نشان داد که بین مقدار نسبی کانی کائولینیت و شاخص اقلیمی (P/ET<sup>o</sup>) رابطه مشخصی وجود ندارد. با توجه به شکل 9 الف و ب ملاحظه می‌شود که بین P/ET<sup>o</sup> و مقدار نسبی کانی ایلیت و کانی کلریت رابطه منفی وجود دارد به طوری که با افزایش مقدار P/ET<sup>o</sup> مقادیر ایلیت و کلریت کاهش نشان می‌دهد. این موضوع احتمالاً نشان‌دهنده افزایش سهم کانی‌های به ارث رسیده از مواد مادری و عدم وجود شرایط مناسب برای تشکیل کانی اسمکتیت و کانی‌های مخلوط است.

با توجه به شکل 10 ملاحظه می‌گردد که با افزایش مقدار شاخص اقلیمی بر مقدار نسبی کانی اسمکتیت افزوده شده است که دلیل آن احتمالاً به وجود شرایط مناسب در مقطع کنترل رطوبتی خاک رژیم رطوبتی مرطوب‌تر برای تبدیل کانی ایلیت به کانی اسمکتیت مربوط است.

### نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد که شاخص اقلیمی با توجه به نقشی که در تعیین رژیم‌های رطوبتی خاک دارد مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در تحول و تکامل خاک در مناطق مطالعاتی است به طوری که در رژیم رطوبتی یودیک خاک‌های تکامل یافته مالی‌سولز با افق‌های زیرسطحی آرجیلیک و کلسیک، در رژیم رطوبتی زریک خاک‌های مالی‌سولز و اینسپتی‌سولز دارای افق‌های کمییک و کلسیک و در رژیم رطوبتی اریدیک خاک‌های جوان انتی‌سولز با درجه تحول پروفیلی کم و اریدی‌سولزهای تحول یافته تشکیل شده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار نسبی کانی‌های رسی در خاک‌های تشکیل شده در مناطق دارای

می‌رسد حضور این کانی در خاک ارثی است (ویلسون، 1999، خرمالی و ابطحی، 2003).

کانی‌های مخلوط بیشتر از نوع ترکیب ایلیت-اسمکتیت هستند. مقدار نسبی این نوع کانی در مقایسه با سایر انواع کانی‌ها کمترین مقدار را دارا است (جدول 2 و شکل 3). نتایج نشان داد که در کلیه نیمرخ‌های مطالعه شده بجز نیمرخ شماره 2 با افزایش عمق بر مقدار نسبی این نوع کانی مخلوط افزوده شده است. تغییرات در مقدار کانی‌های مخلوط نسبت به عمق نشانه فرآیندهای حد واسط تبدیل ایلیت به اسمکتیت (خرمالی و ابطحی، 2003) و تبدیل اسمکتیت به ایلیت (مور و رندولز، 1997) است.

### رژیم رطوبتی اریدیک (نیمرخ‌های شماره 5، 6 و 7)

مقدار نسبی کانی ایلیت در خاک‌های تشکیل شده در رژیم رطوبتی اریدیک نسبت به سایر کانی‌ها بیشتر است و تا حدود 50 درصد برآورد گردیده است. تغییرات مقدار این کانی با افزایش عمق خاک از روند مشخصی تبعیت نمی‌کند (جدول 2 و شکل 6 و 7).

مقدار نسبی کانی کلریت در رتبه دوم قرار داشته اما متوسط مقدار نسبی آن در خاک‌های تشکیل شده در این رژیم رطوبتی در مقایسه با متوسط مقدار نسبی آن در نیمرخ خاک‌های تشکیل شده در منطقه رژیم رطوبتی زریک بیشتر است. به نظر می‌رسد که این کانی دارای منشأ وراثتی بوده و مستقیماً از هواپدگی مواد مادری حاصل گردیده است (جدول 2، اشکال 6 و 7).

مقدار نسبی کانی اسمکتیت با عمق افزایش می‌یابد ولی مقدار کلی آن در مقایسه با نیمرخ‌های سایر مناطق کمتر است به طوری که در افق‌های سطحی خاک‌های این منطقه مشاهده نمی‌شود. مقدار کانی اسمکتیت در نیمرخ شماره 7 نسبت به سایر نیمرخ‌ها نسبتاً زیادتر است که به نظر می‌رسد دارای منشأ موروثی است. نتایج نشانگر عدم وجود کانی‌های مخلوط ایلیت-اسمکتیت در نیمرخ‌های خاک مطالعه شده در این ناحیه است (اشکال 6 و 7).

کانی کائولینیت از لحاظ فراوانی در رتبه سوم قرار دارد و مقدار متوسط آن نسبت به نیمرخ‌های گروه قبل بیشتر می‌باشد (جدول 2، اشکال 6 و 7).

به طور کلی با تغییر رژیم رطوبتی خاک از منطقه دارای رژیم رطوبتی یودیک به سمت مناطق دارای رژیم رطوبتی زریک و اریدیک مقدار کانی‌های ایلیت و کلریت افزایش یافته اما از مقدار کانی اسمکتیت و کانی‌های مخلوط کاسته شده است. هم‌چنین مقدار کانی کائولینیت تا حدودی افزایش یافته است. در رژیم‌های که شرایط

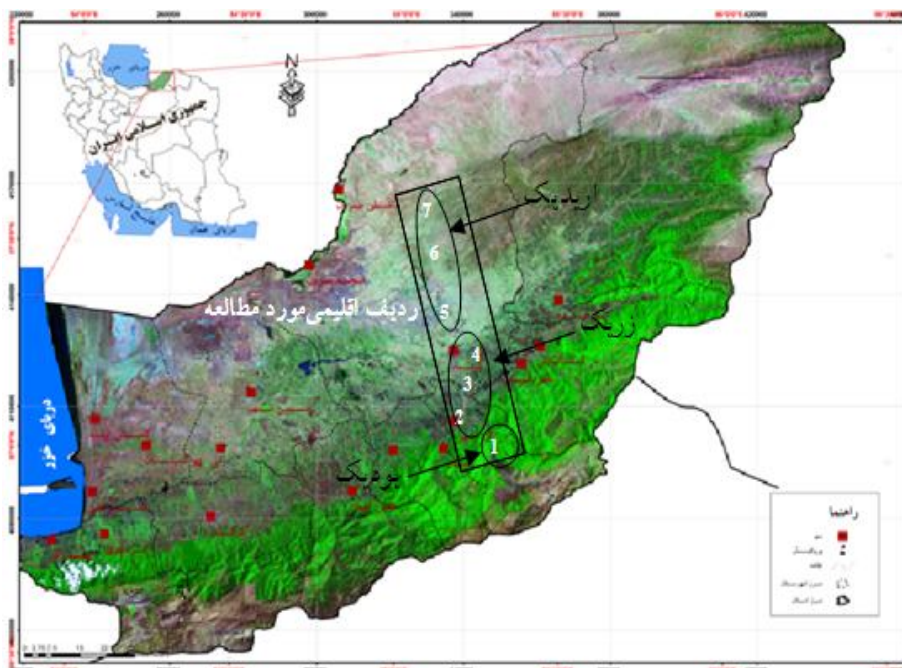


اسمکتیت می‌باشد. کانی‌های ایلیت، کلریت و اسمکتیت روابط معنی‌داری با شاخص اقلیمی داشتند که بیان‌کننده تأثیر اقلیم بر نوع و مقدار کانی‌ها می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات مهندس محمد عجمی و مهندس محمدزمان علالدین کارشناسان آزمایشگاه گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

رژیم رطوبتی یودیک به ترتیب کانی ایلیت < اسمکتیت > ورمی‌کولیت < کائولینیت = کانی‌های مخلوط > کلریت، در رژیم رطوبتی زیریک کانی ایلیت < کلریت > اسمکتیت < کائولینیت > کانی‌های مخلوط و در منطقه دارای رژیم رطوبتی اریدیک به ترتیب کانی ایلیت < کلریت > کائولینیت < اسمکتیت کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که تغییرات مقدار نسبی کانی ایلیت با کانی اسمکتیت دارای روند معکوس است به طوری که با افزایش مقدار نسبی کانی ایلیت از مقدار نسبی کانی اسمکتیت کاسته می‌شود که این امر احتمالاً بیان‌کننده فرآیند تبدیل ایلیت به



شکل 1- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد بررسی به تفکیک رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک

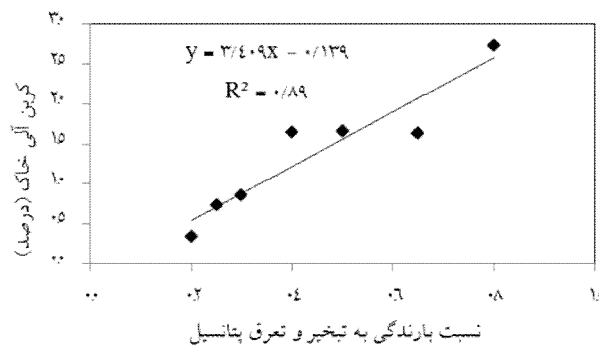
جدول 1- خاک‌های شناسایی شده در محدوده مورد بررسی طبق سیستم جامع طبقه‌بندی خاک (1999)

رژیم رطوبتی و حرارتی خاک	خاک‌های شناسایی شده بر اساس کلید سیستم جامع طبقه‌بندی خاک (2010)	نیمرخ
یودیک - مزیک	Fine, mixed, superactive, mesic Typic Argiudolls	1
زریک - ترمیک	Fine-silty, mixed, superactive, thermic Typic Haploxerolls	2
زریک - ترمیک	Fine-silty, mixed(Calcareous), active, thermic Typic Haploxerepts	3
زریک - ترمیک	Fine-silty, mixed, active, thermic Typic Calcixerepts	4
اریدیک-ترمیک	Fine-silty, mixed, superactive, thermic Typic Haplocalcids	5
اریدیک-ترمیک	Fine-silty, mixed(Calcareous), active, thermic Typic Haplocambids	6
اریدیک-ترمیک	Coarse-silty, mixed(Calcareous), active, thermic, Typic Torriorthents	7



جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نیمرخ‌های مورد مطالعه

CEC ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )	آهک %	ماده آلی %	شن %	سیلت %	رس %	واکنش خاک	EC ( $\text{dS m}^{-1}$ )	عمق cm	افق	نیمرخ
27/8	2/1	2/74	7/5	60	32/5	6/9	0/80	0-25	A	1
28/4	4/6	0/98	9/2	51/6	39/2	7/1	1/21	25-55	Bt1	
35/7	2/6	0/50	9/2	48/3	42/5	7/4	1/14	55-105	Bt2	
33/2	12/4	0/28	10/8	46/7	42/5	7/6	0/89	105-140	Btk	
25/9	24/1	0/11	16/7	47/5	35/8	7/7	0/89	140-200	Bk	
30/3	18/1	0/28	19/2	46/6	34/2	7/75	1/13	200>	Ck	
34/8	2/6	1/63	10/83	48/37	40/80	7/5	0/89	0-25	A	2
31/7	1/1	0/61	10/83	43/33	45/83	7/4	1	25-45	AB	
26/3	13/1	0/56	14/17	50	35/83	7/8	0/74	45-70	Bw1	
18/2	21/1	0/22	30/83	46/67	22/5	8	0/95	70-120	Bw2	
17/6	7/6	1/66	32/5	45	22/5	7/5	1/40	0-15	A	3
19/1	7/1	0/9	27/5	50	22/5	7/9	0/65	15-40	Bw	
13/1	9/6	0/6	32	35	33	7/7	0/56	40-60	C1	
13	15/1	0/65	34/17	33/33	32/5	7/9	0/68	60-110	C2	
22/2	15/1	1/64	17/5	50	32/5	7/5	1/42	0-16	A	4
16/6	19/1	0/70	14/17	56/67	29/17	8/0	0/62	16-36	Bw	
17/3	27/6	0/13	7/5	65	27/5	7/9	0/53	36-57	Bk1	
12/2	25/1	0/25	14/17	56/67	29/17	7/9	0/57	57-110	Bk2	
18/6	10/1	0/85	10/83	63/33	25/83	7/5	1/60	0-25	A	5
17/9	18/1	0/2	10/83	63/33	25/83	7/7	4/47	25-75	Bw	
15/8	21/6	0/03	12/5	58/33	29/17	7/9	15/23	75-105	Bk	
12/6	24/6	0/03	14/17	56/67	29/17	8/1	14/32	105-130	C	
12/8	17/6	0/73	13/3	65/9	20/8	7/6	3/28	0-15	A	6
10/7	24/6	0/22	14/2	60/5	25/3	7/8	12/47	15-60	Bw	
10/5	18/6	0/01	7/5	68/3	24/2	7/8	17/42	60-90	BC	
10/8	19/1	0/03	23/3	62/5	14/2	7/9	19/63	90-130	C	
9/6	19/6	0/34	4/2	63/3	32/5	7/6	3/13	0-25	A	7
8/8	20/6	0/03	20/83	63/33	15/83	7/8	14/76	25-60	C1	
7/1	15/6	0/03	14/17	66/67	19/17	8/3	23/62	60-130	C2	

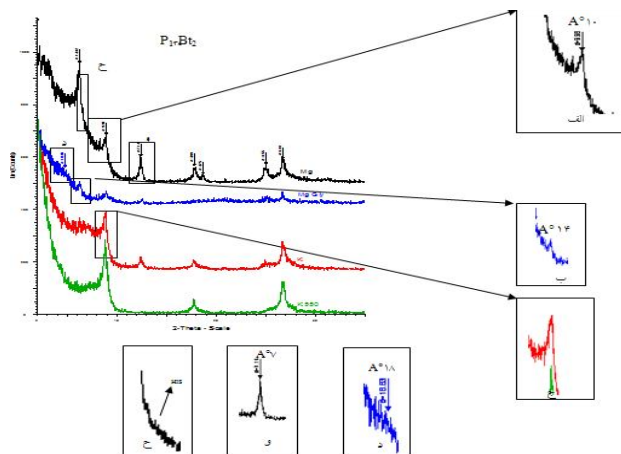
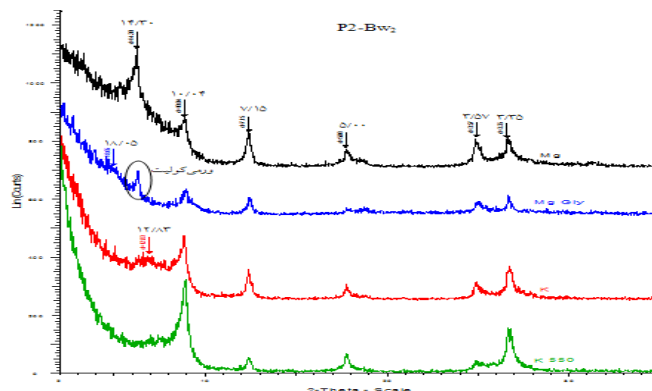


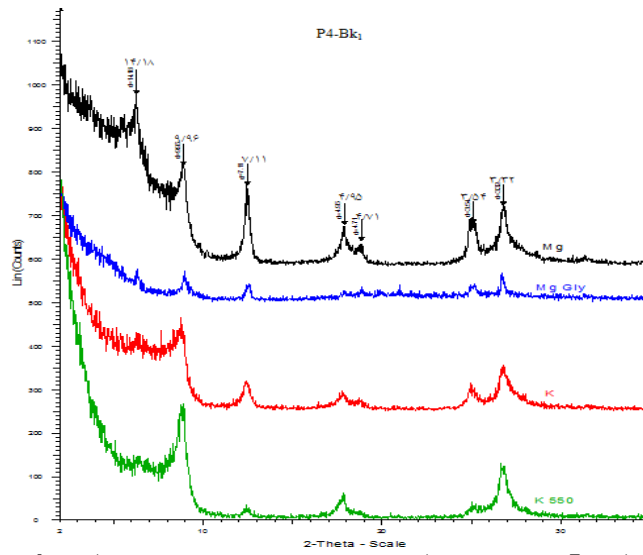
جدول 3- نتایج کانی‌شناسی نیمرخ‌های مورد مطالعه

نیمرخ	افق	توالی کانی‌ها	ایلیت	کلریت	اسمکتیت	ورمی کولیت	کائولینیت	کانی‌های مخلوط
نیمرخ 1	A	I>S=V>Ch=K	11 (30)	4 (10)	9 (25)	9 (25)	4 (10)	-
	B <sub>12</sub>	S>I>Ch=V>K=M	9 (20)	6 (15)	13 (30)	6 (15)	4 (10)	4 (10)
	B <sub>k</sub>	I>S>M>K	18 (50)	-	7 (20)	-	5 (14)	6 (16)
	C <sub>k</sub>	V>I>S>K>IV=Ch	9 (25)	3 (7/5)	7 (20)	10 (30)	3 (10)	3 (7/5)
نیمرخ 2	A	I>S>Ch>M=K	14 (35)	8 (20)	10 (25)	-	4 (10)	4 (10)
	B <sub>w2</sub>	S=I>Ch=K	9 (40)	3 (15)	9 (40)	-	3 (15)	-
نیمرخ 3	A	I>Ch>K>S>M	10 (45)	6 (25)	2 (10)	-	3 (15)	1 (5)
	C <sub>1</sub>	I>Ch>S>K=M	15 (45)	7 (20)	5 (15)	-	3 (10)	3 (10)
نیمرخ 4	A	I>Ch>K>S	14 (43)	11 (34)	3 (8)	-	5 (15)	-
	B <sub>k1</sub>	I>Ch>K>S>M	10 (38)	7 (25)	3 (12)	-	4 (15)	3 (10)
نیمرخ 5	A	I>Ch>K	13 (50)	8 (30)	-	-	5 (20)	-
	B <sub>k</sub>	I>Ch>S>K	12 (40)	10 (33)	5 (17)	-	3 (10)	-
نیمرخ 6	A	I>Ch>K	9 (45)	7 (35)	-	-	4 (20)	-
	C	I>Ch>K>S	7 (48)	4 (26)	1 (8)	-	3 (18)	-
نیمرخ 7	A	I>Ch>S=K	16 (50)	10 (30)	3 (10)	-	3 (10)	-
	C <sub>1</sub>	I>Ch=S>K	8 (50)	3 (20)	3 (20)	-	2 (10)	-

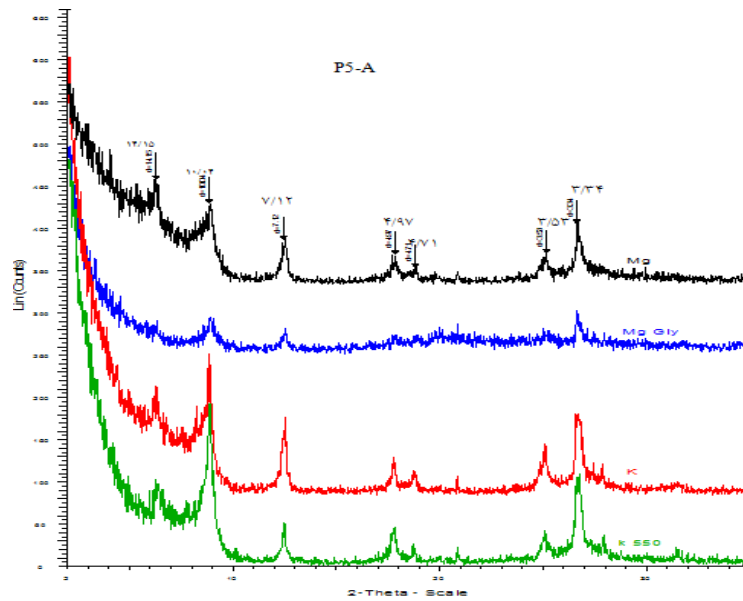
\* اعداد داخل پرانتز درصد کانی در بخش رس و اعداد خارج از پرانتز درصد کانی را در خاک نشان می دهند

I: ایلیت - Ch: کلریت - V: ورمی کولیت - S: اسمکتیت - K: کائولینیت - M: کانی مخلوط ایلیت - اسمکتیت - IV: ایلیت - ورمی کولیت

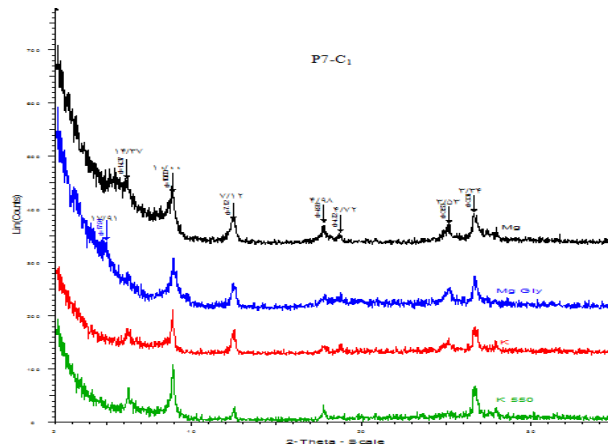
شکل 3- منحنی‌های پراش نگار پرتو ایکس در افق Bt<sub>2</sub> نیمرخ شماره 1. الف: ایلیت. ب: کلریت و ورمی کولیت ج: ایلیت و ورمی کولیت. د: اسمکتیت. و: کائولینیت. ح: کانی مخلوط ایلیت-اسمکتیتشکل 4- منحنی‌های پراش نگار پرتو ایکس در افق Bw<sub>2</sub> نیمرخ شماره 2



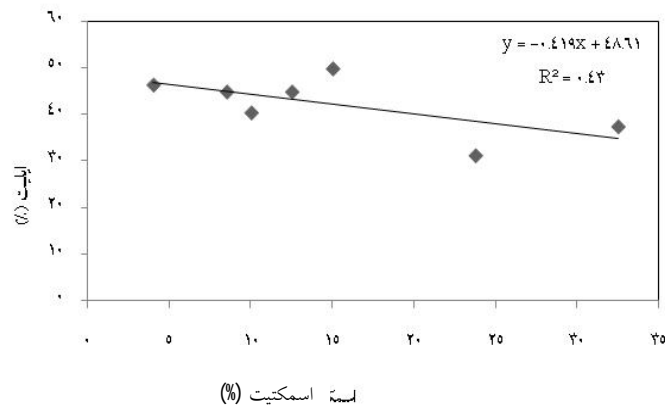
شکل 5- منحنی‌های پراش نگار پرتو ایکس در افق Bk<sub>1</sub> نیمرخ شماره 4



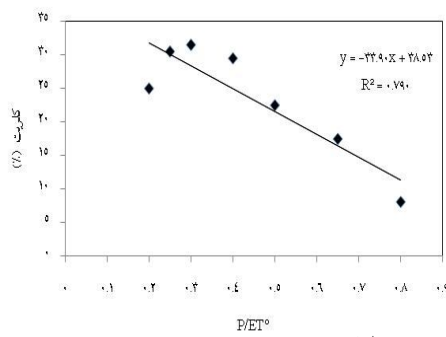
شکل 6- منحنی‌های پراش نگار پرتو ایکس افق A نیمرخ شماره 5



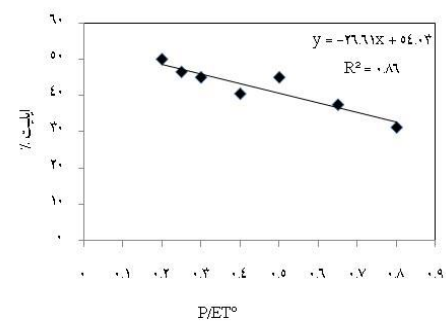
شکل 7- منحنی‌های پراش نگار پرتو ایکس در افق C<sub>1</sub> نیمرخ شماره 7



شکل 8- مقایسه روند تغییرات مقدار کانی اسمکتیت نسبت به کانی ایلیت در خاک‌های مورد مطالعه

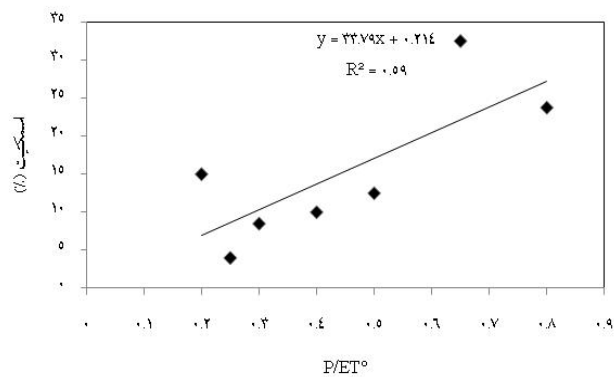


ب



الف

شکل 9- الف: تغییر مقدار نسبی کانی ایلیت با شاخص اقلیمی. ب: تغییر مقدار نسبی کانی کلریت با شاخص اقلیمی



شکل 10- روند تغییرات مقدار نسبی کانی اسمکتیت نسبت به تغییرات شاخص اقلیمی (P/ET°)

## فهرست منابع:

1. امینی ج، ح، م. ی. ناصری، خرمالی، ف. و س. ع. موحدی نائینی. 1388. تغییر در خواص و مشخصات خاک ناشی از موقعیت‌های مختلف اجزا زمین‌نما در خاک‌های با مواد مادری لسی در دو اقلیم متفاوت در استان گلستان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد شانزدهم، شماره اول. صفحه 1-17.
2. اولیایی، ح. ر.، و ع. ابطحی. 1382. کانی شناسی رس خاک‌های انتخاب شده در استان کهگیلویه و بویراحمد. هشتمین کنگره ملی علوم خاک. دانشگاه گیلان.
3. پاشایی، ع. 1376. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و چگونگی خاستگاه رسوب‌های لسی در منطقه گرگان و دشت. مجله علوم زمین. سال ششم. صفحات 67-78.
4. حق نیا، غ. ح. 1374. خاک شناخت. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. 630 صفحه.
5. حق نیا، غ. ح.، و الف. لکزیان. 1375. پیدایش و طبقه‌بندی خاک. ترجمه. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. 616 صفحه.
6. خرمالی، ف.، و ر. قربانی. 1388. منشأ و پراکنش کانی‌های رسی در خاک‌های سه منطقه اقلیمی شرق استان گلستان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد شانزدهم، شماره سوم. صفحه 27-38.
7. درویش زاده، الف. 1370. زمین‌شناسی ایران. انتشارات دانش امروز. 901 ص.
8. رامشنی، خ.، و ع. ابطحی. 1374. تأثیر اقلیم و توپوگرافی در تشکیل، تکوین و خصوصیات مورفولوژیکی خاک‌های منطقه کهگیلویه گرمسیری در استان فارس. چکیده مقالات چهارمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحه 88.
9. محمدی، م. ح.، ش. محمودی، و م. ی. ناصری. 1380. بررسی تأثیر پستی و بلندی و اقلیم بر توزیع کانی‌های رسی در نیمرخ خاک و طول ترانسکت در منطقه خشک تا نیمه مرطوب گرگان. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهرکرد. صفحات 200-202.
10. ملکوتی، م. ج.، و م. همایی. 1373. کتاب حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. 494 صفحه.
11. Abtahi, A. 1980. Soil genesis as affected by topography and time in calcareous parent materials. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 44: 329-336.
12. Allen, B. L., and B. F. Hajek. 1989. An introduction to soil mineralogy. In: Dixon, J. B. and S. B. Weed. (eds.), *Minerals in Soil Environments*, 2nd ed. SSSA Book Ser. Madison, WI. pp. 199-278.
13. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron. Jour.* 54: 464-465.
14. Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. In: *Methods of Soil Analysis. Part 2.* Black, C. A. (ed.). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
15. Day, P. R. 1955. Particle fractionation and particle-size analysis. In: Black, C. A. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part I. Agronomy 9, Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI.* pp. 545-567.
16. Dixon, J. B. 1989. Kaolin and Serpentine group minerals In: J. B. Dixon, and S. B. Weed (ed.) *Minerals in soil environments. Soil. Sci. Soc. Am. J. Madison. Wisconsin;* 551-634.
17. Franzluebbbers, A. J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Tillage Res.* 66: 95-106.
18. Givi, J., and A. Abtahi. 1985. Soil genesis as affected by topography and depth of saline and alkaline groundwater under semiarid conditions in southern Iran. *Iran Agricultural Research*, 4: 11-27.

19. Grim, R. E. 1968. Clay mineralogy. 2th edition. McGraw Hill Book Company, New York, 596 p.
20. Gunal, H., and M. D. Ransom. 2006. Genesis and micromorphology of loess-derived soils from central Kansas. *Catena*. 65: 222-236.
21. Jackson, M. L. 1975. Soil chemical analysis. advanced course. University of Wisconsin, College of Agriculture, Department of Soils, Madison, Wisconsin, USA.
22. Johns, W. D., R. E. Grim., and W. F. Bradley. 1954. Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods. *J. Sediment Petrol*. 24: 242-251.
23. Khormali, F., A. Abtahi., S. Mahmoodi., and G. Stoops. 2003. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. *Catena*, 53: 273-301.
24. Khormali, F., M. Ajami., and S. Ayoubi. 2006. Genesis and micromorphology of soils with Loess parent material as affected by deforestation in a hillslope of Golestan Province. Iran. 18<sup>th</sup> International Soil Meeting (ISM) on Soil Sustaining Life on Earth, Managing soil and Technology. 149-151.
25. Khormali, F., and A. Abtahi. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. *Clay Minerals*. 53. 273-301.
26. Kittrick, J. A., and E. W. Hope. 1963. A procedure for particle size separation of soils for X-ray diffraction analysis. *Soil Science*. 96: 312-325.
27. Li, L., G. Keller., T. Adatte., and W. Stinnesbeck. 2000. Late Cretaceous sea level changes in Tunisia: A Multi-disciplinary Approach. Special publication 157, Geological Society of London, pp. 447-458.
28. Mays, M. D., W. D. Nettleton., R. S. B. Greene., and J. A. Mason. 2003. Dispersibility of glacial loess in particle size analysis, U.S.A. *Aust. J. Soil Res*. 41:229-244.
29. Miller, M. B., T. H. Cooper., and R. H. Rust. 1993. Diffraction of an eluvial fragipan from dence glacial till in nouthern Minnesota. *Soil. Sci. Soc. Am. J*. 57: 787-796.
30. Moore, D. M., and R. C. Reynolds. 1997. X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals (2nd Ed). Oxford University Press, Oxford. 387 pp.
31. Page, A. L., R. H. Miller., and D. R. Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, second ed. Agronomy Monographs, 9. ASA-SSA, Madison.
32. Parton, W. I., W. J. Schimel., D. S. Cole, and D. S. Ojima. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 51: 1173-1179.
33. Singer, A. 1989. Illite in the hot-aridic soil environment. *Journal of soil science*. 147: 126-133.
34. Soil Survey Staff. 1999. Keys to Soil Taxonomy. USDA, NRCS.
35. Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11<sup>th</sup> ed. U. S. Department of Agriculture.
36. Walkley, A., and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*. 37:29-38.
37. Wilson, M. J. 1999. The origin and formation of clay minerals in soils: past, present and future perspectives. *Clay Minerals*, 34: 7-24.