

مقاله پژوهشی

کانی‌شناسی اجزای خاک در برخی کشت‌های طولانی مدت با رژیم رطوبتی زیرک

سهیلاسادات هاشمی^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۴

۱- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: S.Hashemi@malayeru.ac.ir

چکیده

شناسائی نوع کانی‌های اجزاء خاک‌هایی که پوشش گیاهی متفاوت دارند، دارای اهمیت ویژه‌ای است. هدف از این مطالعه بررسی کانی‌های اجزای خاک تحت کشت مداوم است. بدین منظور، سه منطقه با رژیم رطوبتی خاک مشابه (زریک) شامل دشت‌های گیان، درود و کنگاور انتخاب شدند. ۱۳ خاک‌رخ با تاریخچه کشت زراعی و ویژگی‌های متفاوت انتخاب و خاک‌رخ‌ها حفر و تشریح شدند. خاک‌های انتخاب شده تحت کشت برنج، گندم، کلزا، چغندر قند بودند. نمونه‌ها از افق‌های مختلف جمع‌آوری شدند و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی آنها در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. تمامی اجزای خاک شامل سه جزء شن، سیلت و رس جدا شدند و محتوی کانی آنها تعیین شد. نتایج تجزیه‌های پراش پرتو ایکس، میکروسکوپ‌های الکترونی عبوری و روبشی نشان داد که بیشترین فراوانی نسبی کانی‌های جزء رس در کشت برنج به ترتیب شامل کلرایت < ورمی‌کولایت > اسمکتایت < ایلایت می‌باشد. شرایط غرقابی وضعیت مناسبی را برای پایداری کانی‌های کلرایت و ورمی‌کولایت فراهم کرده است. حضور ورمی‌کولایت در کشت برنج را می‌توان به دلیل هوازگی بیوتایت دانست. بیشترین مقدار اسمکتایت در جزء رس کشت زراعی چغندر قند و سپس در کلزا دیده شد. نوشتگی اسمکتایت حاوی کلسیم، بعنوان کاتیون قابل تبادل در خاک‌های کشت شده غالب است. کانی‌های مختلط کلرایت-ورمی‌کولایت، ایلایت-اسمکتایت و ایلایت-ورمی‌کولایت در جزء سیلت کشت برنج به‌طور غالب و سپس در کشت چغندر قند و کلزا مشاهده شدند، تغییرپذیری جزء شن ناچیز و در تمامی کشت‌ها تقریباً مشابه بود.

واژه‌های کلیدی: رس، زریک، سیلت، کانی‌شناسی، کشت زراعی

Soil Fractions Mineralogy in Some Long-Term Cultivations with Xeric Moisture Regimes

SS Hashemi*¹

Received: October 14, 2018 Accepted: December 15, 2019

¹ Assist. Prof. Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Malayer University, Iran

* Corresponding Author, Email: S.Hashemi@malayeru.ac.ir

Abstract

The identification of mineral types in size fractions of soils with different cover plants is a matter of special importance. The aim of this study was investigation of the soil particles' minerals under continues cultivation. Three different regions with similar soil moisture regime (xeric) including Gyan, Doroud and Kangavar plains were selected. Thirteen pedons with different properties and crop cultivation history were selected and soil profiles were dug and analyzed. The selected soils were under cultivation of rice, wheat, canola and sugar beet cultivations. Soil samples were collected from different horizons and their physicochemical and mineralogical characteristics were measured. All size fractions were separated and the contents of minerals in sand, silt and clay fractions were determined. X-ray diffraction, TEM and SEM analyses of clay fraction in rice cultivation revealed that the most semi quantitative of minerals were in order of: chlorite> vermiculite> smectite> illite. The ponding condition provided a suitable position for stability of chlorite and vermiculite minerals. The presence of vermiculite in paddy soil might cause biotite weathering. The most of smectite content was observed in the clay fraction in sugar beet cultivated soil followed by canola cultivation. The neof ormation of smectite containing Ca as exchangeable cation was dominant in cultivated soils. The mixed minerals as vermiculite-chlorite, illite- smectite and illite-vermiculite were predominantly observed in the silt fraction under rice cultivation and then in the sugar beet and canola cultivations. The variability of minerals in sand fraction was negligible and it was similar in all cultivations.

Key words: Clay, Crop cultivation, Mineralogy, Silt, Xeric

مقدمه

کنار آن اثرگذار است (ولدی و باری ۲۰۱۰). عواملی همچون غلظت و تعادل یونی سیستم خاک، محصولات ناشی از انحلال، شرایط اکسایش - احیاء محیط و سرعت هوازدگی در تشکیل کانی‌های خاک مؤثرند (بیول و همکاران ۱۹۸۹). در صورتی که کاتیونهای فلزی و بخصوص منیزیم در مواد مادری وجود داشته باشد و از سوی دیگر شرایط زهکشی خاک نیز محدود باشد به طوری که کاتیونهای فلزی نتوانند آبشویی گردند، در این صورت اسمکتیت‌ها متبلور می‌شوند (برادی ۱۹۹۰). بیول و همکاران (۱۹۸۹) عواملی همچون غلظت و تعادل یونی در سیستم خاک، انحلال ترکیب-های شیمیایی موجود، شرایط Eh-pH محیط و سرعت هوازدگی را در تشکیل کانی‌های خاک مؤثر می‌دانند. کشت برنج و چرخه‌های اکسید و احیا طی کشت برنج موجب افزایش فرآیند کلریتی شدن و تبدیل رس‌های

کانی، عنصر یا جزء شیمیایی است که معمولاً کریستالی بوده و تحت فرآیندهای زمین‌شناسی شکل گرفته است. این اجزا دارای ساختار مولکولی یا سیستم کریستالی مشخص و منحصر به فردی می‌باشند (محمدی ۲۰۰۹). کانی‌ها در حدود ۵۰ درصد از حجم بیشتر خاک‌ها را تشکیل می‌دهند، آنها حمایت فیزیکی گیاه را به عهده دارند و آب و هوای مورد نیاز برای رشد مطلوب ریشه گیاهان را فراهم می‌کنند. همچنین هوادیده شدن کانی‌ها، عناصر غذایی گیاهان را آزاد می‌کند (مور و رینولدز ۱۹۸۹). اقلیم روی جامعه گیاهی و بخش آب موجود در خاک و در نهایت در نوع کانی رسی خاک اثرگذار است. رژیم گیاهی خود نیز تحت شرایط اقلیمی مشابه می‌تواند باعث تغییر کانی‌های خاک گردد، منتها همچنان اقلیم بعنوان متغییر دوم در

کانی‌های موجود در خاک، به‌ویژه کانی‌های بخش رس، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های فاز جامد خاک مطرح می‌باشند. تاثیر کانی‌های رسی در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (مانند ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب، حاصلخیزی خاک و غیره) چشمگیر است. این تاثیر به نوع و میزان کانی‌ها بستگی دارد. نیاز گیاهان به این جزء مهم جامد خاک به‌عنوان یکی از منابع تغذیه، بسیار بالاست. در نتیجه شناسایی نوع کانی‌های اجزاء خاک‌هایی که پوشش گیاهی متفاوت دارند، حائز اهمیت ویژه‌ای است. و با توجه به اینکه اثر کشت بر کانی‌شناسی، عمدتاً در شالیزارها مورد بررسی قرار گرفته است و در سایر کشت‌ها کمتر مورد توجه بوده، لذا هدف اصلی این تحقیق بررسی کانی‌شناسی اجزاء متفاوت خاک، در کشت‌های طولانی مدت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی مناطق مورد مطالعه

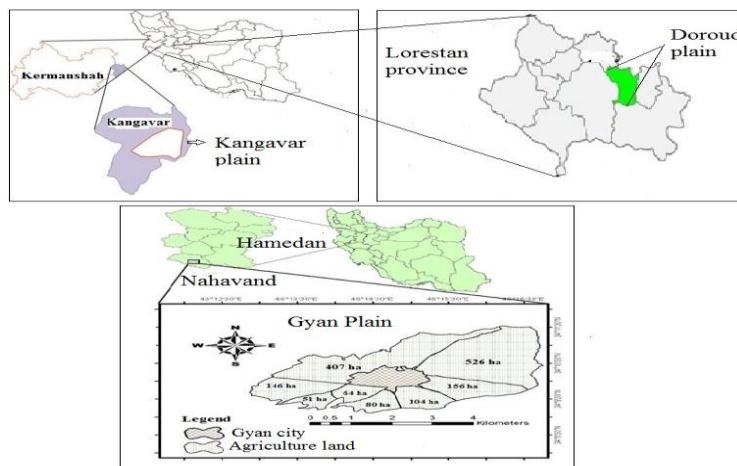
مطالعه حاضر در سه دشت در غرب کشور، که دارای شرایط اقلیمی یکسان می‌باشند، صورت گرفت. در منطقه‌های مورد نظر کشت‌های ۲۰ تا ۵۰ ساله بوده است. دشت دورود واقع در شرق استان لرستان، دارای مختصات جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه‌ی عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۷۰ دقیقه‌ی طول شرقی و ارتفاع ۱۴۵۰ متر از سطح دریای آزاد است. آب و هوای معتدل کوهستانی دارد و دارای اقلیم مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد است. اراضی شالیزاری دورود در دشت سیلاخور در اطراف رودخانه‌ی تیره واقع شده‌اند. میانگین بارش سالانه در منطقه ۶۷۹ میلی‌متر و میانگین تبخیر سالانه ۲۰۳۶/۵ میلی‌متر می‌باشد. بر این اساس، رژیم رطوبتی منطقه زیرک تعیین شد. میانگین دمای سالانه‌ی خاک ۱۵/۱ درجه‌ی سلسیوس بوده و لذا رژیم حرارتی، برای خاک‌رخ‌های حفر شده مزیک می‌باشد. دومین ناحیه مورد مطالعه، دشت کنگاور است. موقعیت جغرافیایی منطقه بر حسب سیستم مختصات

انبساط‌پذیر به کلریت، افزایش پایداری پیک ۱۴ آنگستروم در تیمارهای حرارتی و کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی می‌شود (می‌تسوشی ۱۹۷۴). فاوره و همکاران (۲۰۰۲) تغییرات آهن ساختمانی اسمکتایت و کائولینایت را در خاک‌های شالیزاری پس از ۱۱ سال کشت برنج مشاهده نمودند. این محققان مشاهده نمودند که آهن دوظرفیتی موجود در ساختمان اسمکتایت در نتیجه شرایط کاهشی افزایش می‌یابد. دور و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه بر روی خاک‌های شنی شمال شرق تایلند، تحت کشت جنگل و کشت ۵۰ ساله برنج، نشان دادند که کانی‌های رسی در کشت متوالی برنج با $pH=4$ ، به سمت کائولینایت با اندازه بسیار ریز حدود ۰/۰۲ میکرون می‌رود. آنان نشان دادند که کائولینایت در کشت برنج حدود ۷۸٪ و در جنگل حدود ۸۸٪ در بین کانی‌های رسی تخمین زده شده، در حالی که اسمکتایت بعنوان رس دوم به ترتیب در کشت برنج و جنگل حدود ۲۰ و ۶ درصد برآورد شد.

چرم و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که کشت مداوم نیشکر و انجام عملیات آبیاری قوی، منجر به تغییر کانی‌های میکائی و پالی‌گورسکایت به کانی‌های منبسط‌پذیر در آن کشت شده است. میرکریمی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند، که افزایش درصد اسمکتایت و ورمی-کولایت در کاربری‌های طبیعی جنگل و مرتع نسبت به کاربری‌های زراعی و باغی، به سبب وجود رطوبت بیشتر در این کاربری‌ها و ایجاد شرایط بهتر برای هوادیدگی، است. راهب و حیدری (۲۰۱۲)، نشان دادند که غرقاب طولانی مدت و واحدهای فیزیوگرافی با شیب کم، از جمله عواملی هستند که شرایط زهکشی نامناسب را برای ایجاد اسمکتایت فراهم می‌کند. همچنین پایین آمدن pH بر اثر غرقاب نیز شرایط را برای پایداری ورمی‌کولایت ایجاد می‌کند. آنان بیان کردند که در باغ-های کیوی بدلیل بهبود وضعیت زهکشی از مقدار اسمکتایت کاسته و بر مقدار ورمی‌کولایت افزوده شده است.

مطالعه دارای رژیم رطوبتی زیریک و رژیم حرارتی مزیک می‌باشد (بنائی ۱۹۹۸). دشت درود تحت کشت ۵۰ ساله برنج، دشت کنگاور تحت کشت ۲۰ ساله گندم و دشت گیان تحت کشت ۲۰ تا ۳۰ ساله چغندر قند و کلزا می‌باشند. خاک‌رخ‌ها در سه منطقه در زمین‌های زراعی، حفر شدند. پس از تشریح، نمونه‌برداری از هر افق صورت گرفت، و پس از خشک کردن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد تا ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شود. طبقه‌بندی خاک‌رخ‌ها بر اساس کلید طبقه‌بندی خاک آمریکا، تاکسونومی (۲۰۱۴) صورت گرفت.

جغرافیایی در طول جغرافیایی $30^{\circ} 1' 48''$ شرقی و عرض جغرافیایی $28^{\circ} 4' 34''$ شمالی قرار دارد. ارتفاع متوسط دشت ۱۴۵۰ متر از سطح دریا است. میانگین دمای سالانه $12/8$ درجه سلسیوس، و میانگین بارندگی سالیانه در حدود $399/1$ میلی‌متر می‌باشد. رژیم رطوبتی منطقه زیریک و رژیم حرارتی آن مزیک می‌باشد (شکل، ۱). منطقه سوم مورد مطالعه، دشت گیان در جنوب شهرستان نهاوند، در استان همدان واقع شده است. موقعیت جغرافیایی گیان عرض $34^{\circ} 5' 11''$ شمالی و طول $48^{\circ} 56' 14''$ شرقی و دارای 1563 متر ارتفاع از سطح دریا است. براساس آمار میانگین دمای سالیانه $12/7 +$ درجه سلسیوس، است. منطقه مورد



شکل ۱- موقعیت منطقه‌های مورد مطالعه بر روی نقشه ایران.

جداسازی ذرات شن، سیلت و رس طی خالص-سازی از قانون استوکز انجام شد. مراحل جداسازی و آماده‌سازی اجزاء به روش معمول کنز و دیکسون انجام گرفت (کنز و دیکسون ۱۹۸۶). پس از حذف املاح محلول و گچ با آب مقطر، حذف کربنات‌ها با کمک محلول استات سدیم یک نرمال با $pH=5$ انجام شد. حذف مواد آلی نمونه‌ها توسط آب اکسیژنه (H_2O_2) صورت گرفت. حذف اکسیدهای آهن با سیترات سدیم بی‌کربنات سدیم و سپس اضافه نمودن دی‌تیونات سدیم انجام شد. پس از جداسازی ذرات رس با سانتریفوژ با دور ۷۵۰ در دقیقه، به مدت ۵ دقیقه، چهار اسلاید رس اشباع با پتاسیم، اشباع با منیزیم، تیمار حرارت 550

آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی: برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها از جمله، بافت خاک به روش هیدرومتر (گی و بادر ۱۹۸۶)، کربنات‌کلسیم معادل با روش تیتراسیون (آیسون و مودی ۱۹۶۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) (چاپمن ۱۹۶۵)، pH خاک در سوسپانسیون ۱:۵ خاک و آب مقطر (توماس ۱۹۹۶)، میزان کربن آلی با روش والکی- بلک اصلاح شده توسط نلسون و سامرز (۱۹۹۶)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره سوسپانسیون ۱:۵ خاک و آب مقطر (رودز ۱۹۹۶)، اندازه‌گیری شدند.

مطالعات کانی‌شناسی

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک مناطق نام‌برده به‌طور جداگانه در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ آورده شده است. از ۱۳ خاکرخ ۱۱ خاکرخ در جداول نمایش داده شدند. حداقل میزان رس در خاکرخ شماره ۱۱ (کشت چغندر قند) برابر با ۱۸/۵ درصد و حداکثر آن در کشت گندم در خاکرخ ۷ برابر با ۶۱ درصد مشاهده شد. حداقل سیلت در خاکرخ ۱ و ۱۱ برابر با ۱۹/۵ درصد و حداکثر در خاکرخ ۸ (کشت گندم) برابر ۴۹ درصد بود. میزان شن نیز دارای حداقل ۶ و حداکثر ۶۲ درصد در خاکرخ‌های ۷ و ۱۱ به‌ترتیب مشاهده شدند. کشت برنج تغییرات بافت از لومی‌رسی‌شنی به بافت رسی را داشت. تغییرات پهاش از ۶/۹ در کشت برنج تا ۸/۱ در کشت‌های چغندر قند و کلزا متغییر بوده است. میزان ظرفیت تبادل کاتیونی از حداقل ۱۳ سانتی‌مول بار در کیلوگرم در افق‌های تحت‌الارض کشت چغندر قند تا ۳۷/۶ سانتی‌مول بار در افق سطح‌الارض کشت کلزا (خاکرخ ۱۲) مشاهده گردید. تغییرات شوری از ۰/۳ تا ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر در کشت کلزا (خاکرخ ۱۳) تا ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر در کشت گندم (خاکرخ ۸) متغییر بود. تغییرات آهک نیز از ۱۵/۳ درصد در شالیزار تا ۵۸ درصد در کشت گندم مشاهده شد. میزان ماده آلی خاک از ۰/۲ در افق زیرسطحی کشت کلزا (خاکرخ ۱۳) تا ۲/۴ درصد در افق سطحی کشت برنج (خاکرخ ۵) برآورد شد.

نتایج کانی شناسی

کانی‌شناسی در جزء رس

مطالعات انجام شده در جزء رس کشت برنج (خاکرخ ۱ تا ۵)، به ترتیب فراوانی بیشتر، حضور کانی‌های کلرایت، ورمی‌کولایت، اسمکتایت، ایلیت، کائولینایت و کوآرتز را نشان داد (جدول ۴). مطالعات نشان داده که کشت برنج در یک دوره ۸۰-۳۰ ساله منجر به کاهش کانی‌های حاوی پتاسیم (ایلیت و کانی مخلوط میکا) و افزایش کلرایت منیزیم‌دار و آهن‌دار به‌صورت

درجه سلسیوس و تیمار با اتیلن‌گلیکول تهیه شد. جداسازی ذرات سیلت نیز با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه و زمان ۵ دقیقه سانتریفوژ انجام شد. ذرات باقیمانده در ته لوله ذرات شن هستند. تیمار ذرات سیلت شبیه رس انجام شد. در نهایت، جهت شناسایی کانی‌های رسی نمونه‌ها از دستگاه پراش پرتو ایکس Zimens، با توقف ۰/۵ ثانیه و زاویه ۲ تا ۴۰ درجه با کاتد مسی استفاده گردید. نمونه‌های شن و سیلت نیز با دستگاه پراش پرتو ایکس مدل ۳۰۰ Unisantix xmd با توقف ۰/۵ ثانیه و زاویه ۵ تا ۷۰ درجه با کاتد مسی مورد شناسایی قرار گرفتند. برای بررسی میزان درصد کمی رس‌ها از نرم‌افزار Xp powder ver.2004.04 استفاده شد (آزاروف و برگر ۱۹۵۸). بررسی‌ها با دیتابیس PDF2 صورت گرفت. همچنین برای برآورد میزان فراوانی نیمه کمی کانی‌های اجزاء سیلت و شن نیز با محاسبه سطح زیر منحنی پراش نگارها صورت گرفت.

مطالعات میکروسکوپ الکترونی عبوری و روبشی نمونه‌های رس خشک شده، به شکل تعلیق رقیق درآمده و توسط دستگاه فراصوت کاملاً" یکنواخت شدند. سپس توسط دستگاه ورتکس، سوسپانسیون رقیق بر روی گرید ۲۰۰ مش پوشش داده شده و بوسیله یک لایه نازک فرم‌وار، چکانده شدند. پس از خشک شدن، نمونه‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی فیلیپس مدل CM10 مورد بررسی قرار گرفتند و از قسمت‌های مورد نظر عکسبرداری گردید. برای بررسی بهتر اجزای خاک به صورت سه بعدی، رس‌های خشک شده، بر روی پایه آلومینیومی چسبانده و سپس در خلاء و با حضور گاز آرگون توسط دستگاه خاصی پوشش بسیار نازکی از طلا بر روی کلیه قسمت‌های نمونه قرار داده شد. نمونه‌های پوشش‌دار توسط میکروسکوپ الکترونی JEOL مدل JSM840A بررسی و تصاویر قسمت‌های مورد نظر ذخیره گردید.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

برگشت‌ناپذیر شده است (ژانگ و گانگ ۲۰۰۳). مطالعات انجام شده بوسیله ژانگ و همکاران (۲۰۱۴) بر روی شور- سدیمی تایید کرد.

شالیزارها، حضور کلرایت هیدروکسیلی را در خاک‌های شور- سدیمی تایید کرد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه در منطقه دورود.

کربن آلی (%)	کربنات کلسیم (%)	EC (dS m ⁻¹)	CEC (cmol _c kg ⁻¹)	pH	توزیع اندازه ذرات (%)			عمق (cm)	افق	شماره خاک‌رخ (USDA) (واحد فیزیوگرافی)	
					کلاس بافت	شن	سیلت رس				
۱/۳۷	۲۴/۴	۰/۱۴	۲۲/۲	۷/۹	رسی	۳۲/۵	۲۶	۴۱/۵	۲۵-۰	Ap _g	۱ برنج
۰/۵۴	۲۴	۰/۱	۱۸/۶	۷/۳	رسی	۲۴/۵	۲۶	۴۹/۵	۵۵-۲۵	Bk _g	Typic Epiaquepts (Peidmont plain)
۰/۳	۲۴	۰/۱	۲۰/۵	۷/۲	رسی	۳۴/۵	۲۰	۴۵/۵	۷۸-۵۵	Bk ₁	
۰/۳۶	۲۴/۲	۰/۱	۱۴/۵	۶/۹	لوم رسی	۴۳	۱۹/۵	۳۷/۵	۱۱۸-۷۸	Bk ₂	
۱/۴	۱۷	۰/۲	۲۹/۹	۷/۸	رسی	۲۲/۵	۳۶	۴۱/۵	۱۲-۰	Ap _g	۲ برنج
۰/۶	۱۸/۵	۰/۲	۲۵/۶	۷/۶	رسی	۲۰/۵	۳۴	۴۵/۵	۵۷-۱۲	Bw _g	Typic Epiaquepts
۰/۶	۲۱	۰/۲	۲۴/۸	۷/۲	رسی	۲۳	۳۱/۵	۴۵/۵	۱۰۹-۵۷	Bk _g	
۱/۲	۱۵/۳	۰/۲	۱۴/۵	۷/۶	لوم رسی شنی	۵۰/۵	۲۲	۲۷/۵	۲۱-۰	Ap _g	
۰/۸	۱۴/۱	۰/۱	۱۴/۵	۷/۴	لوم رسی شنی	۵۰/۵	۲۲	۲۷/۵	۵۷-۲۱	Ck _g 1	Typic Epiaquepts (Alluvial plain)
۰/۶	۱۵/۵	۰/۱	۱۵/۴	۷/۴	لومی رسی	۲۲	۴۸/۵	۲۹/۵	۹۶-۵۷	Ck _g 2	
۰/۸	۱۶	۰/۱	۱۴/۵	۷/۷	لوم رسی شنی	۵۴/۵	۲۰	۲۵/۵	۱۳۰-۹۶	Ck	
۰/۹۶	۱۵/۵	۰/۱۵	۲۳	۷/۹	لوم رسی	۲۸/۵	۴۲	۲۹/۵	۲۷-۰	Ap _g	۴ برنج
۰/۹۶	۱۵/۹	۰/۱۵	۱۵/۴	۶/۹	لوم رسی	۳۰/۵	۳۸	۳۱/۵	۵۷-۲۷	Bw ₁	Typic Epiaquepts (Alluvial plain)
۰/۴	۱۸/۵	۰/۱	۱۷	۷/۵	رسی	۲۰/۵	۳۸	۴۱/۵	۸۲-۵۷	Bw ₂	
۰/۴	۲۰	۰/۱۵	۲۰/۵	۷/۵	رسی	۲۲/۵	۳۰	۴۷/۵	۱۱۲-۸۲	Bk _g 1	
۰/۴	۲۳/۴	۰/۱۵	۱۸/۷	۶/۹	رسی	۲۵	۳۳/۵	۴۱/۵	۱۴۲-۱۱۲	Bk _g 2	
۱/۴	۲۳/۳	۰/۲۴	۱۸/۹	۷/۹	لوم	۴۲/۵	۳۶	۲۱/۵	۱۲-۰	Ap _g	۵ برنج
۱/۵	۲۲/۳	۰/۲	۱۸	۷/۴	لوم	۳۳/۵	۴۱	۲۵/۵	۵۵-۱۲	Bw ₁	Typic Epiaquepts (Peidmont plain)
۰/۸	۲۳/۴	۰/۲	۱۷	۷/۳	لوم رسی	۲۵/۵	۳۹	۳۵/۵	۸۵-۵۵	Bw ₂	
۰/۶۶	۲۴/۴	۰/۲	۱۳/۳	۷/۹	رسی	۲۴	۲۶/۵	۴۹/۵	۱۲۵-۸۵	Bg	

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه در منطقه کنگاور.

کربن آلی (%)	کربنات کلسیم (%)	EC (dS m ⁻¹)	CEC (cmol _c kg ⁻¹)	pH	توزیع اندازه ذرات (%)			عمق (cm)	افق	شماره خاک‌رخ (USDA) (واحد فیزیوگرافی)	
					کلاس بافت	شن	سیلت رس				
۱/۸	۲۸/۵	۰/۴	۲۳	۷/۸	لوم رسی	۲۱	۴۳	۳۶	۳۰-۰	Ap	۷ گندم
۰/۵۴	۴۷	۰/۴	۱۶/۵	۷/۸	رسی	۱۵	۳۷	۴۸	۵۸-۳۰	Bk ₁	Aquic Calcixerepts (Peidmont plain)
۰/۴	۵۵/۵	۰/۴	۱۳	۷/۸	رسی	۱۰	۲۹	۶۱	۸۸-۵۸	Bk ₂	
۰/۳	۵۸/۵	۰/۴	۱۱/۶	۸	رسی	۸	۳۲	۶۰	۱۲۰-۸۸	Bk _g 1	
۰/۲	۵۷	۰/۴	۱۴	۸	رسی	۶	۳۳	۶۱	۱۷۵-۱۲۰	Bk _g 2	
۱/۴	۲۳/۵	۰/۳	۲۶/۴	7.7	لوم	۳۲	۴۹	۱۹	۳۰-۰	Ap	۸ گندم
۰/۵	۲۹	۰/۴	۳۰	۷/۸	لوم رسی	۲۷	۴۰	۳۳	۷۰-۳۰	Bk ₁	Typic Calcixerepts (Peidmont plain)
۰/۴	۳۶/۵	۰/۵	۲۵	۷/۹	لوم رسی	۲۲	۴۰	۳۸	۱۳۰-۷۰	Bk ₂	
۰/۳	۳۶	۰/۵	۱۶	۸	رسی شنی	۴۸	۱۶	۳۶	۱۷۰-۱۳۰	Bk ₃	

جدول ۳- برخی از ویژگی‌های خاک‌رخی‌های مورد مطالعه در منطقه گیان.

کربن آلی (%)	کربنات کلسیم (%)	EC (dS m ⁻¹)	CEC (cmolc kg ⁻¹)	pH	عمق (cm)	افق	شماره خاک‌رخ (USDA) (واحد فیزیوگرافی)	توزیع اندازه ذرات (%)		
								رس	سیلت	شن
۰/۸	۲۴/۵	۰/۲	۱۳	۷/۶	۲۰-۰	Ap	۱۰ چغندرقد	۳۸/۵	۲۹/۵	۳۲
۰/۳	۲۴	۰/۱	۲۲	۷/۹	۲۰-۴۳	Bw1	Typic Calcixerepts (Peidmont plain)	۴۴/۵	۲۵/۵	۳۲
۰/۴	۲۴/۵	۰/۱	۱۹	۷/۹	۶۷-۴۳	Bw2		۴۴/۵	۲۱/۵	۲۴
۰/۴۷	۲۴/۸	۰/۲	۲۳	۷/۸	۹۹-۶۷	Bk		۴۸/۵	۲۵/۵	۲۶
۰/۳	۲۴/۸	۰/۱	۱۷	۸	۱۷-۰	Ap	۱۱ چغندرقد	۴۰/۵	۲۵/۵	۳۴
۰/۳	۲۴/۷	۰/۱	۱۹	۸/۱	۳۹-۱۷	Bk1	Typic Calcixerepts (Peidmont plain)	۴۴/۵	۲۳/۵	۳۲
۰/۹	۲۴/۷	۰/۱	۱۶	۸/۱	۷۰-۳۹	Bk2		۳۶/۵	۱۵/۵	۴۸
-	۲۴/۷	۰/۱	۱۳	۸	۱۰۰-۷۰	Bk3		۱۸/۵	۱۹/۵	۶۲
۱/۳	۲۳	۰/۲	۳۷/۶	۷/۸	۱۵-۰	Ap	۱۲ کلزا	۲۳	۳۷	۴۰
۰/۴۲	۲۳/۸	۰/۲	۳۰/۶	۷/۹	۴۰-۱۵	Bw	Typic Calcixerepts (Peidmont plain)	۳۹	۳۳	۲۸
۰/۴	۲۴	۰/۱	۳۳	۸	۶۴-۴۰	Bk1		۴۱	۲۹	۳۰
۰/۱	۲۴	۰/۱	۳۲/۷	۸/۱	۹۷-۶۴	Bk2		۴۹/۵	۲۳	۲۷/۵
۱/۱	۲۴/۶	۰/۱	۲۳	۸	۱۷-۰	Ap	۱۳ کلزا	۳۹/۵	۲۹	۳۱/۵
۰/۵۴	۲۴/۶	۱/۵	۳۵	۸/۱	۵۲-۱۷	Bw1	Typic Haploxerept (Peidmont plain)	۴۱/۵	۲۳	۳۵/۵
۰/۳	۲۴	۱/۳	۳۵	۸	۷۵-۵۲	Bw2		۳۹/۵	۲۵	۳۵/۵
۰/۵۴	۲۴/۷	۰/۱	۳۰/۳	۸/۱	>۷۵	Bw3		۳۹/۵	۲۱	۳۹/۵

خاک‌رخ ۴ و در افق Ck خاک‌رخ ۳ مشاهده می‌شود

(جدول ۴). مطالعات خرمالی و همکاران (۲۰۰۳) در خاک‌های آهکی استان فارس با محتوای رطوبت بالا، نشان داده است که شستشو و رها شدن پتاسیم از ایلیت خصوصاً در قسمت‌های سطحی، منجر به ایجاد کانی اسمکتایت می‌شود. تخریب کانی پالی‌گورسکایت را نیز از دلایل دیگر ایجاد اسمکتایت می‌توان دانست. در اثر شرایط غرقاب کاهش pH خاک تا حد ۶/۵ باعث ناپایداری پالی‌گورسکایت می‌شود. سنجری و برومند (۲۰۱۴) نشان دادند در مناطقی که رطوبت بیشتری دریافت کرده‌اند، مقادیر بیشتری از کانی پالی‌گورسکایت به اسمکتایت تبدیل شده است. ممتاز و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که کانی اسمکتایت در بخش رس ریز در کاربری آبی نسبت به کاربری دیم و مرتع بالاتر بوده است و علت آن را آبیاری و نقش رطوبت بر تشکیل اتوژنیک و پدوژنیک اسمکتایت در کشت آبی بیان نمودند.

همانگونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود در کشت گندم (خاک‌رخ ۷ و ۸)، در جزء رس، محتوای اسمکتایت، ایلیت، و سپس پالی‌گورسکایت، بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۴). محتوای کائولینایت و

کاهش pH خاک‌های تحت کشت برنج پس از مدت ۵۰ سال در منطقه دورود، شرایط را تا حدودی برای تشکیل ورمی‌کولایت در خاک‌ها فراهم آورده است. به صورتی که در بیشتر افق‌ها این کانی رسی تا حد ۳۰ درصد به‌طور نسبی مشاهده گردید. فرازهای ۱۴/۵ آنگسترومی که بر اثر حرارت ناپدید شده‌اند، تایید کننده حضور این رس است (شکل ۲). مطالعات میکروسکوپ الکترون روبشی از افق‌های سطحی خاک‌رخ ۲ و ۳ نیز تا حدودی نشان دهنده حضور این رس می‌باشد (شکل ۳). یکی دیگر از علت‌های غالبیت ورمی‌کولایت در این کشت را می‌توان کاربرد بسیار بالای کودهای پتاسه نیز دانست.

مطالعات لی‌یو و همکاران (۲۰۰۸) بر روی اثر کوددهی طولانی‌مدت در اراضی غرقاب بر روی کانی‌شناسی رس نشان داد که میزان درصد سطح زیر فراز ورمی-کولایت و کلرایت همبستگی منفی معنی‌داری با سطح زیر فراز ایلیت دارد. کاهش میزان ایلیت در افق‌های سطحی و افزایش آن در افق‌های زیرین بیانگر هوازگی آن در سطح و تبدیل به کانی اسمکتایت می‌باشد. این شرایط در افق‌های Bkg و Bk2 خاک‌رخ ۱ و در Bkg2

اسمکتایت بیشتر و در عمق میزان ایلیت و پالی-گورسکایت بیشتری دیده می‌شود (شکل ۳، الف و ث).

کلرایت با مقادیر کم، کوارتز و کانی‌های مختلط نیز با فراوانی نسبی کمتر نشان داده شده‌اند. همانگونه که در شکل ۴ نیز مشاهده شده، در افق‌های سطحی محتوی

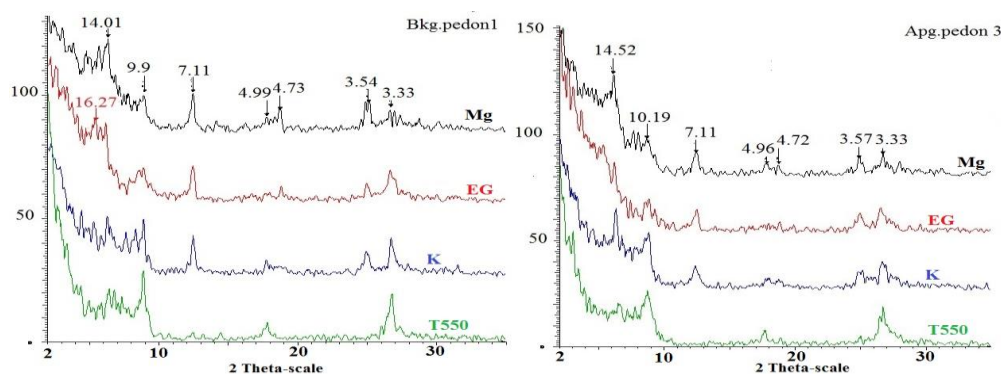
جدول ۴- نتایج کمی کانی‌شناسی جزء رس خاک در کشت‌های متفاوت.

کانی‌های رسی Clay minerals								افق	خاک‌رخ
کلرایت	ایلیت	اسمکتایت	ورمی‌کولایت	پالی‌گورسکایت	کائولینایت	کوارتز	کانی‌های مخلوط		
۲۹	۱۷	Tr*	۲۷	۱۰	۵	Tr	۱۱	۱	Apg
۱۹	۱۸	۴۰	۴	۵	۳	Tr	۱۰	۱	Bkg
۱۹	۱۹	۳۷	۴	۵	۴	۲	۱۰	۱	Bk2
۱۸	۳۰	Tr	۲۲	۱۱	۶	۲	۱۰	۲	Apg
۱۹	۲۰	Tr	۳۶	۹	۴	۳	۸	۲	Bkg
۲۲	۱۴	Tr	۳۷	۸	۵	۲	۱۱	۳	Apg
۱۹	۱۸	۲۰	۲۲	Tr	۴	۷	۹	۳	Ck
۲۱	۲۰	۱۶	۳۴	Tr	۳	۲	۳	۴	Bwg1
۲۰	۲۷	۱۵	۱۹	۸	۵	Tr	۵	۴	Bkg2
۲۶	۱۸	Tr	۱۹	۱۶	۴	۸	۸	۵	Bwg1
۲۸	۲۰	Tr	۹	۱۹	۵	۸	۱۰	۵	Bg
۱۸	۱۵	۴۱	۲	۱۱	Tr	۴	۸	۷	Ap
۱۸	۲۶	۲۲	-	۲۱	Tr	۶	۶	۷	Bkg1
۱۰	۱۴	۴۰	-	۲۱	Tr	۵	۹	۸	Ap
۱۸	۳۷	۷	Tr	۲۴	Tr	۶	۷	۸	Bk3
۲۰	۱۲	۲۶	Tr	۱۹	۳	۶	۱۳	۱۰	Ap
۲۰	۱۸	۱۶	Tr	۲۰	۴	۹	۱۲	۱۰	Bw2
۱۸	۱۸	۲۹	Tr	۱۰	۷	۳	۱۴	۱۱	Ap
۱۹	۱۸	۲۲	Tr	۱۹	۱۰	Tr	۱۱	۱۱	Bk3
۱۸	۱۷	۲۷	Tr	۲۲	۵	Tr	۱۰	۱۲	Ap
۱۸	۲۰	۱۷	Tr	۲۵	۷	Tr	۱۲	۱۲	Bw
۱۱	۲۰	۱۴	۲۲	۱۹	۵	Tr	۸	۱۲	Bk2
۱۶	۱۷	۲۳	Tr	۱۵	۴	۸	۱۶	۱۳	Ap
۱۵	۲۶	۱۶	Tr	۱۶	۳	۱۰	۱۳	۱۳	Bw3

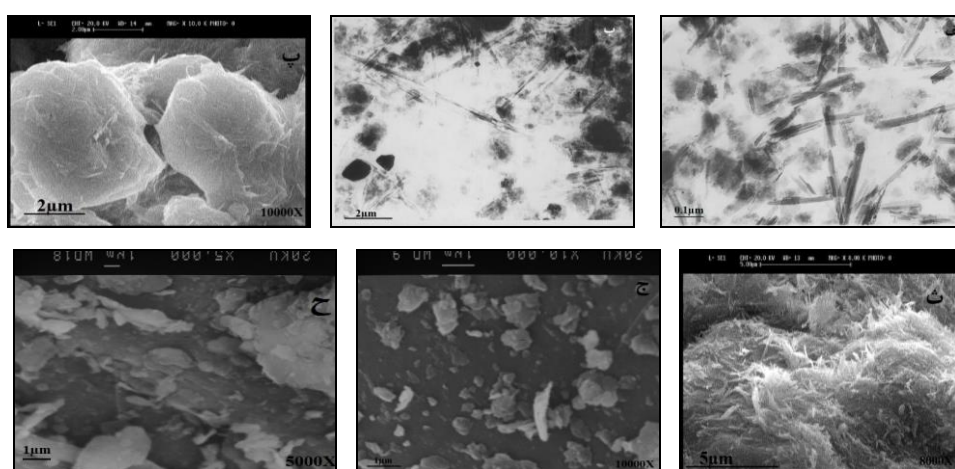
*Tr: Trace

و می‌تواند کانی حاوی پتاسیم را تحت تاثیر قرار دهد (جلالی و ضرابی ۲۰۰۶). منشاء اصلی کانی اسمکتایت را بخصوص در افق‌های سطحی می‌توان از تبدیل ایلیت و یا پالی‌گورسکایت دانست (خرمالی و ابطی ۲۰۰۳). لذا محتوی پالی‌گورسکایت در خاک‌رخ ۷ با درصد به نسبت کمتری دیده شد (شکل ۳، پ). حضور ایلیت و کلرایت نیز با افزایش عمق بیشتر می‌شود. موروثی بودن کلرایت و ایلیت نیز کاملاً واضح است. pH قلیایی خاک‌ها گویای این مطلب است، چرا که کلرایت تحت شرایط قلیایی تشکیل نمی‌شود (براون‌هیسل و برتچ ۱۹۸۹).

فراوانی ۴۰ تا ۶۰ درصدی آهک در افق‌های زیرسطحی خود می‌تواند دلیلی بر افزایش فیبرهای پالی‌گورسکایت باشد. خرمالی و ابطی (۲۰۰۳) گزارش نمودند که تشکیل پالی‌گورسکایت در خاک‌های مناطق خشک رابطه‌ی نزدیکی با تشکیل افق‌های تجمع آهک، افق کلسایت، افق جیپسیک (تجمع گچ) و کلکریت دارد. فراوانی کانی اسمکتایت در جزء رس در خاک‌های تحت کشت گندم بیشتر از سایر کشت‌ها است، که دلیل آن را می‌توان به زیر و رو شدن بیشتر خاک در طی یک سال زراعی و کشت پی‌در پی گندم نیز نسبت داد. کشت پی-در پی و متراکم باعث تخلیه پتاسیم تبادلی از خاک شده



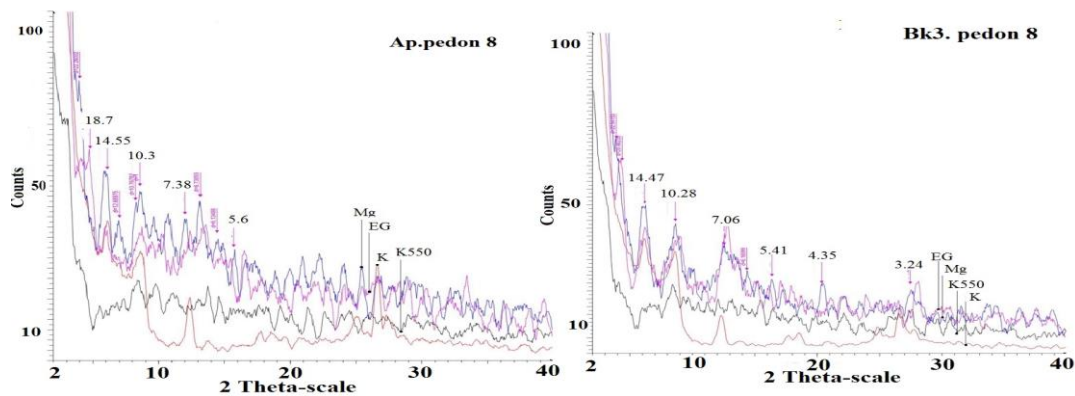
شکل ۲- برخی از پراش نگاشت پرتو ایکس نمونه‌های رس در خاک‌های شالیزار.



شکل ۳- الف) تصویر رشته‌های فیبری پالی‌گورسکایت مربوط به جزء رس افق Bk3 خاک رس ۸، ب) تصویر عبوری ابری شکل اسمکتایت جزء رس در افق Ap خاک رس ۱۲، پ) تصویر روبشی مربوط به فیبرهای پالی‌گورسکایت جزء رس در افق Bkg1 خاک رس ۷، ث) تصویر روبشی سوزنی شکل پالی‌گورسکایت حاصل از نمونه Bk3 خاک رس ۸، ج) تصویر روبشی حاصل از رس افق Apg خاک رس ۲، ح) تصویر روبشی افق Apg خاک رس ۳.

مطالعات هاشمی و همکاران (۲۰۱۳) در منطقه فارس نشان داد که ایلات تحت رژیم‌های رطوبتی اریدیک و اریدیک-یوستیک بیشتر به چشم می‌خورد، اما در شرایط رطوبتی زیرک این کانی کاهش می‌یابد و به اسمکتایت تبدیل می‌شود. حضور پالی‌گورسکایت نیز بر اثر وجود آهک موجود در خاک است که باعث تشکیل اتورنیک این کانی در عمق شده و تا حدودی موروثی بودن آن را هم نشان می‌دهد (شکل ۳، پ و ث). با توجه به اینکه ورمی‌کولایت در خاک‌های آهکی ایران عمدتاً ناپایدار است (خرمالی و ابطی ۲۰۰۳)، منتها در کشت برنج مشاهده شد. حضور ورمی‌کولایت را می‌توان به هوادیدگی ناچیز کلرایت یا بیوتایت نسبت داد. پازولی و همکاران (۱۹۹۲) بیان کردند که هوادیدگی بیوتایت و تبدیل آن به ورمی‌کولایت عاملی برای ایجاد ورمی-کولایت است. هوادیدگی بیوتایت، از قسمت‌های مرکزی بلور به صورت لایه‌لایه بوده و موجب تشکیل کانی‌های حد واسط ورمی‌کولایت می‌شود. هوادیدگی بیشتر و عملیات شخم و کشت و کار، منجر به این شده که این کانی تحت تأثیر هوادیدگی بیشتر قرار گرفته و به اسمکتایت تبدیل شده است.

مطالعات هاشمی و همکاران (۲۰۱۳) در منطقه فارس نشان داد که ایلات تحت رژیم‌های رطوبتی اریدیک و اریدیک-یوستیک بیشتر به چشم می‌خورد، اما در شرایط رطوبتی زیرک این کانی کاهش می‌یابد و به اسمکتایت تبدیل می‌شود. حضور پالی‌گورسکایت نیز بر اثر وجود آهک موجود در خاک است که باعث تشکیل اتورنیک این کانی در عمق شده و تا حدودی موروثی بودن آن را هم نشان می‌دهد (شکل ۳، پ و ث). با توجه به اینکه ورمی‌کولایت در خاک‌های آهکی ایران عمدتاً ناپایدار است (خرمالی و ابطی ۲۰۰۳)، منتها در کشت



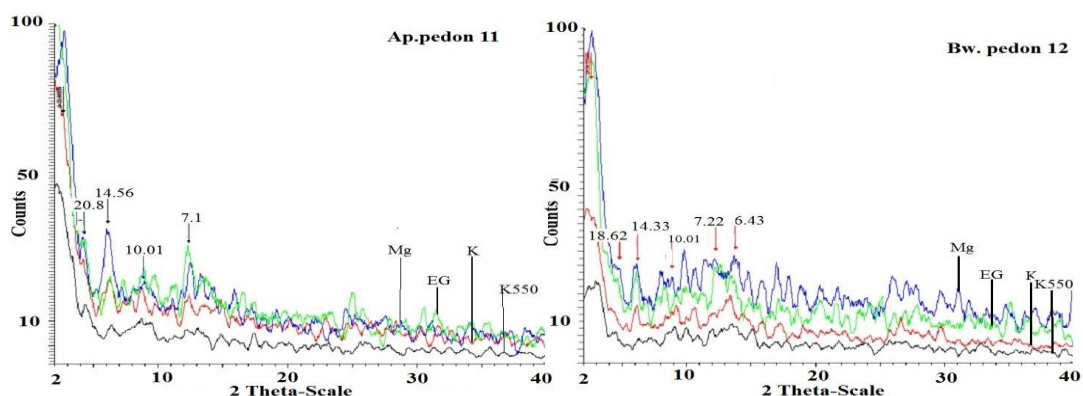
شکل ۴- پراش نگاشت پرتوایکس نمونه‌های رس در خاکرخ کشت گندم.

۱۱، از درصد به نسبت بالاتری برخوردار است. کشت چغندر قند بعنوان یکی از محصول‌های پرمصرف پتاسیم در دراز مدت بر محتوی کانی‌های ایلیت و ورمی-کولایت اثرگذار بوده، و توانسته است سرعت آزادسازی پتاسیم را تحت تاثیر قرار دهد (جلالی و ضرابی ۲۰۰۶). لذا درصد فراوانی نسبی بیشتری از اسمکتایت بخصوص در سطح مشاهده شد. در زمین‌های تحت کشت نیشکر نیز در مقایسه با زمین‌های بایر کناری از میزان نسبی کانی پالی‌گورسکایت و میکا کاسته شده، در حالی که محتوی کانی اسمکتایت بیشتر برآورد شده است. کشت متراکم و آبیاری سنگین در دوره کشت نیشکر باعث دگرگونی کانی شده است (لندی و همکاران ۲۰۱۸).

مطالعات کانی‌شناسی جزء سیلت: در جدول ۵

نتایج کانی‌شناسی جزء سیلت برخی از خاک‌های مورد مطالعه، نشان داده شده است. نتایج بررسی نشان داد که میزان فراوانی و تعداد کانی‌ها در جزء سیلت به اندازه فراوانی کانی‌ها در جزء رس نیست. و از نظر نوع نیز تا حدودی تفاوت دارند. گراف‌های پراش پرتوی ایکس بدست آمده (شکل ۶)، در خاکرخ‌های کشت برنج، وجود کانی‌های مختلط رسی از جمله میکا-اسمکتایت، یا میکا-ورمی‌کولایت بیشتری را نسبت به سایر کشت‌ها نشان داده است. فلدسپار، گیبسایت و در نهایت کوارتز نیز در کشت برنج مشاهده شد (شکل ۶).

در جزء رس اراضی با کشت چغندر قند و کلزا، با توجه به جدول ۴، اسمکتایت، ایلیت، پالی‌گورسکایت و سپس کلرایت بیشترین فراوانی رو بخود اختصاص داده‌اند. در خاکرخ‌های این منطقه کانی ورمی‌کولایت به میزان ناچیز مشاهده شد. حضور فرازهای ۱۴ آنگسترومی در تیمار اشباع با منیزیم و تبدیل آن به فرازهای ۱۸، نشان دهنده حضور اسمکتایت است (شکل ۵). در خاکرخ ۱۱، مشاهده می‌شود که در سطح اسمکتایت فراوانی به چشم می‌خورد، اما میزان ایلیت در سطح بیشتر و با افزایش عمق کاهش می‌یابد. درصد کانی ایلیت کمتر از اسمکتایت، نشانگر آنست که کانی ایلیت هوازده و به اسمکتایت تبدیل شده است. تغییر شکل ایلیت به اسمکتایت می‌تواند از منابع احتمالی اسمکتایت خاک باشد، هرچند ممکن است بخشی از آن از مواد مادری به ارث رسیده باشد (گاش و سینگ ۲۰۰۱). در خاکرخ شماره ۱۲، کانی‌های ایلیت، اسمکتایت، پالی‌گورسکایت بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند، محتوی کائولینایت، کلرایت، کوارتز و ورمی‌کولایت با فراوانی ناچیز نشان داده شده‌اند. فراوانی ابرهای اسمکتایت در تصویر میکروسکوپ عبوری در کنار فیبرهای سوزنی شکل خرد شده پالی-گورسکایت، به چشم می‌خورد (شکل ۳، ب). بالاتر بودن میزان ظرفیت تبادل کاتیونی در خاکرخ‌های ۱۲ و ۱۳ را نیز می‌توان به حضور اسمکتایت نسبت داد. کانی پالی-گورسکایت در خاکرخ شماره ۱۲، از خاکرخ شماره



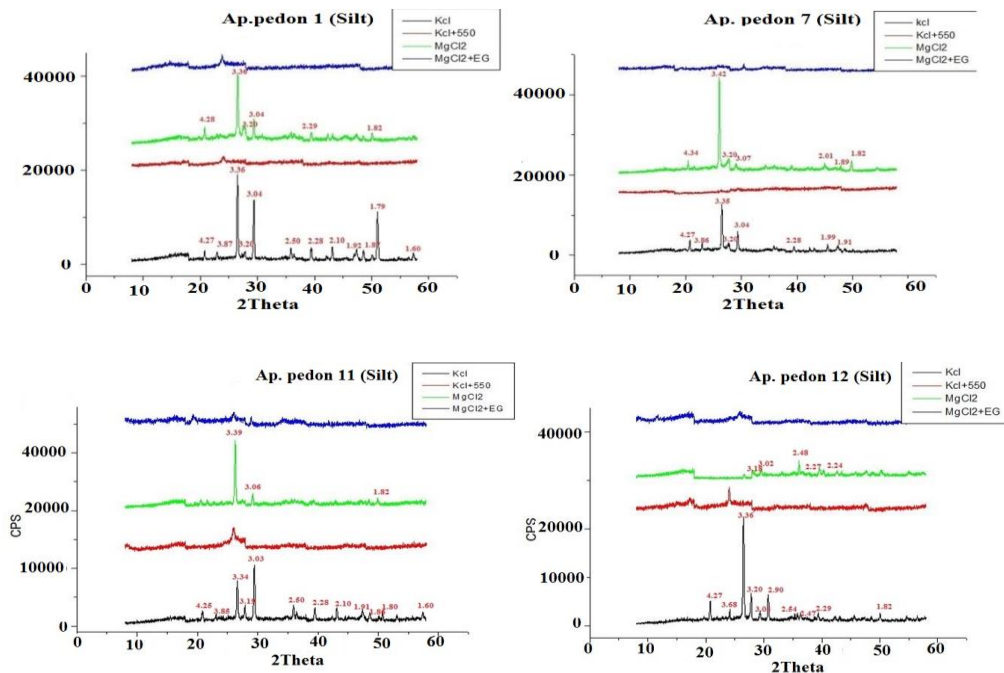
شکل ۵- پراش نگاشت پرتو ایکس نمونه‌های رس در خاک‌رخ مربوط به کشت چغندر قند و کلزا.

جدول ۵- نتایج نیمه کمی کانی‌شناسی جزء سیلت برخی از افق‌های مورد مطالعه.

خاک‌رخ	افق	فراوانی کانی‌های جزء سیلت
۱	Apg	کانی‌های مختلط رسی < کوارتز < فلدسپار
۱	Bkg	کوارتز < فلدسپار < کانی‌های مختلط رسی
۲	Apg	کانی‌های مختلط رسی < کوارتز < فلدسپار
۲	Bkg	کانی‌های مختلط رسی < کوارتز < فلدسپار
۳	Apg	کانی‌های مختلط رسی < گیبسایت < فلدسپار < کوارتز
۳	Ck	کوارتز < فلدسپار
۴	Bwg1	کوارتز < کانی‌های مختلط رسی < گیبسایت < فلدسپار
۷	Ap	فلدسپار < کوارتز < کانی‌های مختلط رسی
۸	Ap	فلدسپار < کوارتز < کانی‌های مختلط رسی
۸	Bk3	فلدسپار < کوارتز
۱۱	Ap	کوارتز < فلدسپار < کانی‌های مختلط رسی
۱۱	Bk3	کوارتز < فلدسپار < کانی‌های مختلط رسی
۱۲	Ap	فلدسپار < کوارتز < دولومیت < کانی‌های مختلط رسی
۱۲	Bw	فلدسپار < کوارتز < دولومیت

در جزء سیلت در خاک‌رخ‌های مربوط به کشت گندم علاوه بر فلدسپارها تا حدودی فرازهای سوم و چهارم بسیار اندک برخی کانی‌های حد واسط رسی از جمله ایلایت-کلرایت، و ایلایت-هیدروکسی اینترلایه‌ها، مشاهده شده است (شکل ۶). مطالعات در کشت چغندر قند حضور فلدسپار و مقادیر کمی کانی‌های مختلط در سطح را تایید می‌کند. در کشت کلزا نیز فراوانی فلدسپار و کوارتز بیشتری به ترتیب به چشم می‌خورد (شکل ۶).

کشت طولانی مدت برنج بر روی بافت خاک اثرگذار بوده و منجر به تغییر جزء شن به جزء سیلت و حتی جزء رس شده است. لذا فراوانی کانی‌های جزء رس به صورت مختلط در این نوع کشت از بقیه بیشتر مشاهده شد. مطالعات انجام شده توسط ژانگ و همکاران (۲۰۱۴) روی اراضی شالیزاری نشان داده است که کشت مداوم برنج باعث گسترش هوادیدگی کانی‌ها و در نتیجه افزایش بیشتر محتوی سیلت و کانی‌های آن جزء در خاک‌های شور و قلیائی در کشور چین شده است.



شکل ۶- پراش نگاشت پرتو ایکس، جزء سیلت در برخی از افق‌ها.

در بیشتر خاک‌ها فراوانی کانی کوارتز از سایر کانی‌ها بیشتر بوده است. اثر کشت در میزان تغییرات کانی در جزء شن تأثیر قابل چشمگیری را نشان نداد. همانطور که در بخش سیلت گفته شد، شرایط آکوئیک مداوم شالیزار، بخش شن را به سیلت تبدیل می‌کند. ریشه‌های عمیق کلزا نیز در این تغییر و تحول اثرگذار بوده‌اند. دور و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که کشت متوالی برنج منجر به انحلال کانی کائولینایت در خاک‌های شنی تايلند شده است و این انحلال با نوتشکیلی مقادیری کمی اسمکتایت رابطه دارد.

مطالعات کانی‌شناسی جزء شن: در جدول ۶، نتایج نیمه‌کمی کانی‌شناسی جزء شن، در برخی خاک‌های مورد مطالعه، نشان داده شده است. به دلیل تغییرات بسیار کم در جزء شن از تمامی نمونه‌ها آنالیز صورت نگرفت و تنها در یک افق از هر خاک‌رخ پراش نگار پرتو ایکس آن به دست آمد. پراش نگارهای پرتوی ایکس به دست آمده در همه نمونه‌ها و خاک‌رخ‌ها در کشت‌های متفاوت، وجود کانی‌های کوارتز، فلدسپار و مقدار بسیار ناچیزی دولومایت، که ممکن است در مراحل خالص-سازی حذف نشده باشد، را تایید می‌کند.

جدول ۶- نتایج نیمه کمی کانی‌شناسی جزء شن برخی از افق‌ها.

خاک‌رخ	افق	فراوانی کانی‌های جزء شن
۱	Apg	کوارتز < دولومایت < فلدسپار
۲	Apg	کوارتز < گیبسایت < فلدسپار
۳	Apg	کوارتز < فلدسپار < گیبسایت
۴	Bwg1	کوارتز < گیبسایت < فلدسپار
۷	Ap	کوارتز < فلدسپار < کانی‌های مختلط
۸	Ap	کوارتز < فلدسپار < دولومایت
۱۱	Ap	کوارتز < فلدسپار
۱۲	Ap	کوارتز < فلدسپار

نتیجه‌گیری کلی

جزء سیلت در کشت برنج، وجود کانی‌های مختلط رسی از جمله میکا-اسمکتایت، یا میکا-ورمی‌کولایت، فلدسپار و گیبسایت را نشان داد. حضور کانی‌های مختلط در جزء سیلت در اراضی شالیزار بیشتر از غیرشالیزار بوده است. شرایط غرقاب طولانی مدت باعث افزایش جزء سیلت در این کشت شده است. مطالعات در جزء شن تنوع کمی از کانی را نشان داد. در کشت برنج فراوانی جزء شن از همه کشت‌ها کمتر بود. تبدیل بافت خاک به رس عامل اصلی کاهش فراوانی کانی‌های جزء شن در شالیزار است. فراوانی نسبی کانی‌های این جزء در کشت کلزا نیز بدلیل ریشه‌های قوی‌تر و عمیق‌تر کمتر از کشت چغندر قند و گندم بود. در کنار تمامی نتایج گرفته شده، شایان ذکر است که کاربرد کودها در زراعت را نباید نادیده گرفت. کودها خود بدلیل عنصر غذایی بر ساختار کانی در طولانی مدت اثرگذار هستند. در نهایت پیشنهاد می‌گردد تحت هر رژیم رطوبتی یا در هر واحد فیزیوگرافی، تناوب کشت در برنامه مدیریت کشاورزی گنجانده شود.

نتایج کانی شناسی جزء رس فراوانی نسبی کلرایت <ورمی‌کولایت> اسمکتایت را در اراضی شالیزار تایید کرد. منشاء تشکیل ورمی‌کولایت و پایداری آن را می‌توان تبدیل کانی‌های میکائی بر اثر مصرف زیاد پتاسیم توسط گیاه و کاهش pH خاک دانست. اسمکتایت نیز در اثر تبدیل پالی‌گورسکایت حاصل شده است، چرا که این رس تحت کاهش pH ناپایدار می‌شود. جزء رس در اراضی گندم‌زار حاوی اسمکتایت بیشتری بود، که در سطح به چشم می‌خورد. نتایج نشان داد رس در اراضی چغندر قند بدلیل مصرف بالای پتاسیمی گیاه محتوی کانی‌های میکائی و ورمی‌کولایت آن کم و ناچیز بوده، در صورتی که اسمکتایت به نسبت بالاتری دارد. در کشت کلزا نیز اسمکتایت در افق‌های سطحی و زیرسطحی تا حدودی نزدیک بهم بود. لذا بررسی کلی نشانگر فراوانی کانی‌های کلرایت، ورمی‌کولایت، اسمکتایت و در نهایت پالی-گورسکایت در اراضی تحت کشت کلزا است. مطالعات

منابع مورد استفاده

- Allison LE and Moodi CD, 1962. Carbonates. Pp. 1379-1396. In: Black CA, (ed), Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Anonymous, 2014. Keys to Soil Taxonomy (Ed. 12). Soil Survey Staff. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Washington DC.
- Azaroff LV and Buerger MJ, 1958. The Powder Method in X-Ray Crystallography. New York, NY, McGraw-Hill Book Co.
- Banaei MH, 1998. Soil moisture and temperature regimes map of Iran. Soil and Water Research Institute of Iran. (In Persian)
- Brady NC, 1990. The Nature and Properties of Soils. (No.10). Macmillan Publishing Company. New York.
- Barnhisel RI and Berscht PM, 1989. Chlorite and hydroxyl interlayered vermiculite and smectite. Pp. 729-788. In: Dixon JB and Weed SB, (eds), Minerals in Soil Environment, Part 15. Soil Science Society of America, Madison. WI.
- Buol SW, Hole FD and Cracken RJ, 1989. Soil Genesis and Classification. The Iowa State University Press. Ames.
- Chorom M, Baghernejad M and Jafari S, 2009. Influence of rotation cropping and sugarcane production on the clay mineral assemblage. Applied Clay Science 46: 385-395.
- Chapman HD, 1965. Cation exchange capacity. Pp. 891-901 In: Black CA, (ed), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Dur JC, Wiriyakitnatekul W, Lesturgez G, Elsass F, Pernes M, Hartmann C and Tessier D, 2005. Clay mineral dissolution following intensive cultivation in a tropical sandy soil. Management of Tropical Sand Soils for Sustainable Agriculture Congress. 27 November-2 December. Khon Kaen. Thailand.
- Favre F, Tessier D, Abdelmoula M, Génin JM, Gates WP and Boivin P, 2002. Iron reduction and changes in cation exchange capacity in intermittently water logged soil. European Journal of Soil Science 53:175-183.

- Gee GW and Bauder JW, 1986. Particle size analysis. Pp. 383-411. In: Klute A, (eds), Method of Soil Analysis, part-1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition, American Society of Agronomy, Madison. WI.
- Ghosh BN and Singh RD, 2001. Potassium release characteristics of some soils of Uttar Pradesh hill slope in altitude and their relationship with forms of soil K and clay mineralogy. *Geoderma* 104: 135-144.
- Hashemi SS, Baghernejad M and Najafi M, 2013. Clay mineralogy of gypsiferous soils under different soil moisture regimes in Fars province, Iran. *Journal of Agriculture Science Technology* 15:1053-1068.
- Jalali M and Zarabi M, 2006. Kinetics of non-exchangeable potassium release and plant response in some calcareous soils. *Journal of Plant Nutrient and Soil Science* 169:194-204.
- Landi A, Poorkyhan S, Chroom M, Hojati S and Jafari S, 2018. Investigation of mineralogy properties under sugarcane cultivation lands compare with alternative cultivation and virgin lands in southern Khozestan. *Iranian Journal Crystallography and Mineralogy* 26(1): 19-39. (In Persian with English abstract)
- Liu Y, Zhang B, Li Ch, Hu F and Velde B, 2008. Long-term fertilization influences on clay mineral composition and ammonium adsorption in a rice paddy soil. *Soil Biology and Biochemistry* 72(6): 1580-1590.
- Khormali F and Abtahi A, 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semiarid soils of Fars Province, Southern Iran. *Clay Minerals* 38: 511-527.
- Kunze GW and Dixon JB, 1986. Pretreatments for mineralogical analysis. Pp. 91-101. In: Klute A, (ed), Methods of Soil Analysis. Part1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition, American Society of Agronomy. Madison. WI.
- Mehra OP and Jackson ML, 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionate citrate system with sodium bicarbonate. *Clay Minerals* 7:317-327.
- Mirkarimi M, Khormali F, Kiani F and Akef M, 2011. Study of porosity micromorphology of mollic horizon in Mollisols soils of south Gorganrood as affected by land use change. *Agriculture Science and Natural Resource Journal* 18:1.181-198 (In Persian with English abstract)
- Mitsuchi M, 1974. Chloritization in lowland paddy soils. *Soil Science and Plant Nutrient* 20(2):107-116.
- Momtaz HR, Moradi N, Dolati B and Akbarzadeh G, 2017. Toposequence and land use effects on some of soil physical, chemical and clay mineralogical properties (A Case study: Chaypareh, west Azarbayjan province). *Water and Soil Science - University of Tabriz*, 27 (1): 55-67. (In Persian with English abstract)
- Mohammadi R, 2009. Catechism of Photo-Crystallography. Ganjyneh Press, Shiraz.
- Moore DM and Reynolds RC, 1989. X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Oxford University Press. London.
- Nelson DW and Sommers LE, 1996. Total carbon and organic matter. Pp. 961-1010. In: Sparks DL, (ed), Methods of Soil Analysis, Part III, Chemical methods, 3rd Ed., American Society of Agronomy, Madison. WI.
- Pozzuoli A, Vila E, Franco E, Ruiz A and Delacalle C, 1992. Weathering of biotite to vermiculite in quaternary Lahars from Monti Ernici central Italy. *Clay Minerals* 27: 175-184.
- Raheb A and Heidari A, 2012. Investigating the soil properties affected by land use change of paddy rice to kiwi plantation in some soils of Tonekabon County, Northern Iran. *Soil Management and Sustainable Production* 2(2) 126-132. (In Persian with English abstract)
- Rhoades JD, 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Pp. 417-436. In: Sparks DL, (ed), Methods of Soil Analysis, Part III, Chemical methods, 3rd Ed., American Society of Agronomy, Madison. WI.
- Sanjari S and Bromand N, 2014. The study of soil clay minerals on different geomorphic surfaces in Sardoeih, Jiroft area. *Journal of Water and Soil Science* 28(1), 209-219. (In Persian with English abstract)
- Thomas GW, 1996. Soil pH and soil acidity. Pp. 475-490. In: Sparks DL, (ed), Methods of Soil Analysis. Part III, Chemical methods, 3rd Ed., American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Velde B and Barré P, 2010. Soils, Plants and Clay Minerals (Mineral and Biologic Interactions). Springer, Heidelberg Dordrecht London New York.
- Zhang GL and Gong ZT, 2003. Pedogenic evolution of paddy soils in different soil landscapes. *Geoderma* 115:15-29.

Zhang ZD, Li Q, Luo XL, Jiang HC, Zheng QF, Zhao LP and Wang JH, 2014. Research on characteristics of soil clay mineral evolution in paddy field and dry land by XRD spectrum. *Soil Biology and Biochemistry* 34(8): 2273-2278.