

گسترش انواع مختلف فرسایش در اثر تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک و نوع کانی‌های رسی در اراضی مارنی جنوب استان گیلان

لیلا اسماعیل‌نژاد^{۱*}، حسن رمضانپور^۲ و جواد سیدمحمدی^۳

^۱ دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ^۲ دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، ^۳ دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تبریز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۰۱

چکیده

مارن‌ها تشکیلات زمین‌شناسی نامستحکم رسوبی هستند که نسبت به فرسایش بسیار حساس بوده، سالیانه مقادیر زیادی رسوب تولید می‌کنند که باعث کاهش حاصل‌خیزی خاک و ظرفیت مخازن سدها می‌شود. عوامل مؤثر بر فرسایش مارن‌ها بسیار زیاد بوده، دارای فرایندهای پیچیده‌ای است، به‌طوری که تابعی از عوامل خارجی نظیر توزیع بارندگی و عوامل داخلی مثل خصوصیات فیزیکی خاک و کانی‌های رس می‌باشد. خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده خاک‌های مارنی شامل درصد اشباع، سنگریزه سطحی، شن، سیلت، رس، رس ریز، شن ریز، وزن مخصوص ظاهری، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها به روش الک خشک، حد روانی، حد خمیری، فعالیت و نسبت رس ریز به رس کل می‌باشد. علاوه بر این، چهار نمونه از خاک‌های مارنی و یک نمونه از مواد مادری برای آزمایش‌های کانی‌شناسی آماده‌سازی شد. مقایسه میانگین عوامل فیزیکی در انواع مختلف فرسایش با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان‌دهنده تغییرات معنی‌دار ($p < 0.05$) درصد رس، رس ریز، درصد اشباع، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها، حد روانی و فعالیت خاک در برخی از اشکال فرسایش بود، در حالی که سایر پارامترها اثر معنی‌داری در شکل و نوع فرسایش نداشتند. علاوه بر این نتایج تجزیه اشعه ایکس نشان‌دهنده حضور کانی‌های گروه اسمکتایت در اراضی هزاردره‌ای و آبکندی می‌باشد. با توجه به نتایج، مقدار رس و رس ریز، نوع رس به ویژه گروه اسمکتایتی و میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها، مهمترین عوامل کنترل‌کننده فرسایش در این منطقه محسوب می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: اسمکتایت، خصوصیات خاک، کاهش حاصل‌خیزی، مارن، هزاردره

مقدمه

تأثیر حرکت توده‌ای و فرسایش آبکندی هستند. حرکت توده‌ای بیشتر در خاک‌های چسبنده به دلیل ظرفیت نگهداری آب بیشتر در حالی که فرسایش آبکندی بیشتر در خاک‌های سیلتی مشاهده می‌شود (Maquaire و همکاران، ۲۰۰۳). در اراضی مارنی خصوصیات فیزیکی و کانی‌های رس از عوامل با

فرایندهای فرسایش در تپه‌های مارنی به دلیل کمبود پوشش گیاهی و ناچیز بودن نفوذپذیری بسیار فعال می‌باشد. مطالعات انجام شده در زمین‌های مارنی نشان می‌دهد که این اراضی با ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و رسوبی مشابه به‌طور متفاوتی تحت

ماکرو خاک‌دانه‌ها (با قطر بیشتر از یک میلی‌متر) هستند که نشان‌دهنده اهمیت خاص جرم مخصوص ظاهری است. به طوری که با بهبود این پارامتر، سایر ویژگی‌های فیزیکی خاک نیز بهبود یافته و فرسایش کاهش می‌یابد (Price و همکاران، ۲۰۱۰، Wang و Shao، ۲۰۱۱ و Wang و همکاران، ۲۰۱۲).

عوامل فیزیکی خاک نظیر تفاوت در بافت و ساختمان در اعماق مختلف خاک باعث شروع فرسایش تونلی شده، سایر پارامترهای شیمیایی و کانی‌شناسی در تشدید و گسترش این فرسایش مؤثر می‌باشند، به طوری که این‌گونه خاک‌ها در سطح دارای ساختمان ضعیف و در عمق بدون ساختمان بوده، همچنین، بافت خاک سطحی در چند سانتی‌متری اولیه لومی بوده، در حالی که در لایه‌های عمقی‌تر، بیشتر رسی لومی یا رسی می‌باشد. همچنین، حضور رس‌های انبساط‌پذیر شروع فرایند تونلی شدن را تشدید می‌کند (Fulkner و همکاران، ۲۰۰۰).

پایداری خاک‌دانه، عامل مهمی در کاهش فرسایش‌پذیری می‌باشد و در نواحی که فرسایش تونلی اتفاق افتاده است، پایداری خاک‌دانه‌ها بسیار کم و کمتر از ۲۰ درصد می‌باشد. در حالی که در نواحی فاقد فرسایش تونلی، پایداری خاک‌دانه‌ها بیشتر از ۷۰ درصد است. همچنین، تمام نواحی متأثر از فرسایش تونلی و آب‌کندی در اعماق دارای بافت ریز و بیشتر رسی بوده‌اند. در حالی که خاک سطحی دارای بافت درشت‌تر از اعماق می‌باشد (Romero Diaz و همکاران، ۲۰۰۷). کانی‌های رسی به ویژه گروه اسکمتایت به علت آماس و تورم موقع جذب آب نقش بسیار مهمی در گسترش فرسایش دارند. این گروه از کانی‌های رسی مخصوصاً در حضور یون سدیم باعث پراکنش خاک‌دانه‌ها و کاهش نفوذپذیری می‌شوند و نهایتاً فرسایش تشدید می‌شود (Piccarreta و همکاران، ۲۰۰۶).

این پژوهش در اراضی مارنی ناحیه گیلوان واقع در جنوب استان گیلان با هدف بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی و کانی‌های رسی در توسعه و گسترش انواع مختلف فرسایش شامل فرسایش صفحه‌ای، شیاری، آب‌کندی و هزاردره‌ای صورت گرفته است.

اهمیت کنترل‌کننده فرسایش بوده، متغیرهای هیدرولوژیکی دارای اهمیت کمتری در فرآیند فرسایش می‌باشند (Roswell، ۲۰۰۲). توزیع مکانی نفوذپذیری در اراضی مارنی هزاردره‌ای به عنوان مهمترین عامل در افزایش آبدوی و تولید رسوبات است. تغییرات مکانی در نفوذپذیری اراضی مارنی به دلیل تفاوت در پایداری خاک‌دانه‌ها و تنوع در کانی‌های رس است (Esteves و همکاران، ۲۰۰۵).

تغییر در خواص فیزیکی خاک یک فرایند آرام و تدریجی است. افزایش تدریجی و آرام جرم مخصوص ظاهری خاک به علت از بین رفتن تصاعدی مواد آلی سبک پوشش‌دهنده ذرات معدنی سنگین‌تر خاک می‌باشد (Jankauskas و همکاران، ۲۰۰۸). در اثر تخریب خاک‌دانه‌ها، درصد رس، سیلت و به خصوص جزء رس افزایش یافته در حالی که تخلخل کل و ظرفیت نگهداشت آب کاهش می‌یابد و این کاهش در خاک‌های بدون فرسایش، کم فرسایش، دارای فرسایش متوسط و فرسایش شدید به ترتیب بیشتر صورت می‌گیرد (Catt و Fullen، ۲۰۰۴). میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها، وزن مخصوص ظاهری و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، با تشدید فرسایش کاهش می‌یابد. واحدهای ساختمانی طبیعی خاک به عنوان سامانه پیچیده و دینامیک ماکرو و میکرو خاک‌دانه‌ها، تأثیر زیادی بر خواص فیزیکی و میکروبیولوژیکی خاک دارند (Arriaga و Lowery، ۲۰۰۴).

تناوب کشت علوفه - حبوبات و همچنین، پوشش گیاهی دائمی از نوع چمن باعث کاهش فرسایش‌پذیری خاک می‌شوند، زیرا ساختمان خاک در آن‌ها بسیار پایدار می‌باشد (Foster و همکاران، ۲۰۰۰). در خاک‌های فرسایش‌پذیر به دلیل عدم پایداری خاک‌دانه‌ها، پراکنش‌پذیری آن‌ها زیاد بوده که باعث تراکم خاک، کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب و در نهایت فرسایش بیشتر خواهد شد (Lado و همکاران، ۲۰۰۴ و Jankauskas و همکاران، ۲۰۰۸). جرم مخصوص ظاهری دارای همبستگی منفی با بیشتر پارامترهای فیزیکی خاک و همبستگی مثبت با فرسایش است. این پارامترهای فیزیکی شامل تخلخل کل، درصد رس، سیلت، سطح ویژه، پایداری خاک‌دانه‌ها، هدایت هیدرولیکی اشباع و

مواد و روش‌ها

۴۹° واقع شده است (شکل ۱). این منطقه بر اساس روش دومارتن دارای اقلیم خشک است (Alizadeh, ۲۰۰۱). رژیم رطوبتی این منطقه اریدیک و رژیم حرارتی آن ترمیک می‌باشد (Banaee, ۱۹۹۸).

محدوده مورد پژوهش در منطقه گیلوان در جنوب استان گیلان بین عرض شمالی ۵۰'۰۰" تا ۳۶'۰۰" و در طول شرقی ۳۰'۰۲" تا ۴۹'۰۸" ۵۴°



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد پژوهش در استان گیلان و ایران (ناحیه گیلوان)

خشک و پس از کوبیدن از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و برای تعیین خصوصیات فیزیکی خاک و شناسایی کانی‌های رس آماده شد. سپس پارامترهای فیزیکی شامل جرم مخصوص ظاهری به روش سیلندر، اجزاء بافت خاک به روش پیپت، حد روانی، حد سیلان، فعالیت خاک به روش کاساگراند، رس ریز به روش کیتریک، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها به روش الک خشک، درصد رطوبت اشباع به روش وزنی، درصد سنگ و سنگریزه به روش حجمی اندازه‌گیری شد (Burt, ۲۰۰۴).

تعدادی نمونه از لایه‌های سطحی انواع مختلف فرسایش با درصد‌های مختلف آهک و گچ و رنگ‌های متفاوت در مارن‌ها بود، برای شناسایی کانی‌ها آماده شدند. آماده‌سازی نمونه‌ها برای مطالعات کانی‌شناسی و اندازه‌گیری رس و رس ریز بر اساس روش کیتریک و هوپ صورت گرفت (Kittrick و Hope, ۱۹۷۱). نمونه‌برداری از چهار شکل مختلف فرسایش در قالب

برای انجام این پژوهش ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ و همچنین، نقشه‌های آب و هوا و پوشش گیاهی منطقه، پهنه‌های مارنی با تشکیلات زمین‌شناسی سنگ‌های گچی و آهک‌دار دانه‌ریز، رسوبات توفی مایل به سبز رنگ و آهک‌های بیوسفری صدف‌دار، مورد مطالعه قرار گرفت. سپس با انجام بازدیدهای صحرائی و کنترل و تطبیق اطلاعات جمع‌آوری شده، محدوده مورد مطالعه و محل‌های نمونه‌برداری از منجیل تا گیلوان با استفاده از موقعیت‌یاب جهانی تعیین شد.

سپس در لندفرم‌های غالب مارنی با جهت جنوبی، شیب حدود ۳۵ درصد و شکل یکسان از چهار نوع فرسایش شامل فرسایش‌های صفحه‌ای، شیاری، آب‌کندی و هزاردره از هر کدام ۱۲ نمونه سطحی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در مجموع ۴۸ نمونه تهیه شد. نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده در ساپه

یک روند کاهشی است (جدول ۱) و مؤید وجود رس‌های ریز انبساط‌پذیر در مناطق با فرسایش بیشتر است که با نتایج به‌دست آمده از دیفراکتوگرام اشعه ایکس نیز مطابقت دارد (شکل‌های ۲ تا ۵ و جدول ۳).

تحلیل آماری نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین فرسایش هزاردره با شیاری و صفحه‌ای، همچنین آبکندی با شیاری و صفحه‌ای است. در حالی که این اختلاف بین هزاردره با آبکندی و شیاری با صفحه‌ای معنی‌دار نشد (جدول ۲). همچنین رس‌های ریز به دلیل قطر کوچک‌تر، متحرک‌تر بوده، همراه با آبشویی و رواناب به صورت معلق منتقل می‌شوند. به دلیل حرکت زیاد رس‌های ریز، می‌توان به وسیله عناصر نادر خاکی مثل توریم و اسکاندیم، آن‌ها را منشأیابی کرد و مناطق تولید کننده رسوبات دانه‌ریز را شناسایی و آن‌ها را کنترل نمود (Amiri, ۲۰۰۱).

فرسایش آبکندی بیشترین مقدار میانگین سیلت را در بین اشکال فرسایشی دارد و پس از آن هزاردره‌ای، شیاری و صفحه‌ای به ترتیب قرار دارند (جدول ۱). از نظر مقدار سیلت هیچ اختلاف معنی‌داری بین اشکال مختلف فرسایش مشاهده نشد (جدول ۲).

هر چه مقدار سیلت بیشتر باشد، فرسایش‌پذیری خاک نیز افزایش می‌یابد. زیرا سیلت چسبندگی ندارد (Refahi, ۲۰۰۰, Maquaire و همکاران، ۲۰۰۳). در مناطق مورد مطالعه نواحی دارای فرسایش آبکندی بیشترین مقدار میانگین سیلت را دارا بودند، ولی با وجود این، شدت و مقدار فرسایش در هزاردره‌ها بیشتر بود که دلیل آن مقادیر بیشتر رس‌های انبساط‌پذیر به ویژه گروه اسمکتایت و همچنین، مقدار زیاد سدیم در هزاردره‌ها است که فرسایش‌پذیری را در آن‌ها افزایش داده است. خاک‌های سیلتی معمولاً خوب دانه‌بندی می‌شوند، ولی در اثر مرطوب شدن، خاک‌دانه‌ها به سهولت شکسته و ذرات سیلت جدا و منتقل می‌شوند. خاک‌هایی با ۴۰ تا ۶۰ درصد سیلت، فرسایش‌پذیرترین نوع خاک‌ها به شمار می‌آیند (Refahi, ۲۰۰۰).

البته ارتباط بین میزان سیلت خاک و میزان فرسایش‌پذیری تحت تأثیر میزان مواد آلی و میزان رس خاک نیز است (Bybordi, ۲۰۰۱).

طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. نهایتاً مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت.

نتایج و بحث

کمترین مقدار رس مربوط به فرسایش شیاری و بیشترین مقدار مربوط به هزاردره است (جدول ۱) و فقط فرسایش‌های صفحه‌ای با هزاردره، دارای اختلاف معنی‌دار بودند و بین سایر اشکال فرسایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). ذرات رس در ایجاد حالت چسبندگی خاک، تشکیل خاک‌دانه و پایداری آن نقش مهمی دارند (Ben- Wakindiki و hur, ۲۰۰۲). به طوری که اگر مقدار رس خاک کمتر از ۱۰ درصد باشد، تقریباً ساختمانی به وجود نخواهد آمد و اگر هم ساختمانی تشکیل شود، ذرات خاک چسبندگی زیادی ندارند و در اثر فرسایش به سرعت پراکنده می‌شوند. از طرفی اگر میزان رس بیشتر از ۴۰ درصد باشد، خاک‌دانه‌های کوچکی ایجاد می‌شوند که به آسانی فرسوده می‌شوند (Catt و Fullen, ۲۰۰۴) که این حالت اخیر یعنی رس بیشتر از ۴۰ درصد، در بعضی نمونه‌های فرسایش آبکندی و به خصوص در تعداد بیشتری از نمونه‌های هزاردره مشاهده شد.

علاوه بر مقدار رس، نوع رس هم در نوع و شدت فرسایش دخالت دارند. با توجه به نتایج تجزیه اشعه ایکس در فرسایش‌های آبکندی و به خصوص هزاردره کانی‌های انبساط‌پذیر ۲:۱ از گروه اسمکتایتی مشاهده شد (شکل ۴ و ۵، جدول ۳) که با جذب آب منبسط شده و باعث فرسایش بیشتر می‌شوند (Bouma و Imeson, ۲۰۰۰, Emami و Ghazavi, ۲۰۰۲, Piccarreta و همکاران، ۲۰۰۶, Grubin و Bryan, ۲۰۱۱). همچنین، نفوذپذیری با افزایش مقدار رس همبستگی منفی نشان می‌دهد، در نتیجه باعث افزایش رواناب و افزایش فرسایش می‌شود (Esteves و همکاران، ۲۰۰۵).

همه اشکال فرسایشی از نظر رس ریز به جز فرسایش‌های صفحه‌ای و شیاری با هم اختلاف معنی‌دار دارند (جدول ۲). مقدار میانگین نسبت رس ریز به رس کل از فرسایش هزاردره به صفحه‌ای دارای

جدول ۱- مقادیر بیشینه، کمینه و میانگین پارامترهای فیزیکی خاک*

متغیر	صفحه ای			شیاری			آبکندی			هزاردره	
	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه		
شن	۱۴	۳۶/۸	۵۷	۱۵	۳۲	۵۳	۱۴	۲۵/۶	۳۲	۲۵/۴	۳۲
سیلت	۱۷	۳۰/۵	۴۴	۱۵	۳۳	۴۵/۵	۳۰/۲	۳۶/۵	۴۴	۳۳/۲	۴۱/۳
رس	۲۶	۳۲	۴۲	۱۸	۳۴/۰.۸	۴۳/۵	۲۶	۳۷/۸	۴۶	۴۱/۴	۴۸
رس ریز	۳/۳	۸/۳	۱۱/۷۶	۵/۴	۹/۹	۱۳/۱	۹/۶	۱۳/۲	۱۵/۸	۱۳/۳	۱۶/۹
رس ریز به رس کل	۰/۱۱	۰/۲۶	۰/۳۶	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۴	۰/۳۷	۰/۴۳
شن ریز	۴۲	۳۷/۲	۶۰	۴۰	۳۸/۶۸	۵۳	۳۵/۶	۴۴/۵	۴۲/۱	۵۲/۸۹	۴۳
میانگین وزنی قطر خاکدانه ها	۰/۲۹	۰/۵۲	۰/۶۵	۰/۲۱	۰/۳۴	۰/۵۶	۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۳۴	۰/۱۲	۰/۳۱
حد خمیرایی	۹/۷	۱۱/۴۱	۱۳/۵	۱۰/۵	۱۳/۰.۳	۱۴/۶	۱۰/۱	۱۳/۴۷	۱۶/۵	۱۲/۵	۱۶/۵
حد سیلان	۳۲	۳۴/۸۷	۳۹	۳۲	۴۱/۳۷	۴۹	۴۲/۲	۴۷/۳	۵۴	۴۶/۵	۵۷
فعالیت خاک جرم مخصوص ظاهری	۰/۶	۰/۶۷	۰/۷۹	۰/۵۷	۰/۷۶	۰/۸۸	۰/۷۹	۰/۹۲	۱/۱	۰/۹۴	۱/۲
سنگریزه	۱۰	۱۴	۱۲/۵	۱۰	۱۴/۲	۱۱/۵	۸	۱۳/۵	۱۱	۹/۲	۱۳/۹
رطوبت اشباع	۲۹/۱	۲۹/۹	۳۷/۳	۲۹/۱	۳۲/۱	۴۶/۵	۴۰/۱	۴۲/۳	۵۱/۵	۴۳/۱	۴۴/۲

مقادیر شن، سیلت، رس، سنگریزه، رس ریز، شن ریز، رطوبت اشباع، حد روانی و حد سیلان بر اساس درصد میانگین وزنی قطر خاکدانه بر حسب میلی متر، جرم مخصوص ظاهری بر اساس گرم بر سانتی متر مکعب می باشد.

جدول ۲- مقادیر میانگین پارامترهای فیزیکی همراه با مقایسه آماری آن ها

متغیر	انواع فرسایش			
	صفحه ای	شیاری	آبکندی	هزاردره
شن	(۱/۸۹)۳۶/۸a	(۱/۷۴)۳۲ab	(۲/۶۱)۲۵/۶b	(۳/۳۰)۲۵/۴b
سیلت	(۱/۸۷)۳۰/۵a	(۳/۰۲)۳۳a	(۱/۷۷)۳۶/۵a	(۲/۶۶)۳۳/۲a
رس	(۲/۱۷)۳۲c	(۲/۱۵)۳۴/۰.۸bc	(۱/۸۲)۳۷/۸ab	(۴/۲)۴۱/۴a
رس ریز	(۰/۹۲)۸/۳c	(۰/۳۶)۹/۹c	(۱/۴)۱۳/۲b	(۵/۳)۱۵/۳a
رس ریز به رس کل	(۰/۰۱)۰/۲۶b	(۰/۰۱)۰/۲۹b	(۰/۰۲)۰/۳۵a	(۰/۰۲)۰/۳۷a
شن ریز	(۰/۳۸)۳۷/۲a	(۰/۰۹)۳۸/۶۸a	(۰/۱۴)۴۴/۵a	(۰/۲۴)۵۲/۸۹a
میانگین وزنی قطر خاکدانه ها	(۰/۰۱)۰/۵۲a	(۰/۰۱)۰/۳۴b	(۰/۰۲)۰/۲۵c	(۰/۰۲)۰/۲۳c
حد خمیرایی	(۱/۹۳)۱۱/۴۱a	(۱/۷۷)۱۳/۰.۳a	(۲/۴۳)۱۳/۴۷a	(۲/۲۹)۱۴a
حد سیلان	(۰/۵۲)۳۴/۸۷c	(۰/۷۱)۴۱/۳۷c	(۰/۹۳)۴۷/۳b	(۱/۲)۵۱/۳a
فعالیت خاک جرم مخصوص ظاهری	(۰/۰۲)۰/۶۷b	(۰/۰۲)۰/۷۶b	(۰/۰۱)۰/۹۲ab	(۰/۰۱)۱/۰.۵a
سنگریزه	(۱/۴۴)۱۴a	(۰/۹۴)۱۴/۲a	(۱/۱۴)۱۳/۵a	(۱/۲۸)۱۳/۹a
رطوبت اشباع	(۲/۷۶)۲۹/۹a	(۱/۴۵)۳۲/۱a	(۴/۹۱)۴۲/۳b	(۵/۶)۴۴/۲b

a, b و c مربوط به مقایسه میانگین به روش دانکن و سطح احتمال آماری ۰/۰۵ است و اعداد داخل پرانتز نشان دهنده انحراف معیار داده هاست.

درصد سنگ و سنگریزه سطحی در چهار نوع فرسایش تفاوت چندانی با هم نداشتند و در صحرا حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد تخمین زده شد. تنها تفاوت موجود در انواع فرسایش، نحوه استقرار پوشش سنگ و سنگریزه‌ای بر روی خاک می‌باشد. در مناطق آبکندی و هزاردره‌ای، سنگ و سنگریزه‌ها بیشتر حالت فرورفته داشتند، ولی در مناطق دارای فرسایش صفحه‌ای و شیاری، پوشش سنگی بیشتر به حالت آزاد روی سطح خاک قرار داشتند. در زمان وقوع رواناب، پوشش سنگ و سنگریزه‌ای می‌تواند منجر به افزایش یا کاهش فرسایش خاک شود. وجود سنگ و سنگریزه در سطح خاک می‌تواند از برخورد مستقیم قطرات باران بر روی خاک جلوگیری کرده، از این طریق موجب کاهش فرسایش شود. میزان رسوب تا درصد معینی از پوشش سنگریزه‌ای تقریباً ۱۵ تا ۲۰ درصد، افزایش یافته ولی به تدریج با افزایش پوشش سنگریزه‌ای، میزان رسوب به صورت یک تابع درجه سوم کاهش می‌یابد (Rohipoor و همکاران، ۲۰۰۵).

دلیل افزایش رسوب در حضور پوشش سنگریزه‌ای تا حدود ۱۵ الی ۲۰ درصد، به احتمال زیاد ناشی از تنش برشی رواناب است که به علت برخورد جریان آب با قطعات سنگ یا سنگریزه به وجود می‌آید. در اثر برخورد جریان رواناب با پوشش سنگریزه، یک فشار برشی موضعی در اطراف سنگ ایجاد می‌شود. این تنش برشی موضعی، خود باعث تلاطم آب در اطراف سنگ شده و موجب جدا شدن ذرات خاک از بستر خود شده و در نتیجه میزان رسوب را نسبت به خاکی که فاقد پوشش سنگریزه است به مراتب افزایش می‌دهد (Rohipoor و همکاران، ۲۰۰۵). پوشش سنگریزه‌ای منجر به آشفتگی جریان هرزآب شده و از این رو میزان رسوب به شدت افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با افزایش پوشش سنگریزه‌ای از حد ۱۵ الی ۲۰ درصد به بالا، میزان رسوب تولیدی کاهش شدیدی را نشان می‌دهد.

دلیل این امر نیز واضح است، زیرا با افزایش بیش از حد تعیین شده در پوشش سنگی، اثر برخورد قطرات باران روی بستر خاک به شدت کاهش پیدا کرده و میزان انرژی دریافتی روی خاک بسیار کم می‌شود، در نتیجه رسوب تولیدی نیز کاهش می‌یابد.

ذرات سیلت در محدوده‌ای قرار می‌گیرند که در آن مقاومت در برابر فرسایش هم از نظر اندازه و هم از نظر چسبندگی نسبتاً کم است (Refahi, ۲۰۰۰) و در نتیجه به خصوص هنگامی که خاک خشک باشد، در برابر فرسایش بادی هم مقاومت خیلی کمی دارند و با توجه به وزش بادهای موسمی و دائمی در منطقه مورد مطالعه، می‌توان گفت که فرسایش بادی هم، احتمالاً نقش عمده‌ای در ایجاد انواع فرسایش در منطقه داراست که جای تحقیق دارد.

بیشترین مقدار میانگین شن مربوط به فرسایش صفحه‌ای و کمینه مقدار مربوط به صفحه‌ای و آبکندی می‌باشد (جدول ۱). فرسایش صفحه‌ای با اشکال فرسایشی آبکند و هزاردره دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). با افزایش مقدار شن، فرسایش‌پذیری خاک کاهش می‌یابد (Wang و همکاران، ۲۰۱۲). زیرا نفوذپذیری خاک را افزایش می‌دهد و لذا از ایجاد رواناب سطحی جلوگیری می‌کند که بستگی به مقدار و اندازه شن دارد. نفوذپذیری با مقدار شن همبستگی مثبت دارد (Li, ۲۰۰۳). در فرسایش آبکندی و هزاردره‌ای علاوه بر مقدار کمتر شن نسبت به صفحه‌ای و شیاری، بیشترین بخش جزء شن خاک را شن ریز با قطر ۰/۵ تا ۰/۱ میلی‌متر تشکیل می‌دهند که بنابر گفته Wischmeier و Smith (۱۹۷۸)، ذرات شن ریز، رفتاری مشابه ذرات سیلت داشته و این ذرات را باید جزء ذرات سیلت محسوب و برای ذرات شن، حدی معادل ۰/۱ تا دو میلی‌متر را در نظر گرفت. همچنین، خاک‌هایی که حاوی مواد آلی کم و سیلت و شن خیلی ریز زیاد هستند، معمولاً خاک‌دانه‌های ناپایداری دارند. این نوع خاک‌دانه‌ها به سهولت در اثر ضربه قطرات باران خرد می‌شوند (Maquaire و همکاران، ۲۰۰۳).

مقدار میانگین درصد سنگریزه در فرسایش صفحه‌ای بیشترین و در آبکندها کمترین بوده است (جدول ۱) که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین هیچ یک از اشکال فرسایشی مشاهده نمی‌شود (جدول ۲). البته زیاده‌تر بودن میزان سنگ و سنگریزه در لایه سطحی خاک فرسایش‌های صفحه‌ای و شیاری بر افزایش نفوذپذیری آن‌ها و جلوگیری از ایجاد رواناب می‌تواند مؤثر باشد (Menendez, ۲۰۰۸).

همکاران، ۲۰۰۴، Barzgar، ۲۰۰۵، Jankauskas و همکاران، ۲۰۰۸ و Wang و همکاران، ۲۰۱۲).

بیشترین مقدار میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در فرسایش صفحه‌ای و کمترین مقدار در هزاردره‌ای می‌باشد (جدول ۱). همچنین همه اشکال فرسایشی به جز فرسایش آب‌کنندی با هزاردره‌ای از این نظر با هم اختلاف معنی‌دار دارند (جدول ۲). هر چه میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها بیشتر باشد، پایداری نسبی خاک‌دانه‌ها بیشتر می‌شود، مهمترین عامل در پایداری خاک‌دانه‌ها ماده آلی می‌باشد (Liu، ۲۰۰۱، Bybordi، ۲۰۰۳). هر چه پایداری خاک‌دانه‌ها و درصد خاک‌دانه‌های پایدار بیشتر باشد، نفوذپذیری افزایش یافته، مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تا رواناب ایجاد شود. یکی دیگر از دلایل کاهش این پارامتر از حالت صفحه‌ای به هزاردره افزایش درصد سیلت است.

خاک‌های سیلتی معمولاً خوب دانه‌بندی می‌شوند، ولی خاک‌دانه‌های حاصله به سهولت شکسته و ذرات سیلت جدا و به‌وسیله آب و باد منتقل می‌شوند (Refahi، ۲۰۰۰، Maquaire و همکاران، ۲۰۰۳). عدم پایداری خاک‌دانه‌ها موجب کاهش نفوذ آب و هوا به خاک، ایجاد سله، افزایش رواناب و فرسایش خاک می‌شود. همچنین، هر چه میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در حالت خشک بیشتر باشد، پایداری در برابر فرسایش بادی نیز افزایش می‌یابد (Barthes و Roose، ۲۰۰۲، Jankauskas و همکاران، ۲۰۰۸).

میانگین درصد رطوبت اشباع در فرسایش صفحه‌ای کمترین مقدار و در فرسایش هزاردره بیشترین است (جدول ۱). درصد رطوبت اشباع بین فرسایش صفحه‌ای با شیاری و آب‌کنندی با هزاردره اختلاف معنی‌داری ندارد (جدول ۲). دلیل زیادتر بودن درصد رطوبت اشباع در حالت آب‌کنندی و هزاردره‌ای نسبت به شیاری و صفحه‌ای تحت تأثیر رس است که هم از طریق مقدار و هم نوع رس بر جذب بیشتر آب مؤثر است (Williams و همکاران، ۱۹۸۳).

میانگین حد روانی یا حد سیلان در نمونه‌های دارای فرسایش هزاردره بیشترین و در فرسایش صفحه‌ای کمترین درصد می‌باشد (جدول ۱). بالاترین مقدار حد روانی مربوط به فرسایش هزاردره و کمترین

کاهش سرعت رواناب به دلیل زیاد شدن ضریب زبری بستر (درصد زیاد پوشش سنگی)، نیز یکی دیگر از عوامل کاهش رسوب در هنگامی است که پوشش سنگی درصد نسبتاً زیادی از بستر خاک را اشغال کرده باشد (Poesen و همکاران، ۱۹۹۳).

نحوه استقرار سنگریزه در حالت آزاد و فرورفته نیز در میزان رواناب می‌تواند مؤثر باشد. در شرایطی که پوشش سنگریزه به حالت فرورفته است، میزان رسوب به شدت افزایش می‌یابد، زیرا حضور سنگریزه در حالت فرورفته منجر به کاهش نفوذ آب و در نتیجه افزایش رواناب می‌شود. افزایش رواناب نیز توأم با افزایش رسوب است. در صورتی که استقرار سنگریزه به حالت آزاد باشد، سطح خاک در برابر تراکم ناشی از برخورد مستقیم قطرات باران حفاظت شده و رواناب تولید شده در فضای انسداد نیافته زیر سنگ‌ها به آسانی می‌تواند نفوذ کند، ولی در حالت فرورفته، سطح نفوذناپذیر لایه فوقانی خاک را افزایش داده و باعث افزایش رواناب و در نتیجه افزایش سرعت و ضریب رواناب می‌شود (Foster، ۱۹۸۲).

جرم مخصوص ظاهری دارای یک روند افزایشی از صفحه‌ای به سمت هزاردره است (جدول ۱) تحلیل آماری تفاوت معنی‌داری را بین هیچ یک از اشکال فرسایشی نشان نمی‌دهد (جدول ۲). با توجه به افزایش درصد رس و همچنین، افزایش نسبی درصد رس ریز از حالت صفحه‌ای به سمت هزاردره، انتظار می‌رود، باعث افزایش میزان تخلخل کل و به تبع آن کاهش جرم مخصوص ظاهری شود، ولی در اینجا روند کاملاً برعکس است. دلیل این امر، وجود مقادیر زیاد سدیم در این خاک‌ها و همچنین، مقدار زیاد کانی اسمکتایت در اراضی دارای فرسایش آب‌کنندی و هزاردره‌ای است (شکل‌های ۴ و ۵، جدول ۳) که باعث پراکنده شدن ذرات خاک و کاهش حجم تخلخل در آب‌کندها و هزاردره‌ها شده است.

البته باید بیان داشت که جرم مخصوص ظاهری بیش از این‌که تابعی از رس باشد، تابع ساختمان خاک است. به عبارتی زیادتر شدن جرم مخصوص ظاهری از صفحه‌ای به هزاردره، تأییدی بر تخریب ساختمان خاک است که موجب افزایش حجم مواد جامد در واحد حجم می‌باشد (Lado، ۲۰۰۱، Bybordi).

خیلی بالا و خاک‌های دارای فرسایش صفحه‌ای و شیاری با میانگین شاخص خمیرایی $32/6$ و $30/7$ و حد روانی $42/9$ و $45/2$ درصد در محدوده خاک‌های با پتانسیل تورم متوسط تا بالا قرار می‌گیرند. همچنین، بر اساس تقسیم‌بندی اداره اصلاح اراضی ایالات متحده^۱ که فقط از شاخص خمیرایی استفاده کرده است، همه نمونه‌های خاک مورد آزمایش در محدوده خاک‌های با درجه تورم بالا یعنی ۲۰ تا ۳۵ درصد تورم قرار می‌گیرند (Asgari, ۱۹۹۳).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، این خاک‌ها دارای حدود آتربرگ نسبتاً بالایی هستند که علت این امر را باید اولاً به دلیل رس زیاد و ثانیاً به پائین بودن درصد آهک در این خاک‌ها نسبت داد. زیرا وجود آهک از طریق ایجاد ساختمان و افزایش نفوذپذیری باعث کاهش حد روانی و حد خمیرایی خاک‌ها می‌شود. معمولاً افزودن دو الی چهار درصد آهک به خاک، موجب کاهش زیاد حد روانی، شاخص خمیرایی و پتانسیل تورم خاک می‌شود (Chen, ۱۹۹۸). خواص خمیری خاک ناشی از آب جذب شده‌ای است که ذرات رس را احاطه کرده است، می‌توان انتظار داشت که نوع و مقدار کانی‌های رسی، بر روی حدود روانی و خمیرایی و در نتیجه در فعالیت خاک نیز مؤثر خواهد بود (Bybordi, ۲۰۰۱). رطوبت حد سیلان بستگی به شدت بار الکتریکی ذرات، فراوانی آب و سطح ویژه ذرات رس دارد. به‌طور کلی در کانی‌هایی که بار الکتریکی قابل توجه است، آب بیشتری جذب شده و رطوبت حد سیلان نیز افزایش می‌یابد.

همچنین، حد سیلان بستگی به فراوانی و نوع ذرات رس در خاک دارد. در خاک‌هایی که رطوبت حد سیلان بیش از ۵۰ درصد است، احتمالاً رس مونت‌موریلونایت هم در خاک موجود است و در مقادیر کمتر از ۵۰ درصد انواع رس‌های کائولینایتی را می‌توان یافت (Bybordi, ۲۰۰۱). با توجه به نتایج تمام نمونه‌های دارای فرسایش هزاردره و تعدادی از نمونه‌های آب‌کندی بالای ۵۰ درصد رطوبت حد سیلان داشته، بقیه زیر ۵۰ درصد بوده‌اند. بنابراین با افزایش حد سیلان از صفحه‌ای به هزاردره می‌توان نتیجه

مقدار مربوط به فرسایش شیاری می‌باشد. آزمون دانکن نیز نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین همه اشکال فرسایشی است، به جز بین فرسایش شیاری با صفحه‌ای این تفاوت مشاهده نشد (جدول ۲). میانگین حد خمیری در فرسایش هزاردره بیشترین و در فرسایش صفحه‌ای کمترین درصد بوده که دارای روند کاهشی از هزاردره به صفحه‌ای است (جدول ۱).

بیشینه مقدار حد خمیری مربوط به هزاردره‌ها و کمینه آن مربوط به شیاری است. همچنین، تحلیل آماری هیچ تفاوت معنی‌داری را بین اشکال مختلف فرسایشی نشان نمی‌دهد (جدول ۲). با افزایش مقدار رس خاک، حدود روانی و خمیری افزایش می‌یابد. در واقع با کاهش اندازه ذرات، رطوبت حد خمیری و روانی افزایش یافته ولی افزایش حد روانی (سیلان) بیشتر می‌باشد. تغییرات رطوبت حد خمیری به مراتب کمتر از حد سیلان بوده، با افزایش سطح ذرات رس در خاک افزایش می‌یابد، ولی این افزایش متناسب نیست. مثلاً سطح ذرات رس مونت‌موریلونایت ۴۰ برابر بیش از ذرات کائولینایت است، ولی رطوبت حد خمیری آن بیش از دو تا سه برابر نیست. بنابراین حد خمیری را نمی‌توان فقط تابع ساده‌ای از رطوبت موجود در روی ذرات رس تصور نمود (Wang و همکاران، ۲۰۱۱).

فعالیت خاک عبارت است از نسبت شاخص خمیرایی به درصد رس و شاخص خمیرایی نیز حاصل تفاضل بین حد روانی و حد خمیری است (Bybordi, ۲۰۰۱). میانگین فعالیت خاک در فرسایش هزاردره‌ای بیشترین و در فرسایش صفحه‌ای کمترین می‌باشد. تحلیل آماری نشان داد که فرسایش هزاردره با فرسایش‌های شیاری و صفحه‌ای، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. هرچه عدد فعالیت بیشتر باشد، انتظار تورم بیشتری خواهد رفت (Wang و همکاران، ۲۰۱۱). با توجه به نتایج به‌دست آمده از حدود آتربرگ، خاک‌ها دارای حد روانی و خمیرایی نسبتاً بالایی هستند. به‌طوری که بر اساس تقسیم‌بندی Raman و Dakshanmurti، خاک‌های دارای فرسایش شاخص خمیرایی $42/7$ و $37/8$ و حد روانی بین ۵۰ تا ۷۰ درصد در محدوده خاک‌های با پتانسیل تورم بالا تا

²United States Bureau of Reclamation

نهایت تورم بیشتری می‌شود. به عبارتی منشأ خصوصیت خمیری خاک‌های رسی، وجود لایه دوگانه در اطراف ذرات کانی‌های آن‌هاست (Chen, ۱۹۹۸). فعالیت خاک بیان‌کننده ظرفیت نگهداری آب به‌وسیله آن خاک است. خاک‌های دارای رس غالب مونت‌موریلونایت دارای فعالیت زیاد و خاک‌های دارای رس غالب کائولینایت دارای فعالیت کم می‌باشند. اگر رس غالب ایلات باشد دارای فعالیت متوسط است (Wang, ۲۰۱۱).

با توجه به نتایج، می‌توان دریافت که خاک‌های مورد مطالعه در مناطق با فرسایش صفحه‌ای و شیب‌های نسبت به نواحی با فرسایش آب‌کندی و هزاردره‌ای دارای فعالیت کمتری بوده، این مساله به دلیل تفاوت در مقدار و نوع رس می‌باشد، که نتایج تجزیه اشعه ایکس نیز این مطلب را تأیید می‌کند (جدول ۳).

گرفت که بر مقدار کانی‌های ۲:۱ از صفحه‌ای به هزاردره افزوده شده و به تناسب، میزان فرسایش هم زیاد می‌شود.

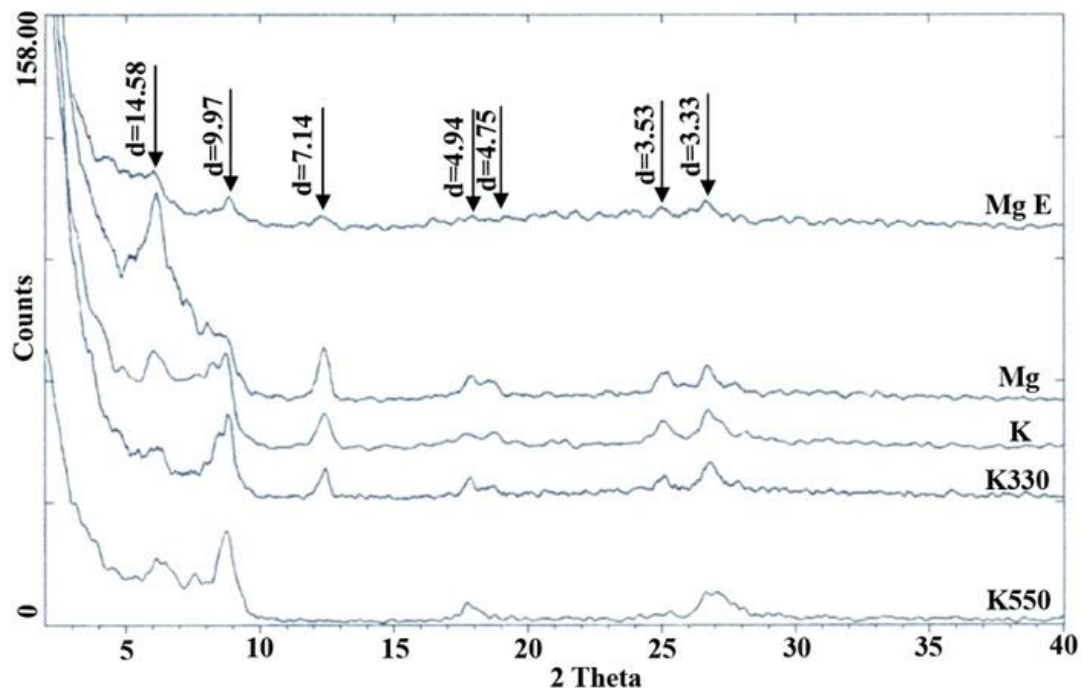
زیاد بودن درصد مواد ریزدانه در خاک‌های مورد آزمایش به‌خصوص در فرسایش‌های هزاردره و آب‌کندی نشان‌دهنده بافت سنگین و حساسیت آن نسبت به تغییرات رطوبت می‌باشد، به‌طوری که افزایش رطوبت باعث کاهش چسبندگی خاک به دلیل کاهش نیروهای الکتریکی بین ذرات رس شده، پایداری آن را به ویژه در شیب‌های تند به نحو چشمگیری کاهش می‌دهد (Chen, ۱۹۹۸).

درصد ذرات ریزدانه خاک تأثیر زیادی بر خصوصیات تورم و واگرایی آن‌ها دارد. زیرا نیروهای الکتریکی که روی سطوح این ذرات عمل می‌کنند، بسیار زیاد می‌باشد که باعث جذب آب بیشتر و در

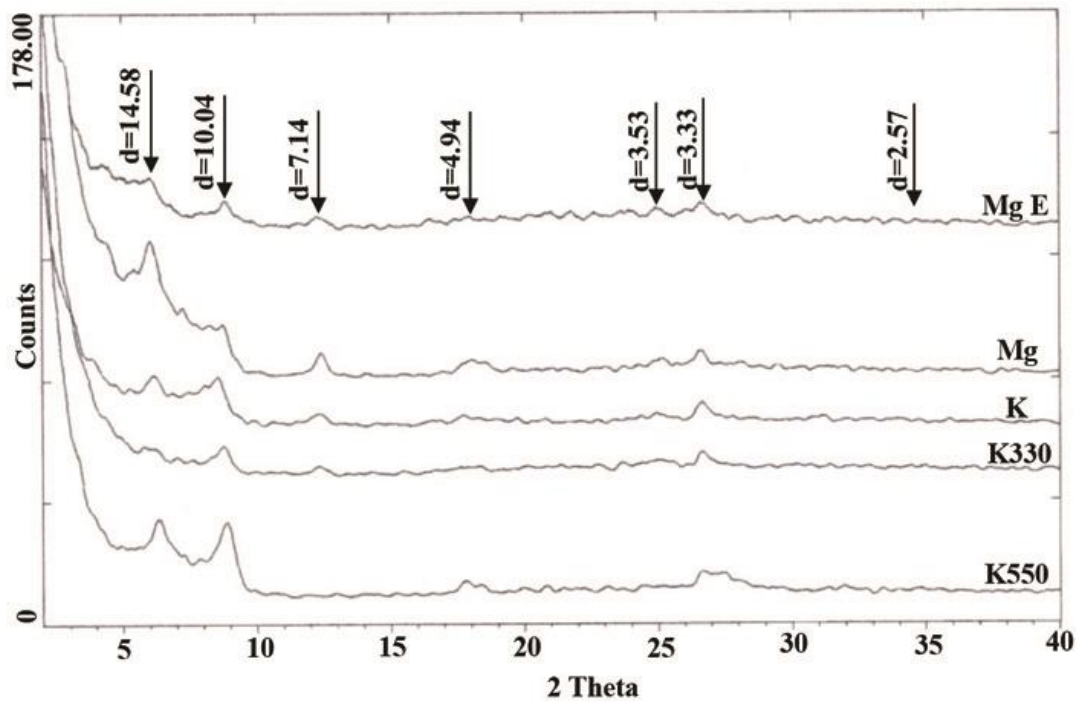
جدول ۳- مقادیر نیمه کمی کانی‌های رسی در خاک انواع مختلف فرسایش

فرسایش	کانی رس	کائولینایت	ورمیکولایت	اسمکتایت	کلرایت	ایلات
صفحه‌ای	++	+++	-	++	+	
شیاری	+	+++	-	++	+	
آب‌کندی	+	-	++++	+	+	
هزاردره‌ای	+	-	++++	+	+	

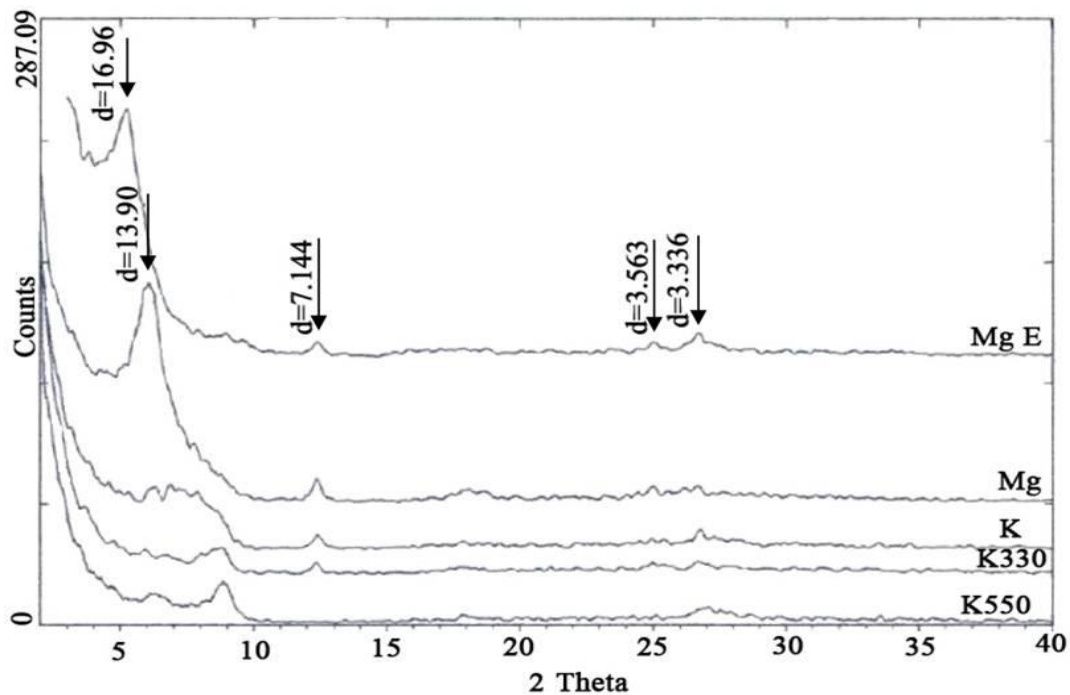
+: ۱۰-۲۰، ++: ۲۰-۴۰، +++: ۴۰-۶۰، ++++: >۶۰، -: ندارد.



شکل ۲- دیفراکتوگرام مربوط به فرسایش صفحه‌ای



شکل ۳- دیفراکتوگرام مربوط به فرسایش شیاری



شکل ۴- دیفراکتوگرام مربوط به فرسایش آبکندی

نتیجه‌گیری

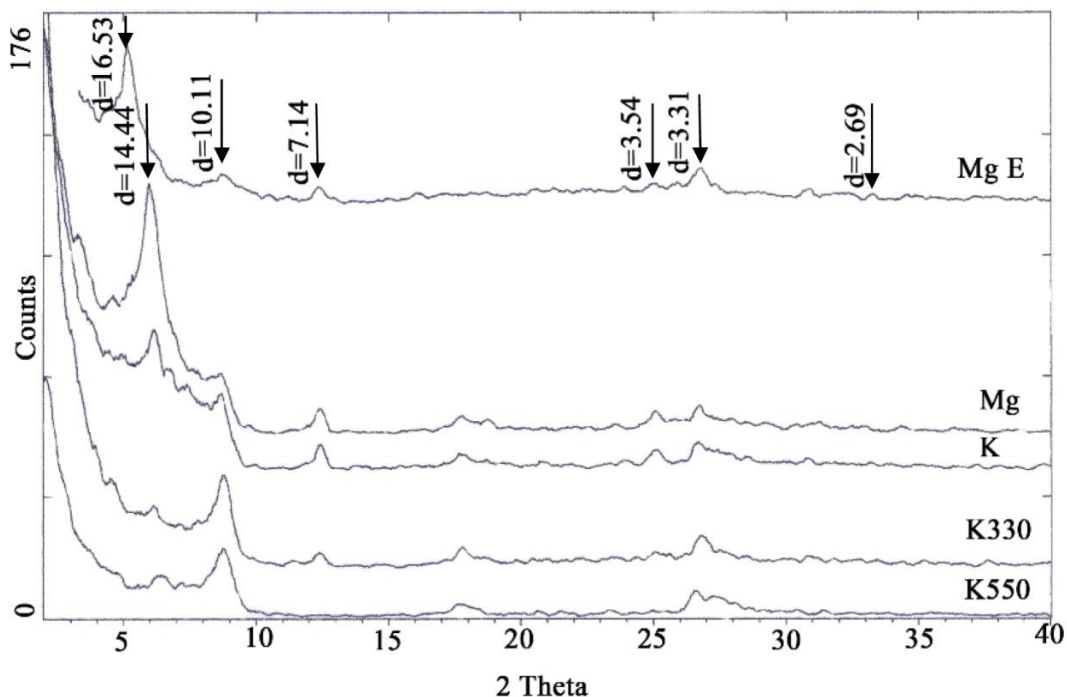
کانی‌های رسی خاک و ویژگی‌های فیزیکی از جمله بافت، تأثیر اساسی بر پایداری خاک‌دانه‌ها دارند. بنابراین بر مقدار نفوذپذیری و از دست رفتن خاک، تحت تأثیر بارندگی مؤثر هستند. خاک‌های مملو از

رس‌های کائولینیتی بیشترین پایداری خاک‌دانه‌ها، کمترین میزان پراکنده شدن، کمترین میزان رواناب و در نتیجه کمترین ظرفیت حمل رسوب را دارند. در حالی‌که پائین‌ترین پایداری خاک‌دانه و بیشترین میزان رواناب در خاک‌های حاوی کانی‌های رسی

تشکیل خاک‌دانه و پایداری آن نقش مهمی دارند. در خاک‌های فرسایش‌پذیر منطقه مورد مطالعه به دلیل عدم پایداری خاک‌دانه‌ها، پراکنش‌پذیری آن‌ها زیاد بوده که باعث تراکم خاک، کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب و در نهایت فرسایش بیشتر شده است. علاوه بر این نتایج تجزیه اشعه ایکس نشان‌دهنده حضور کانی‌های گروه اسکمتایت در اراضی هزاردره‌ای و آبکندی می‌باشد. به علت پتانسیل تورم و پراکنندگی زیاد این گروه از رس‌ها، فرسایش در این اراضی بیشتر شده است. با توجه به نتایج، مقدار رس و رس ریز، نوع رس به ویژه گروه اسکمتایتی و میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها که مبین پایداری خاک‌دانه‌هاست، مهمترین عوامل کنترل‌کننده فرسایش در این منطقه محسوب می‌شوند.

مونت‌موریلونایتی مشاهده می‌شود. ویژگی کانی‌های رس، به ویژه تورم، پراکنندگی و فولکوله شدن در ایجاد فرسایش مؤثرند، به طوری که کانی رسی مونت‌موریلونایت در محیط غنی از سدیم، ظرفیت تورمی زیادی دارد و همین امر موجب تشدید فرسایش در تشکیلات ماری می‌شود. مقایسه میانگین عوامل فیزیکی در انواع مختلف فرسایش با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان‌دهنده تغییرات معنی‌دار ($p < 0.05$) درصد رس، رس ریز، درصد اشباع، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها، حد روانی و فعالیت خاک در برخی از اشکال فرسایش بود، در حالی که سایر پارامترها اثر معنی‌داری در شکل و نوع فرسایش نداشتند.

ذرات رس در ایجاد حالت چسبندگی خاک،



شکل ۵- دیفراکتوگرام مربوط به فرسایش هزاردره‌ای

منابع مورد استفاده

1. Alizadeh, A. 2001. Air and climatology. Ferdowsi University of Mashhad Press, 382 pages (in Persian).
2. Amiri, M. 2001. Finding the origin of colloidal clays and silt particles in Tasran station by trace elements. International Congress of Soil Erosion, Land Management and Sustainable Development, Arak, Iran (in Persian).
3. Arriaga, F.J. and B. Lowery. 2004. Soil physical properties and crop productivity of an eroded soil amended with cattle manure. USDA National Soil Dynamics Laboratory, Soil Science, 168: 888-899.
4. Asgari, F. and A. Fakher. 1993. Soil swelling and dispersion from geotechnic engineering view. Jahade daneshgahi press of Tehran University, 245 pages (in Persian).

5. Banaee, M.H. 1998. Moisture and temperature regimes map of Iran soils. Iranian Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran (in Persian).
6. Barthes, B. and E. Roose. 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion: validation at several levels. *Catena*, 77: 133-149.
7. Burt, R. 2004. Soil survey laboratory methods manual. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, USA, 700 pages.
8. Bybordi, M. 2001. Soil physics. Tehran University Press, 671 pages (in Persian).
9. Emami, J. and A. Ghazavi. 2002. Landslides and ruptures in saturated fine soils of Chaharmahal and bakhtiari province of Iran. *Journal of Earth Science*, 35: 42-44 (in Persian).
10. Esteves, M., L. Descroix, N. Mathys and J.M. Lapetite. 2005. Soil hydraulic properties in a marly gully catchment (Draix, France). *Catena*, 63: 282-298.
11. Faulkner, H., D. Spivey and R. Alexander. 2000. The role of some site geochemical processes in the development and stabilisation of three badland sites in Almería, southern Spain. *Geomorphology*, 35:87-99.
12. Foster, G.R. 1982. Processes based modeling of soil erosion by water on agricultural land. 429-447.
13. Foster, I.D.L., M.A. Fullen, R.T. Brandsma and A.S. Chapman. 2000. Drip-screen rainfall simulators for hydro- and pedogeomorphological research: the Coventry experience. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25: 691-707.
14. Fullen, M.A. and J.A. Catt. 2004. Soil management: problems and solutions. Arnold, London, 269 pages.
15. Grubin, M.K. and R. Bryan. 2011. Clay mineralogy as a crucial factor in badland hillslope processes. *Geophysical research abstracts*, 13: 25-36.
16. Jankauskas, B., G. Jankauskiene and M.A. Fullen. 2008. Soil erosion and changes in the physical properties of Lithuanian Eutric Albeluvisols under different land use systems. *Soil and Plant Science Journal*, 58: 66-76.
17. Kittrick, J.A. and E.W. Hope. 1971. A procedure for the particle-size separation on soils for X-ray diffraction analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 12: 383-409.
18. Lado, M., A. Paz and M. Ben-Hur. 2004. Organic matter and aggregate size interactions in infiltration, seal formation, and soil loss. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 935-942.
19. Li, X.Y. 2003. Gravel-sand mulch for soil and water conservation in the semiarid loess region of northwest China. *Catena*, 52: 105-127.
20. Liu, G., M. Xua and C. Ritsema. 2003. A study of soil surface characteristics in a small watershed in the hilly, gullied area on the Chinese Loess Plateau. *Catena*, 54: 31-44.
21. Maquaire, O., J.P. Malet, A. Remaitre, J. Locat, S. Klotz and J. Guillon. 2003. Instability conditions of Marly hillslopes: towards landsliding or gullyng? The case of the Barcelonnette Basin, South East France. *Engineering Geology*, 70: 109-130.
22. Menéndez, D.R., E. Wozniak, C. Recondo, C. Cabo, J. Marquínez and S. Fernández. 2008. Estimation of surface roughness and stone cover in burnt soils using SAR images. *Catena*, 74: 264-272.
23. Piccarreta, M., H. Faulkner, M. Bentivenga and D. Capolongo. 2006. The influence of physico-chemical material properties on erosion processes in the badlands of Basilicata, Southern Italy. *Geomorphology*, 81: 235-251.
24. Poesen, J., D. Torri and K. Bunte. 1993. Effect of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales review, supplement, *Catena*, Lawrence, Kans.
25. Price, K., C.R. Jackson and A.J. Parker. 2010. Variation of surficial soil hydraulic properties across land uses in the southern Blue Ridge Mountains, North Carolina, USA. *Journal of Hydrology*, 383: 256-268.
26. Refahi, H.Gh. 2000. Water erosion and conservation. Tehran University Press, 551 pages (in Persian).
27. Romero Díaz, A., P.M. Sanleandro, A.S. Soriano, F.B. Serrato and H. Faulkner. 2007. The causes of piping in a set of abandoned agricultural terraces in southeast Spain. *Catena*, 69: 282-293.
28. Roswell, C.G. 2002. Potential sources of sediments and nutrients: sheet and rill erosion and phosphorous sources, state of the environmental, technical paper series, Australia.
29. Rouhipour, H., P. Javadi and A. Mahboubi. 2005. Effect of stone cover on erosion and sediment of two soil samples using rain simulator. 3rd National Conference of Erosion and Sediment (in Persian).
30. Wakindiki, I.I.C. and M. Ben-hur. 2002. Soil mineralogy and texture effects on crust micromorphology, infiltration and erosion. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 597-605.
31. Wang, L., M. Yan, Q. Zhang and J. Zhikaun. 2012. Effects of vegetation restoration on soil physical properties in the wind-water erosion region of the northern loess Plateau of China. *Soil, Air and Water*, 40(1): 7-15.

32. Wang, Y.Q. and M.A. Shao. 2011. Spatial variability of soil physical properties in a region of the loess plateau of PR CHINA subject to wind and water erosion. *Land Degradation and Development Journal*, Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ldr.1128.
33. Williams, J., R.E. Prebble, W.T. Williams and C.T. Hignett. 1983. The influence of texture, structure and clay mineralogy on soil moisture characteristics. *Australian Journal of Soil Research*, 21: 15-32.
34. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA, Handbook, 537 pages.

Various erosional forms in marly lands with different physical properties and clay mineral variations in southern Guilan province

Leila Esmaeelnejad^{*1}, Hassan Ramezani² and Javad Seyedmohammadi³

¹PhD Student, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran, ²Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Iran and ³PhD Student, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Iran

Received: 22 May 2013

Accepted: 23 February 2014

Abstract

Marls are the most talented geological formation of erosion and produce large amount of sediments that annihilate fertile soil and deduct the capacity of dams. Erosion in marls depends on external factors such as distribution of rainfall and internal factors which include soil physical and mineralogical properties. Therefore, the objective of this research was to determine erosion variations because of the changes of physical and mineralogical properties of marls in arid regions of Guilan Province (Gilevan region) located in Northern Iran. The concerned soil physical properties of marly lands were percentage of saturation, surface gravels, sands, silts, clays, fine sands, fine clays, and the level of bulk density, mean weight diameter (MWD) of soil aggregates (dry sieve), liquid limit, plastic limit, activity and ratio of fine clay to total clay. In addition, four samples from Marly soils were prepared for X-ray diffraction analysis. Comparing the average of physical factors with different type of erosion by means of Duncan multiple range test showed that the percentage of clays, fine clays, saturation, and the level of MWD, liquid limit and activity showed significant changes ($p < 0.05$) in some types of erosion, whereas other measured parameters had no significant effect on the form and type of erosion. Furthermore, results of X-ray diffraction showed the presence of smectitic group clay minerals that are dispersive (2:1 clays), in badland and gully areas, while these types of clay minerals were not found in areas with rill and sheet erosion. Hence, with respect to the results of this research, it can be concluded that mineralogical properties such as smectitic clays, as well as some soil physical characteristics such as clay percentage, fine clay and mean weight diameter are the main factors controlling the shape and form of erosion in marly lands of Northern Iran.

Keywords: Annihilate fertile, Badland, Marl, Smectite, Soil properties

* Corresponding author: esmaeelnejad.leila@gmail.com