

بررسی رابطه فرسایش پذیری، اشکال فرسایش و تلفات خاک‌های حاصل از سه نوع مارن در آذربایجان غربی

رضا سکوتی اسکوتی*^۱، حمیدرضا پیروان^۲، داود نیک‌کامی^۳ و محمدحسین مهدیان^۴
^۱ دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، ^۲ دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ^۳ استاد، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و ^۴ استاد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۲۵

چکیده

با توجه به این که اراضی مارنی در محدوده حوزه‌های آبخیز بخش شمالی استان آذربایجان غربی گسترش زیادی داشته و فرسایش خاک در این اراضی زیاد است، در این پژوهش فرسایش‌پذیری و اشکال فرسایشی خاک‌های حاصل از مارن‌ها و رابطه آن‌ها با تلفات خاک در این اراضی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور ابتدا مناطق پراکنده مارن‌ها در استان بررسی و با توجه به شرایطی مانند ضخامت و برونزدهای مارنی، تناوب میان لایه‌های مارنی و اشکال فرسایشی مشهود در آن‌ها، مارن‌های حساس به فرسایش در مناطق شمالی استان شناسایی شدند. در ۱۵ نقطه و با سه تکرار از خاک سطحی این اراضی نمونه‌برداری شد. شاخص‌های فرسایش‌پذیری این خاک‌ها شامل نسبت رس و شاخص فرسایش‌پذیری k_f در فرمول جهانی فرسایش تعیین شد. با استفاده از باران‌ساز قابل حمل، میزان تولید رواناب و رسوب نیز در مناطق انتخابی به‌دست آمد. شدت و اشکال فرسایش با استفاده از روش BLM تعیین و ارتباط بین فرسایش‌پذیری خاک‌های مارنی با شکل، نوع فرسایش و رسوب‌دهی از طریق ماتریس همبستگی بررسی و گروه‌های همگن از نظر تولید رسوب و حساسیت به فرسایش با استفاده از آزمون دانکن تعیین شدند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد، با وجود آن که به‌طور کلی وضعیت فرسایش سطحی به روش BLM در طبقه متوسط قرار می‌گیرد، در مناطق قره‌تپه و قره‌آغاج فرسایش آبکندی امتیاز بیشتری به‌خود اختصاص داده و فرسایش شیاری در کلیه نقاط امتیازات بالایی داشته است. حجم رواناب سطحی کمینه ۲۵۵ در منطقه شعبانلو و بیشینه ۵۷۷ سانتی‌متر مکعب در منطقه قره‌تپه به‌دست آمد. ضریب رواناب بین ۰/۲۳ تا بیشینه ۰/۵۳ محاسبه شد. کمینه گل‌آلودگی تولید شده برابر ۱۰ گرم در لیتر در قره‌تپه و بیشینه آن برابر ۱۸۰ گرم در لیتر در قره‌آغاج اندازه‌گیری شد. همچنین، مشخص شد که شاخص نسبت رس در ظهور فرسایش به شکل آبکندی و حجم رواناب در فرسایش سطحی و شیاری نقش تعیین‌کننده (با اطمینان ۹۵ درصد) داشته است.

واژه‌های کلیدی: رسوب، روش BLM، رواناب، شاخص فرسایش‌پذیری، نسبت رس

مقدمه

منابع تولید کننده رسوب به شمار می‌آیند (Bouma و Imeson، ۲۰۰۰ و Jafari Ardekani، ۲۰۰۲). مارن مخلوطی از رس و کربنات کلسیم است که میزان

سازندهای مارنی در حوزه‌های آبخیز حساسیت بالایی نسبت به فرسایش داشته و یکی از مهمترین

عرصه‌های مارنی است. Esteaves (۲۰۰۵) در حوضه Draix فرانسه خصوصیات هیدرولیکی آبکندهای ایجاد شده در مارن را مورد مطالعه قرار داده و نتیجه‌گیری کرد که مقدار ضریب هدایت هیدرولیکی در مارن‌ها بسیار کم است و به‌خصوص زمانی که این خاک‌ها به حالت اشباع می‌رسند، بسیار ناچیز می‌باشد که علت این امر را در ساختمان و نوع کانی‌های رسی موجود در این مارن عنوان نمود.

با توجه به این‌که خاک‌های حاصل از سازندهای مارنی از نظر فرسایش‌پذیری متفاوت می‌باشند و این عوامل می‌توانند بر شدت و شکل فرسایش تاثیر داشته باشند، در این تحقیق سعی شده است، حساسیت به فرسایش و توان تولید رسوب حاصل از مارن‌های میوسن و نئوژن مناطق شمالی استان آذربایجان غربی با اندازه‌گیری مستقیم رواناب و رسوبدهی به کمک باران‌ساز قابل حمل، مقدار فرسایش با روش دفتر مدیریت اراضی آمریکا (BLM) و حساسیت به فرسایش با کمک شاخص‌های فرسایش‌پذیری و نسبت رس تعیین شود. این بررسی برای اولین بار در این مناطق انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد پژوهش: منطقه مورد مطالعه بخش شمالی استان آذربایجان غربی است که در موقعیت جغرافیایی $38^{\circ} 58'$ تا $39^{\circ} 47'$ عرض شمالی و $44^{\circ} 14'$ تا $47^{\circ} 16'$ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). بیشتر مساحت آن کوهستانی و در محدوده ارتفاعی ۸۰۰ تا ۴۰۰۰ متر از سطح دریای آزاد قرار دارد.

روش پژوهش: محدوده اراضی مارنی استان به تفکیک نوع سنگ‌شناسی آن‌ها با استفاده از نقشه رقومی زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ شناسایی شد. پس از نمونه‌برداری از خاک سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متر)، آزمایشات شامل تعیین درصد شن، سیلت، رس، شن خیلی ریز، ماده آلی، ساختمان و نفوذپذیری خاک به روش‌های مرسوم موسسه تحقیقات خاک و آب ایران (National Soil Survey Handbook, ۲۰۰۶) انجام شد. این آزمایشات در ۱۵ نقطه و در سه تکرار، جمعا تعداد ۴۵ آزمایش بر اساس اشکال

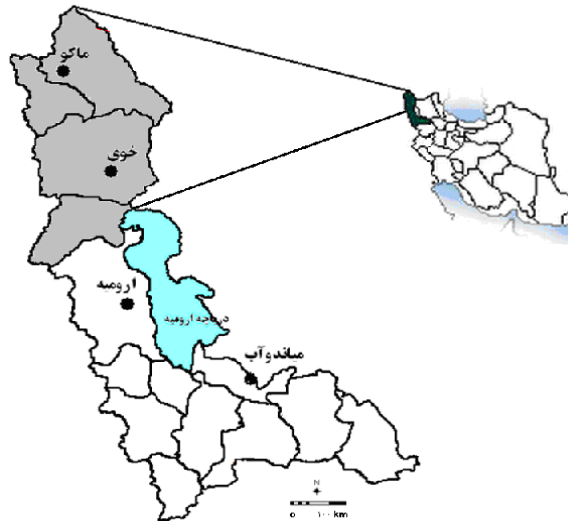
کربنات آن بین ۳۵ تا ۶۵ درصد بوده و از طریق فرسایش دیگر سنگ‌ها در طول فرایند هوادیدگی به‌وجود می‌آید که در عین حال حاوی مقادیر نسبتا زیاد سیلت است (Feiznia و همکاران، ۲۰۰۷). با ادامه فرسایش ذرات ریز روی هم نهشته‌گذاری و متراکم می‌شوند، به‌طوری که سنگ جدیدی به‌وجود می‌آید که نوع آن به مواد فرسایش یافته سنگ‌های قبلی وابسته است. در آمریکای شمالی واژه مارن عموما برای تشریح رسوبات دریایی به‌کار می‌رود (Russell و Kelts, ۲۰۰۳).

یکی از عوامل مهارکننده رفتارهای محیطی مارن‌ها خصوصیات شیمیایی آن‌ها است (Abdinejad و همکاران، ۲۰۱۱). با توجه به گسترش فراوان سنگ‌های مارنی در بسیاری از کشورها بررسی خصوصیات این نوع سازندها ضروری می‌باشد (Hooshmad و همکاران، ۲۰۱۲). Feiznia و همکاران (۲۰۰۳) مقاومت سازندهای مختلف به فرسایش را در دو اقلیم نیمه‌مرطوب تا مرطوب و نیمه‌خشک تا خشک تعیین کردند. بر این اساس سازندهای قرمز بالایی و زیرین بیشترین حساسیت را به فرسایش نشان می‌دهند. ظهور اشکال مختلف فرسایش یکی از خصوصیات بارز در عرصه‌های مارنی است (Ismailnejad و همکاران، ۲۰۰۷). Gadimi Aroose و Mahaleh و همکاران (۱۹۹۹) درصد رس و درصد شن را به‌عنوان برخی پارامترهای موثر در تعیین حساسیت به فرسایش خاک‌های حاصل از مارن‌ها به‌دست آورده است. Thomas و همکاران (۲۰۰۴)، گزارش نموده‌اند که مارن‌ها در نواحی خشک به‌عنوان مناطق با فرسایش‌پذیری زیاد، منشا تولید رسوبات به حساب می‌آیند. بررسی‌های Cerda (۲۰۰۲) که با استفاده از باران‌ساز قابل حمل و استوانه مضاعف انجام شد، نشان داد که آب‌ماندگی و تولید رواناب در مارن‌هایی که دارای نفوذپذیری کم و ضریب رواناب زیادی می‌باشد، زودتر اتفاق می‌افتد. در خاک‌های رسی و ماسه‌ای شروع رواناب به تاخیر افتاده و مقدار فرسایش و تولید رسوب نیز در آن‌ها کمتر است.

Thomas و همکاران (۲۰۰۴) بر اساس تحقیقات خود اظهار می‌دارند که اشکال مختلف فرسایش به‌ویژه فرسایش هزار دره‌ای یکی از خصوصیات بارز در

فرمول جهانی فرسایش (Smith و Wischmeier، ۱۹۷۸) و نسبت رس ($\frac{\%sand + \%silt}{\%clay}$) محاسبه شد (Islami و همکاران، ۲۰۰۷).

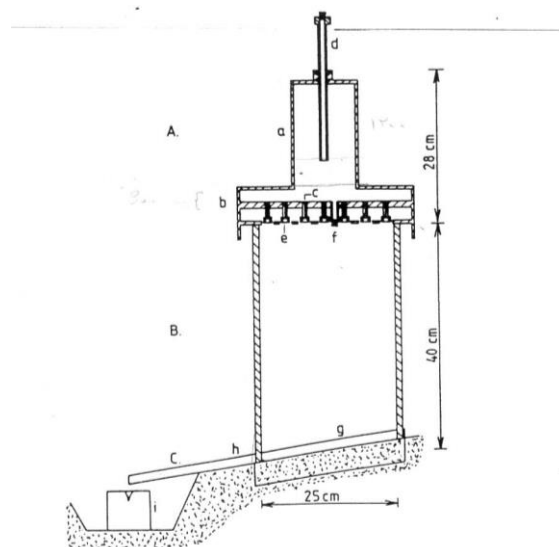
فرسایشی شیاری، آب‌کندی و سطحی انجام گرفت. امتیازات مدل BLM نیز در هر یک از دامنه‌های مارنی انتخابی، محاسبه و طبقه فرسایش با روش PSIAC تعیین شد. سپس شاخص‌های فرسایش‌پذیری K در



شکل ۱- موقعیت محل اجرای طرح

سانتی‌متر در داخل خاک فرو می‌رود. قسمت پایین بدنه طوری برش خورده که در صورت نصب قائم، شیب دستگاه شبیه‌ساز باران ۲۰ درصد می‌شود. این شبیه‌ساز ۱۸ میلی‌متر آب را به مدت سه دقیقه بر روی پلات آزمایش می‌ریزد. شدت بارش به وسیله این دستگاه شش میلی‌متر در دقیقه می‌باشد (Islami و همکاران، ۲۰۰۷).

عوامل رواناب سطحی، رسوب و گل‌آلودگی نیز با استفاده از باران‌ساز اندازه‌گیری شد. شبیه‌ساز باران مورد استفاده در این تحقیق سبک و قابل حمل بوده و از سه قسمت کلی پاشنده باران، بدنه و قالب فلزی تشکیل شده است (شکل ۲). مخزن دستگاه با ظرفیت ۱/۲ لیتر با ۴۹ منفذ ساخته شده است. دارای ابعاد ۲۵×۲۵ سانتی‌متر بوده و صفحه فلزی آن تا پنج



- A: پاشنده
- B: بدنه
- C: قالب فلزی
- a: مخزن آب
- b: قسمت مسطح و گسترش یافته مخزن
- c, e, f: منافذ خروج آب، نازل‌ها
- c, e, g, h: بخش‌های متوالی صفحه فلزی حاوی خاک و هدایت رواناب
- v: مخزن جمع‌آوری رسوب و رواناب
- d: لوله متحرک بالایی برای تنظیم شدت بارش به وسیله نازل‌ها

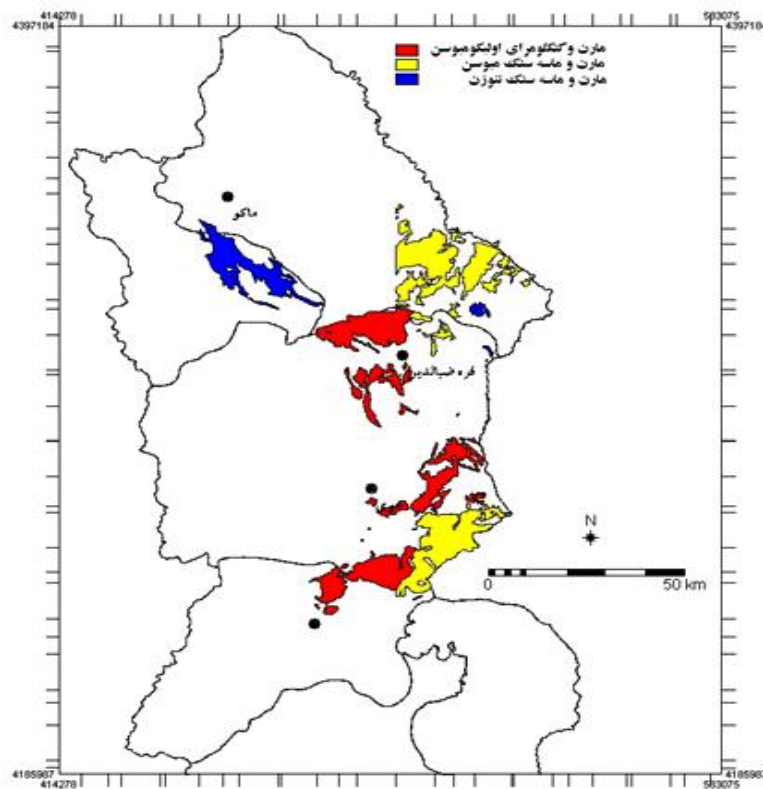
شکل ۲- مقطع عمودی شبیه‌ساز باران مورد استفاده در پژوهش

تا خاکستری موسوم به سازند قرمز بالایی در منطقه وجود دارند. بررسی تجزیه‌های خاک نشان می‌دهد که اراضی مارنی دارای خاک‌های با بافت خاک عموماً لوم رسی سیلت‌دار است که حاوی مقادیر نسبتاً زیاد سیلت است. این در حالی است که مقدار رس نمونه‌ها نیز زیاد بوده و توانسته است به خاک چسبندگی بدهد (کمینه ۱۹ تا ۴۱ درصد با میانگین ۳۳ درصد) مقدار آهک خاک بین کمینه سه تا بیشینه ۲۳ درصد و کمینه شوری اندازه‌گیری شده ۰/۳ و بیشینه آن ۴/۳ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب در چوپانلو و شعبانلو و قره‌تپه می‌باشد. در شکل ۳ محدوده گسترش انواع مارن‌های مورد پژوهش و در جدول ۱ برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های اراضی مارنی ارائه شده است.

با ایجاد ماتریس همبستگی بین داده‌های اندازه‌گیری شده، روابط بین شاخص‌های فرسایش‌پذیری، نسبت رس، شدت و اشکال فرسایش، رواناب و رسوبدهی خاک‌های حاصل از سازندهای مارنی و اثر هر یک از آن‌ها بر هم، بررسی شد. سپس با روش دانکن و بر اساس شاخص فرسایش‌پذیری و نسبت رس خاک‌های مارنی متمایز شد.

نتایج و بحث

نتایج بررسی‌های میدانی نشان داد، سه نوع مارن‌های اولیگومیوسن شامل سنگ‌های کنگلومرا، ماسه‌سنگ، مارن و شیل، مارن‌های نئوژن با سنگ‌های ماسه‌سنگ قرمز با میان لایه‌های مارن قرمز و کنگلومرا، و تناوب ماسه‌سنگ با مارن‌های قرمز



شکل ۳- محدوده مارن‌های مورد پژوهش به تفکیک نوع سنگ‌شناسی

می‌گیرد. در مناطق قره‌تپه و قره‌آجاج فرسایش خندقی دارای امتیاز بیشتری است، در حالی که فرسایش سطحی در مناطق قره‌آجاج و شعبانلو ۲ امتیاز بیشتری دارد. فرسایش شیاری در کلیه نقاط امتیازات بالایی دارد. بر اساس جدول ۲ تمام اشکال فرسایشی با شدت

فرسایش: میزان فرسایش بر اساس فرم‌های BLM طی بررسی‌های میدانی، تکمیل و برآورد شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهند که امتیازات به‌دست آمده بین ۳۱ تا ۵۴ نوسان داشته و وضعیت فرسایش در طبقه متوسط قرار

و ضعف مختلف در اراضی انتخابی مشهود است. شکل غالب فرسایش در مارن‌های اولیگومیوسن، فرسایش سطحی با شدت متوسط، فرسایش شیاری بیشتر به شکل خطی و با شدت عموماً زیاد و فرسایش خندقی غالباً به شکل پنجه‌ای مشاهده می‌شود (شکل ۴). شیاری و در مارن‌های متعلق به سازند قرمز بالایی، آبکندی می‌باشد. در مارن‌های نئوژن تمامی اشکال فرسایشی دیده می‌شود.

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک‌های اراضی مارنی مورد پژوهش

منطقه	لیتولوژی	شکل فرسایش	بافت	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	کربن آلی (%)	SAR	اسیدیته	شوری Ec×10	آهک (%)
چوپانلو ۱	MS3	سطحی	لوم رسی	۲۵	۴۰	۳۵	۰/۳۹	۱/۰	۷/۶	۲/۶	۱۴
چوپانلو ۲	MS3	شیاری	لوم رسی	۲۵	۴۲	۳۳	۰/۱۹	۰/۷	۷/۵	۲/۸	۱۵
چوپانلو ۳	MS3	خندقی	لوم رسی	۲۴	۴۱	۳۵	۰/۵۸	۰/۴	۸/۱	۲/۴	۱۵/۵
قره‌تپه ۴	OMS	سطحی	لوم رسی سیلتی	۸	۵۶	۳۶	۰/۷	۰/۶	۸/۱	۰/۶۱	۳
قره‌تپه ۵	OMS	شیاری	لوم رسی سیلتی	۱۱	۴۹	۴۰	۰/۳۹	۰/۷	۸	۰/۳۴	۱۳
قره‌تپه ۶	OMS	خندقی	لوم رسی سیلتی	۹	۵۰	۴۱	۰/۸۷	۰/۸	۸/۴	۰/۳۷	۴
شعبانلو ۷	OMS	سطحی	لوم رسی سیلتی	۱۲	۴۸	۴۰	۰/۷۸	۰/۵	۷/۷	۱/۲	۱۱
شعبانلو ۸	OMS	شیاری	لوم رسی سیلتی	۹	۵۲	۳۹	۰/۳۹	۰/۸	۷/۵	۳	۱۲
شعبانلو ۹	OMS	خندقی	لوم رسی سیلتی	۹	۵۲	۳۹	۰/۷	۰/۹	۷/۵	۴	۱۶
قره‌آغاج ۱۱	OMS	سطحی	لوم رسی سیلتی	۱۵	۶۵	۲۵	۰/۴۸	۱/۸	۸/۲	۰/۸۷	۸
قره‌آغاج ۱۲	OMS	شیاری	لوم رسی سیلتی	۹	۶۳	۲۸	۰/۷۸	۰/۸	۸/۲	۰/۵۵	۱۸
قره‌آغاج ۱۳	OMS	خندقی	لوم رسی سیلتی	۱۲	۶۹	۱۹	۰/۸	۰/۵	۷/۹	۱/۴۱	۹/۵
قره‌آغاج ۱۳	M	سطحی	لوم رسی سیلتی	۱۱	۶۰	۲۹	۰	۳/۲	۸/۲	۰/۶۳	۱۵
قره‌آغاج ۱۴	M	شیاری	لوم رسی سیلتی	۱۶	۵۹	۲۵	۰/۵۸	۰/۶	۸/۵	۱/۲	۱۵
قره‌آغاج ۱۵	M	خندقی	لوم رسی سیلتی	۹	۶۱	۳۰	۰/۲	۱/۰	۸/۳	۱/۳	۱۳

جدول ۲- امتیازبندی ارزیابی فرسایش به روش BLM

موقعیت اراضی	لیتولوژی	شکل فرسایش غالب	امتیاز عامل خاک					حرکت خاک	لاشبرگ سطحی	وضعیت فرسایش
			سنگ‌فرش	موانع فرسایشی	شیار	الگوی جریان	گالی			
چوپانلو	MS3*	شیاری	۹	۱۰	۱۳	۱۲	۳	۵۲	متوسط	
قره‌تپه	OMS**	خندقی	۶	۳	۱۱	۴	۷	۳۹	کم	
شعبانلو ۱	OMS**	شیاری	۳	۳	۱۳	۴	۳	۳۱	کم	
شعبانلو ۲	OMS**	سطحی	۵	۵	۱۰	۴	۳	۴۱	متوسط	
قره‌آغاج	M***	خندقی	۵	۳	۱۴	۱۱	۷	۵۴	متوسط	

MS3* مارن‌های اولیگومیوسن، شامل سنگ‌های کنگلومرا، ماسه‌سنگ، مارن و شیل، OMS** مارن‌های نئوژن با سنگ‌های ماسه‌سنگ قرمز با میان لایه‌های مارن قرمز و کنگلومرا و M*** تناوب ماسه‌سنگ با مارن‌های قرمز تا خاکستری موسوم به سازند قرمز بالایی



شکل ۴- انواع اشکال فرسایش در منطقه شعبانلو با لیتولوژی مارن‌های نئوژن با سنگ‌های ماسه‌سنگ قرمز با میان لایه‌های مارن قرمز و کنگلومرا

یک از تیمارها و تکرارها ارائه شده است. حجم رواناب سطحی ایجاد شده در اثر کاربرد باران‌ساز بین کمینه ۲۵۵ سانتی‌متر مکعب در منطقه شعبانلو تا بیشینه ۵۷۷ سانتی‌متر مکعب در منطقه قره‌تپه اندازه‌گیری شده است. ضریب رواناب به‌دست آمده حاصل تفاضل حجم آب مخزن باران‌ساز و رواناب سطحی ایجاد شده بین ۰/۲۳ تا ۰/۵۳ در همان مناطق به‌دست آمد. میانگین مقادیر این عوامل (تعداد ۱۵ نمونه) به تفکیک نقاط نمونه‌برداری در جدول ۲ ارائه شده است. کمینه گل‌آلودگی تولید شده برابر ۱۰ گرم در لیتر (سه گرم) در قره‌تپه و بیشینه آن برابر ۱۸۰ گرم در لیتر (۸۴ گرم) در قره‌آغاج به‌دست آمد (جدول ۴).

محاسبه عوامل مربوط به تلفات خاک: در جدول ۳ مقادیر حجم رواناب، رسوب و ضریب رواناب در هر

جدول ۳- نتایج آزمایشات باران‌ساز در هر یک از تیمارها و تکرارها

وزن مخصوص ظاهری (gr.cm^{-3})	گل‌آلودگی (gr.l^{-1})	رسوب (gr)	حجم رواناب (cm^3)	ضریب رواناب	شیب (%)	شکل فرسایش	لیتولوژی	
۱/۲۵	۰/۰۵	۲۷/۱۱	۵۰۵	۰/۴۶	۲۱	سطحی	MS3	چوپانلو ۱
۱/۱۲	۰/۱۲	۶۰/۹۲	۵۰۳	۰/۴۸	۴۷	شیاری	MS3	چوپانلو ۲
۱/۱۲	۰/۱۱	۶۰/۱۳	۵۴۱/۷	۰/۵	۷	خندقی	MS3	چوپانلو ۳
۱/۳۸	۰/۰۱	۳/۳	۵۷۷	۰/۵۳	۲۴	سطحی	OMS	قره‌تپه ۴
۱/۳۷	۰/۰۲	۶/۹	۴۵۳	۰/۴۱	۴۵	شیاری	OMS	قره‌تپه ۵
۱/۵۵	۰/۰۱	۲/۹۷	۵۴۳	۰/۵	۱۷	خندقی	OMS	قره‌تپه ۶
۱/۰۸	۰/۱۲	۵۰/۲	۴۱۷	۰/۴۳	۱۷	سطحی	OMS	شعبانلو ۷
۰/۹۳	۰/۰۵	۲۴/۸	۴۸۳	۰/۴۴	۲۴	شیاری	OMS	شعبانلو ۸
۱/۲۱	۰/۱۴	۳۴/۹	۲۵۵	۰/۲۳	۱۸	خندقی	OMS	شعبانلو ۹
۱/۵۶	۰/۰۲	۸/۹۷	۴۶۰	۰/۵۱	۲۳	سطحی	OMS	قره‌آغاج ۱۰
۱/۳۸	۰/۰۴	۱۵/۶۷	۳۷۶/۷	۰/۳۸	۵۸	شیاری	OMS	قره‌آغاج ۱۱
۱/۲۵	۰/۰۴	۲۰/۷۳	۵۱۰	۰/۴۸	۱۶	خندقی	OMS	قره‌آغاج ۱۲
۱/۲۶	۰/۰۷	۲۱/۴۱	۳۲۵	۰/۴۸	۲۱	سطحی	M	قره‌آغاج ۱۳
۱/۲۶	۰/۰۸	۳۷/۶۱	۴۹۰	۰/۲۹	۴۲	شیاری	M	قره‌آغاج ۱۴
۱/۱۱	۰/۱۸	۸۴/۲۳	۴۶۵	۰/۴۴	۵	خندقی	M	قره‌آغاج ۱۵

MS3 مارن‌های اولیگومیوسن شامل سنگ‌های کنگلومرا، ماسه سنگ، مارن و شیل، OMS مارن‌های نئوژن با سنگ‌های ماسه‌سنگ قرمز با میان لایه‌های مارن قرمز و کنگلومرا و M تناوب ماسه‌سنگ با مارن‌های قرمز تا خاکستری می‌باشد.

قره‌تپه و چوپانلو می‌باشد. متوسط نسبت رس خاک‌ها برابر ۱۵/۴ به‌دست آمد.

• شاخص فرسایش‌پذیری ویشمایر بر اساس عوامل سیلت به اضافه شن خیلی‌ریز، ماده آلی، درصد شن، ساختمان و نفوذپذیری خاک و با استفاده از

محاسبه شاخص‌های فرسایش‌پذیری

• نسبت رس حاصل تقسیم مجموع درصدهای سیلت و شن به درصد رس در کلاس بافت خاک است. مقدار این نسبت بر اساس درصدهای اجزای بافت خاک کمینه ۹/۶ تا بیشینه ۲۶/۳ به‌ترتیب در مناطق

همچنین، رابطه اشکال فرسایش سطحی و شیاری با ضریب رواناب معنی‌دار است. این رابطه بین فرسایش سطحی و خندقی، شیاری و خندقی در عوامل مورد بررسی معنی‌دار نمی‌باشد.

نتایج همبستگی همچنین، نشان داد که بین نسبت رس و اشکال فرسایش رابطه معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. بین عامل فرسایش پذیری K و اشکال فرسایشی رابطه‌ای به دست نیامد. این موضوع احتمالاً به ماهیت کاربردی این باران‌ساز می‌تواند مربوط باشد که اصولاً برای اندازه فرسایش پاشمانی و سطحی طراحی شده است، ولی در عین حال می‌تواند در محاسبات تولید رواناب و رسوب مورد استفاده قرار گیرد.

نموگراف مربوطه به دست می‌آید. با توجه به نتایج تجزیه‌های خاک در مورد تعیین این عوامل، مقدار شاخص محاسبه شده بین کمینه ۰/۳۳ تا ۰/۵۴ متغیر است. این مقادیر به ترتیب در مناطق چوپانلو، قره‌آغاج و شعبانلو اندازه‌گیری شده است.

بررسی رابطه بین شاخص‌های فرسایش پذیری k و نسبت رس با اشکال فرسایشی: نتایج به دست آمده از ماتریس همبستگی نشان می‌دهد که رابطه بین شاخص فرسایش‌دگی K با سیلت و رس، و نسبت رس با شن و سیلت، در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. از طرف دیگر مشخص شد، بین عوامل شن، سیلت، حجم رواناب و نسبت رس با اشکال فرسایشی رابطه معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۴- مقادیر میانگین ضریب و حجم رواناب و تولید رسوب حاصل از باران‌ساز در نقاط مورد پژوهش

منطقه	لیتولوژی	حجم رواناب (cm ³)	ضریب رواناب	گل آلودگی (gr.l ⁻¹)	رسوب (gr)
چوپانلو	MS3	۵۱۶/۵۷	۰/۴۸	۰/۰۹	۴۹/۳۹
قره‌تپه	OMS	۵۲۴/۳۳	۰/۴۸	۰/۰۱	۴/۳۹
شعبانلو ۱	OMS	۳۸۵/۰۰	۰/۳۷	۰/۱۰	۳۶/۶۳
شعبانلو ۲	OMS	۴۴۸/۹۰	۰/۴۶	۰/۰۳	۱۵/۱۲
قره‌آغاج	M	۴۲۶/۶۷	۰/۴۰	۰/۱۱	۴۷/۷۵

جدول ۵- مقادیر وضعیت و شدت فرسایش به روش پسیاک اصلاح شده و شاخص‌های فرسایش پذیری خاک‌های مورد بررسی

موقعیت اراضی	شکل فرسایش غالب	شاخص		وضعیت فرسایش	شدت فرسایش (ton.ha ⁻¹ .y ⁻¹)	رسوب حاصل از باران‌ساز (gr)
		نسبت رس	فرسایش پذیری			
چوپانلو	شیاری	۱۴/۸۳	۰/۵۰	متوسط	۱۳/۵	۴۹/۳۹
قره‌تپه	خندقی	۲۵/۸۶	۰/۳۳	کم	۱۰/۱	۴/۳۹
شعبانلو ۱	شیاری	۱۲/۲۳	۰/۳۳	کم	۸/۱	۱۵/۱۲
شعبانلو ۲	سطحی	۱۰/۷۳	۰/۳۶	متوسط	۱۰/۷	۳۶/۶۳
قره‌آغاج	خندقی	۱۴/۱۵	۰/۴۶	متوسط	۱۴	۴۷/۷۵

تلفات خاک رابطه معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ وجود دارد و این عوامل بر آن تاثیرگذار می‌باشند. با توجه به جدول ۳ بین حجم رواناب با نسبت رس با ضریب همبستگی ۰/۹۷ و خطای استاندارد ۰/۰۲۸، رابطه معنی‌داری وجود دارد (رابطه ۱).

بررسی رابطه بین شاخص‌های فرسایش پذیری، نسبت رس و تلفات خاک: مقایسه نتایج ارزیابی میزان تلفات خاک به روش BLM (جدول ۲) با شاخص‌های فرسایش پذیری K و نسبت رس نشان داد که بین درصد رس و شاخص فرسایش پذیری k با

گروه دوم و سوم مقادیر امتیاز تا ۵۰ و بیش از ۵۴ را شامل می‌شود که به ترتیب به خاک‌های مارنی اولیگومیوسن و سازند قرمز بالایی تعلق دارد (جدول ۳).

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، امتیاز فرسایش خاک به موازات شاخص فرسایش‌پذیری (مندرج در ستون‌های ۱، ۲ و ۳ جدول ۶) به‌طور محسوسی افزایش یافته است.

$$Wv = 0.609(CR) \quad (1)$$

که در آن، Wv حجم رواناب و CR نسبت رس می‌باشد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده مارن‌ها را می‌توان بر حسب شاخص فرسایش‌پذیری در سه گروه که دارای اختلاف معنی‌داری هستند، طبقه‌بندی نمود. گروه اول شامل مقادیر امتیاز فرسایش به روش BLM تا ۴۱ بوده و منصوب به خاک‌های مارنی نئوژن می‌باشد.

جدول ۶- طبقه‌بندی گروه‌های همگن شاخص k به روش دانکن

گروه‌های همگن خاک‌های مارنی			امتیاز فرسایش به روش BLM	نام محل
بر حسب شاخص k				
۳	۲	۱		
		۰/۳۳	۲۸/۰۰	شعبانلو ۱
		۰/۳۴	۳۹/۰۰	قره‌تپه
		۰/۳۵	۴۱/۰۰	شعبانلو ۲
	۰/۴۶		۵۰/۰۰	چوپانلو
۰/۵۵			۵۴/۰۰	قره‌آغاج
۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۷۳	سطح معنی‌دار بودن	

گروه دوم مقادیر امتیاز بیشتر از این را شامل می‌شود. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده افزایش محسوس امتیاز فرسایش خاک به موازات شاخص نسبت رس است (مندرج در ستون‌های ۱ و ۲ جدول ۷).

به همین ترتیب داده‌های مربوط به فرسایش را می‌توان بر حسب شاخص نسبت رس در دو گروه اصلی طبقه‌بندی نمود (جدول ۴). گروه اول شامل مقادیر امتیاز فرسایش به روش BLM تا ۵۰ بوده و

جدول ۷- طبقه‌بندی گروه‌های همگن نسبت رس به روش دانکن

گروه‌های همگن خاک‌های مارنی		امتیاز فرسایش به روش BLM	نام محل
بر حسب نسبت رس			
۲	۱		
	۰/۱۱	۲۸/۰۰	شعبانلو ۱
	۰/۱۲	۳۹/۰۰	قره‌تپه
	۰/۱۴	۴۱/۰۰	شعبانلو ۲
	۰/۱۵	۵۰/۰۰	چوپانلو
۰/۲۶		۵۴/۰۰	قره‌آغاج
۱/۰۰۰	۰/۳۵۶	سطح معنی‌دار بودن	

Cerda (۲۰۰۲) درباره حساسیت مارن‌ها به فرسایش، تغییرات اشکال فرسایشی و شدت رواناب از عرصه‌های مارنی مطابقت دارد.

ضریب رواناب به‌دست آمده در این تحقیق (تا ۰/۵۳) نشان می‌دهد که اراضی مورد بررسی توان تولید رواناب زیادی دارند. این نتایج با بررسی‌های

نتیجه‌گیری

در این تحقیق توان تولید رسوب اراضی مارنی به‌طور متوسط برابر ۴/۹۶ تن در هکتار برای یک رگیارش با مشخصات باران‌ساز مورد استفاده به‌دست آمد که با نتایج حاصل از بررسی‌های Feiznia و همکاران (۲۰۰۳)، Ismailinejad و همکاران (۲۰۰۷) و

خاک‌های حاصل از مارن‌ها به دست آورده، ولی به فرسایش پذیری این خاک‌ها بر اساس نسبت رس توجهی نداشته است. همچنین، در تحقیق حاضر خاک‌های مارنی در رابطه با نوع سازند زمین‌شناسی و فرسایش پذیری مورد بررسی قرار گرفتند که در تحقیقات قبلی مطالعه نشده بودند. خاک‌های مارنی متعلق به سازند قرمز بالایی فرسایش پذیری بیشتری داشته و خاک‌های مارنی حاصل از سازندهای اولیگومیوسن و نئوژن در مراتب بعدی فرسایش پذیری قرار گرفتند.

Cerda (۲۰۰۲) و Hassanzadeh و همکاران (۲۰۰۸) در مورد تولید رواناب در خاک‌های مارنی همخوانی دارد.

همچنین، در این تحقیق مقادیر شاخص‌های فرسایش پذیری ویشمایر ۰/۳۳ تا ۰/۵۴ و نسبت رس ۰/۰۹ تا ۰/۲۶ نوسان داشته و نشان می‌دهند که فرسایش پذیری ذاتی نمونه‌های خاک این مارن‌ها در حد متوسط به بالا می‌باشد. Smaeilzadeh (۲۰۰۲) هم درصد رس و درصد شن را به عنوان برخی پارامترهای موثر در تعیین حساسیت به فرسایش

منابع مورد استفاده

1. Abdinejad, P., S. Feiznia and H.R. Peyrowan. 2011. Study of characterization, mechanical erodible marl formations Zanjan. Final Report of Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, 92 pages (in Persian).
2. Bouma, N.A. and A.C. Imeson. 2000. Investigation of relation ships between measured field indicators and erosion processes on badland surfaces at peter, Spain. *Catena*, 40: 147-171.
3. Cerda, A. 2002. The effect of season and parent material on water erosion on highly eroded soils in eastern Spain. *Journal of Arid Environments*, 52: 319-337.
4. Eesteaves, M. 2005. Soil hydraulic properties in a marly gully catchement (Draix France). *Catena*, 63: 282-298.
5. Feiznia, S., M. Heshmat, H. Ahmadi and J. Ghodousi. 2007. Study marl gully erosion Aghajari formation in Qasr-e Shirin. *Journal of Construction Research*, 74: 40-33 (in Persian).
6. Feiznia, S., F. Sharifi and M. Zare. 2003. Sensibility of geological formation to erosion in the basin of Chandab Varamin. *Journal of Construction Research*, 61: 33-38 (in Persian).
7. Gadimi Aroose Mahaleh, F., A. Pourmatin and J. Ghoddousi. 1999. Investigation the relationship between physical characteristics of erosion forms-chemical, marl. *Research and Development*, 42: 99-95 (in Persian).
8. Hassanzadeh, T., M. Feiznia, H. Ahmadi, H.R. Peyrowan and C. Ghayoumian. 2008. Explore the impact of physical and chemical properties of marl deposition rate using a physical model of Rainfall. *Iranian Journal of Engineering Geology Society*, 1387(1): 35-48 (in Persian).
9. Hooshmad, A., M. Aminfar, E. Asghari and H. Ahmadi. 2012. Mechanical and physical characterization of Tabriz marls. *Geotechnical and Geological Engineering*, 21: 30-39.
10. Islami, M., A. Jafari Ardekani and K. Kamali. 2007. To examine the relationship between measured soil erodibility factor using a rain simulator, Bysal and nomograph Vishmayr. *Watershed Management*, 104 pages (in Persian).
11. Ismailnejad, L., H. Ramazanpour, M. Shabanpour and R. Bakhshipour. 2007. Physical and chemical factors affecting the development of the gully and badlands of southern part of Gilan province. *Proceedings of the Tenth Congress of Soil Science*, Iran. Tehran University, 1213-1215 (in Persian).
12. Jafari Ardekani, A. 2002. Effect of gypsum on different slopes on unstable soils, runoff and erosion marl. *Final Reports of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute*, 85 pages (in Persian).
13. National Soil Survey Handbook. 2006. Soil properties and qualities. Particle Size Part 618 (42-55) United States Department of Agriculture-Natural Resource Conservation Service.
14. Russell, D.J. and K. Kelts. 2003. Classification of lacustrine sediments based on sedimentary components. *Journal of Paleolimnology*, 29: 141-154.

15. Smaeilzadeh, H. 2002. Marl soils and different types of erosion in Iran. 17th World Congress of Soil Science on "Soil Science: Confronting New Realities in the 21st Century". Bangkok, Thailand, 2235: 1-8.
16. Thoms, M., S. Hill, M. Spry, X.Y. Chen, T. Mount and F. Sheldon. 2004. The geomorphology of the Barwon-Darling Basin. The Darling. Murray-Darling Basin Commission, 68-103.
17. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook, 58 Pages.

Investigation on erodibility and soil loss of marly drived soils in west Azerbaijan province, Iran

Reza Sokouti^{*1}, Hamidreza Peyrowan², Davood Nikkami³ and Mohammadhossein Mahdian⁴

¹ Associate Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, West Azerbaijan, Iran, ² Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, ³ Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran and ⁴ Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran

Received: 16 August 2013

Accepted: 09 February 2014

Abstract

Considering to high distribution of the marly lands in west Azerbaijan province and high sediment yield of such lands, in this research, the relation among the form and the rate of erosion on marls with their erodibility properties were studied. So marly regions of province with the special properties were recognized and soils were sampled. Soil erodibility indices were determined and analyzed by statistical methods considering the form and the rate of erosion. Also portable rain simulator were used to study of the runoff and sediment yield potential of such soils. Finally the factors affected the soil erodibility were determined by variance analysis. Results showed erosion rate could be classified as moderate. Gully erosion had highest number in Gara-agaj and Gara-tape areas whereas rill erosion had high number in all area of marly lands. Surface runoff volume ranged between 255 to 577 cm³ in Shabanlu and surface runoff coefficient 0.23 to 0.53 in Gara-tapeh. Maximum yielded turbidity was 180 gr/lit in Gara-Agaj area. Clay ratio was the effective factor to gully form and Surface runoff volume also was the factor to form surface and rill erosion.

Keywords: BLM, Clay Ratio, Erodibility index, Marl, Runoff, Sediment

* Corresponding author: rezasokouti@gmail.com