



دوره‌ی ۳۳، شماره‌ی ۱، شماره‌ی پیاپی ۱۲۶، بهار ۱۳۹۹، صفحه‌های ۳۸-۲۶  
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/wmej.2018.122109.1123

# پژوهش‌های آبخیزداری

## ارزیابی توان رسوب‌زایی سازندهای آبخیز خانقاه سرخ ارومیه با شبیه‌ساز باران

ظاهر علیزاده

کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه ارومیه

احمد محمودزاده

دانشیار بازنشسته‌ی دانشگاه ارومیه

حبیب نظرنژاد

(نویسنده‌ی مسئول)\* استادیار دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه ارومیه

\*رایانامه‌ی نویسنده مسئول: h.nazarnjad@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۱ خرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: ۰۶ آذر ۱۳۹۷

### چکیده

فرسایش یکی از عمده‌ترین عامل‌های اتلاف آب و خاک است. دلیل اصلی ناموفقیت در مهار کردن فرسایش ممکن است کمبود آگاهی از این پدیده و شناخت آن باشد. ارزش خاک فراوان است و جابه‌جاشدن اجزای تشکیل‌دهنده‌ی آن مشکل‌های بعدی در پی دارد، بنابراین معضل فرسایش باید ریشه‌یابی و مهار شود. لازم است که حساسیت سازندها به فرسایش مشخص کرده شود تا بتوان به‌وسیله‌ی آن فرسایش‌پذیری سازندهای مختلف را مشخص کرد. در این پژوهش توان رسوب‌زایی سازندهای حوزه‌ی خانقاه سرخ ارومیه را با دستگاه شبیه‌ساز باران مدل BSTF بررسی شد. در هر یک از سازندها رسوب خاک در دو شدت بارندگی ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر بر ساعت و در دو شیب ۱۳-۰ و ۲۵-۱۳٪ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان رسوب به‌ترتیب در سازند  $OM^L$  (آهکی ریفی معادل قم) (۱۰۷/۴ گرم) و سازند CM (آمیزه‌ی تکتونیک) (۴ گرم) ایجاد شده است. سازند  $OM^L$  به‌دلیل به‌همراه داشتن لایه‌ی آهک‌رسی که مقاومت متوسط تا ضعیفی در مقابل فرسایش دارد، باعث تولید بیش‌ترین رسوب شده است، و کم‌ترین رسوب در سازند CM است که مقاومت بسیار زیادی در مقابل فرسایش دارد.

واژگان کلیدی: رسوب، سازند زمین‌شناسی، شبیه‌ساز باران، فرسایش

## مقدمه

امروزه، هدررفت خاک و پی‌آمدهای ناشی از آن یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی است (اکوو و همکاران ۲۰۰۹). هدررفت خاک چالشی جهانی است که منابع آب و خاک را تهدید جدی می‌کند (دنگ و همکاران ۲۰۰۸). جلوگیری از هدررفت خاک هدف مهمی در مدیریت کردن منابع طبیعی و حفاظت از آن است (هادسون ۱۹۹۵). جدا شدن ذره‌های خاک با قطره‌های باران و انتقال یافتن ذره‌های جدا شده با روان‌آب، دو مرحله از فرآیند پایه‌ی هدررفت خاک است (کوانسا ۱۹۸۱) و بررسی آن ضروری است. از آن‌جا که اندازه‌گیری میزان روان‌آب و هدررفت خاک در شرایط طبیعی بارندگی زمان‌بر و پرهزینه است (شردان و همکاران ۲۰۰۸)، بهره‌گیری از شبیه‌سازهای باران می‌تواند در حل کردن این دشواری کارگشا باشد، هر چند ممکن است تفاوت‌های مهمی بین ویژگی‌های بارندگی طبیعی و شبیه‌سازی شده مانند توزیع اندازه‌ی قطره، سرعت قطره، سرعت حد و مانند این‌ها باشد (ژنگ و همکاران ۲۰۰۷). برای جلوگیری از فرسایش و هدررفت خاک بارزش، کارهای متعددی همچون قرق مراتع برای تقویت و بهبود پوشش گیاهی، مرتع‌کاری و اصلاح مرتع، و احداث سازه‌های مختلف همچون آب‌بندها، سدهای کوچک و متوسط در آبخیزها به کار گرفته شده‌است. به دلیل محدودیت مالی و لزوم اقتصادی و پیرمربودن کارهای به‌انجام‌رسیده، اجرای عملیات اصلاحی و حفاظتی باید از منطقه‌هایی با بیش‌ترین هدررفت و فرسایش آغاز شود، و برای دستیابی به این نتیجه‌ی مهم، برآورد کردن میزان فرسایش آبخیزها و قسمت‌های مختلف آن الزامی و تعیین‌کننده‌ی نوع، حجم و مکان انجام کارهای مختلف برای حفظ خاک است (نورانی ۲۰۰۵). بنابراین ضرورت ابداع کردن رابطه‌ها و مدل‌های مخصوص و یا دست‌کم تطبیق دادن رابطه‌های موجود برای منطقه‌های حساس به فرسایش در ایران کاملاً احساس می‌شود. مشکل پیش‌روی محققان این است که مجموع شرایط طبیعی تقریباً تکرارنشده‌ی است و چونین تحقیقاتی حتی برای دستیابی به شرایط مشابه با تکرارهای آماری پذیرفتنی نیازمند صرف کردن زمان طولانی مثلاً چندین سال است. دستگاه باران‌ساز مصنوعی یا شبیه‌ساز باران ابزار کارآمدی است که در راه حل این مشکل به خدمت محققان درآمده است و می‌تواند باران‌هایی با خصوصیت‌های دل‌خواه و با تکرار کافی تولید کند. در این تحقیق با ایجاد کردن باران مصنوعی با دستگاه شبیه‌ساز، توان رسوب‌زایی سازندهای مختلف آبخیز خانقاه سرخ ارومیه اندازه‌گیری و ارزیابی کرده شد. شبیه‌سازهای باران امکان مهار کردن میزان بارش، شدت بارش و مدت بارش را فراهم می‌کند، بنابراین ابزار مفیدی در پژوهش‌های فرسایش خاک است.

بررسی فرسایش‌پذیری واحدهای آهک‌رسی (مارنی) آبخیز

حبله‌رود با باران‌ساز همراه (طالبی و همکاران ۲۰۱۲) نشان داد که رسوب‌دهی به‌ترتیب در واحدهای آهک‌رس گچ‌سنگ (ژپسی)، ماسه‌یی، نمکی و آهکی کم شده است. با افزایش هدایت الکتریکی، سدیم، کلر و نسبت جذب سدیم و کاهش بیکربنات و کربنات کلسیم فعال در واحدهای آهک‌رسی مختلف، شدت فرسایش و رسوب‌دهی بیش‌تر شد. کاربرد دستگاه باران‌ساز همراه دو چهارچوب یک متر مربعی برای تعیین کردن ارتباط فرسایش‌پذیری خاک با سازندهای زمین‌شناسی و یافتن ارتباط آن با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در حوزه‌ی گل‌آباد اصفهان نشان داد که خاک‌های حاصل از مواد مادری آندزیت سبزرنگ (Ag)، پلمه‌سنگ همراه با ماسه‌سنگ (Sh) و آب‌رفت‌های با پستی‌وبلندی کم با منشأ آذرین و رسوبی (SI-Qt3) بیش‌ترین رسوب را تولید کرده‌اند (شکل‌آبادی و همکاران ۲۰۰۳). بررسی ویژگی‌های مؤثر بر فرسایش‌پذیری آهک‌رس‌ها در منطقه‌ی ایوانکی با شبیه‌ساز باران همراه در صحرا و تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آهک‌رس‌ها نشان داد که K، EC و SAR عامل تغییر میزان تلفات خاک در واحدهای مختلف آهک‌رسی است، و این ویژگی‌ها در هر سه نوع فرسایش سطحی، شیری، و آبراهی اختلاف معنی‌داری در تراز ۰/۱ و ۰/۰۵ دارند (حسن‌زاده نفوتی و همکاران ۲۰۰۸). مقایسه‌ی فرسایش‌پذیری خاک زمین‌های آهک‌رسی استان زنجان با دستگاه شبیه‌ساز باران و بررسی رابطه‌های بین زمان شروع، حجم و ضریب روان‌آب با مقدار تلفات خاک واحدهای آهک‌رسی نشان داد که معادله‌ی وایازی (رگرسیون) آن‌ها از درجه‌ی دوم است و تا حدودی می‌تواند روند تغییرات را تفسیر کند (عبدی‌نژاد و همکاران ۲۰۱۴). بررسی مقدار فرسایش آهک‌رس‌های حوزه‌ی درکس در فرانسه (متیس و همکاران ۲۰۰۳) با مدل بارش روان‌آب فرسایش ETC نشان داد که سازندهای آهک‌رسی این حوزه به هوازدگی و فرسایش حساس و شکل فرسایشی آن هزاردره‌یی است. بیش‌ترین فرسایش در آهک‌رس‌های بی‌پوشش گیاهی بود. نتیجه‌ی بررسی رابطه‌ی زاویه‌ی شیب و سله‌ی سطح خاک بر روان‌آب و هدررفت خاک در منطقه‌های تپه ماهوری فلات لسی چین با شبیه‌ساز باران بیانگر آن است که با افزایش شیب ۲۰ تا ۳۰ درجه، روان‌آب و هدررفت خاک افزایش، و با شکستن سله‌ی سطح خاک، تولید روان‌آب و هدررفت خاک کاهش می‌یابد (چنگ و همکاران ۲۰۰۸). نتیجه‌ی تحقیقات فرآیند فرسایش در دامنه‌های غربی بر سازندهای مختلف (هوانگ و همکاران ۲۰۱۳) نشان داد که اگر ضخامت پوشش خاک بر مواد زمین‌شناسی زیاد باشد (بیش از ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر)، خصوصیات خاک بر فرسایش تأثیر دارد، و اگر ضخامت خاک کم باشد (کم‌تر از ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر) ویژگی‌های مواد مادری تأثیر مستقیم بر خصوصیات خاک دارد، بنابراین فرسایش منطقه از مواد مادری

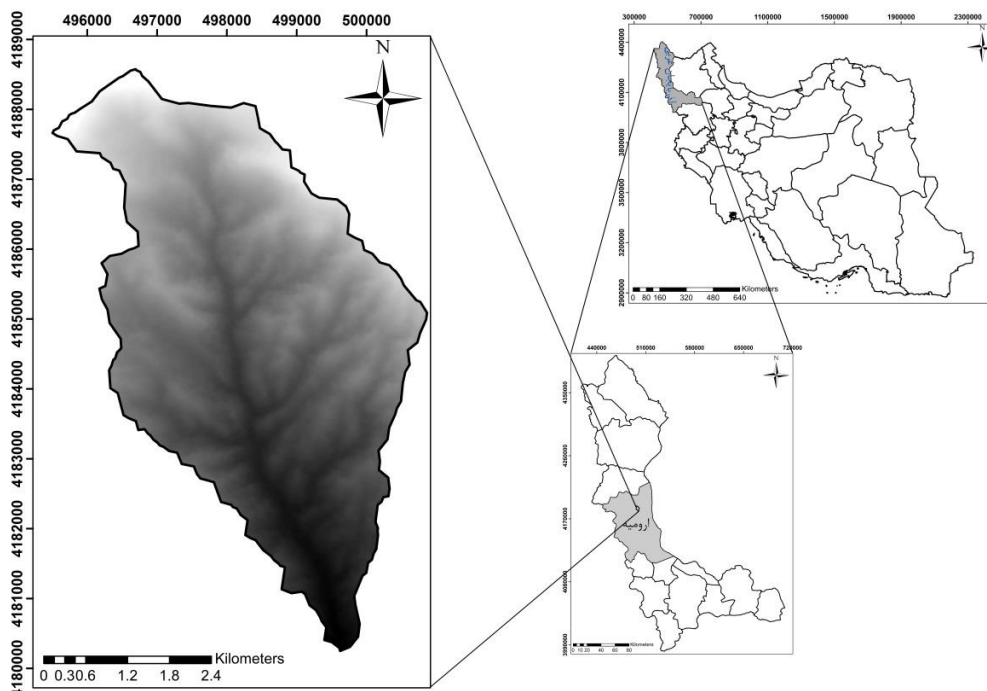
عرض شمالی، در شمال شرقی شهرستان ارومیه است (شکل ۱). بیش‌ترین ارتفاع حوزه ۲۳۷۹ متر و کم‌ترین ارتفاع آن ۱۴۸۳ متر از تراز دریا است. اقلیم منطقه نیمه‌خشک سرد است. سازندهای حوزه با نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ارومیه شناسایی شد. سازندهای زمین‌شناسی رسوبی و از دوران پالئوزویک تا سنوزویک، و بیش‌ترین آن‌ها از سازندهای دوره‌ی ژوراسیک و نئوژن است. بلندی‌های منطقه عمدتاً از سازندهای آهکی ژوراسیک است (شکل ۲). بافت خاک حوزه بسیار کم‌تغییر می‌کند و به‌طور متوسط میانه-بافت (لومی)-رسی-شنی است. در منطقه‌های واریزه‌یی پای دامنه‌ی کوه، بافت خاک سبک، و در جاهای دیگر رسی و پلمه‌سنگ - آهک‌رسی و بافت سنگین‌تر است (شیدای کرکج و همکاران ۲۰۱۲).

تأثیر می‌گیرد. نتایج بررسی بارش و روان‌آب و انتقال رسوب با شبیه‌ساز باران و نهر پایه‌دار (فلوم) فرسایش، و تکرار آزمایش در ۴ شدت بارش ۴۵، ۶۵، ۸۵ و ۱۰۵ میلی‌متر در ساعت و ۴ شیب ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰٪ در ۸۰ نشان داد که شیب مهم‌ترین عامل انتقال رسوب متغیر است (آکسوی و همکاران ۲۰۱۷). هدف از این تحقیق ارزیابی‌کردن توان رسوب‌زایی سازندهای آبخیز خانقاه سرخ ارومیه است که تنوع زیادی دارد.

### مواد و روش‌ها

#### خصوصیات منطقه‌ی بررسی‌شده

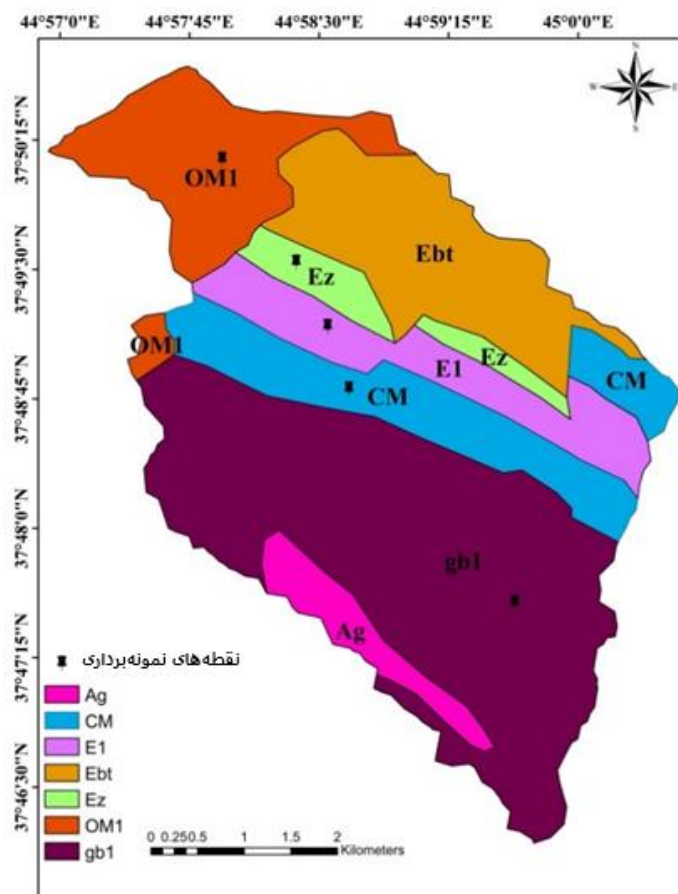
آبخیز خانقاه سرخ با مساحت ۲۲۰۰ هکتار در  $37^{\circ} 57' 4''$  تا  $44^{\circ} 32' 32''$  طول شرقی و  $37^{\circ} 18' 18''$  تا  $37^{\circ} 50' 42''$



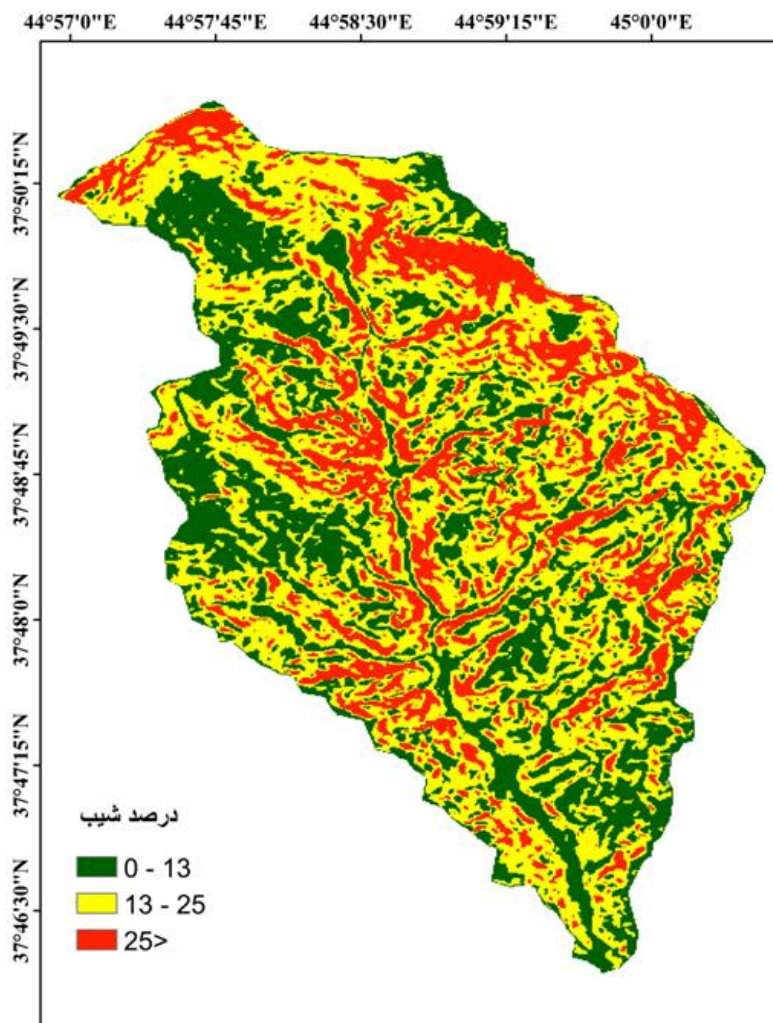
شکل ۱- موقعیت آبخیز خانقاه سرخ در استان آذربایجان غربی.

جدول ۱ - ویژگی‌های سنگ‌شناسی سازندهای حوزه خانقاه سرخ ارومیه.

نشانه‌های اختصاری	مفهوم نشانه‌ها
سازندها	
gb1	گابرو، آنورتوزیت و ورلیت‌های لایه‌یی
CM	آمیزه‌ی تکتونیکی سنگ‌های فرامافیک مارسنگی‌شده، گدازه‌های بالشی و رادیولاریت و آهک پلاژیک
e1	ماسه‌های آرکوزی تا نیمه‌آرکوزی قرمز صورتی تا بنفش (سازند لالون)
ez	فورس سنگ، شیل، کمی ماسه‌سنگ به رنگ قرمز تا بنفش (سازند زایگون)
OM1	آهک ریفی معادل سازند قم
ag	برش ماگمایی ناشی از نفوذ گرانیت و گرانودیولیت هورنبلند و بیوتیت‌دار و گرانیت روشن‌رنگ و گرانیت الکالن در گابروهای مترکم
dgm	سنگ‌های نفوذی دگرگون شده شامل متادوریت، متاگرانودیولیت، متاگابرو و سنگ‌های الترابازیک دگرگون شده
ebt	تناوب دولیت، فورس سنگ قرمز و سنگ‌های آتشفشانی



شکل ۲- نقشه‌ی سازندهای زمین‌شناسی حوزه خانقاه سرخ ارومیه.



شکل ۳- نقشه‌ی شیب حوزه‌ی خانقاه سرخ ارومیه.

روز بعد از آخرین بارندگی) بر هر سازند اجرا شد. با توجه به شرایط سنگلاخی بلندی‌های حوزه، شیب زیاد و دشواری‌های نصب کردن شبیه‌ساز باران، زمایش‌ها در ۵ سازند انجام شد و در سه سازند دیگر به‌علت شرایط گفته‌شده، امکان نصب کردن شبیه‌ساز باران و اندازه‌گیری کردن رسوب نبود. بارندگی در دو شدت ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر در ساعت، در دو شیب ۱۳-۰ و ۲۵-۱۳٪، ۵ سازند مختلف، و در مجموع ۲۰ تیمار به‌کاربرده شد، به‌طوری که ابتدا در هر جای آزمایش، برای تعیین کردن بافت نمونه‌ی خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری برداشته و درصد سنگ، پوشش گیاهی، و خاک لخت در چهارچوب‌ها به تخمین یادداشت شد. چهارچوب ۲متر مربعی طوری روی زمین گذاشته‌شد که بارش در محدوده‌ی دل‌خواه وارد شود. دوطرف چهارچوب برای جلوگیری از نشست کردن آب درزگیری شد. به‌مدت ۱۰ دقیقه با شدت تعیین‌شده بارانیده شد. هم‌زمان مقدار روان‌آب،

### روش تحقیق

برای آزمایش‌ها دستگاه شبیه‌ساز باران BSTF به‌کار گرفته شد. اندازه‌ی پوشش سطح چهارچوب شبیه‌ساز باران ۲ مترمربع (۲×۱)، و ارتفاع افشانه‌ها از تراز زمین ۲/۲۰ متر بود. به‌دلیل نبود ایستگاه باران‌سنجی در داخل حوزه، داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه‌های باران‌سنجی به‌کار گرفته و میانگین بارندگی سالانه‌ی حوزه ۴۱۴ میلی‌متر برآورد شد. شدت بارندگی ۱۵ دقیقه با دوره‌ی برگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال با روش منحنی شدت-مدت-فراوانی و با رابطه‌ی حصاروی موحد دانش (۲۰۰۷) که برای آذربایجان غربی تهیه شده، به ترتیب ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر بر ساعت تعیین شد. براساس ویژگی‌های سنگ‌شناسی، پوشش گیاهی و شیب، واحدهای بررسی‌شده انتخاب و شبیه‌سازی باران با تکرارها و زمان‌های یکسان، در شدت‌های مختلف و در شرایط خشک از دیدگاه رطوبت اولیه‌ی خاک (دست‌کم ۱۰

بارندگی (دو تراز) و نوع سازند (پنج تراز) انجام شد. میانگین‌های اثرهای اصلی و متقابل با آزمون توکی مقایسه شد.

### نتایج و بحث

اثر عامل‌های رسوب در جدول ۲ آورده شده است (تراز اطمینان ۰/۰۵٪).

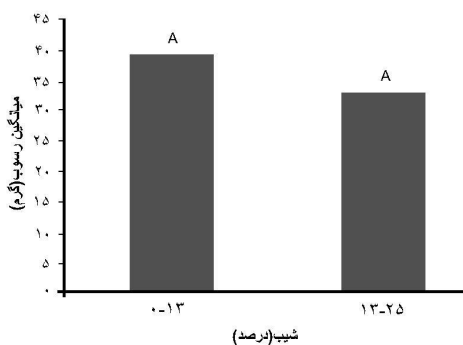
نفوذ، و رسوب در داخل چهارچوب شبیه‌ساز باران اندازه‌گیری شد. نمونه‌های رسوب دوبار پس از انتقال به آزمایشگاه و پس از گذراندن در کوره با دمای ۱۰۵ درجه وزن کرده و اختلاف وزن تر و خشک آن محاسبه کرده شد. داده‌های به دست آمده با نرم‌افزار Minitab 17 تحلیل آماری کرده شد. تجزیه‌ی پرش (واریانس) با طرح آزمایش‌های عاملی با سه عامل شیب (دو تراز)، شدت

جدول ۱- اثر عامل‌ها بر رسوب ( $P < 0.05$ ).

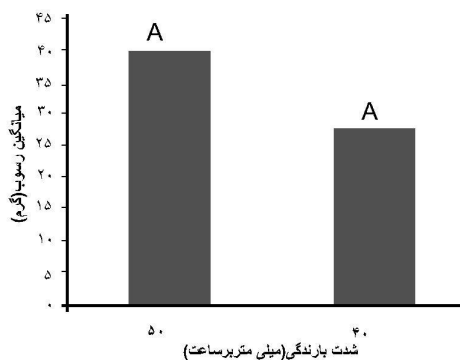
عامل‌ها	درجه‌ی آزادی	مجموع مربع‌ها	میانگین مربع‌ها	F	تراز معنی‌داری
شیب	۱	۳۷۹	۳۷۹/۳	۰/۱۵	۰/۷۰۰
شدت	۱	۲۶۷۶	۲۶۷۶/۳	۱/۰۸	۰/۳۱۱
سازند	۴	۵۷۲۷۰	۱۴۳۱۷/۶	۵/۷۸	۰/۰۰۳
شیب × شدت	۱	۲۱۷	۲۱۶/۸	۰/۰۹	۰/۷۷۰
شیب × سازند	۴	۹۷۲	۲۴۲/۹	۰/۱۰	۰/۹۸۲
شدت × سازند	۴	۷۴۳۷	۱۸۵۹/۳	۰/۷۵	۰/۵۶۹
شیب × شدت × سازند	۴	۴۷۲	۱۱۸/۰	۰/۰۵	۰/۹۹۵

تفاوت آماری میان شیب ۰-۱۳٪ و ۱۳-۲۵٪ و شدت بارندگی ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر در ساعت معنی‌دار نیست. نمودارهای مقایسه‌ی سنججه‌ی رسوب اثر عامل‌های اصلی و اثر متقابل عامل‌ها در شکل‌های ۴ و ۵ آورده شده است.

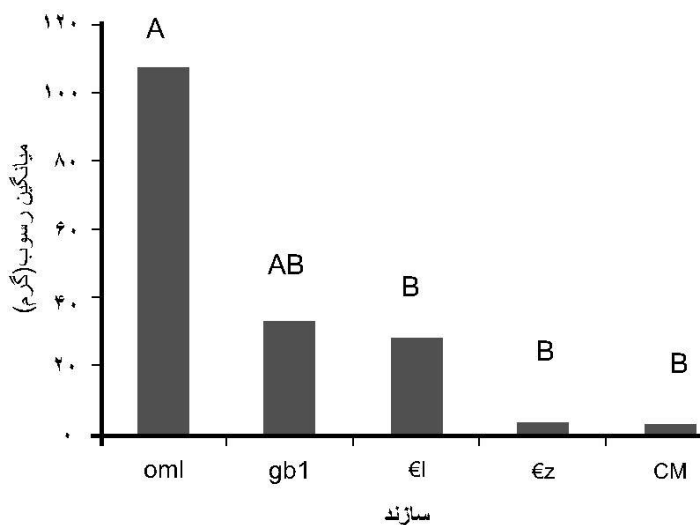
اثر اصلی سازند بر میزان رسوب معنی‌دار است ولی اثر اصلی شیب، و شدت بارندگی معنی‌دار نیست (جدول ۲)؛ یعنی تغییر در شیب و شدت بارندگی سبب به‌وجود آمدن تغییر معنی‌دار در میزان رسوب نمی‌شود، ولی تغییر در سازند می‌شود. اثر متقابل هیچ‌یک از عامل‌ها بر میزان رسوب معنی‌دار نبود.



شکل ۴- مقایسه‌ی میانگین سنججه‌ی رسوب مربوط به اثرهای اصلی شیب.

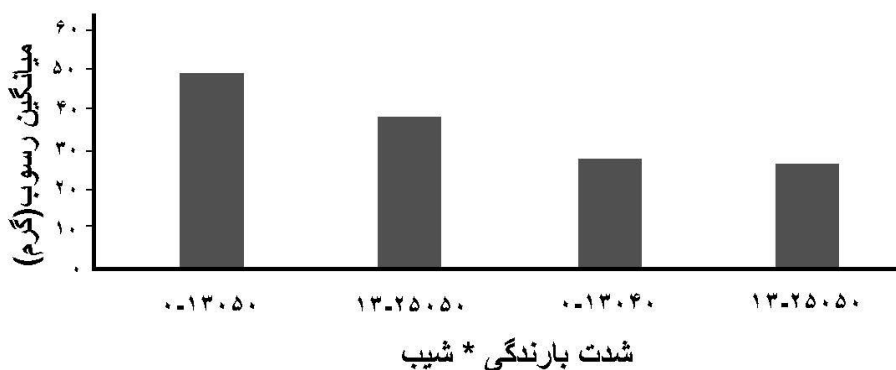


شکل ۵- مقایسه‌ی میانگین سنججه‌ی رسوب مربوط به اثرهای اصلی شدت بارندگی.



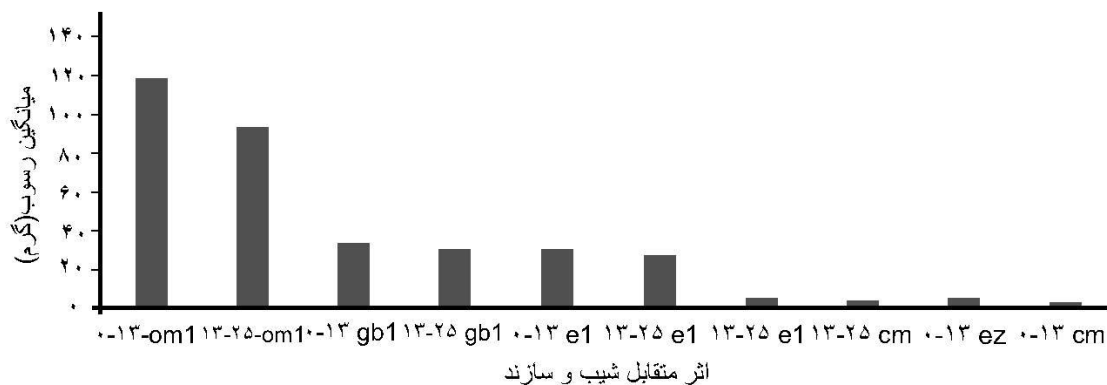
شکل ۶- مقایسه‌ی میانگین سنجهی رسوب مربوط به اثرهای اصلی سازند (تفاوت آماری عامل‌هایی که در گروه‌های مشابه اند معنی‌دار نیست).

در عامل سازند، میانگین رسوب OML (آهکی ریفی معادل قم) با مقدار ۱۰۷/۴ گرم، بیش‌تر از بقیه بود، و البته تفاوت آماری معنی‌داری با gb<sub>۱</sub> نداشت. میانگین رسوب CM (آمیزه‌ی تکتونیک) با مقدار ۴ گرم کم‌ترین بود، و با Z، €، و gb<sub>۱</sub> تفاوت آماری نداشت (شکل ۶).



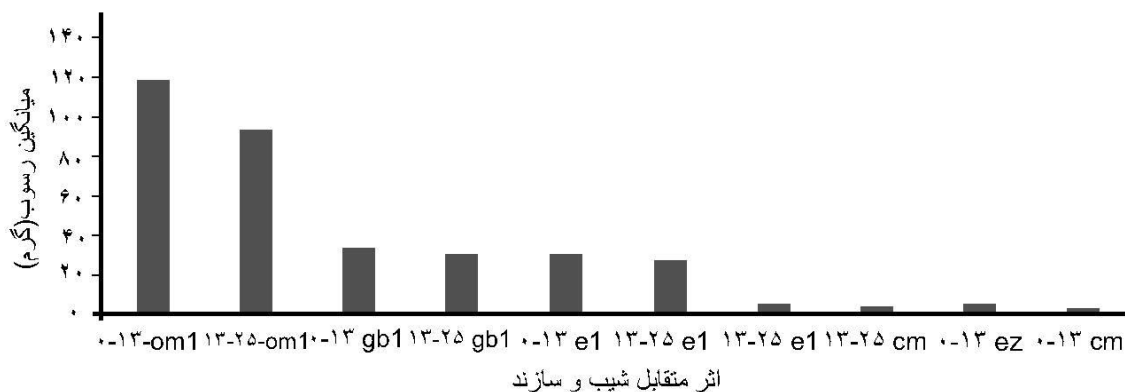
شکل ۷- مقایسه میانگین سنجهی رسوب مربوط به اثرهای متقابل شدت بارندگی \* شیب.

بیش‌ترین میانگین رسوب در شیب ۱۳-۰٪ با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت (۴۹/۴۰ گرم) و کم‌ترین آن در شیب ۱۳-۲۵٪ با شدت ۴۰ میلی‌متر بر ساعت (۲۶/۸۹ گرم) دیده شد (شکل ۷). تفاوت آماری همه‌ی حالت‌ها با هم معنی‌دار نبود.



شکل ۸- مقایسه‌ی میانگین سنجه‌ی رسوب مربوط به اثرهای متقابل شیب×سازند.

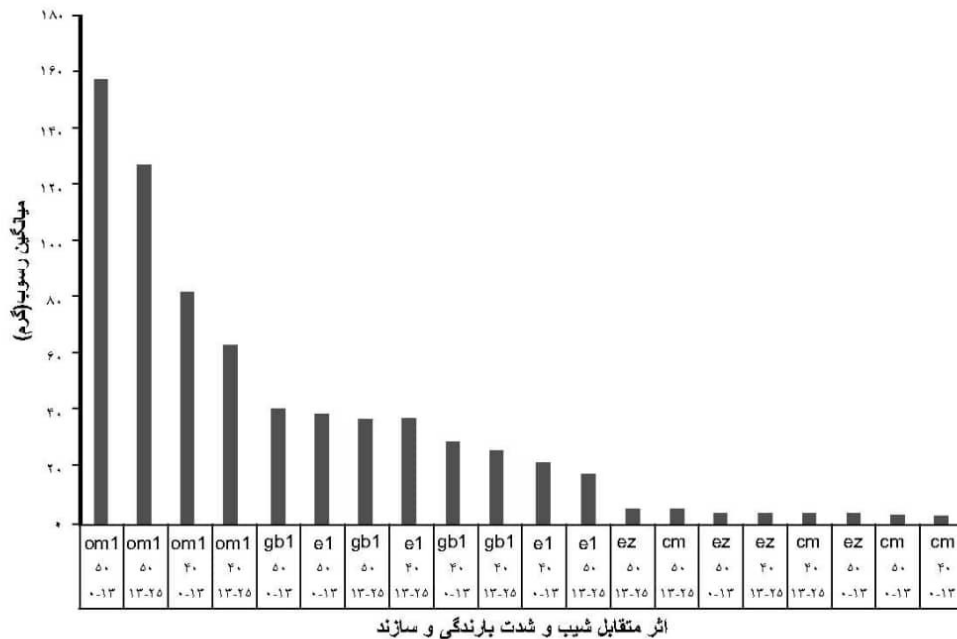
بیش‌ترین میانگین رسوب در  $OM^L$  (۱۲۰/۱ گرم) در شیب ۱۳٪ دیده شد (شکل ۸). تفاوت همه‌ی حالت‌ها با هم معنی‌دار نبود. کم‌ترین آن در  $CM$  (۳/۳۷۳ گرم) در شیب ۱۳٪.



شکل ۹- مقایسه‌ی میانگین سنجه‌ی رسوب مربوط به اثرهای متقابل شدت بارندگی×سازند.

بیش‌ترین میانگین رسوب در  $OM^L$  (۱۴۲/۵۵ گرم) در شدت ۱۳٪ دیده شد (شکل ۹). ۵۰ میلی‌متر بر ساعت و کم‌ترین آن در  $CM$  (۳/۵۲۳ گرم) در شیب ۱۳٪.





شکل ۱۰- مقایسه‌ی میانگین سنجهی رسوب مربوط به اثرهای متقابل سازند×شدت×شیب.

اهالی منطقه در بخش‌های زیادی از بستر سیلابی رودخانه که شیب ملایم (۱۳-۰٪) دارد علوفه و غلات کاشته‌اند، که باعث پایداری بیش‌تر نهشته‌های دوران چهارم شده است. بنابراین می‌توان علت معنی‌دار نبودن طبقه‌های شیب انتخابی و کم‌بودن توان رسوب‌زایی و حساسیت تشکیلات دوران چهارم به فرسایش در این حوزه را تأثیر نوع و مدیریت پوشش گیاهی دانست.

#### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که شیب به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری بر تولید رسوب ندارد، در حالی‌که طالبی و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی توان رسوب‌زایی واحدهای آهک‌رسی حبله‌رود نتیجه گرفتند که در همه‌ی واحدهای سنگ‌شناختی آهک‌رسی با افزایش شیب، رسوب‌دهی نیز افزایش یافته است. رخساره‌ها در منطقه‌ی بررسی‌شده به‌دلیل کم‌بودن تولید رسوب به‌دلیل وسعت و ضخامت کم نهشته‌های واحدهای آبرفتی و پادگانه‌های جوان دوران چهارمی (Qt) و آب‌دهی کم رودخانه، حالت تثبیت‌شده دارد و در مقابل عامل‌های فرسایش پایدار است. در منطقه‌ی خانقاه سرخ خاک‌های حاصل از آهک ریفی معادل سازند قم OML<sup>L</sup> بیش‌ترین رسوب و خاک‌های حاصل از آمیزه‌ی تکنیکی سنگ‌های فرامافیک مارسنگی شده، گدازه‌های بالشی و رادیولاریت و آهک پلاژیک رسوب‌ناچیزی تولید کرده است، در حالی‌که شکل‌آبادی و همکاران (۱۳۸۲) در آبخیز گل‌آباد

بیش‌ترین میانگین رسوب در OML<sup>L</sup> (۱۵۸/۲ گرم) در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت و شیب ۱۳-۰٪ و کم‌ترین آن در CM (۲/۹۷ گرم) در شدت ۴۰ میلی‌متر بر ساعت و شیب ۱۳-۰٪ دیده شد (شکل ۱۰). تفاوت آماری همه‌ی حالت‌ها باهم معنی‌دار نبود.

نتایج طرح آزمایش‌های رسوب نشان داد که بین سازندها در شیب و شدت‌های بارندگی مختلف تفاوت آماری معنی‌داری نیست. در سازندهای مختلف تفاوت آماری معنی‌داری بود، به‌طوری‌که میانگین رسوب OML<sup>L</sup> (۱۰۷/۴ گرم) بیش‌ترین، و CM (۴ گرم) کم‌ترین بود. مقاومت در برابر فرسایش در سنگ آهک متوسط، و در انواع با سیمان کلسیتی متوسط تا مقاوم است. آهک‌های سازند قم (OML<sup>L</sup>) معمولاً همراه با لایه‌های آهک‌رسی است، که مقاومت آن در مقابل فرسایش متوسط تا ضعیف می‌شود، به این معنی که رسوب بیش‌تری از فرسایش آن‌ها ایجاد می‌شود. نفوذپذیری سازند CM که از سنگ‌های فرامافیک مارسنگی شده و گابرو ساخته شده است متوسط تا مقاوم است، تخلخل کمی دارد و در مقابل فرسایش مقاومت بسیار زیادی دارد، بنابراین رسوب کم‌تری از آن ایجاد می‌شود. نتیجه‌ی این تحقیق با جدول پیروان و همکاران (۱۳۹۲) و فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) برای حساسیت سازندهای ایران به فرسایش و تخلخل واحدهای سنگی ایران تطابق دارد.

در بازدید میدانی از حوزه و بررسی وضعیت پوشش آن، برای بررسی دقیق‌تر نقش سازندها در تولید رسوب، مشخص شد که

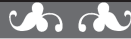
گرانودیوریت (Grd) و آبرفت با پستی‌وبلندی متوسط (Qt2) رسوب بسیار ناچیزی داشته است. بنابراین ویژگی‌های ذاتی مواد می‌تواند معیار مناسبی برای طبقه بندی فرسایش پذیری سازندها باشد.

اردستان نشان دادند که در خاک‌های حاصل از مواد مادری آندزیت سبزرنگ (Ag)، پلمه‌سنگ همراه با ماسه‌سنگ (Sh) و آبرفت‌های با پستی‌وبلندی کم با منشأ آذرین و رسوبی (Qt3-SI) بیش‌ترین رسوب تولید شده است، و خاک‌های حاصل از

- Abdinezhad P, Fieznia S, Payrowan, HR. 2014. Comparing Susceptibility of Marl Lands to Erosion Using Rain Simulator in Zanjan Province. Iranian Journal of soil Research. 28(2): 407–419. (In Persian).
- Aksoy H, Eris E, Tayfur G. 2017. Empirical Sediment Transport Models Based On Indoor Rainfall Simulator And Erosion Flume Experimental Data: Empirical Sediment Transport Models. Land Degradation and Development. 28(4):1320–1328.
- Cheng Q, Ma W, Cai Q. 2008. The relative importance of soil crust and slope angle in runoff and soil loss: A case study in the hilly areas of the Loess Plateau, North China. GeoJournal. 71(2–3): 117–125.
- Deng ZQ, de Lima JL, Jung HS. 2008. Sediment transport rate-based model for rainfall-induced soil erosion. Catena. 76(1): 54–62.
- Ekweue EI, Bharat C, Samaroo K. 2009. Effect of soil type, peat and farmyard manure addition, slope and their interactions on wash erosion by overland flow of some Trinidadian soils. Biosystems engineering. 102(2): 236–243.
- Feiznia S, Qomi S, Youneszadeh-Jalili S, Karimizadeh K, 2016. Evaluation of erosion susceptibility to erosion in Dunblid subwatershed, Taleghan watershed. 6th Iranian National Conference of Environmental geology, May 12, Tehran, Iran. (In Persian).
- Hasanzade Nafouti M, Feyznia S, Ahmadi H, Peyrowan HR. 2008. Study on effect of physical and chemical properties of marls on sediment yield, using rainfall simulator. Engineering Geology. 1(1): 35–48. (In Persian).
- Hesari, B. 2007. Determination of Intensity - Duration - Frequency Curves for Irrigation and Drainage Plans (Case Study in West Azerbaijan). M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Tabriz University. (In Persian).
- Huang J, Wu P, Zhao X, 2013. Effects of rainfall intensity, underlying surface and slope gradient on soil infiltration under simulated rainfall experiments. Catena. 104: 93–102.
- Hudson N, 1995. Soil Conservation. Iowa State University Press, Ames, IA, USA.392 P.
- Mathys N, Brochot S, Meunier M, Richard D. 2003. Erosion quantification in the small marly experimental catchments of Draix (Alpes de Haute Provence, France). Calibration of the ETC rainfall–runoff–erosion model. Catena. 50(2–4): 527–548.
- Nourani, S.N. 2005. Evaluation of Four Methods in order to choose the Best Method for SDR Estimation Case Study: Taleghan Watershed. Master's Degree, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, p. 129. (In Persian).
- Peyrowan HR, Shariat Jafari M. 2013. Presentation of a comprehensive method for determining erodibility rate of rock units with a review on Iranian geology. Watershed Engineering and Management. 5(3): 199–214. (In Persian).
- Quansah C, 1981. The effect of soil type, slope, rain intensity and their interactions on splash detachment and transport. Journal of Soil Science. 32(2): 215–224.
- Sheidaye Karkaj E, Motamedi J, Karimizadeh K. 2012. Evaluation of rangeland use capability using systemic method in Khanghah Sorkh watershed in Orumieh. Iranian Journal of Range and Desert Research. 19(1): 32–44. (In Persian).
- Sheklabadi M, Khademi H, Charkhabi A. 2003. Runoff and Sediment Yield in Soils Developed on Different Parent Materials in the Golabad Watershed, Ardestan. Journal of Water and Soil Science. 7(2): 85–101. (In Persian).
- Talebi A, Charkhabi AH, Peyrowan HR,

Hashemi AA, Mosaddegh H. 2013. Evaluating Effective Factors in Erosion and Sediment Yield in Marl Lithology by Rain Simulator: (Case study, Hablehroud Basin in Semnan Province). Journal of Water and Soil Science. 62(2): 13–23. (In Persian).

Zheng MG, Cai QG, Chen H. 2007. Effect of vegetation on runoff-sediment yield relationship at different spatial scales in hilly areas of the Loess Plateau, North China. Stxben. 27(9):3572–3581.



## ***Watershed Management Research***

VOL. 33, No. 1, Ser. No: 126, Spring 2020, pp. 26 -38  
DOI: 10.22092/wmej.2018.122109.1123

### **Evaluation of Erodibility of Formations in the Khangah-Sorkh Watershed (Urmia) Using a Rain Simulator**

**Zaher Alizadeh**

Master's degree in Watershed Management, Urmia University

**Ahmad Mahmoodzadeh**

Retired Associated Professor, Faculty of Natural Resources, Urmia University

**Habib Nazarnejad**

(Corresponding Author)\* Assistant Professor, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Urmia University

Corresponding Authors Email: h.nazarnejad@urmia.ac.ir

Received: 01 June 2019      Accepted: 27 November 2019

#### **Abstract**

Erosion is one of the major causes of waste of water and soil. Perhaps the main reason for failure to control erosion is the weakness of knowledge and recognition of this phenomenon. Due to the great value of soil and the subsequent problems arising from the movement of its constituents, the erosion problem must be understood and controlled. Therefore, one needs to determine the susceptibility of geologic formations to erosion, in order to determine its mitigation. This research has been carried out in order to investigate the erodibility potential of the Khangah-Sorkh (Urmia) watershed using the BSTF rainfall simulator. The simulation was performed at two intensities of 40 and 50 mm/hr on two slopes of 0-13 and 13-25% on each geologic formation. The results showed that the highest and lowest sediments were collected from OML (the calcic-reefy of Qom) (107.4 g) and the CM Formation (tectonic mix) (4 g). Thus, the OM<sup>L</sup> formation which contains marl layers, is more susceptible to erosion and produce a larger amount of sediment relative to that of the CM formation which highly resistant to erosion. Therefore, it yields a larger amount of sediment.

■ **Keywords: Sediment, geological formation, rainfall simulator, erosion** ■