نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۲، شماره ۲، ۱۳۹۹، صفحات ۵۰۵-۵۱۳

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 12, Issue 2, 2020, Pages 505-513
DOI: 10.22092/ijwmse.2019.115049.1343

ارزیابی تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز کوچک تحت چرای آزاد و قرق، مطالعه موردی: منطقه سنگانه کلات

حمزه نور*[۱]، علی باقریان کلات[۲] و علی‌اکبر عباسی[۳]

[۱] استادیار، بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، [۲] دکتری زمین‌شناسی، بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران و [۳] دانشیار بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۶

چکیده

قرق مرتع یک روش مدیریتی آبخیزداری به‌منظور بهبود وضعیت مراتع است. با این حال، اغلب مطالعات هیدرولوژی مرتع به بررسی اثر قرق بر هدررفت خاک در مقیاس کرت پرداخته‌اند و مطالعات اندکی اثر این اقدام مدیریتی بر رسوب تولیدی آبخیزهای کوچک در مقیاس‌های زمانی فصلی و سالانه را مد نظر قرار داده‌اند. در این راستا، پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی تولید رسوب در آبخیزهای قرق و تحت چرا به‌ترتیب با مساحت‌های ۱/۰ و ۱/۱ هکتار در آبخیز تحقیقاتی سنگانه واقع در شمال شرق استان خراسان رضوی طرح‌ریزی شده است. برای این منظور، رواناب و رسوب در مقیاس رگبار در خروجی حوضه‌های کوچک مربوط به ۵۶ رگبار طی دوره ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۵ جمع‌آوری شد. نتایج دلالت بر اثر کاهشی و معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۵$) قرق مرتع بر رسوب‌دهی در مقیاس آبخیزهای کوچک داشته است. به‌گونه‌ای‌که کاهش ۵۸۲ درصدی رسوب در تیمار قرق نسبت به چرای آزاد به‌دست آمد. همچنین، نتایج نشان داد که اثر قرق بر فرایندهای هیدرولوژیک دارای تغییرات فصلی و سالانه است، به گونه‌ای که بیشینه و کمینه اختلاف بین تیمارها به‌ترتیب در فصل‌های بهار و زمستان مشاهده شده است. با استفاده از نتایج این پژوهش، می‌توان بیان کرد که مدیریت چرای دام طی فصل‌های حساس و همچنین، قرق مراتع در صورتی‌که مسائل اجتماعی آن برطرف شود، به‌عنوان یک راهکار عملی در کاهش رسوب حوزه‌های آبخیز مطرح است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری، هیدرولوژی مرتع، رسوب‌دهی، فرایندهای هیدرولوژیک، مقیاس زمانی

مقدمه

فرسایش خاک به‌وسیله آب، در مقیاس جهانی به‌دلیل وسعت جغرافیایی و اثرات محیط زیستی از مهمترین انواع تخریب خاک می‌باشد (Blanco و Lal، ۲۰۰۸). در این راستا، Pimental و همکاران (۱۹۹۵) متوسط سالانه فرسایش خاک جهان را ۷۵ میلیارد تن تخمین زده‌اند. همچنین، بنابر پژوهش‌های انجام‌شده، متوسط میزان رسوب‌گذاری در سدهای جهان در حدود یک درصد حجم مخازن در سال است (Jacobsen، ۲۰۰۹). هر چند فرسایش خاک در طول تاریخ وجود داشته، ولی در دهه‌های اخیر به‌دلیل دخالت‌های انسانی، مدیریت و کاربری نامناسب اراضی

* مسئول مکاتبات: h.noor@areeo.ac.ir

شدت یافته است. این امر در کشورهای در حال توسعه بسیار مهمتر است، زیرا در این کشورها فرسایش خاک خطر جدی برای توسعه پایدار به‌حساب می‌آید (Hosseini و Ghorbani، ۲۰۰۵؛ Noor و همکاران، ۲۰۱۰). فرسایش آبی در بیش از ۱۲۰ میلیون هکتار از اراضی کشور پدیده غالب فرسایشی است. برآوردهای مختلفی از مقدار فرسایش در ایران وجود دارد و هنوز اجماع کاملی در این خصوص حاصل نشده است. حال آن‌که فزونی مقدار فرسایش در ایران از حد مجاز مورد توافق همگان می‌باشد (Arabkhedri، ۲۰۱۴).

باید توجه داشت که فرسایش خاک، نتیجه برهم‌کنش عوامل متعددی شامل خصوصیات بارش، خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و عملیات مدیریتی می‌باشد (Bennett، ۲۰۰۰). در این میان نوع کاربری و بهره‌برداری از اراضی عامل بسیار مهمی در کنترل فرایندهای هیدرولوژیک در زیست‌بوم‌های مختلف است (Refahi، ۲۰۰۱).

مراتع حدود ۵۲ درصد سطح کشور را تشکیل می‌دهند، این اراضی توان تولید علوفه برای حدود ۳۷ میلیون واحد دامی را دارند و از این نظر اهمیت اقتصادی فراوانی دارند (Mesdaghi، ۲۰۰۳). از سوی دیگر، با توجه به موقعیت مکانی مراتع که عمدتا در اراضی شیب‌دار باقی مانده‌اند، نقش آن‌ها در تعدیل جریان‌های سطحی و کنترل فرسایش خاک مشخص می‌شود. با این حال، بین مراتع مختلف از نظر پاسخ هیدرولوژیک با توجه به نوع مدیریت و بهره‌برداری از آن‌ها تفاوت‌هایی وجود دارد.

تخریب پوشش گیاهی مراتع و عدم مدیریت صحیح در آن‌ها موجب مشکلات محیط زیستی و افزایش مخاطرات طبیعی در کشور شده است. در این میان، مدیریت چرای دام و در مواردی قرق مراتع و ممنوعیت موقت چرا، باعث بهبود وضعیت پوشش گیاهی مراتع شده و از سوی دیگر، موجب کنترل رواناب و فرسایش خاک در منطقه می‌شود. بررسی تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور بر اهمیت شیوه‌های مختلف مدیریت مرتع بر میزان رسوب آبخیز دلالت دارد. در این زمینه تا کنون تحقیقات بسیاری در رابطه با نقش اعمال شیوه‌های مدیریت اراضی مرتعی بر نحوه پاسخ هیدرلوژیک آن‌ها صورت گرفته است (Ghoddousi و همکاران، ۲۰۰۶؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۰؛ Wang و همکاران، ۲۰۰۴؛ Sanjari و همکاران، ۲۰۱۰؛ Bartley و همکاران، ۲۰۱۰؛ Khaledi Darvishan و همکاران، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸؛ Pilon و همکاران، ۲۰۱۷). بررسی دقیق پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که اغلب مطالعات به بررسی اثر مدیریت چرا و قرق در مقیاس کرت، استفاده از رویکردهای شبیه‌سازی و همچنین، طی دوره زمانی کوتاه پرداخته‌اند و مطالعات محدودی اثر این اقدامات مدیریتی در مقیاس آبخیزهای کوچک را مد نظر داشته‌اند.

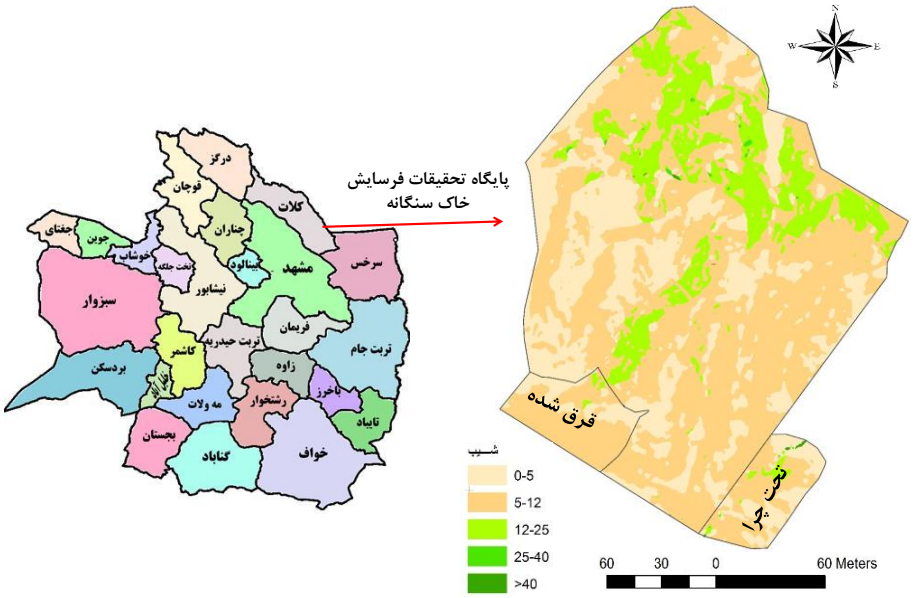
در منطقه شکرکلات استان خراسان رضوی، از دو دهه پیش اقدام به تجهیز آبخیزهای مرتعی کوچک به سامانه‌های جمع‌آوری رواناب و رسوب شده است (Rangavar، ۲۰۰۶). بنابراین، به‌دلیل اهمیت بررسی نقش مدیریت اراضی مرتعی در تولید رسوب آبخیزها و با لحاظ وجود امکانات و نیروی آموزش دیده، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر قرق مراتع شکرکلات استان خراسان رضوی بر پاسخ هیدرولوژیک در آبخیزهای کوچک یک هکتاری و در مقیاس‌های زمانی سالانه و فصلی طرح‌ریزی شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: پایگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه در ۱۰۰ کیلومتری شمال شرق مشهد در سال ۱۳۷۵ به‌منظور اندازه‌گیری و مطالعه فرسایش خاک و ارزیابی عوامل موثر بر آن ایجاد شد. مورفولوژی منطقه اغلب به‌صورت تپه‌ماهور مدور کم ارتفاع با پوشش خاکی است و اختلاف ارتفاع زیادی در آن مشاهده نمی‌شود. بافت خاک منطقه مورد مطالعه، در محدوده لوم شنی تا لوم رسی شنی است. سنگ‌ریزه موجود در سطح خاک بین صفر تا ۴۰ درصد متغیر است. تغییرات اسیدیته، هدایت الکتریکی، میزان آهک، مواد آلی و گچ این اراضی بین ۷/۲ تا ۸/۳، یک تا هشت میلی موس بر سانتی‌متر، ۰/۳ تا ۱۰/۴ درصد، ۰/۸ تا ۳/۳ درصد و صفر تا ۱۹ درصد است (Abbasi، ۲۰۱۵). متوسط بارندگی سالانه پایگاه بر اساس آمار ۱۰ ساله باران‌نگارهای پایگاه کمتر از ۱۸۰ میلی‌متر است (Felegari و همکاران، ۲۰۱۴).

تیپ غالب گیاهی در آبخیز تحت قرق نسبی *Bromus tectorum* و *Artemisia diffusa* است. خاک این آبخیز در دامنه غربی خیلی کم‌عمق بوده و ضخامت در آن پنج تا ۱۰ سانتی‌متر و خاک در دامنه شرقی کم‌عمق بوده و متوسط ضخامت آن حدود ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر است.

همچنین، در آبخیز تحت چرای دام، تیپ غالب پوشش‌گیاهی *Artemisia diffusa*، *Poa bolbosa* و *Carex stenopyla* است. خاک دامنه غربی از عمق نسبتا کمی برخوردار بوده و متوسط ضخامت خاک در آن حدود ۲۰ سانتی‌متر است. دامنه شمالی، از خاک کم‌عمق برخوردار بوده، متوسط ضخامت خاک در آن۱۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خراسان رضوی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت آبخیزهای کوچک مورد بررسی در پایگاه تحقیقات فرسایش خاک سنگانه و استان خراسان رضوی

در سال ۱۳۸۵ تعداد شش آبخیز کوچک با مساحت بین ۱۲۰۰ الی ۱۶۹۰۰ متر مربع در پایگاه سنگانه انتخاب و در خروجی هر آبخیز مخازن جمع‌آوری رواناب و رسوب احداث شد. در این میان، پنج آبخیز قرق نسبی بوده، یک آبخیز خارج از منطقه قرق و تحت چرای آزاد دام‌های روستاییان قرار دارد. آبخیز تحت چرای آزاد در نزدیکی روستای سنگانه قرار داشته و در نتیجه به‌صورت مداوم تحت چرای دام‌ها قرار می‌گیرد، مراتع قرق شده نیز سالانه به‌مدت بیشتر از یک هفته به‌وسیله دام‌های منطقه چرا می‌شوند (Rangavar، ۲۰۰۶). به‌منظور انجام پژوهش حاضر، با توجه به خصوصیات آبخیز تحت چرای دام یک آبخیز نیز با مساحت یک هکتار در منطقه قرق نسبی انتخاب شد. در جدول ۱، مهمترین مشخصات آبخیزهای کوچک مورد بررسی در پژوهش ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات آبخیزهای کوچک تحت چرای آزاد و قرق نسبی در پایگاه تحقیقاتی سنگانه

نوع مدیریت مرتع	مساحت (هکتار)	طول بزرگ‌ترین آبراهه (متر)	شیب متوسط (درصد)	پوشش گیاهی (درصد)
چرای آزاد	۱/۰	۱۱۰	۳۵	۳۵
قرق نسبی	۱/۱	۱۴۵	۳۱	۵۰

جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز و انجام مقایسه‌ها:
به‌منظور تعیین ارزش کمی هر یک از پارامترهای مربوط به پوشش گیاهی و سطح خاک هر یک از آبخیزها به‌روش مشاهده‌ای و ترانسکت خطی و کوادرات اقدام شده است. با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، اندازه‌گیری‌ها در اواخر اردیبهشت و اواخر تیرماه به‌ترتیب برای گونه‌های یک‌ساله و چندساله صورت پذیرفت (Abbasi، ۲۰۱۵؛ Noor و همکاران، ۲۰۱۸).

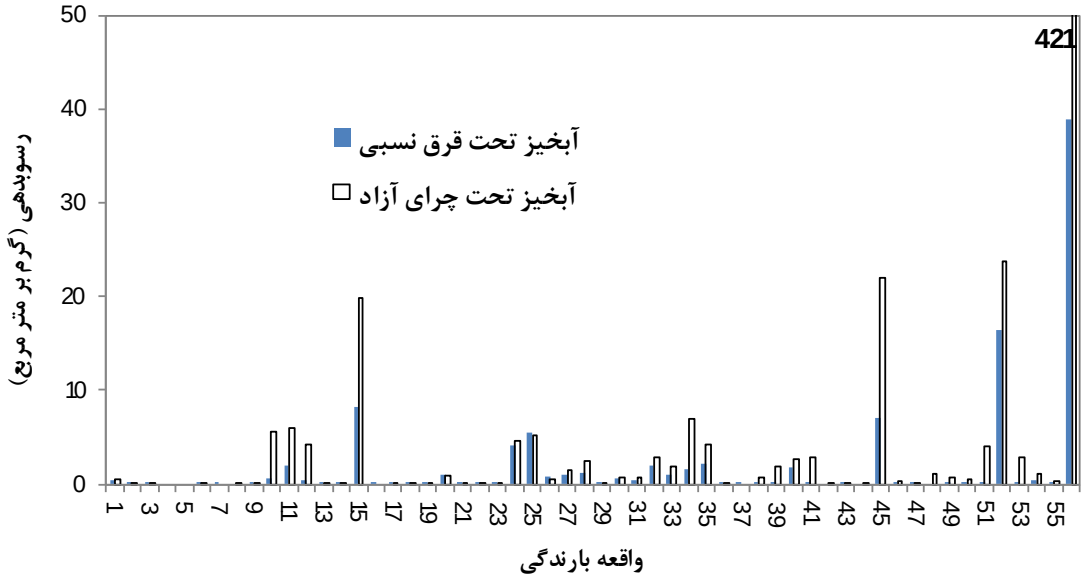
پس از هر واقعه بارندگی، ارتفاع رواناب جمع‌آوری شده در پنج نقطه داخل هر مخزن (چهار گوش و مرکز) به‌وسیله خط‌کش استاندارد اندازه‌گیری و در فرم‌های از پیش تهیه شده یادداشت و سپس، حجم رواناب با توجه به مشخص بودن سایر پارامترهای مورد نیاز برای هر کرت محاسبه شد. برای تعیین غلظت رسوب، از رواناب محتوی هر مخزن پس از هم‌زدن کامل، نمونه آب و رسوب برداشت و در ادامه نمونه‌های رسوب جمع‌آوری‌شده به آزمایشگاه منتقل و غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر) با خشک‌کردن نمونه‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت و سپس، توزین آن‌ها اندازه‌گیری شدند.

پس از هر واقعه، بارندگی ارتفاع رواناب جمع‌آوری شده در پنج نقطه داخل هر مخزن (چهار گوش و مرکز) به‌وسیله خط‌کش استاندارد اندازه‌گیری و در فرم‌های از پیش تهیه شده یادداشت و سپس، حجم رواناب با توجه به مشخص بودن سایر پارامترهای مورد نیاز برای هر آبخیز تعیین شد (Noor و همکاران، ۲۰۱۸). برای تعیین غلظت رسوب، از رواناب محتوی هر مخزن پس از هم‌زدن کامل، نمونه آب و رسوب برداشت و در ادامه نمونه‌های رسوب جمع‌آوری شده به آزمایشگاه منتقل و غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر) با خشک‌کردن نمونه‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت و سپس توزین آن‌ها، اندازه‌گیری شدند (Rangavar، ۲۰۰۶).

در ابتدا، بررسی مشخصات آماری رسوب در دو منطقه شامل میانگین و ضریب تغییرات، تغییرات فصلی و سالانه رسوب در منطقه، صورت پذیرفت. در ادامه، بررسی اثر معنی‌داری تیمارهای چرای آزاد و قرق بر میزان رسوب‌دهی سالانه و فصلی مد نظر قرار گرفت.

نتایج و بحث

در شکل ۲، داده‌های رسوب ثبت شده در مقیاس رگبار در آبخیزهای مورد بررسی طی دوره مهر ماه ۱۳۸۵ الی اردیبهشت ماه ۱۳۹۵ ارائه شده است.



شکل ۲- داده‌های رسوب ثبت‌شده در آبخیز تحت چرای دام و قرق نسبی در پایگاه سنگانه

بر اساس نتایج میانگین رسوب تولیدی در هر واقعه رگبار در آبخیز قرق شده و تحت چرا به‌ترتیب ۱/۷ و ۹/۹ گرم بر متر مربع محاسبه شد که خود نشان‌دهنده بالاتر بودن میزان رسوب‌دهی آبخیز تحت چرا نسبت به آبخیز شاهد است. در ادامه، به بررسی مشارکت رگبارهای ثبت شده در کل رسوب تولیدی پرداخته شد و نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مشارکت رگبارهای ثبت‌شده در کل رسوب تولیدی در آبخیز تحت چرای آزاد و قرق نسبی در پایگاه تحقیقاتی سنگانه

مقدار رسوب	آبخیز تحت قرق نسبی		آبخیز تحت چرای آزاد	
	تعداد وقایع بارش مشارکت کننده	درصد از کل وقایع بارش	تعداد وقایع بارش مشارکت‌کننده	درصد از کل وقایع بارش
کمتر از ۲۰ درصد از کل رسوب	۵۰	۸۹/۲	۵۴	۹۶/۶
بین ۲۰ تا ۵۰ درصد از کل رسوب	۴	۷/۱	۱	۱/۷
بیش از ۵۰ درصد از کل رسوب	۲	۳/۷	۱	۱/۷

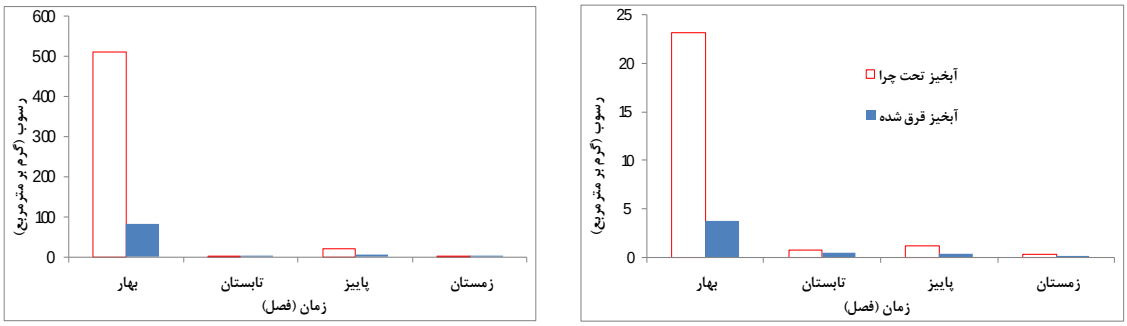
نتایج مندرج در جدول ۲، به‌خوبی نشان می‌دهد که در هر دو منطقه مورد بررسی فارغ از نوع بهره‌برداری از مراتع، بخش عمده‌ای از رسوب تولیدی متعلق به چند واقعه محدود است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیش از ۹۰ درصد از وقایع بارش در هر دو آبخیز مورد بررسی (۵۰ و ۵۴ واقعه به‌ترتیب در آبخیز قرق و تحت چرا) تنها مسئول تولید حدود ۲۰ درصد از کل رسوب دوره ۱۰ ساله بوده‌اند. از طرف دیگر، بیش از ۵۰ درصد رسوب تولیدی طی دوره مورد مطالعه ناشی از دو و یک واقعه بارش در آبخیز قرق و تحت چرای دام است. این نتایج تأکیدی بر اهمیت مقیاس رگبار در مطالعات فرسایش خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل خصوصیات بارشی آن‌ها است. در این زمینه پژوهش‌های پیشین نیز بر اهمیت مقیاس رگبار در مطالعه فرسایش خاک و سهم بالای وقایع بارش محدود از کل فرسایش خاک و تولید رسوب تأکید داشته‌اند. در این رابطه، همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، Regues و همکاران (۲۰۰۰) در شمال شرق اسپانیا با بررسی ۳۵۰ رخداد بارندگی نشان دادند که حدود ۹۰ درصد از میزان فرسایش خاک به‌وسیله دو درصد از بارش‌ها ایجاد شده است. همچنین، Gallart و همکاران (۲۰۰۲) در منطقه‌ای نیمه‌خشک در اسپانیا ملاحظه کردند که ۹۰ درصد رسوب تولیدی در حوزه آبخیز از طریق ۱۰ درصد وقایع ایجاد شده است. Mathys و همکاران (۲۰۰۵) نیز اعلام کردند که طی دوره مورد مطالعه سه رگبار مسئول بخش عمده‌ای از فرسایش خاک در مارن‌های مورد بررسی در فرانسه بوده است.

در ادامه، ارزیابی تغییرات فصلی و سالانه تولید رسوب در دو منطقه، مد نظر قرار گرفت. ارزیابی تغییرات فصلی تولید رسوب در آبخیزهای مورد نظر در شکل ۳ ارائه شده است. همان‌گونه که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود، روند تغییرات فصلی رسوب تولیدی در هر دو منطقه یکسان است. با این حال، میزان تولید رسوب در آبخیز تحت چرای آزاد در تمامی فصول بیشتر از محدوده قرق‌شده اندازه‌گیری شده است. در این زمینه، بیشترین رسوب تولیدی در فصل بهار مشاهده می‌شود که دلیل آن وجود بارش‌های شدید در منطقه، موجودیت رسوب، رطوبت بالای خاک و همچنین، عدم رشد کافی گیاهان در اوایل فروردین ماه می‌باشد. در این زمینه، Tramblay و همکاران (۲۰۰۸)، Sadeghi و همکاران (۲۰۱۰)، Farajzadeh و Gharechorlo (۲۰۱۱) و Esfandyari و همکاران (۲۰۱۶) نیز بیشینه تولید رسوب در مناطق مورد بررسی را در فصل بهار گزارش کردند.

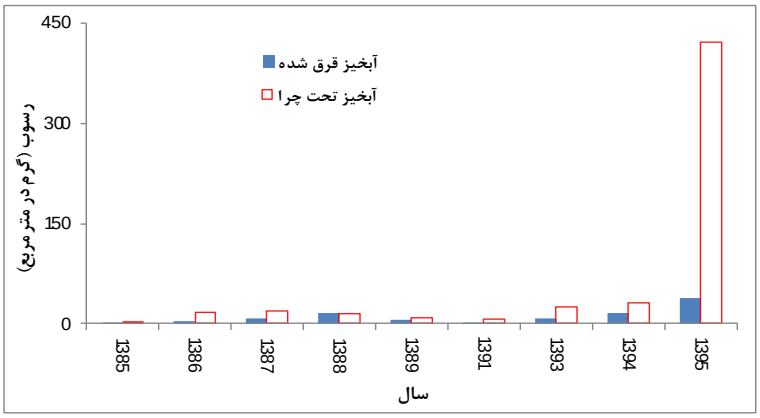
بر اساس نتایج مندرج در شکل ۳، می‌توان بیان کرد که کمینه اختلاف تیمارها در فصل زمستان و به‌دلیل عدم رشد گیاهان و وجود شرایط تقریبا یکسان در هر دو منطقه مشاهده شده است. از سوی دیگر، بیشینه اختلاف بین تیمارها در فصل بهار رخ داده است. دلیل این امر را می‌توان به چرای دام‌ها، لگدکوبی و جابه‌جایی خاک در منطقه تحت چرا و در

نتیجه بالا رفتن موجودیت رسوب طی اوایل فصل رشد گیاهان در این تیمار به‌همراه بارش‌های شدید و رطوبت بالای خاک نسبت داد که منتج به افزایش اختلاف بین منطقه قرق و تحت چرا شده است. در این زمینه Sadeghi و همکاران (۲۰۱۰) در ایران و Wang و همکاران (۲۰۰۴) در چین نیز تغییرات فصلی تولید رسوب در بین تیمارهای قرق و تحت چرا را گزارش کردند.

همچنین، مقایسه تولید رسوب در دو منطقه مورد مطالعه طی سال‌های مختلف در شکل ۴ ارائه شده است. اطلاعات مندرج در شکل ۴، به‌خوبی نشان‌دهنده تفاوت تولید رسوب در سال‌های مختلف در منطقه است. این در حالی است که اختلاف بین رسوب تولیدی منطقه تحت چرا و قرق طی سال‌های مختلف، تغییراتی داشته است. دلیل این امر نیز شرایط متفاوت بهره‌برداری از مراتع در سال‌های مختلف و وقوع دوره‌های خشکسالی و ترسالی و در نتیجه تغییرات وضعیت پوشش گیاهی است.



شکل ۳- مقایسه رسوب اندازه‌گیری‌شده در آبخیز تحت چرای آزاد و قرق (سمت راست میانگین و سمت چپ کل میزان رسوب)



شکل ۴- تغییرات سالانه تولید رسوب در آبخیز تحت چرای آزاد و قرق نسبی در پایگاه تحقیقاتی سنگانه

در نهایت، اقدام به ارزیابی معنی‌داری مدیریت مرتع بر میزان رسوب خروجی از آبخیز در مقیاس فصلی و سالانه پرداخته شد. نتایج بررسی میزان رسوب اندازه‌گیری‌شده در دو آبخیز مورد مطالعه مندرج در جدول ۳ نشان داد که نوع مدیریت پوشش گیاهی در سطح آبخیز موجب ایجاد تفاوت معنی‌دار در رسوب خروجی از دو آبخیز شده است. با این حال، همان‌گونه که پیش از این نیز گفته شده طی فصل‌های مختلف اختلاف تیمارهای مورد بررسی دارای تغییراتی بوده است به گونه‌ای‌که بیشترین اختلاف معنی‌دار در فصل بهار ($P\leq ۰/۰۱$) مشاهده شده است، در حالی‌که در فصل زمستان عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها مشاهده شده است.

چرای بیش از حد مرتع و لگدکوبی دام، تأثیر معنی‌داری بر افزایش رسوب در تیمار تحت چرای آزاد داشته است، به‌طوری که در بارش‌های مشابه در منطقه، رسوب تولیدی در آبخیز تحت چرا بیشتر از رسوب تولیدی در آبخیز قرق شده است و رسوب تولیدی در تیمار چرا ۵۸۲ درصدی مقادیر اندازه‌گیری شده در تیمار قرق بوده است. لازم به توضیح است که

بخش عمده‌ای از اختلاف ایجاد شده ناشی از یک رگبار شدید در منطقه است (شکل ۲). بدون در نظر گرفتن واقعه فرساینده مذکور تفاوت تولید رسوب در آبخیز چرای آزاد و قرق نسبی برابر با ۲۲۵ درصد است. در این زمینه Ghoddousi و همکاران (۲۰۰۶) افزایش ۱۶۹/۸ درصدی، Sadeghi و همکاران (۲۰۱۰) افزایش ۱۶۲ درصدی و Khaledi Darvishan و همکاران (۲۰۱۶) افزایش ۲۱/۴۳ درصدی میزان رسوب در کرت‌های تحت چرا نسبت به کرت‌های قرق شده را گزارش کردند. در این رابطه، می‌توان تأثیر قرق در کاهش رسوب را به افزایش تراکم پوشش گیاهی در اثر عدم چرای دام و بهبود وضعیت نفوذپذیری خاک به‌دلیل عدم لگدکوبی خاک به‌وسیله دام‌ها در پهنه قرق نسبت داد.

جدول ۳- مقایسه آماری میزان رسوب اندازه‌گیری‌شده در دو آبخیز کوچک مورد مطالعه

زمان	تعداد رویداد	سطح معنی‌داری
بهار	۲۴	۰/۰۰۱**
تابستان	۱	-
پاییز	۱۷	۰/۰۰۴**
زمستان	۱۳	۰/۱۲۳ns
کل داده‌ها	۵۵	۰/۰۰۳**

* و ** وجود اختلاف معنی‌دار به‌ترتیب در سطح پنج و یک درصد و ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

این نتایج نشان می‌دهد که فرسایش خاک و تولید رسوب در مقیاس آبخیز کوچک تحت تأثیر پوشش گیاهی و نحوه مدیریت و بهره‌برداری از آن است. پوشش گیاهی با کاهش سرعت رواناب، نگه‌داری و نفوذ مقداری از بارش، جلوگیری از برخورد مستقیم قطرات باران، تثبیت خاک به‌وسیله ریشه‌ها، بهبود ساختمان و خصوصیات شیمیایی خاک باعث کاهش فرسایش می‌شود (Zuazo و همکاران، ۲۰۰۸). علاوه‌بر این، پوشش گیاهی با ایجاد زبری و تقلیل نیروی برشی رواناب موجب کاهش رشد و توسعه شیارها شده و در ترسیب مواد نقش مهمی دارند (Martinez و همکاران، ۲۰۰۶).

در این رابطه، Ghoddousi و همکاران (۲۰۰۶)، Sadeghi و همکاران (۲۰۱۰)، Khaledi Darvishan و همکاران (۲۰۱۶ و ۲۰۱۸)، Sanjari و همکاران (۲۰۱۰) و Pilon و همکاران (۲۰۱۷) اثر قرق بر میزان هدررفت خاک در مناطق مورد بررسی را معنی‌دار گزارش کردند. با این حال، مطالعه Bartley و همکاران (۲۰۱۰) اثر مدیریت چرا بر میزان رسوب تولیدی در مقیاس حوزه آبخیز در کشور استرالیا را معنی‌دار نشان نداد و دلیل آن تأمین رسوب از مناطق با پوشش کمتر از ۱۰ درصد عنوان شد.

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی مقایسه‌ای رسوب‌دهی فصلی و سالانه دو تیمار قرق نسبی و چرای آزاد در دو آبخیز کوچک یک هکتاری بوده است. نتایج، دلالت بر افزایش ۵/۸ برابری رسوب‌دهی آبخیز تحت چرای دام نسبت به آبخیز قرق شده است. لازم به توضیح است که بر اساس اطلاعات مندرج در جدول ۱، حوزه آبخیز تحت قرق دارای شیب کمتر و آبراهه طولانی‌تری است. بنابراین، بخشی از اختلاف رسوب مشاهده شده در این مناطق می‌تواند مربوط به این تفاوت‌ها باشد. در نهایت، بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر و منطبق با سوابق بررسی شده می‌توان جمع‌بندی کرد که قرق مرتع در صورتی‌که اجرای آن امکان‌پذیر باشد، به‌عنوان یک راهکار موثر در افزایش پوشش گیاهی و در نتیجه افزایش نفوذ آب در خاک، کاهش رواناب و رسوب مطرح است. با این حال، باید توجه داشت که اثرات قرق بر پوشش گیاهی و در نتیجه بر فرایندهای هیدرولوژیک دارای تغییرات فصلی است. از سوی دیگر، وجود شرایط اقلیمی متفاوت طی سال‌های مختلف باعث ایجاد تغییرات بین سالی در اثر قرق بر پاسخ هیدرولوژیک آبخیز می‌شود. در نهایت، پیشنهاد می‌شود تا تحقیقات بعدی در زمینه اثر تیمارهای مختلف چرای دام بر نحوه پاسخ هیدرولوژیک حوزه‌های آبخیز کوچک و در شرایط مختلف محیطی مد نظر قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Abbasi, A.A. 2015. Calibration of EPM empirical model efficiency through sediment survey of small reservoirs in north east of Iran. Final Research Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 125 pages (in Persian).
2. Arabkhedri, M. 2014. A review on major water erosion factors in Iran. Land Management, 2(1): 17-26 (in Persian).
3. Bartley, R., S.N. Wilkinson, A.A. Hawdon, B.N. Abbott and D.A. Post. 2010. Impacts of improved grazing land management on sediment yields. Part 2: catchment response. Journal of Hydrology, 389(3): 249-259.
4. Esfandyari, F., R. Mostafazadeh and P. Faghezadeh. 2016. Comparison of temporal variations in monthly discharge and sediment load in some rivers of West Azerbaijan Province. Quantitative Geomorphological Research, 5(2): 53-65 (in Persian).
5. Farajzadeh, M. and M. Gharechorlo. 2011. Analysis of the spatial and temporal suspended sediment of Qarahsu Drainage Basin. Environmental Erosion Research, 1(3): 61-84 (in Persian).
6. Felegari, M., A. Talebi, M.T. Dastorani and A.S. Rangavar. 2014. Efficiency assessment of Rangeland Hydrology and Erosion Model (RHEM) for water erosion quantification, case study: Sangane Watershed, Iran. Environmental Resources Research, 2(2): 134-146.
7. Gallart, F., P. Llorens, J. Latron and D. Regüés. 2002. Hydrological processes and their seasonal controls in a small Mediterranean mountain catchment in the Pyrenees. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 6(3): 527-537.
8. Ghoddousi, J., M. Tavakoli, S.H. Khalkhali and M.J. Soltani. 2006. Assessing effect of rangeland exclusion on control and reduction of soil erosion rate and sediment yield. Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 73: 136-142 (in Persian).
9. Hosseini, S.S. and M. Ghorbani. 2005. Economics of soil erosion. Ferdowsi University of Mashhad Press, 205 pages (in Persian).
10. Jacobsen, T. 1995. Some aspects of reservoir sedimentation. Workshop on Reservoir Sedimentation Control, Regional Centre on Urban Flood Management, Karaj, Iran.
11. Khaledi Darvishan, A., L. Gholami, J.H. Ghorghi, V. Spalević, A.K. Kord and H.M. Amini. 2016. Effect of exclosure on runoff, sediment concentration and soil loss in erosion plots. Agrofor International Journal, 1(1): 49-57.
12. Khaledi Darvishan, A., J.H. Ghorghi, A.K. Kord, H.M. Amini, L. Gholami, A. Karamzadeh, A. Bahmani and F. Saeidi. 2018. Effect of exclosure on runoff, sediment concentration and soil loss in erosion plots in Khamsan representative watershed of Kurdistan Province. Journal of Water and Soil Conservation, 24(6): 243-255.
13. Khazayi, M., S.H.R. Sadeghi and S.Kh. Mirnia. 2011. Hydrological effects of forest surface disturbance, a case study. Journal of Forest, 3(2): 145-155 (in Persian).
14. Martinez, G., M. Weltz, F.B. Pierson, K.E. Spaeth and Y. Pachepsky. 2017. Scale effects on runoff and soil erosion in rangelands: observations and estimations with predictors of different availability. Catena, 151: 161-173.
15. Mathys, N., S. Klotz, M. Esteves, L. Descroix and J.M. Lapetite. 2005. Runoff and erosion in the black marls of the French Alps: observations and measurements at the plot scale. Catena, 63(2): 261-281.
16. Mesdaghi, M. 2003. Rangeland management in Iran. Astane Ghods Publication, Imam Reza University, 156 pages (in Persian).
17. Nearing, M.A., G. Govers and L.D. Norton. 1999. Variability in soil erosion data from replicated plots. Soil Science Society of America Journal, 63(6): 1829-1835.
18. Noor, H., S.Kh. Mirnia, S. Fazli, M.B. Raisi and M. Vafakhah. 2010. Application of MUSLE for the prediction of phosphorus losses. Water Science and Technology, 62(4): 809-815.
19. Noor, H., S.H. Rajaei, A. Bagherian Kalat and R. Sedigh. 2018. Analyzing temporal and spatial scale effect on sediment yield of micro-watershed in Sanganeh area. Extension and Development of Watershed Management, 6(21): 37-42 (in Persian).
20. Pilon, C., P.A. Moore, D.H. Pote, J.H. Pennington, J.W. Martin and D.K. Brauer. 2017. Long-term effects of grazing management and buffer strips on soil erosion from pastures. Journal of Environmental Quality, 46(2): 364-372.
21. Pimental, D., C. Harvey, P. Resosudarmo and K. Sinclair. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science, 267(5201): 11-17.
22. Rangavar, A. 2006. Investigation and comparison of runoff and soil loss between experimental plots and small catchments in order to use in watershed areas scale. Research Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 165 pages (in Persian).
23. Refahi, H.G. 2001. Water erosion and its control. Tehran University Publisher, 125 pages (in Persian).

24. Sadeghi, S.H.R., K. Mohammadpour and G.A. Dianatitilaki. 2010. Sediment yield variability in free grazing and short term exclosure treatments in Kodir summer rangeland. Rangeland, 4(3): 484–493 (in Persian).
25. Sanjari, G., B. Yu, H. Ghadiri, C.A. Ciesiolka and C.W. Rose. 2010. Effects of time-controlled grazing on runoff and sediment loss. Soil Research, 47(8): 796-808.
26. Tramblay, Y., A. St-Hilaire and T.B. Ouarda. 2008. Frequency analysis of maximum annual suspended sediment concentrations in north America. Hydrological Sciences Journal, 53(1): 236-252.
27. Wang, Z.Y., G.Q. Hang and J. Gao. 2004. Modeling of vegetation-erosion dynamics in watershed systems. Journal of Environmental Engineering, 130: 792-800.
28. Zuazo, V.H.D and C.R.R. Pleguezuelo. 2008. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. Agronomy for Sustainable Development, 28(1): 65-86.