نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۰، شماره ۱، ۱۳۹۷، صفحات ۱-۱۳

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 10, Issue 1, 2018, Pages 1-13
DOI: 10.22092/ijwmse.2018.115656

بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر رواناب و فرسایش خاک با استفاده از شبیه‌سازی باران در منطقه حیران اردبیل

الناز آذرتاج[۱]، علی رسول‌زاده*[۲] و علی اصغری[۳]

[۱] کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، [۲] دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی و [۳] دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۱۰

چکیده

آب و خاک از گران‌بهاترین منابع ملی کشور هستند. متأسفانه در دهه اخیر، در اثر تغییر کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی، قسمت اعظم نزولات تبدیل به رواناب شده، علاوه بر هدررفت این منبع حیاتی، با ایجاد سیلاب‌های عظیم، باعث خسارات مالی و جانی فراوان می‌شود. این پژوهش به‌منظور بررسی رواناب و فرسایش خاک در مراتع تحت پوشش گیاهی متراکم و مقایسه آن با مراتع با پوشش گیاهی نیمه‌متراکم و اراضی زراعی که منتج از تغییر کاربری مرتع بوده در منطقه‌ی حیران اردبیل صورت گرفت. بدین منظور سه کاربری شامل مرتع دست‌نخورده با پوشش گیاهی ۱۰۰ درصد، مرتع با پوشش گیاهی ۵۰ درصد، و زمین زراعی (مرتع تبدیل شده به زمین زراعی) فاقد پوشش گیاهی در منطقه شناسایی شد. سپس در هر کاربری سه طبقه شیب (۱۰، ۱۵ و ۲۴ درصد) تعیین شد. آزمایش به‌صورت کرت-های خرد شده در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا شد. در هر کاربری و در هر طبقه شیب به‌طور تصادفی اقدام به شبیه-سازی باران و اندازه‌گیری میزان رواناب و هدررفت خاک با سه تکرار در کرت‌هایی با ابعاد دو در ۱/۵ متر (در مجموع ۲۷ کرت) شد. با استفاده از باران‌ساز، بارشی با شدت ثابت ۱/۵ میلی‌متر بر دقیقه و به مدت ۱۵ دقیقه در هر کرت ایجاد و همزمان با آغاز رواناب، هر دو دقیقه یک‌بار از رواناب نمونه‌برداری شد. نتایج نشان داد، بیشترین حجم رواناب، مقادیر خاک هدر رفته، غلظت رسوب مربوط به مرتع تبدیل شده به زمین زراعی در شیب ۲۴ درصد و کمترین آن‌ها مربوط به کاربری مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش‌گیاهی و شیب ۱۰ درصد می‌باشد. همچنین، نتایج نشان داد که با تبدیل مرتع دست‌نخورده به زمین زراعی، حجم رواناب تولیدی حدود پنج برابر افزایش داشت. از طرف دیگر با افزایش شیب از ۱۰ به ۲۴ درصد، حجم رواناب ۱/۷ برابر افزایش نشان داد. ضریب رواناب برای سه کاربری و سه سطح شیب تعیین شد که بیشترین ضریب رواناب مربوط به کاربری مرتع تبدیل شده به زمین زراعی با شیب ۲۴ درصد و کمترین آن مربوط به مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی و شیب ۱۰ درصد بود که به‌ترتیب ۰/۷۲ و ۰/۰۶ به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: استان اردبیل، باران‌ساز، پوشش گیاهی، رسوب، هدررفت خاک

مقدمه

فرسایش خاک از مهمترین معضلات زیست محیطی، کشاورزی و تولید غذا در جهان است که تأثیرات مخربی بر تمام اکوسیستم‌های طبیعی و تحت مدیریت انسان دارد. هر چند فرسایش خاک در طول تاریخ وجود داشته است، ولی در سال‌های اخیر به‌دلیل

* مسئول مکاتبات: arasoulzadeh@gmail.com

مدیریت و کاربری نامناسب اراضی، شدت یافته است (Kim و همکاران، ۲۰۰۶). جوامع گیاهی با نگهداشت قطرات باران به‌وسیله تاج پوشش گیاهی موجب کاهش انرژی جنبشی آن‌ها می‌شوند و بقایای گیاهی افزوده شده به خاک، موجب افزایش کربن آلی موجود در خاک و ایجاد خاکدانه‌های چسبنده و پایدار شده و در نتیجه موجب حفاظت خاک می‌شوند (Schlesinger و همکاران، ۲۰۰۹).

جریان رواناب، فرایند مهمی است که از طریق انتقال ذرات خاک موجب هدررفت عناصر غذایی مؤثر می‌شود (Perez-Latorre و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین، بررسی رواناب به‌عنوان یکی از فرایندهای اصلی فرسایش خاک، امری اجتناب‌ناپذیر است. از طرفی، به‌دلیل محدودیت‌های مالی و زمانی، شرایط سخت فیزیکی آبخیزها و نیز نوسانات غیرقابل پیش‌بینی اقلیمی مانند خشک‌سالی‌های درازمدت، جمع‌آوری اطلاعات مربوط به جنبه‌های مختلف فرایندهای هدررفت خاک در پهنه‌های طبیعی دشوار می‌باشد (Barthes و Roos، ۲۰۰۲)، به همین دلیل، در بسیاری از پژوهش‌های برآورد فرسایش و تولید رسوب، به بهره‌گیری و استفاده از باران‌سازها اقدام شده است. از نظر تئوری استفاده از این وسیله نه تنها موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌شود، بلکه می‌توان مقدار رواناب و رسوب را به همراه تمامی فرایندهای دخیل در فرسایش و تولید رسوب پایش کرد. در هر حال، باید توجه داشت که استفاده از باران‌ساز خود با محدودیت‌هایی همراه است. به‌طوری که، دستگاه‌های باران‌ساز هرگز نمی‌توانند شرایط طبیعی را به‌طور کامل ایجاد کنند. اما به‌رغم چالش‌های موجود، استفاده از باران‌سازها به‌دلیل مزایای یاد شده، در جهان رایج است (Pan و Shangguan، ۲۰۰۶).

در زمینه بررسی اثرات نوع و میزان پوشش گیاهی بر میزان رواناب و رسوب و شناخت عوامل مؤثر در وقوع آن مطالعات مختلفی انجام شده است. Gomez و Nearing (۲۰۰۵) رواناب و هدررفت خاک سطوح ناهموار و مسطح را در دو شیب پنج و ۲۰ درصد و در شرایط آزمایشگاه، با پنج بارش شبیه‌سازی شده، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تفاوت آماری در مقدار رواناب و هدررفت خاک در شیب ۲۰ درصد وجود ندارد. Sadeghi و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که مقدار رواناب و رسوب در فصل تابستان در مراتع فقیر، در سطح احتمال یک درصد بیشتر از دیم‌زارهای رها شده است. در صورتی‌که در فصل زمستان تولید رواناب و رسوب در دیم‌زارها در سطح احتمال مشابه بیشتر از مزارع فقیر بود. Ghoddusi و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر قرق مرتع در کاهش و مهار فرسایش خاک و تولید رسوب را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده همبستگی معنی‌دار بین افزایش میزان تراکم پوشش گیاهی در پهنه قرق با کاهش ارتفاع رواناب سطحی و مقادیر رسوب به‌ترتیب با ضرایب r=۰/۹۲ و r=۰/۸۹ در سطح یک درصد بود.

Saghafian و همکاران (۲۰۰۷)، با تلفیق سامانه-های اطلاعات جغرافیایی و مدل تک واقعه‌ای HEC-HMS اثرات تغییر پوشش گیاهی بر دبی اوج و حجم سیل در حوزه آبخیز سد گلستان را بررسی کردند. نتایج شبیه‌سازی هیدروگراف نشان داد که به‌علت تغییر کاربری اراضی و تخریب جنگل‌ها و مراتع حوضه، دبی اوج سیل در دوره بازگشت پنج ساله به میزان ۳۱/۷ درصد افزایش یافته است. Yousefifard و همکاران (۲۰۰۷) مطالعه‌ای را با هدف برآورد رسوب، رواناب و هدررفت عناصر غذایی در چهار کاربری اراضی، شامل مرتع با پوشش گیاهی تقریباً خوب (کمتر از ۲۰ درصد)، مرتع با پوشش گیاهی ضعیف (کمتر از ۱۰ درصد)، دیم‌زار و دیم‌زارهای رها شده واقع در منطقه چشمه علی (سولیجان) استان چهار محال و بختیاری انجام دادند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار رواناب در کاربری دیم‌زار رها شده و کمترین مقدار در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب ایجاد می‌شود. همچنین، بیشترین مقدار رسوب و هدررفت عناصر غذایی در کاربری دیم‌زار و کمترین مقدار رسوب و هدررفت عناصر غذایی در کاربری مرتع با پوشش گیاهی خوب مشاهده شد.

Vahabi و Mahdian (۲۰۰۸)، در حوضه طالقان از یک باران‌ساز در کرتی به ابعاد ۰/۸۹×۱/۲ متر، به‌منظور بررسی اثر شیب، پوشش گیاهی، بافت خاک و رطوبت اولیه خاک بر رواناب استفاده کردند. آن‌ها گزارش کردند که پوشش گیاهی و رطوبت اولیه خاک

به‌ترتیب بیشترین تأثیر عکس و مستقیم را بر رواناب دارد، ولی درصد شیب همبستگی کمی با رواناب نشان داد. Azmoudeh و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر تغییر کاربری را روی رواناب و فرسایش خاک در محدوده شهرستان ساری را بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد، بیشترین و کمترین میزان رواناب به‌ترتیب در کاربری جنگل و باغ ایجاد شده است. همچنین، مقدار فرسایش خاک در اراضی زراعی و باغ به‌ترتیب ۱/۷۶ و ۱/۳۶ برابر کاربری جنگل بود.

Zare Khormizi و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از شبیه‌سازی بارش، پژوهشی را با هدف تعیین اثر شیب و خصوصیات خاک بر رواناب و هدررفت خاک در حوزه آبخیز چهل چای استان گلستان اجرا کردند. نتایج نشان داد که بین حجم رواناب و شیب، همبستگی کمی وجود دارد و در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست. اما بین مقادیر خاک هدررفته و شیب، در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین، درصد رطوبت همبستگی مثبت و مقاومت خاک سطحی، همبستگی منفی و معنی‌دار با هدررفت خاک نشان داد. در مجموع، حجم رواناب و هدررفت خاک در شیب بیش از ۳۰ درصد نسبت به شیب صفر تا ۱۰ درصد به‌ترتیب هشت و ۱۰۰ درصد افزایش داشت و با افزایش شیب مقاومت ذرات خاک کاهش و هدررفت خاک افزایش نشان داد.

بر اساس مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عوامل متعددی در تولید رواناب و هدررفت خاک نقش دارد. شناخت این عوامل می‌تواند در ارایه پیشنهادهای مدیریتی و کمی نمودن تغییرات رواناب و هدررفت خاک مفید واقع شود. این پژوهش در ارتفاعات حیران اردبیل صورت گرفت که قسمت اعظمی از مراتع در جهت شیب شخم خورده‌اند و پوشش گیاهی طبیعی کاهش یافته است و با توجه به این‌که پایین‌دست حیران، شهرهای مهمی قرار دارند، بنابراین با تبدیل مرتع به زمین زراعی، احتمال وقوع رواناب و سیل‌خیزی افزایش می‌یابد. در این پژوهش از طرح آماری برای بررسی تأثیر عوامل پوشش گیاهی و شیب روی رواناب و هدررفت خاک استفاده شد. با توجه به موارد یاد شده، هدف این پژوهش بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی از مرتع به کشاورزی در طبقات مختلف شیب بر میزان رواناب و هدررفت خاک در منطقه حیران استان اردبیل بود.

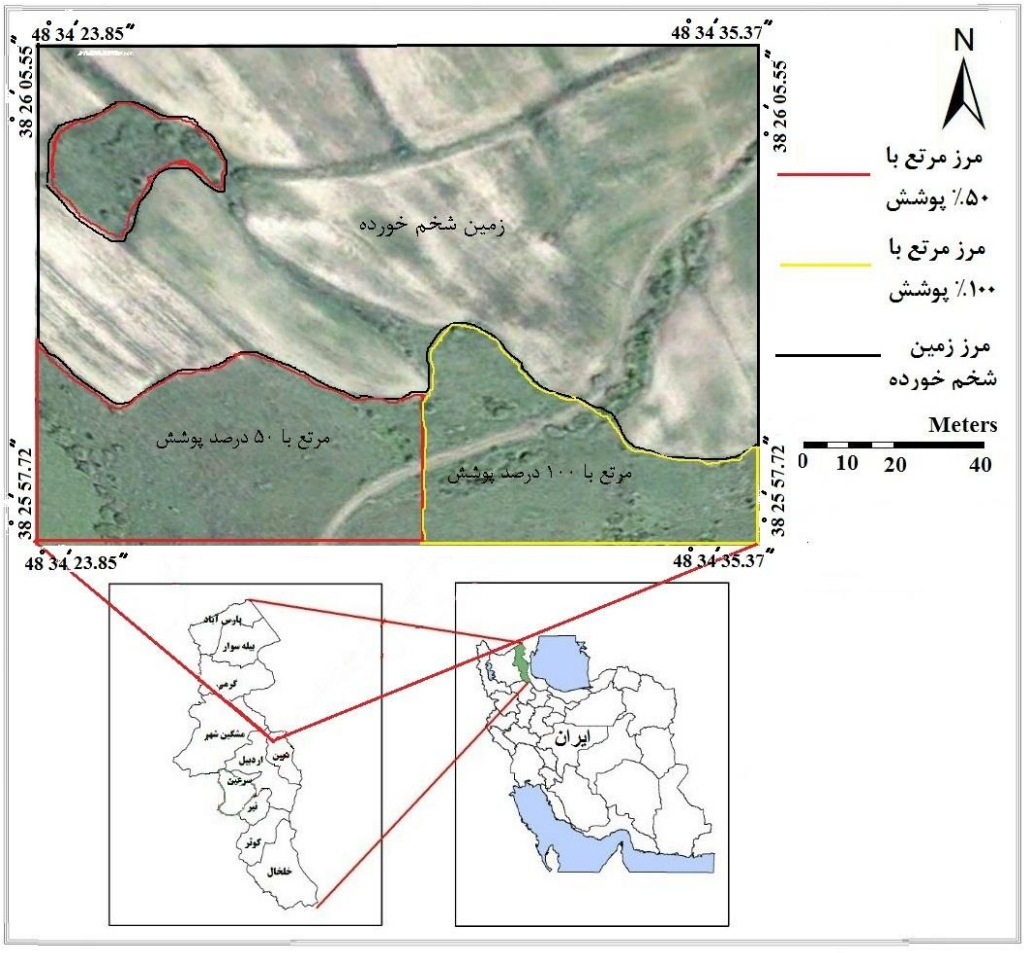
مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد پژوهش: این پژوهش در ارتفاعات حیران استان اردبیل با ارتفاع ۱۶۵۵ متر از سطح آزاد دریاها اجرا شد. محل مورد آزمایش از نظر آب و هوایی و طبقه‌بندی اقلیمی به روش آمبرژه جزء مناطق مرطوب سرد محسوب می‌شود. متوسط بارش سالیانه بر اساس آمار ۳۰ ساله هواشناسی ۳۳۶ میلی-متر می‌باشد. شکل ۱ نمایی از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

ویژگی باران‌ساز مورد استفاده و اطلاعات بارندگی: باران‌ساز مورد استفاده، باران‌ساز صحرایی مدل شرکت Eijkelkamp بود که با پلات ۰/۰۹ متر مربع به راحتی قابل حمل است (شکل ۲). این باران‌ساز برای تعیین خصوصیات فرسایشی خاک، میزان نفوذ آب و همچنین، تحقیقات حفاظت خاک مناسب است. باران‌ساز از سه قسمت آب پاش با تنظیم کننده فشار برای ایجاد بارش استاندارد، پایه و قاب فلزی تشکیل شده است. حداکثر شدت بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله از روی منحنی‌های شدت، مدت و فراوانی ایستگاه اردبیل ۱/۵ میلی‌متر بر دقیقه استخراج شد (Jenabi، ۲۰۱۱). بنابراین، شدت و مدت بارندگی برای تمام شبیه‌سازی‌های انجام شده، ثابت و برابر ۱/۵ میلی‌متر بر دقیقه، با مدت زمان ۱۵ دقیقه در نظر گرفته شد.

طرح آزمایشی و نحوه برداشت نمونه‌های رواناب، رسوب و خاک: منطقه مورد مطالعه دارای قابلیت اراضی مرتعی با پوشش گیاهی انبوه بوده ولی با توجه به تغییر کاربری صورت گرفته، در حال حاضر قسمت اعظمی از مراتع در جهت شیب شخم خورده‌اند و پوشش گیاهی طبیعی کاهش یافته است. برای بررسی اثر تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی و کاهش پوشش گیاهی روی رواناب و رسوب، بعد از بررسی‌های میدانی سه کاربری نزدیک به هم شامل مرتع دست‌نخورده با پوشش گیاهی ۱۰۰ درصد، مرتع با پوشش گیاهی ۵۰ درصد و زمین زراعی فاقد پوشش گیاهی (مرتع تبدیل

شده به زمین زراعی) در منطقه شناسایی شد (شکل ۱). سپس در هر کاربری، با استفاده از دوربین نقشه-برداری سه شیب (۱۰، ۱۵ و ۲۴ درصد) تعیین شد و آزمایش با سه تکرار و در مجموع ۲۷ کرت (نه کرت در مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش، نه کرت در مرتع با ۵۰ درصد پوشش و نه کرت در زمین زراعی فاقد پوشش) در کرت‌هایی با ابعاد دو در ۱/۵ متر به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا شد. سپس، در هر کرت بارشی به مدت ۱۵ دقیقه و با شدت ۱/۵ میلی‌متر بر دقیقه ایجاد و بعد از شروع رواناب، هر دو دقیقه یک‌بار (در مجموع چهار زمان)، از رواناب، نمونه‌برداری صورت گرفت. برای تعیین حجم رواناب و غلظت رسوب، نمونه‌ها در بطری جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. در هر کرت، مقاومت خاک سطحی در نقاط مختلف، با استفاده از مقاومت‌سنج قابل حمل با ۱۰ تکرار اندازه‌گیری شد (Schjonning، ۱۹۹۴). نمونه‌برداری خاک، در داخل هر کرت، به‌صورت کاملا تصادفی انجام گرفت. به این ترتیب که، از هر کرت با استفاده از استوانه نمونه‌برداری به حجم تقریبی ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب، نمونه دست‌نخورده برای تعیین جرم مخصوص ظاهری و نمونه دست-خورده از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری برای تعیین بافت خاک، جرم مخصوص حقیقی، رطوبت اولیه و کربن آلی برداشت شد. پس از جمع‌آوری و ثبت داده-ها برای تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شد. با توجه به وجود سه عامل کاربری، شیب و زمان و پیچیده شدن اثرات متقابل دو جانبه و به‌خصوص سه جانبه این عوامل، لذا داده‌های هر زمان (چهار زمان دو دقیقه‌ای) به‌طور مجزا تجزیه شد. در نهایت تجزیه داده‌های آزمایش با در نظر گرفتن سه نوع کاربری اراضی و سه طبقه شیب به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه کاملا تصادفی انجام شد. در صورت معنی‌داری، برای مقایسه‌ی میانگین‌ها، از روش دانکن در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.



شکل ۱- نمایی از منطقه مورد مطالعه با کاربری‌های مختلف

شکل ۲- شبیه‌سازی بارش در سه کاربری به‌ترتیب از راست به چپ: زمین زراعی، مرتع با ۵۰ و مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش

عملیات آزمایشگاهی: حجم رواناب تولیدی هر دو دقیقه یک‌بار جمع‌آوری و با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد (Marques و همکاران، ۲۰۰۷). رسوب تولیدی نیز پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۰ به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار گرفت و در دمای $^{\circ}C$ ۱۰۵، خشک و توزین شد (Seeger، ۲۰۰۷). همچنین، از تقسیم میزان هدررفت خاک بر حجم رواناب، غلظت رسوب بر حسب گرم در لیتر محاسبه شد و در نهایت ضریب رواناب از تقسیم حجم رواناب به حجم بارش محاسبه شد. رطوبت اولیه خاک به روش وزنی (Jin و همکاران، ۲۰۰۸)، جرم مخصوص ظاهری از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری خاک با به‌کارگیری استوانه‌های نمونه‌برداری (با حجم تقریبی ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب) و تهیه نمونه دست‌نخورده و خشک کردن آن‌ها در دمای $^{\circ}C$ ۱۰۵ در آون به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری جرم مخصوص حقیقی خاک از روش پیکنومتر استفاده شد (Dane و Topp، ۲۰۰۲). بافت خاک شامل درصد رس (کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر)، سیلت (۰/۰۵-۰/۰۰۲ میلی‌متر) و شن (۲-۰/۰۵ میلی‌متر) به روش هیدرومتری (Dane و Topp، ۲۰۰۲) و درصد کربن آلی به روش والکی بلاک (Duiker و همکاران، ۲۰۰۱) تعیین شد.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی خاک در طبقات مختلف شیب و کاربری‌های مختلف اراضی با درصدهای متفاوت پوشش گیاهی در جدول ۱ ارایه شده است. نتایج نشان داد که مقاومت سطحی خاک در هر کاربری با افزایش شیب، کاهش می‌یابد. به‌طوری که، مقاومت خاک در هر سه کاربری در شیب ۲۴ درصد، کمتر از سایر طبقات شیب می‌باشد. همچنین، مقاومت خاک در زمین زراعی بدون پوشش گیاهی (مرتع تبدیل شده به زمین زراعی) کمتر از مرتع با ۵۰ درصد پوشش و مرتع دست‌نخورده با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی است که دلیل این امر، به هم خوردن و نرم شدن خاک بر اثر عملیات خاکورزی می‌باشد که با نتایج Shirani و همکاران (۲۰۰۹) و Varsa و همکاران (۱۹۹۷) هم‌خوانی دارد.

با افزایش شیب، جرم مخصوص ظاهری کاهش یافت که این امر احتمالا ناشی از انتقال ذرات ریز از شیب‌های بیشتر به‌سمت شیب‌های کمتر بدون خاکدانه‌ای شدن می‌باشد. از طرف دیگر، جرم مخصوص ظاهری در زمین زراعی تازه شخم خورده کمتر از دو کاربری دیگر بود. عملیات شخم سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری می‌شود. لذا، زمینی که تغییر کاربری داده شده است، در اثر عملیات خاکورزی، نسبت به دو کاربری دیگر، دارای جرم مخصوص ظاهری کمتری است. همچنین، هر چقدر مقدار کربن آلی خاک بیشتر باشد، جرم مخصوص حقیقی کمتر می‌شود و کاربری مرتع دست‌نخورده با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی بیشترین کربن آلی و کمترین جرم مخصوص حقیقی را به خود اختصاص داد (جدول ۱).

از نظر بافت خاک نیز کاربری مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی دارای بافت لومی، کاربری مرتع با ۵۰ درصد پوشش گیاهی و زمین زراعی فاقد پوشش گیاهی دارای بافت لوم رسی بود. این سه کاربری به گونه‌ای انتخاب شدند که مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی در قسمت بالا و مرتع با ۵۰ درصد پوشش گیاهی و زمین زراعی در مجاور هم بودند. بافت‌های

سه کاربری بسیار نزدیک به هم هستند و دلیل تفاوت اندک بافت مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش‌گیاهی و دو کاربری دیگر، قرار داشتن این کاربری در قسمت بالاتر و انتقال ذرات ریز به پائین‌دست به مرور زمان است. لذا، این کاربری دارای بافت لومی بود. دو کاربری مرتع با ۵۰ درصد پوشش‌گیاهی و زمین زراعی که در مجاور هم قرار داشتند، دارای بافت لوم رسی بودند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک در طبقات مختلف شیب و درصدهای مختلف پوشش گیاهی در منطقه مورد پژوهش

خصوصیت	پوشش گیاهی ۱۰۰ درصد			پوشش گیاهی ۵۰ درصد			پوشش گیاهی صفر درصد		
	شیب (درصد)			شیب (درصد)			شیب (درصد)		
	۱۰	۱۵	۲۴	۱۰	۱۵	۲۴	۱۰	۱۵	۲۴
مقاومت خاک (Mpa)	۳/۱۱	۱/۷۱	۱/۲۶	۱/۳۷	۱/۱۳	۰/۸۶	۰/۷۷	۰/۶۴	۰/۶۱
جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۱۵	۱/۱۰	۱/۰۴	۱/۱۴	۱/۰۵	۱/۰۲	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۵
جرم مخصوص حقیقی ($g\ cm^{-3}$)	۲/۴۱	۲/۳۲	۲/۳۶	۲/۵۱	۲/۵۰	۲/۵۱	۲/۶۱	۲/۵۱	۲/۵۰
رطوبت وزنی (درصد)	۲۲/۹۹	۲۸/۹۴	۳۰/۹۰	۲۳/۶۲	۲۵/۰۴	۲۳/۹۸	۲۳/۷۶	۲۱/۸	۱۹/۵۵
کربن آلی (درصد)	۳/۲۲	۳/۲۱	۳/۲۸	۲/۴۶	۲/۴۲	۲/۳۳	۲/۲۱	۲/۲۹	۲/۲۵
بافت خاک	لوم	لوم	لوم	لوم رسی	لوم رسی	لوم رسی	لوم رسی	لوم رسی	لوم رسی

در این پژوهش،کاربری‌های مختلف و طبقات شیب ۱۰، ۱۵ و ۲۴ درصد از نظر پتانسیل تولید رواناب و رسوب مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در منطقه مورد پژوهش بین طبقات مختلف شیب و کاربری‌های با پوشش گیاهی متفاوت از نظر مولفه‌های حجم رواناب، جرم رسوب و غلظت رسوب در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. اثر متقابل کاربری با شیب نیز بر روی پارامترهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود (جداول ۲ و ۳). این نتیجه با یافته‌های Barthes و Roos (۲۰۰۲)، مطابقت داشت. بر اساس مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، کمینه حجم رواناب، جرم رسوب و غلظت رسوب در تمامی زمان‌ها در شیب ۱۰ درصد و پوشش گیاهی ۱۰۰ درصد و بیشینه آن‌ها در شیب ۲۴ درصد و زمین زراعی فاقد پوشش گیاهی مشاهده شد (شکل‌های ۳، ۴ و ۵). در جوامع با پوشش گیاهی مناسب، تاج پوشش گیاهی موجب کاهش انرژی جنبشی قطرات باران می‌شوند و بقایای گیاهی افزوده شده به خاک، سبب افزایش کربن آلی موجود در خاک و ایجاد خاکدانه‌های چسبنده و پایدار شده و در نتیجه موجب کاهش هدررفت خاک می‌شوند. از طرف دیگر، هر چه میزان شیب بیشتر باشد، آب با سرعت بیشتری به‌سمت پایین جاری شده و در نتیجه انرژی جنبشی و قدرت فرسایندگی آن بیشتر می‌شود (Rafahi، ۲۰۰۹).

با افزایش شیب، سرعت جریان آب روی دامنه افزایش می‌یابد و آب فرصت کافی برای نفوذ را از دست می‌دهد و در نتیجه انرژی جنبشی و قدرت فرسایندگی آن بیشتر می‌شود. Navas (۱۹۹۳)، نیز به این موضوع اشاره کرد و بیان داشت که بیشترین میزان رواناب و فرسایش در کرت‌های با شیب تند ایجاد شد. نتایج نشان داد حجم رواناب تولیدی در شیب ۲۴ درصد، حدود ۶۹ درصد نسبت به شیب ۱۵ درصد و ۱۶۵ درصد نسبت به شیب ۱۰ درصد بیشتر است. Cheng و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که با افزایش شیب پایداری خاک کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر، نیروی انتقال ذرات به طرف پایین افزایش می‌یابد و منجر به افزایش هدر رفت خاک می‌شود.

جدول ۲- تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده بعد از شبیه‌سازی باران در زمان اول و دوم نمونه‌برداری

		زمان ۱			زمان ۲		
		میانگین مربعات			میانگین مربعات		
منابع تغییر	درجه آزادی	حجم رواناب (ml)	جرم رسوب (g)	غلظت رسوب ($g\ l^{-1}$)	حجم رواناب (ml)	جرم رسوب (g)	غلظت رسوب ($g\ l^{-1}$)
پوشش گیاهی	۲	۹۷۰۶۵/۳۵**	۵۷/۰۵**	۸۶۱/۱۱**	۱۸۰۵۹۰/۷**	۱۷۸/۲۱**	۱۱۷۵/۶**
خطا	۶	۹۹/۴۱	۰/۶۹	۱۰/۹۶	۱۲۳/۹۹	۴/۲۲	۳۹/۹۷
شیب	۲	۴۳۱۵۱/۸۳**	۱۸/۲۷**	۱۰۴/۵۶**	۵۶۳۱۲/۷۸**	۸۲/۶۸**	۳۷۴/۱۴**
شیب×پوشش	۴	۳۲۲۰/۱۶**	۷/۸۱**	۳۶/۶۹**	۱۵۷۰/۰۱**	۳۸/۸۳**	۱۲۲/۲۸**
خطا	۱۸	۱۰۳/۴۹	۰/۶۹	۸/۶۷	۱۹۹/۵۱	۱/۱۲	۷/۸۸

ns و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده بعد از شبیه‌سازی باران در زمان سوم و چهارم نمونه‌برداری در منطقه مورد پژوهش

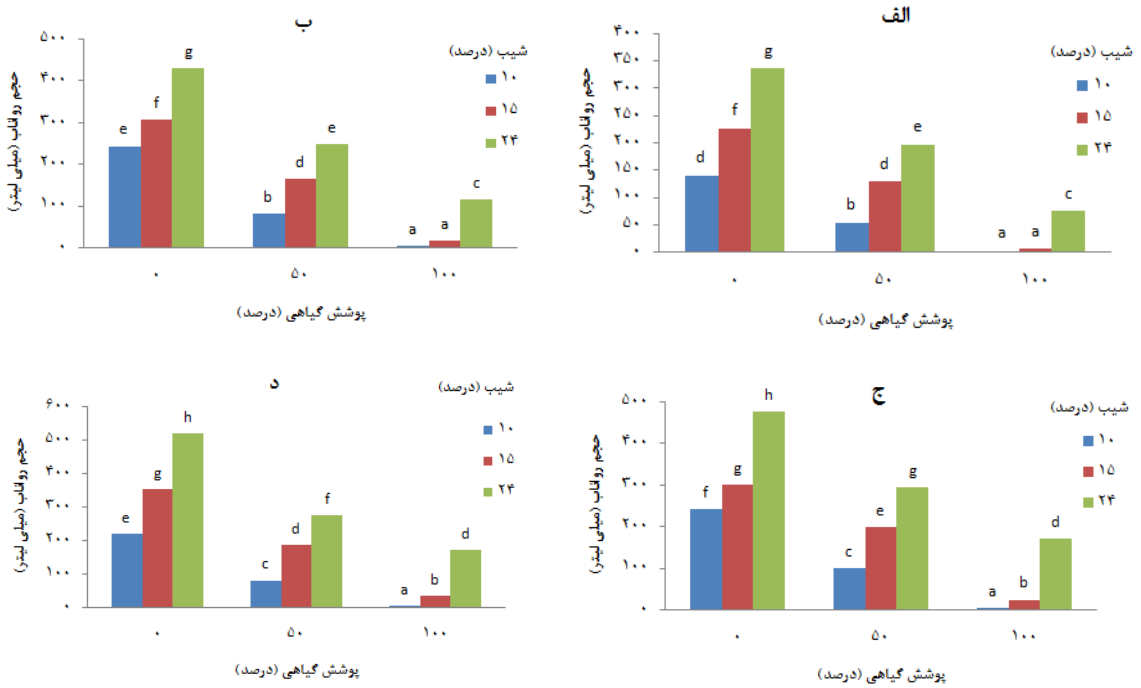
		زمان ۳			زمان ۴		
		میانگین مربعات			میانگین مربعات		
منابع تغییر	درجه آزادی	حجم رواناب (ml)	جرم رسوب (g)	غلظت رسوب ($g\ l^{-1}$)	حجم رواناب (ml)	جرم رسوب (g)	غلظت رسوب ($g\ l^{-1}$)
پوشش گیاهی	۲	۱۶۸۹۸۶/۵۷**	۲۹۲/۹۸**	۱۸۰۵/۳۱**	۱۹۹۱۵۱/۸۲**	۳۷۷/۱**	۱۹۱۲/۷۴**
خطا	۶	۴۸/۴۶	۰/۳۲	۵/۱۳	۲۲۵/۵۸	۰/۹۱	۱۰/۳۱
شیب	۲	۹۲۹۴۵/۳**	۱۶۷/۴۷**	۶۵۸/۳۹**	۱۱۰۲۱۶/۷**	۲۱۹/۵۱**	۷۶۷**
شیب×پوشش	۴	۲۲۳۳/۱۴**	۸۰/۲۹**	۲۰۳/۹۴**	۴۵۱۶/۴۸**	۱۰۸/۷۵**	۲۱۷/۲۳**
خطا	۱۲	۱۲۹/۵۹	۰/۵۵	۵/۱۱	۱۴۴/۲۸	۰/۴۰	۷/۱۰

ns و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

در تمامی زمان‌ها، کاربری زمین زراعی بدون پوشش‌گیاهی با شیب ۲۴ درصد بیشترین مقدار رواناب، جرم رسوب و غلظت رسوب را داشت. سپس، مرتع با ۵۰ درصد پوشش گیاهی مقدار متوسط و مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی و شیب ۱۰ درصد کمترین میزان رواناب، رسوب و غلظت رسوب را به خود اختصاص دادند. جرم رسوب و غلظت رسوب در پوشش‌گیاهی ۱۰۰ درصد، در زمان اول حتی با وجود رواناب صفر بود. در سایر زمان‌ها نیز این کاربری دارای مقادیر ناچیز رسوب و نزدیک به صفر بود (شکل‌های ۳، ۴ و ۵). یک خاک پوشیده از گیاهان متراکم بیشینه مقاومت را در برابر جریان آب دارد. بنابراین، در زمینی با پوشش‌گیاهی متراکم، حتی با وجود بارندگی‌های شدید و شیب‌های تند، فرسایش وجود نخواهد داشت و در صورت وجود، مقدار آن ناچیز خواهد بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که بارندگی‌های با مدت کم در کاربری مرتع با پوشش گیاهی مناسب، با وجود رواناب سبب فرسایش خاک نخواهد شد.

اثر متقابل دو عامل مستقل شیب و پوشش‌گیاهی از نظر حجم رواناب، در شکل ۳ نشان داده شده است. مقدار رواناب در تمام زمان‌ها، در کاربری‌های مختلف و شیب‌های متفاوت در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری دارند. بیشترین حجم رواناب در هر چهار زمان مربوط به کاربری شخم خورده با شیب ۲۴ درصد و کمترین آن مربوط به مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش و شیب ۱۰ درصد می‌باشد (شکل ۳). در نتیجه با تبدیل مراتع به اراضی زراعی به‌خصوص در شیب‌های تند، احتمال وقوع سیلاب‌های شدید و ناگهانی افزایش می‌یابد.

Zolfaghari و Haj Abbasi (۲۰۰۸) نیز به این موضوع اشاره کردند که تغییر در کاربری اراضی سبب کاهش نفوذ آب در خاک و افزایش رواناب و فرسایش می‌شود. در کاربری با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی، بین دو شیب ۱۰ و ۱۵ درصد در زمان اول و دوم از نظر حجم رواناب، اختلاف وجود دارد اما این تفاوت از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نیست (شکل ۳- الف و ب). نتایج نشان داد که با تبدیل مرتع به زمین زراعی، حجم رواناب حدود پنج برابر افزایش می‌یابد. همچنین، نتایج حاکی از آن است که از بین بردن پوشش مراتع سبب افزایش رواناب می‌شود. به‌طوری که، اگر پوشش مراتع از ۱۰۰ به ۵۰ درصد کاهش یابد، میزان رواناب ۲/۲۳ برابر افزایش خواهد یافت. بنابراین، در منطقه مورد پژوهش تغییر کاربری از مرتع به زراعی، سبب افزایش رواناب و احتمال خطر سیل‌خیزی می‌شود.

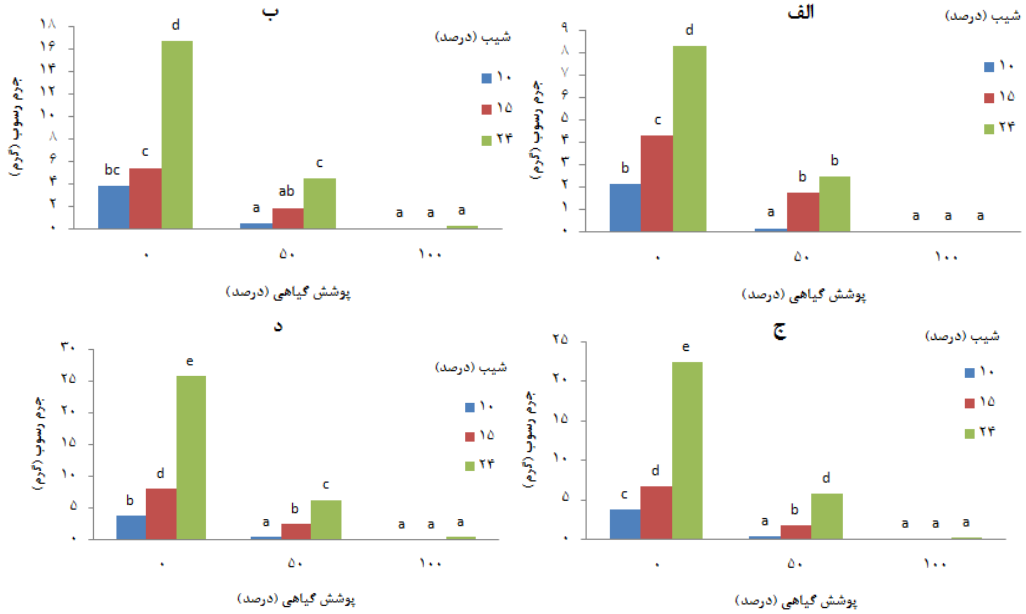


شکل ۳- اثر متقابل شیب و پوشش گیاهی بر روی حجم رواناب، الف) زمان اول، ب) زمان دوم، ج) زمان سوم و د) زمان چهارم (حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشند)

نتایج مربوط به اثر متقابل شیب و پوشش گیاهی از نظر جرم رسوب نشان داد که در هر چهار زمان بیشترین هدر رفت خاک مربوط به زمین زراعی فاقد پوشش گیاهی در شیب ۲۴ درصد و کمترین آن مربوط به مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی و شیب ۱۰ درصد است که دارای مقادیر ناچیز هدر رفت خاک می‌باشد که دلیل این امر، تراکم بالای پوشش گیاهی است که حتی با وجود شدت بالای بارندگی و افزایش شیب، فرسایش چندانی ایجاد نشده است. مقادیر جرم رسوب در مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی در هر سه شیب در تمام زمان‌های بارش از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند (شکل ۴). در زمان اول در مرتع با ۵۰ درصد پوشش، اختلاف بین شیب‌های ۱۵ و ۲۴ درصد و در زمان دوم در مرتع با ۵۰ درصد پوشش و زمین شخم خورده، اختلاف بین شیب‌های ۱۰ و ۱۵ درصد از نظر جرم رسوب تولیدی معنی‌دار نشد (شکل ۴).

Napipey Lashkarian (۲۰۰۰)، در بررسی اثرات کاربری اراضی در فرسایش خاک و رسوب‌دهی نشان داد که با کاهش وسعت جنگل‌ها و مراتع و افزایش وسعت سایر کاربری‌ها میزان رسوب دهی و فرسایش افزایش می‌یابد. میانگین غلظت رسوب در زمین زراعی با پوشش صفر درصد با شیب ۲۴ درصد نیز بیشتر از دو کاربری پوشش ۵۰ و ۱۰۰ درصد با شیب ۱۰

درصد بود. در منطقه مورد پژوهش، در اثر توسعه بی رویه اراضی دیم، مراتع از بین می‌روند و چون دیم‌زارها معمولا در نقاط شیب‌دار قرار دارند (شکل ۱)، خطر فرسایش تشدید می‌شود.



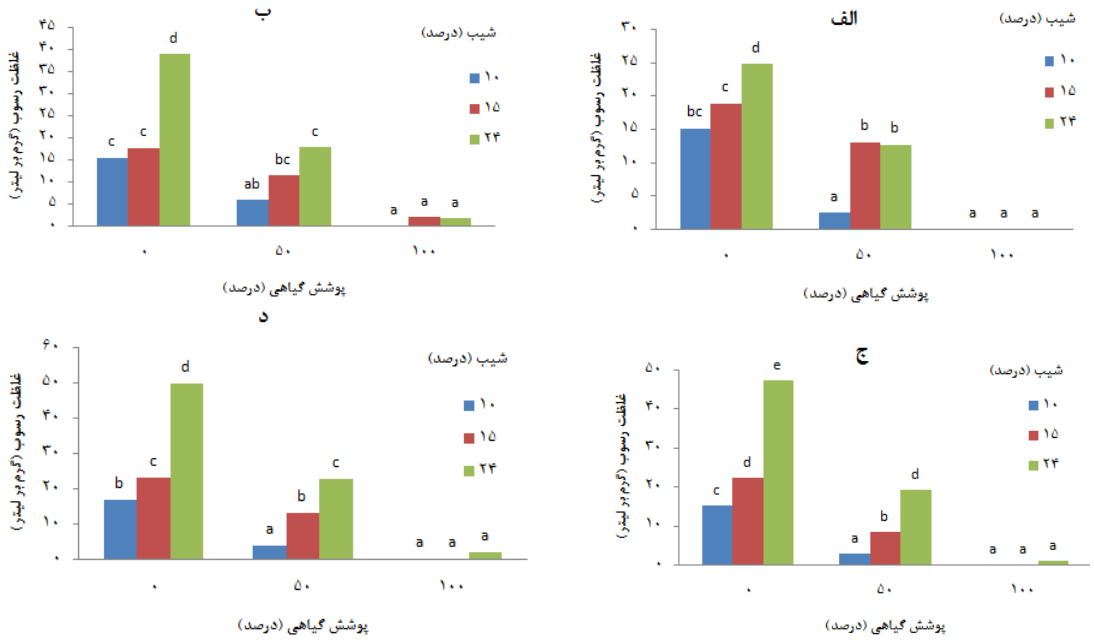
شکل ۴- اثر متقابل شیب و پوشش گیاهی بر روی جرم رسوب، الف) زمان اول، ب) زمان دوم، ج) زمان سوم و د) زمان چهارم (حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشند)

نتایج نشان داد که در دو کاربری مرتع با ۵۰ درصد پوشش گیاهی و زمین زراعی عاری از پوشش، با افزایش شیب، غلظت رسوب افزایش یافت، ولی در کاربری مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی، از نظر غلظت رسوب بین شیب‌های مختلف، تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (شکل ۵). لذا، می‌توان نتیجه گرفت که در مراتع با پوشش ۱۰۰ درصد، افزایش شیب از ۱۰ به ۲۴ درصد سبب افزایش معنی‌دار غلظت رسوب نمی‌شود. در حالی‌که، در زمین زراعی و مرتع با ۵۰ درصد پوشش گیاهی، افزایش شیب سبب افزایش معنی‌دار غلظت رسوب می‌شود. این نتیجه بیانگر اهمیت حفظ مراتع برای جلوگیری از فرسایش می‌باشد. به‌طوری که، در شیب‌های زیاد در مراتع دست‌نخورده به‌علت وجود پوشش گیاهی کامل، غلظت رسوب اختلاف معنی‌داری با شیب‌های کم ندارد. غلظت رسوب در مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی حتی با وجود رواناب ایجاد شده، بسیار ناچیز بود. زمین زراعی (مرتع تبدیل به کشاورزی) با شیب ۲۴ درصد بیشترین مقدار غلظت رسوب را داشت. در زمان اول نمونه‌برداری، بین دو سطح شیب ۱۰ و ۱۵ درصد در زمین زراعی و دو شیب ۱۵ و ۲۴ درصد در مرتع با ۵۰ درصد پوشش، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۵- الف). در زمان دوم نیز در مرتع با ۵۰ درصد پوشش، اختلاف شیب‌های ۱۰ و ۱۵ درصد و همچنین، ۱۵ با ۲۴ درصد معنی‌دار نبود، اما در همین کاربری، بین دو شیب ۱۰ و ۲۴ درصد از نظر غلظت رسوب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (شکل ۵- ب). در دو زمان آخر نمونه‌برداری، در دو کاربری زمین زراعی و مرتع با ۵۰ درصد پوشش، بین شیب‌های مختلف از نظر غلظت رسوب تفاوت معنی‌دار وجود داشت (شکل ۵- ج و د).

Morgan (۱۹۹۵)، در پژوهشی در انگلستان به این نتیجه رسید که تغییر کاربری به اراضی کشاورزی، نقش مهمی بر روی مقدار رسوب رودخانه دارد و بیان داشت که تغییر در اراضی مرتعی باعث تشدید فرسایش خاک در مقیاس وسیعی می‌شود. نتایج نشان داد، غلظت رسوب در زمین شخم خورده و مرتع با ۵۰ درصد پوشش‌گیاهی به‌ترتیب ۲۴/۹ و ۱۰/۹ برابر نسبت به مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی افزایش یافت. همچنین، غلظت رسوب در شیب ۲۴ درصد ۸۳

درصد بیشتر از شیب ۱۵ درصد و ۱۹۶ درصد بیشتر از شیب ۱۰ درصد است. هدر رفت بیشتر خاک در شیب ۲۴ درصد، به‌دلیل کاهش مقاومت خاک سطحی است.

Ekwue و همکاران (۲۰۰۹)، در مطالعات خود به افزایش میزان هدررفت خاک با افزایش شیب اشاره کردند. افزایش شیب باعث کاهش پایداری خاک می‌شود. Cheng و همکاران (۲۰۰۸) و Barthes و Roos (۲۰۰۲) به وجود همبستگی منفی بین مقاومت خاک با هدررفت خاک اشاره کردند. میزان افزایش شدید جرم و غلظت رسوب بیانگر اهمیت حفظ مراتع برای مقابله با فرسایش را نشان می‌دهد.



شکل ۵- اثر متقابل شیب و پوشش گیاهی بر روی غلظت رسوب، الف) زمان اول، ب) زمان دوم، ج) زمان سوم و د) زمان چهارم (حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشند)

ضریب رواناب برای سه کاربری و سه طبقه شیب در جدول ۴ نشان داده شده است. تغییر کاربری اراضی از مرتع به زمین زراعی، ضریب رواناب و احتمال وقوع رواناب و سیل‌خیزی را افزایش می‌دهد (جدول ۴). بیشترین ضریب رواناب مربوط به زمین زراعی بدون پوشش با شیب ۲۴ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی با شیب ۱۰ درصد بود.

جدول ۴- ضریب رواناب برای کاربری‌های مختلف و طبقات شیب متفاوت

کاربری	شیب (درصد)	ضریب رواناب
زمین زراعی بدون پوشش گیاهی	۱۰	۰/۴۲
	۱۵	۰/۵۸
	۲۴	۰/۷۲
مرتع با ۵۰ درصد پوشش گیاهی	۱۰	۰/۱۵
	۱۵	۰/۳۳
	۲۴	۰/۴۹
مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی	۱۰	۰/۰۶
	۱۵	۰/۱۲
	۲۴	۰/۲۰

نتایج تجزیه واریانس مقاومت سطحی خاک، جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی در طبقات مختلف شیب و درصدهای مختلف پوشش گیاهی در جدول ۵ ارایه شده است. از نظر جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی بین طبقات مختلف شیب اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی اختلاف بین درصدهای مختلف پوشش گیاهی از نظر جرم مخصوص ظاهری در سطح احتمال پنج درصد و از نظر کربن آلی و مقاومت خاک در سطح احتمال یک درصد، اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. همچنین، تفاوت بین شیب‌های مختلف از نظر مقاومت سطحی خاک، در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار بود. اثر متقابل کاربری با شیب نیز بر روی مقاومت سطحی خاک معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس مقاومت سطحی خاک، جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی در طبقات مختلف شیب و پوشش گیاهی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	مقاومت سطحی (Mpa)	کربن آلی
پوشش	۲	۰/۰۴۱*	۴/۲۷۰**	۲/۵۲۸**
خطا	۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۷
شیب	۲	۰/۰۱۸^{ns}	۱/۶۹۰**	۰/۰۰۱^{ns}
شیب×پوشش	۴	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۶۷۰**	۰/۰۱۱^{ns}
خطا	۶	۰/۰۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹

^{ns}، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

تغییر در کاربری اراضی مرتع و جنگل سبب هدر-رفت کربن آلی، تخریب ساختمان خاک، کاهش هدایت هیدرولیکی و تغییر جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود که هم‌سو با نتایج Zare Khormizi و همکاران (۲۰۱۲) است. جرم مخصوص ظاهری در زمین زراعی تازه شخم خورده کمتر از دو کاربری دیگر بود. عملیات شخم سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری می‌شود. لذا، زمینی که تغییر کاربری داده شده است، در اثر عملیات خاکورزی، نسبت به دو کاربری دیگر، دارای جرم مخصوص ظاهری کمتری است. میزان کربن آلی در مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی ۴۴ درصد بیشتر از زمین زراعی است (جدول ۶). شاخ و برگ و ریشه گیاهان پس از پوسیدن هوموس ایجاد می‌کند. هوموس ایجاد شده نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری خاک را بالا برده، حجم آبدوی را کاهش می‌دهد (Rafahi، ۲۰۰۹).

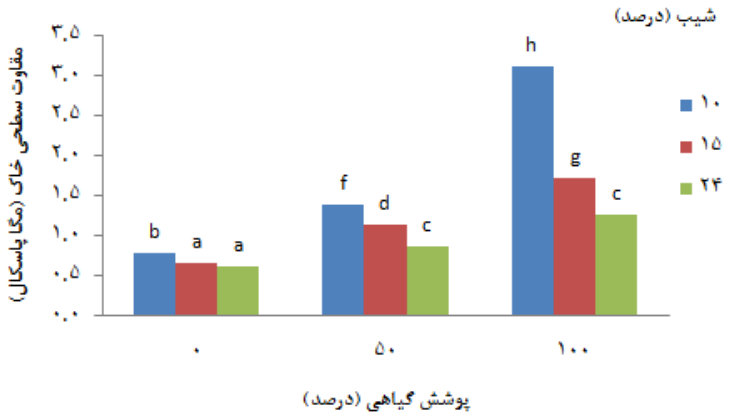
جدول ۶- مقایسه میانگین درصد مختلف پوشش‌های گیاهی از نظر جرم مخصوص ظاهری، مقاومت سطحی و کربن آلی به روش دانکن در سطح احتمال یک درصد

پوشش گیاهی (درصد)	جرم مخصوص ($g.cm^{-3}$)	کربن آلی
۰	۰/۹۶۷ ^{a}	۲/۲۴۹ ^{c}
۵۰	۱/۰۷ ^{ab}	۲/۴۰۵ ^{b}
۱۰۰	۱/۱ ^{b}	۳/۲۳۵ ^{a}

اعداد دارای حروف متفاوت در یک ستون دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

اثر متقابل شیب و پوشش گیاهی بر روی مقاومت سطحی خاک در شکل ۶ نشان داده شده است. کمینه مقاومت سطحی خاک در زمین زراعی فاقد پوشش گیاهی با شیب ۲۴ درصد و بیشینه آن در مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش و شیب ۱۰ درصد (شکل ۶). در نتیجه با افزایش شیب، مقاومت سطحی خاک کاهش یافته است. به‌طوری که، مقاومت خاک در هر سه کاربری در شیب ۲۴ درصد، کمتر از سایر طبقات شیب است. تفاوت دو شیب ۱۵ و ۲۴ درصد در زمین زراعی از نظر مقاومت سطحی خاک معنی‌دار نبود، اما

بین سایر طبقات شیب و کاربری‌های مختلف، تفاوت معنی‌دار از مقاومت سطحی خاک مشاهده شد (شکل ۶). در منطقه مورد پژوهش، تغییر کاربری منجر به کاهش مقاومت سطحی در زمین زراعی شده است و دلیل این امر نرم شدن خاک در اثر عملیات خاک-ورزی می‌باشد.



شکل ۶- اثر متقابل شیب و پوشش گیاهی بر روی مقاومت سطحی خاک (حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشند)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تاثیر تغییر کاربری اراضی از مرتع به کشاورزی در طبقات مختلف شیب بر میزان رواناب و هدررفت خاک در منطقه حیران استان اردبیل بررسی شد. نتایج نشان داد که در سطح احتمال یک درصد به‌طور معنی‌داری بیشترین حجم رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب مربوط به مرتع تبدیل شده به زمین زراعی در شیب ۲۴ درصد و کمترین آن‌ها مربوط به کاربری مرتع با ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی و شیب ۱۰ درصد می‌باشد. نتایج نشان داد که تبدیل مرتع دست‌نخورده به زمین زراعی، حجم رواناب تولیدی را حدود پنج برابر افزایش داده است. از طرف دیگر با افزایش شیب از ۱۰ به ۲۴ درصد، حجم رواناب ۱/۷ برابر افزایش یافت. میزان افزایش شدید جرم و غلظت رسوب بیانگر اهمیت حفظ مراتع برای مقابله با فرسایش را نشان می‌دهد.

بنابراین، در منطقه مورد پژوهش با تبدیل مرتع به زمین زراعی و شخم خوردن مراتع در شیب‌های تند، احتمال وقوع رواناب و سیل‌خیزی افزایش یافته است. تغییر در کاربری اراضی مرتع و جنگل سبب هدر رفت کربن آلی، تخریب ساختمان خاک و تغییر جرم مخصوص ظاهری خاک، کاهش نفوذ آب در خاک و افزایش رواناب و فرسایش شد. بی‌تردید وجود پوشش گیاهی در سطح حوضه به‌دلیل اثراتی که در مولفه‌های سیکل هیدرولوژی دارد، از عوامل کاهش سیل‌خیزی به شمار می‌رود. بنابراین، در حوضه‌های سیل‌خیز، حفاظت، اصلاح و ایجاد پوشش گیاهی به‌دلیل تاثیر زیاد آن‌ها در افزایش نفوذپذیری و زمان تمرکز و کنترل رواناب سطحی، بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

منابع مورد استفاده

1. Azmoudeh, A., A.A. Kavian, K. Soleimani and Gh. Vahabzadeh. 2010. Compare the amount of runoff and soil erosion in soils covered with forest land, crops and gardens using a rain simulator. Journal of Soil and Water, 24(3): 490-500 (in Persian).
2. Barthes, B. and E. Roos. 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion. Validation at Several Level, Catena, 47: 133-149.
3. Cheng, Q., W. Ma and Q. Cai. 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. Geo Journal, 71: 117-125.
4. Dane, J.H. and G.C. Topp. 2002. Methods of soil analysis. Soil Science Society of America, 1692 pages.

5. Duiker, S.W., D.C. Flanagan and R. Lal. 2001. Erodibility and filtration characteristics of five major soils of southwest Spain. Catena, 45: 103-121.
6. Ekwue, E.I., C. Bharat and K. Samaroo. 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: 236-243.
7. Ghoddusi, J., M. Tavakoli, S.A. Khalkhali and M.J. Soltani. 2006. Assessing effect of rangeland exclusion on control and reduction of soil erosion rate and sediment yield. Pajouhesh and Sazandegi, 19(3): 136-142 (in Persian).
8. Gomez, J.A. and M.A. Nearing. 2005. Runoff and sediment losses from rough and smooth soil surfaces in a laboratory experiment. Catena, 59: 253-266.
9. Jenabi, A. 2011. Flooding assessment of Atashgah Watershed in Ardabil Province using HEC-HMS mathematical model, statistical analysis and GIS techniques. MSc Thesis, University of Mohagheghe Ardabili, 168 pages (in Persian).
10. Jin, K., W.M. Cornelis, D. Gabriels, W. Schiettecatte, S. De Neve, J. Lu, T. Buysse, H. Wu, D. Cai, J. Jin and R. Hartmann. 2008. Soil management effects on runoff and soil loss from field rainfall simulation. Catena, 75: 191-199.
11. Keim, R.F., A.E. Skaugset and M. Weiler. 2006. Storage of water on vegetation under simulated rainfall of varying intensity. Advances in Water Resources, 29: 974-986.
12. Marques, M.J., R. Bienes, L. Jimenez and R. Perez-Rodriguez. 2007. Effect of vegetal cover on runoff and soil erosion under light intensity events. Rainfall simulation over USLE plots. Science of the Total Environment, 378: 161-165.
13. Morgan, R.P.C. 1995. Soil erosion and conservation. New York, John Wiley and Sons, 192 pages.
14. Napipey lashkarian, S. 2000. Investigation of land use effect on soil erosion and sediment. MSc Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 156 pages (in Persian).
15. Navas, A. 1993. Soil loses under simulator rainfall in semi-arid shrublands of the Ebro valley. Journal of Soil and Water Conservation, 42: 211-215.
16. Pan, Ch. and Zh. Shangguan. 2006. Runoff hydraulic characteristic and sediment generation in sloped grassplots under simulated rainfall condition. Journal of Hydrology, 331: 178-185.
17. Perez-Latorre, F.J., L.D. Castro and A. Delgado. 2010. A comparison of two variable intensity rainfall simulators for runoff studies. Soil and Tillage Research, 107: 11-16.
18. Rafahi, H.Gh. 2009. Water erosion and conservation. Tehran University Press, 671 pages (in Persian).
19. Sadeghi, S.H.R., S.L. Razavi and R. Raeisian. 2006. Comparison between rained and poor rangeland land uses in runoff and sediment yield in summer and winter. Agricultural Research (Water, Soil and Plant in Agriculture), 6(4): 11-22 (in Persian).
20. Saghafian, B., H. Farazjoo, A. Sepehry and A. Najafinejad. 2007. Effects of land use change on floods in Golestan Dam drainage basin. Water Resources Research, 2(1): 18-28 (in Persian).
21. Schjonning, P. 1994. Soil erodibility in relation to soil physical properties. Conserving Soil Resources European Perspectives, 78-86.
22. Schlesinger, W.H., A.D. Abrahams, A.J. Parson and J. Wain Wright. 2009. Nutrient loses in runoff from shrublands habitats in southern New Mexico: I. rainfall simulation experiments. Biogeochemistry, 45: 21-34.
23. Seeger, M. 2007. Uncertainty of factors determining runoff and erosion processes as quantified by rainfall simulations. Catena, 71: 56-67.
Shirani, H., M.A. Haj Abbasi, M. Ofyouni and A. Hemmat. 2009. Effects of tillage systems and organic fertilizer on soil penetration resistance under maize cultivation. Journal of Water and Soil Science (Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources), 14(51): 141-154 (in Persian).
Vahabi, J. and M.H. Mahdian. 2008. Rainfall simulation for the study of the effects of efficient factors on runoff rate. Current Science, 95: 1439-1445.
24. Varsa, E.C., S.K. Chong, J.O. Abolaji, D.A. Farquhar and F.J. Olsen. 1997. Effect of deep tillage on soil physical characteristics and corn (Zea mays L.) root growth and production. Soil and Tillage Research, 43: 219-228.
25. Yousefifard, M., A. Jalalian and H. Khademi. 2007. Estimating nutrient and soil loss from pasture land use change using rainfall simulator. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 40: 93-106 (in Persian).
26. Zare Khormizi, M., A. Najafinejad, N. Noura and A. Kavian. 2012. Effects of slope and soil properties on runoff and soil loss using rainfall simulator, Chehel-Chai Watershed, Golestan province. Journal of Water and Soil Conservation, 19(2): 165-178 (in Persian).
27. Zolfaghari, A. and M.A. Haj Abbasi. 2008. The effects of land use change on physical properties and water repellency of soils in Lordegan forest and Freidunshar pasture. Journal of Water and Soil, 22(2): 251-262 (in Persian).

DOI: 10.22092/ijwmse.2018.115656

Investigation of land use change effect on runoff and soil erosion using rainfall simulation in Heiran area, Ardabil

Elnaz Azartaj[1], Ali Rasoulzadeh[*2] and Ali Asghari[3]
[1] MSc, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, [2] Associate Professor, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran and [3] Associate Professor, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 02 May 2016 Accepted: 01 October 2016

Abstract

Soil and water are the most valuable national resources. Unfortunately in recent decade, due to land use change and vegetation cover degradation, most of the rainfall changed into runoff and in addition to loss of this vital resource, causes abundant loss of life and property by creating enormous floods. The aim of this study is to assess the effect of land use change from range land to agriculture with different percent of vegetation cover on runoff and soil erosion. For this purpose, three types of land use included preserved range land with 100 percent of vegetation cover; range land with 50 percent of vegetation cover and agricultural land (range land changed to agriculture) were identified in the study area. Then, in each land use, three slopes were determined (10, 15 and 24%). This study was carried out split plot experiment based on completely randomized design. In each land use and slope, runoff and erosion were measured in plots randomly using rainfall simulator with 1.5 $mm.min^{-1}$ intensity and 15 min duration with 3 replicates. Results showed that the maximum of runoff, sediment mass and sediment density were in the range land changed to agriculture with 24% slope and the minimum of them were in the preserved range land with 10% slope. Also the results showed that the change of range lands to agricultures increase runoff 5 times. In the other hand, with increasing slope from 10 percent to 24 percent, runoff increased 1.7 times. Runoff coefficient was determined for 3 land uses and 3 slopes level. The maximum and minimum runoff coefficient were found 0.72 and 0.06 for the range land changed to agriculture with 24% slope and preserved range land with 10% slope, respectively.

Key words: Ardabil, Rainfall simulator, Sediment, Soil erosion, Vegetation cover

[*] Correspondent author: arasoulzadeh@gmail.com