

مقایسه تولید رسوب در دو جهت شمالی و جنوبی با استفاده از کرت کوچک

مهدی بشری، دانشجوی دوره دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس نور
سیدحمیدرضا صادقی^۱، استاد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس نور
عبدالصالح رنگ‌آور، استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۲/۲۶

چکیده

بررسی عوامل موثر بر فرسایش خاک و تحلیل تغییرپذیری آن‌ها از ضروریات اصلی پروژه‌های حفاظت خاک و آب می‌باشد. پژوهش حاضر به منظور بررسی نقش دو جهت اصلی شمالی و جنوبی در میزان فرسایش خاک ناشی از رگبارهای مختلف در حوزه آبخیز سنگانه واقع در خراسان رضوی با استفاده از یک جفت کرت کوچک به ابعاد ۲ در ۲ متر انجام شد. کرت‌های یادشده با استفاده از ورقه‌های فلزی محصور و خروجی آن‌ها نیز به ظروف جمع‌آوری کننده رواناب منتهی و با فاصله کم در مقابل یکدیگر و در دو جهت نصب شدند. سپس، رواناب و رسوب خروجی از کرت‌ها در نتیجه وقوع ۱۲ رگبار طی پاییز و زمستان ۱۳۸۵ و بهار ۱۳۸۶ جمع‌آوری و غلظت رسوب حاصل از آن‌ها در هر رگبار محاسبه شد. نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌های غلظت رسوب به‌دست آمده طی دوره و رگبارهای مطالعاتی دلالت بر اختلاف معنی‌دار ($p < 0.001$) داده‌های حاصل از کرت‌های مورد مطالعه در دو جهت اصلی شمالی و جنوبی با یکدیگر به دلیل تاثیر مشخص جهت‌ها بر وضعیت پوشش گیاهی داشته است.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، جهت دامنه، حوزه آبخیز سنگانه، خراسان رضوی، رسوب، کرت آزمایشی

مقدمه

شدت فرسایش و جابه‌جایی توده‌های خاک تابعی از عوامل محیطی، طبیعی و زمین‌شناسی است. این عوامل به صور مختلف موجب جدایی ذرات و جابه‌جایی آن‌ها به سوی مناطق پست و کم ارتفاع می‌شوند. لذا، مساله مهم در تحقیقات در مقیاس آبخیزها این است که هر بخش از حوضه مشخصات منحصر به فردی دارد (Agus و همکاران، ۱۹۹۸). آنچه مسلم است فرسایش خاک یکی از مسایل زیست‌محیطی جدی است و با توجه به نرخ بالای فرسایش در بسیاری از مناطق جغرافیایی کشور، باید تلاش‌های زیادی به سمت کم کردن خطرات آن صورت گیرد. لازمه این کار وجود داده‌های کمی است تا بتوان مناطق بحرانی را که نیازمند حفاظت فوری می‌باشند، تشخیص داده و مدیریت نمود (روستایی و همکاران، ۱۳۸۹). برای بررسی پارامترهای موثر در فرسایش آبی در شرایط طبیعی از کرت‌های آزمایشی^۲ در عرصه‌های هیدرولوژیک مختلف اعم از اراضی کشاورزی، مرتعی و جنگلی در شرایط مختلف شیب، پوشش گیاهی و خاک استفاده می‌شود (رنگ‌آور، ۱۳۸۳). کرت آزمایشی محدوده‌ای مشخص از سطح حوزه آبخیز است که به‌منظور کنترل شرایط حاکم بر آزمایش‌های تخمین فرسایش خاک از سایر قسمت‌های آبخیز محصور می‌شود. محققین مختلفی از کرت‌های کوچک در بررسی فرسایش خاک استفاده نموده‌اند.

پژوهش‌های گسترده‌ای در خارج از کشور توسط Van Noordwijk و همکاران (۱۹۹۸)، Bhuyan و همکاران (۲۰۰۲)، Polyakov (۲۰۰۲)، Sharpley و Kleinman (۲۰۰۳)، Mathys و همکاران (۲۰۰۵)، Boix-Fayos و همکاران

^۱ نویسنده مسئول: sadeghi@modares.ac.ir

^۲ Experimental plot

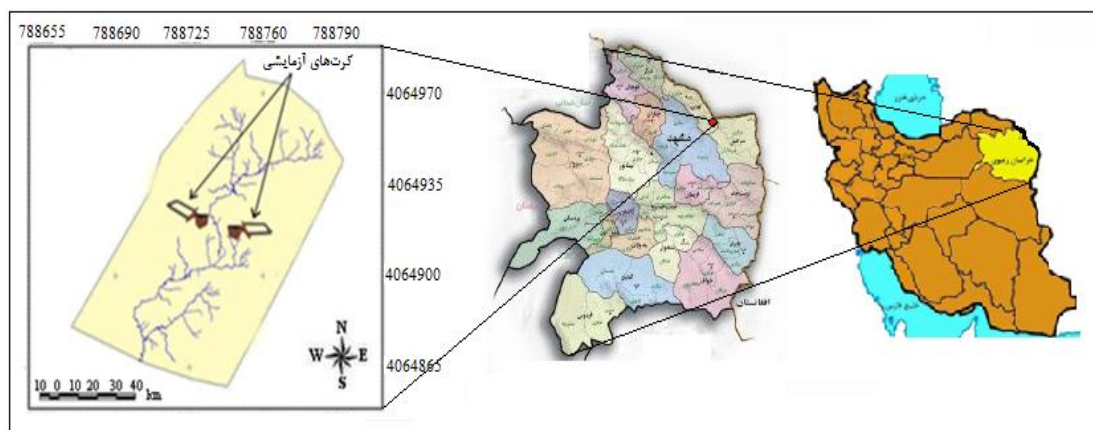
(۲۰۰۶)، Leonard و همکاران (۲۰۰۶)، Seeger (۲۰۰۷)، Mai (۲۰۰۷)، Cerda (۲۰۰۷)، Sadeghi و همکاران (۲۰۰۷)، Bagarello و Ferro (۲۰۱۰) و Foltz و Wagenbrenner (۲۰۱۰) در رابطه با استفاده از ابعاد و اندازه‌های کرت‌های مختلف آزمایشی از چند دهم تا چندین ۱۰ متر مربع برای انجام مطالعات مختلف در زمینه اندازه‌گیری فرسایش خاک، تولید رسوب و میزان محصولات زراعی استفاده شده است. حال آن که مطالعه در رابطه با اندازه‌گیری رسوب در جهات مختلف با استفاده از کرت‌های کوچک تنها توسط Agassi و Ben-Hur (۱۹۹۱) در فلسطین اشغالی صورت گرفته است.

در داخل کشور نیز رنگ‌آور ابعاد یک در دو متر (جعفری‌اردکانی، ۱۳۸۱)، تابه‌زاد و شاهوئی (۱۳۸۴) ابعاد سه در سه متر، رئیس‌یان (۱۳۸۴) ابعاد یک در یک متر، رئیس‌یان و موسوی (۱۳۸۴) ابعاد یک در یک متر، شاه‌کرمی و همکاران (۱۳۸۴) ابعاد نه در ۲۲ متر، صادقی و همکاران (۱۳۸۴) کرت‌های یک در یک متر و صادقی و همکاران (۱۳۸۷) و بشری و همکاران (۱۳۸۹) کرت‌های با عرض ثابت دو متر و طول‌های دو، پنج، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ را به‌کار گرفتند که پژوهش‌های مذکور عموماً با اهداف بررسی فاکتورهای تاثیرگذار در فرآیندهای تولید رواناب و رسوب و عکس‌العمل این فرآیندها نسبت به تیمارهای گوناگون در نقاط مختلف کشور انجام شده است.

از سویی، با توجه به سوابق پژوهش‌های موجود می‌توان استنباط نمود که اصولاً کاربرد کرت‌های آزمایشی به ابعاد مختلف با هدف اصلی مقایسه تیمارهای مدیریتی گوناگون انجام شده است، حال آن‌که پژوهش در زمینه مقایسه نقش جهت جغرافیایی بر میزان فرسایش خاک و طبعاً اهمیت محل استقرار کرت‌های آزمایشی محدود می‌باشد. از این‌رو، در پژوهش حاضر سعی شد با استفاده از دو کرت کوچک به ابعاد دو در دو متر مقابل یکدیگر در دو جهت شمالی و جنوبی، نقش جهت دامنه‌ها در میزان فرسایش خاک در حوزه آبخیز سنگانه به‌دلیل امکان دسترسی، زمینه‌های مطالعاتی پیشین (صادقی و همکاران، ۱۳۸۷؛ بشری و همکاران، ۱۳۸۹) و کنترل شرایط مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: به‌منظور انجام پژوهش حاضر، یکی از زیر حوزه‌های پایگاه تحقیقاتی حفاظت خاک سنگانه واقع در ۱۰۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان مشهد و در نزدیکی روستای سنگانه با مساحت حدود یک هکتار، ارتفاع متوسط ۷۰۰ متر از سطح دریا با پوشش گیاهی، خاک و شیب یکنواخت انتخاب شد (صادقی و همکاران، ۱۳۸۷). موقعیت جغرافیایی مرکز ثقل منطقه شامل طول 60° و $15'$ و $30''$ شرقی و عرض 36° و $41'$ و $1''$ شمالی می‌باشد که موقعیت و وضعیت کلی عرصه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت عرصه مطالعاتی در استان خراسان رضوی و نمایی از محل استقرار کرت‌ها

میانگین دمای سالانه عرصه پژوهش برابر ۱۵ درجه سانتی‌گراد و ضریب دومارتن آن برابر ۱۰/۲ است که با متوسط بارندگی سالانه ۲۵۷ میلی‌متر بیان‌گر اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. از نظر زمین‌شناسی سازند منطقه سنگانه با ضخامت

بیش از ۷۵۰ متر (اخلاقی و همکاران، ۱۳۸۵) از شیل‌های یکنواختی تشکیل شده که دارای لایه‌های بسیار نازک و جزئی از سیلتستون است که این شیل‌ها بخش اعظم سازند سنگانه را تشکیل داده و روی قسمت زیرین ماسه‌سنگی به ضخامت حدود یک متر قرار دارند. خاک‌های منطقه در گروه خاک‌های فلات‌ها بوده و در رده آنتی‌سول و اریدی‌سول قرار می‌گیرند (رنگ‌آور، ۱۳۸۳) و بافت خاک سطحی نیز لومی شنی می‌باشد (صادقی و همکاران، ۱۳۸۷). پژوهش فعلی روی دو دامنه اصلی شمالی و جنوبی با طول و تندی شیب متوسط به ترتیب حدود ۵۰ متر و ۳۰ درصد انجام شد. تیپ گیاهی غالب دامنه شمالی *Artemisia sieberi* با تراکم پوشش حدود ۶۵ درصد و تیپ گیاهی غالب دامنه جنوبی *Poa bulbosa* و *Salsola spp* با تراکم پوشش گیاهی نسبتاً ضعیف حدود ۲۰ درصد می‌باشد.

روش پژوهش: برای انجام این پژوهش، ابتدا اقدام به احداث کرت‌ها شد. نظر به محدودیت‌های اجرایی و یکنواختی شرایط حاکم بر هر یک از دامنه‌های مورد بررسی با توجه به کوچک بودن عرصه پژوهش و همچنین، انجام پژوهش در مقیاس رگبارها، تنها یک کرت مربعی با ضلع دو متر در هر یک از دامنه‌های یکنواخت نصب شد. جداسازی و محصورسازی محیط کرت‌ها با خارج با استفاده از ورق‌های فلزی به عرض ۳۰ سانتی‌متر (Giesiolka و Rose، ۱۹۹۸) انجام شد. ارتفاع لبه‌ها از سطح زمین ۲۰ سانتی‌متر بوده (Duiker و همکاران، ۲۰۰۱) و ۱۰ سانتی‌متر نیز در خاک فرو شد، به طوری که خاک و فضای کرت را از محیط اطراف جدا نمود. در انتهای هر کرت تاسیسات جمع‌آوری رواناب و رسوب حاصل از سطح کرت، شامل قیف جمع‌آوری با عرض دو متر و مخازن با عرض ۵۰، طول ۸۰ و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر (حجم ۲۴۰ لیتر) به صورت نشان داده شده در شکل ۲ نصب شد.



شکل ۲- نمایی از کرت‌های نصب شده در جهات شمالی و جنوبی

پس از نصب کرت‌ها نمونه برداری از رواناب و رسوب از اواخر آبان‌ماه ۱۳۸۵ آغاز شد و در طول مدت اجرای طرح تا خرداد ۱۳۸۶ جمعا ۱۲ نوبت بارندگی مناسب بود که منجر به تولید رواناب و رسوب ریزش نمود. در هر بارندگی حجم رواناب موجود در مخازن اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت، از رواناب محتوی رسوب هر مخزن پس از بهم زدن کامل، از طریق شیر تخلیه کف مخزن (نیک‌کامی، ۱۳۸۳) نمونه برداری شد. سپس، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و غلظت اولیه رسوب هر نمونه استخراج و محاسبه شد. در نهایت نیز میزان گل آلودگی برحسب گرم در لیتر محاسبه شد. پس از جمع‌آوری داده‌های غلظت رسوب از کرت‌های مورد مطالعه، نتایج به دست آمده به صورت بانک اطلاعاتی ذخیره و برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی به نرم‌افزار SPSS ۱۱/۵ منتقل شد. آنالیزهای آماری در مقیاس رگبار برای کرت‌های مذکور و در غالب مقایسه رسوب ناشی از کرت‌های مستقر در هر دامنه صورت گرفت و آزمون نرمالیتی به منظور بررسی وضعیت داده‌های غلظت رسوب تولیدی به وسیله هر یک از کرت‌ها روی آنها انجام شد. نهایتاً، با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها برای مقایسه میانگین‌ها و عکس‌العمل کرت‌های مستقر بر دامنه‌های جنوبی و شمالی از آزمون‌های ناپارامتری Mann-Whitney U (اسماعیلیان، ۱۳۸۴) استفاده و تفسیر نتایج آنالیزها صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

داده‌های ثبت شده بارش (میلی‌متر) طی دوره مطالعاتی، نتایج حجم رواناب (لیتر) حاصل از جمع‌آوری نمونه‌های صحرائی حاصل از هر رگبار و نیز نتایج غلظت رواناب (گرم در لیتر) پس از بررسی آزمایشگاهی نمونه‌های درون مخازن جمع‌آوری کننده انتهای کرت‌های دامنه‌های شمالی و جنوبی در جدول ۱ و سایر مشخصات توصیفی غلظت رسوب (گرم در لیتر) در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- داده‌های بارندگی (میلی‌متر)، رواناب (لیتر) و غلظت رسوب (گرم در لیتر) رگبارها در کرت‌های دامنه‌های شمالی و جنوبی

تاریخ متغیر	۷۱/۱۰/۵۷۸۱	۷۱/۱۱/۱۵۷۸۱	۰۱/۱۱/۱۶۷۸۱	۷۱/۱۰/۱۶۷۸۱	۰۱/۱۰/۱۶۷۸۱	۰۱/۱۱/۲۱۵۷۸۱	۰۱/۱۱/۲۱۵۷۸۱	۷۱/۱۱/۲۱۵۷۸۱	۷۱/۱۰/۲۱۵۷۸۱	۰۱/۱۱/۲۱۵۷۸۱	۷۱/۱۰/۲۱۵۷۸۱
بارندگی	۶/۸	-	-	-	-	۰/۲	-	-	۸/۵	۹/۴	-
رواناب شمالی	۵/۲۸۰	۸/۱۶۰	۵/۹۵۲	۷/۸۷۲	۸/۵۴۴	۰/۰۰۰	۴/۸۹۶	۶/۸۱۶	۴/۹۹۲	۲۰/۱۶۰	۷/۷۷۶
رواناب جنوبی	۵/۲۸۰	۸/۱۶۰	۵/۹۵۲	۷/۸۷۲	۸/۵۴۴	۰/۰۰۰	۴/۸۹۶	۶/۸۱۶	۴/۹۹۲	۲۰/۱۶۰	۷/۷۷۶
غلظت شمالی	۱/۶۰۰	۱/۳۵۰	۱/۷۰۰	۱/۳۱۸	۱/۰۹۶	۱/۲۳۰	۱/۵۵۶	۱/۴۲۶	۱/۵۵۶	۱/۳۸۶	۱/۶۶۴
غلظت جنوبی	۱/۶۰۰	۱/۳۵۰	۱/۷۰۰	۱/۳۱۸	۱/۰۹۶	۱/۲۳۰	۱/۵۵۶	۱/۴۲۶	۱/۵۵۶	۱/۳۸۶	۱/۶۶۴

- فاقد داده

جدول ۲- مختصات توصیفی و آماری داده‌های غلظت رسوب در زوج کرت‌ها

جهت	میانگین	انحراف معیار	اشتباه استاندارد	سطح معنی‌داری	تعداد داده‌ها
شمالی	۰/۲۶۳	۰/۵۳۰	۰/۱۵۳	۰	۱۲
جنوبی	۱۰/۴۵۴	۱۹/۵۵۲	۵/۶۴۴	۰	۱۲

همچنین، پس از تجزیه و تحلیل آماری، نتایج آزمون Mann-Whitney U در مقایسه میانگین غلظت (گرم در لیتر) کرت‌های آزمایشی با طول برابر با مقادیر میانگین و انحراف معیار به ترتیب برابر با $۰/۲۶۳ \pm ۰/۵۳۰$ و $۱۹/۵۵۲ \pm ۱۰/۴۵۴$ در دو جهت شمالی و جنوبی با یکدیگر مؤید اختلاف معنی‌دار آنها بوده است. در آزمون مذکور مقدار Chi-Square، درجه آزادی و سطح معنی‌داری به ترتیب $۱۱/۴۶۳$ ، یک و کمتر از یک درصد محاسبه شد. از این رو، نتایج تحلیل آماری بیان‌گر وجود اختلاف معنی‌دار نتایج غلظت رسوب در کرت‌های با طول برابر با یکدیگر در دو جهت شمالی و جنوبی با مقدار معنی‌داری کمتر از یک درصد بودند و لذا نشان دهنده اختلاف نتایج حاصل از کرت‌های دو جهت با یکدیگر با سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد.

طی پژوهش حاضر عملکرد دو کرت مستقر روی دامنه‌های شمالی و جنوبی در بخشی از حوزه آبخیز سنگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه به‌عمل آمده در رابطه با کلیه داده‌های به‌دست آمده بیان‌گر نسبت غلظت رسوب در کرت‌های آزمایشی دامنه جنوبی به دامنه شمالی به میزان ۳۹ برابر بوده است. در همین راستا، Polyakov (۲۰۰۲) با استفاده از عناصر کمیاب موجود در خاک به بررسی فرسایش خاک و جابه‌جایی رسوبات در ایالات متحده پرداخت. وی برای انجام این کار کرت‌هایی با ابعاد ۴×۴ متر در شیب ۱۰ درصد را بکار برد. نتایج وی بیان‌گر اختلاف در هدرفت خاک به میزان حدود ۲۵ برابر در طول دوره آزمایش در دو جهت شمالی و جنوبی بوده است. بررسی داده‌های جمع‌آوری شده در خصوص غلظت رسوب نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار نتایج به‌دست آمده در دو دامنه شمالی و جنوبی با یکدیگر در سطح یک درصد بوده است که با مطالعات شاه‌کرمی و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی اختلاف فرسایش خاک در دو جهت جغرافیایی هم‌خوانی دارد. در نتایج ایشان اختلاف فرسایش خاک در دو جهت در سطح یک درصد معنی‌دار بود و همچنین میزان فرسایش در شیب جنوبی با استفاده از مدل، کمتر از مقدار اندازه‌گیری مستقیم و در شیب غربی بسیار بیشتر برآورد شد.

همچنین، نتایج با دستاوردهای بسیاری از محققین (Zachar, ۱۹۸۴؛ Cosentino, ۲۰۰۴؛ Rieke-Zapp و Nearing, ۲۰۰۵؛ Marques و همکاران، ۲۰۰۷؛ اعتراف و تلوری، ۱۳۸۴؛ اعظمی و همکاران، ۱۳۸۴ و دومهری و همکاران، ۱۳۸۴) مطابقت دارد. نتایج این تحقیقات نشان داد تفاوت‌های رخ داده در کرت‌های با طول متفاوت تحت شرایط متفاوت خاک، آب و هوا و توپوگرافی به‌طور چشمگیری بسیار زیاد است (Zachar, ۱۹۸۴)، مقادیر رسوب در کرت‌های بدون پوشش گیاهی و شخم و شیار شده بسیار بالا و در کرت‌های با گیاهان چند ساله میزان فرسایش بسیار کمتر از کرت‌های با محصول یک‌ساله و شخم شده بوده (Cosentino و همکاران، ۲۰۰۴) و نیز پوشش گیاهی به میزان زیادی رواناب و رسوب را کاهش داده است (Marques و همکاران، ۲۰۰۷).

همچنین، کوچکی مقادیر غلظت رسوب خروجی از کرت‌های مستقر در دامنه شمالی را می‌توان به توسعه و تکامل بیشتر پوشش گیاهی و افزایش بقایای گیاهی در دامنه‌های مذکور نسبت داد که با یافته‌های Tapia-Vargas و همکاران (۲۰۰۱)، Cosentino و همکاران (۲۰۰۴)، Mai (۲۰۰۷) و Nyakatawa و همکاران (۲۰۰۷) و همچنین اظهارات Harding و همکاران (۲۰۰۱) مطابقت دارد. مطالعات مذکور نشان دادند که با افزایش پوشش و بقایای گیاهی از تولید رسوب کاسته می‌شود (Tapia-Vargas و همکاران، ۲۰۰۱ و Mai, ۲۰۰۷). همچنین، در تخمین فرسایش خاک در سیستم‌های کشت حفاظتی، پوشش تاجی گیاه و زی‌توده ریشه‌های سطحی را افزایش داده و این دو میزان فرسایش خاک در کرت‌ها را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهند (Nyakatawa و همکاران، ۲۰۰۷) و نیز این‌که میزان فرسایش با افزایش درصد پوشش سطحی کاهش یافته و در دامنه‌های کامل ابتدا روند کاهشی (پوشش ۳۵ تا ۵۰ درصد) و سپس افزایش جزئی در میزان فرسایش متناسب با افزایش پوشش سطحی را به‌دلیل وجود موجودات حفار در روی دامنه نشان داده است (Harding و همکاران، ۲۰۰۱).

همچنین، مقایسه عملکرد کرت‌های مورد مطالعه با توجه به حجم رواناب، در رابطه با رگبارهای به‌وقوع پیوسته طی مدت مطالعاتی نشان می‌دهد که در رگبارهای بهاره و با مقدار بارندگی بیشتر، میزان اختلافات غلظت رسوب در دو دامنه نیز شدیداً افزایش داشته است. این موضوع مشخصاً دلالت بر حفظ تعادل هیدرولوژیک در دامنه‌های واجد پوشش گیاهی در مقایسه با دامنه‌های مخالف آنها داشته که با پژوهش‌های Mathys و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعات رواناب و فرسایش در فرانسه همسو می‌باشد. ایشان درون کرت‌ها به بررسی رواناب و فرسایش روی مارن‌های تیره پرداختند و برای شبیه‌سازی بارش و رفتار رواناب از کرت‌های یک مترمربع در شرایط متفاوت ژئومورفولوژیکی استفاده نمودند و در نتایج خود این نکته را تاکید کردند که عکس‌العمل کرت‌ها در خلال رخداد‌های بارش بسیار متفاوت بوده- اند و به‌خصوص در رگبارهای بهاره حتی با شدت‌های کم میزان فعالیت فرسایش بسیار شاخص است.

براساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، می‌توان جمع‌بندی نمود که لحاظ نقش جهات جغرافیایی در ارزیابی و بررسی فرسایش خاک از سطح حوزه‌های آبخیز بسیار حائز اهمیت بوده و انجام مطالعات روی بخشی از حوزه آبخیز نتایج صحیحی از عکس‌العمل واقعی حوزه را عرضه می‌نماید. انجام مطالعات گسترده‌تر با مقدار بیشتر کرت‌ها و رگبار و مقایسه نتایج حاصله با کرت‌های بزرگ‌تر و ترجیحاً حوزه‌های آبخیز محاط بر آن‌ها در منطقه مورد بررسی و سایر نقاط کشور توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. اخلاقی، م. ا. محبوبی، س. ر. موسوی‌حرمی، و م. نجفی. ۱۳۸۵. تفسیر تاریخیچه رسوب‌گذاری و پس از رسوب‌گذاری سازند سرچشمه (آپسین زیرین) در ناحیه جنوب آق دربند، شرق حوضه رسوبی کپه داغ-شمال شرق ایران. مجله پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان، ۲۳: ۱۹۴-۱۷۷.
۲. اسماعیلیان، م. ۱۳۸۴. کتاب آموزشی SPSS12. انتشارات ناقوس، چاپ اول، ۵۹۹ صفحه.
۳. اعتراف، ج. و ع. ر. تلوری. ۱۳۸۴. بررسی پوشش گیاهی و مدیریت چرای دام در فرسایش خاک مراتع لسی مراوه تپه. مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، ۶ تا ۹ شهریور، ۱۳۸۴: ۱۲۷-۱۲۳.
۴. اعظمی، ا. ج. حسین زاده و ا. پیروانی. ۱۳۸۴. بررسی اثر نوع پوشش گیاهی بر رواناب و رسوب. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، ۳۷ صفحه.

۵. بشری سه‌قلعه، م.، س.ج.ر. صادقی و ع. رنگ‌آور. ۱۳۸۹. تعیین اندازه مناسب کرت‌های برآورد رواناب و رسوب آبخیزهای کوچک در حوزه آبخیز سنگانه. استان خراسان رضوی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، ۱۴(۵۲): ۳۹-۴۷.
۶. تابیه‌زاد، ح. و ح. شاهوئی. ۱۳۸۴. اثرات خاک‌برداری و روش‌های مدیریتی روی تخریب خاک در آذربایجان غربی. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران، ۶ تا ۹ شهریور، ۱۳۸۴: ۵۱۰-۵۰۹.
۷. دومهری، ر.ع.، ب. جعفری و ج. قدوسی. ۱۳۸۴. بررسی نقش فرم‌های رویشی گیاهی در تولید رواناب و رسوب در اراضی مرتعی. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران تهران، ۶ تا ۹ شهریور، ۱۳۸۴: ۴۶۹-۴۷۲.
۸. رنگ‌آور، ع. ۱۳۸۳. شناسایی عوامل موثر در فرسایش خاک مراتع خشک و نیمه‌خشک با استفاده از پلات‌های آزمایشی. مجموعه مقالات اولین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان، ۲۰ و ۲۱ اردیبهشت ۱۳۸۳، ۱۹ صفحه.
۹. روستایی، ش.، ع. رسولی و ح. احمدزاده. ۱۳۸۹. مدل‌سازی فرسایش و رسوب حوزه‌ی آبخیز قلعه چای عجب‌شیر با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در محیط GIS، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۸: ۱۷۸-۱۵۹.
۱۰. رئیسیان، ر. ۱۳۸۴. بررسی اثر شیب زمین، شرایط رطوبتی خاک و کاربری اراضی در زمان شروع رواناب. مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، ۶ تا ۹ شهریور، ۱۳۸۴: ۳۰۹-۳۰۵.
۱۱. رئیسیان، ر. و ف. موسوی. ۱۳۸۴. معرفی نوعی باران‌ساز مصنوعی قابل حمل برای بررسی فرسایش و رسوب. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران، ۶ تا ۹ شهریور، ۱۳۸۴: ۵۹۲-۵۸۹.
۱۲. شاه‌کرمی، ع.ا.، ک. خادمی و ر. سیاه‌منصور. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر شدت چرخه بر تولید رواناب و رسوب با دو روش اندازه‌گیری مستقیم و مدل RUSLE. مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، ۶ تا ۹ شهریور، ۱۳۸۴: ۵۹۷-۵۹۳.
۱۳. صادقی، س.ج.ر.، م. بشری سه‌قلعه و ع. رنگ‌آور. ۱۳۸۷. مقایسه تغییرات رسوب با جهت دامنه و طول کرت در برآورد فرسایش خاک ناشی از رگبارها. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۲(۲): ۲۳۹-۲۳۰.
۱۴. صادقی، س.ج.ر.، ر. رئیسیان و س.ل. رضوی. ۱۳۸۴. مقایسه تولید رواناب و رسوب در کاربری کشاورزی رها شده و مرتع فقیر. مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، ۶ تا ۹ شهریور، ۱۳۸۴: ۶۱۱-۶۰۸.
۱۵. نیک‌کامی، د. ۱۳۸۳. بررسی وضعیت تعلیق رسوب در مخازن پلات‌های فرسایش و تعیین دقت نمونه‌برداری از آن‌ها. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۳۱ صفحه.
16. Agassi, M. 1996. Soil erosion, conservation and rehabilitation. Marcel Dekker Publication, New York, 402 pages.
17. Agus, F., A.N. Gintings, U. Kurnia, A. Abdurachman and P. Van der Poel. 1998. Soil erosion research in Indonesia: past experience and future direction, soil erosion at multiple scales, penning de vries. F.W.T, Agus, F. and Kerr, J., (Eds.), In: Workshop on Soil Erosion Research, Indonesia, Nov.,1997: 255-267.
18. Bagarello, V. and V. Ferro. 2010. Analysis of soil loss data from plots of differing length for the sparacia experimental area, Sicily, Italy. Biosystems Engineering, 105: 411-422.
19. Bhuyan, S.J., K. Prasanta, K.A. Kaith, K.A. Janssen and L.B. Philip. 2002. Soil loss predictions with three erosion simulation models. Environmental Modelling and Software, 17: 137-146.
20. Boix-Fayos, C., M. Martinez-Mena, E. Arnau-Rosalen, A. Calvo-cases, V. Castillo and J. Albaladejo. 2006. Measuring soil erosion by field plots: understanding the sources of variation. Earth Science Reviews, 78: 267-285.
21. Cerda, A. 2007. Soil water erosion on road embankments in Eastern Spain. Science of the Total Environment, 378: 151-155.
22. Cosentino, S.L., M. Mantineo, S. Foti and G. Spadaro. 2004. Cropping systems and soil erosion in mediterranean environmen. European Society for Agronomy, In: Proceedings of 8th ESA Congress, Copenhagen, July 11-15, 2004: 977-978.
23. Duiker, S.W., D.C. Flanagan and R. Lal. 2001. Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of southwest Spain. Catena, 45: 103-121.
24. Foltz, R.B. and N.S. Wagenbrenner. 2010. An evaluation of three wood shred blends for post-fire erosion control using indoor simulated rain events on small plots. Journal of Catena, 80: 86-94.
25. Giesiolka, C.A.A. and C.W. Rose. 1998. The measurement of soil erosion, soil erosion at multiple scales, Penning de Vries, F.W.T, Agus, F. and Kerr, J. (Eds.), In: Workshop on Soil Erosion Research, Indonesia, Nov.,pp. 287-301.
26. Harding, M.V., C.L. Forrest, N. Gardiner and H.H. Chang. 2001. Caltrans erosion control pilot study. Published by the American Society of Agriculture and Biological Engineers, Online on: <http://asabe.org>.
27. Leonard, L., O. Ancelin, B. Ludwig and G. Richard. 2006. Analysis of the dynamics of soil infiltrability of agricultural soils from continuous rainfall-runoff measurement on small plots. Journal of Hydrology, 326: 122-134.

28. Mai, V.T. 2007. Soil erosion and nitrogen leaching in northern Vietnam: experimentation and modeling. PhD Thesis, Wageningen University, the Netherlands, 182 pages. Online on: <http://library.wur.nl>.
29. 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.
30. 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: 261-281.
31. Nyakatawa, E.Z., V. Jakkula, K.C. Reddy, J.L. Lemunyon and B.E. Norris. 2007. Soil erosion estimation in conservation tillage systems with poultry litter application using RUSLE 2.0 model. *Soil and Tillage Research*, 94: 410-419.
32. Polyakov, V.O. 2002. Use of rare earth elements to trace soil erosion and sediment movement. PhD Thesis, Purdue University, Online on: <http://docs.lib.edu>.
33. Rieke-Zapp, D.H. and M.A. Nearing. 2005. Slope shape effects on erosion: a laboratory study. Published in *Soil Science Society American Journal*, 69: 1463-1471.
34. Sadeghi, S.H.R., B. Ghaderi Vangah and N.A. Safaeian. 2007. Comparison between effects of open grazing and manual harvesting of cultivated summer rangelands of northern Iran on infiltration, Runoff and Sediment Yield. *Land Degradation and Development*, 18 (6):608-620.
35. Seeger, M. 2007. Uncertainty of factors determining runoff and erosion processes as quantified by rainfall simulations. *Catena*, 71: 56-67.
36. Sharpley, A. and P. Kleinman. 2003. Effect of rainfall simulator and plot scale on overland flow and phosphorus transport. *Journal of Environmental Quality*, 32: 2172- 2179.
37. Tapia-Vargas, M., M. Tiscareno-Lopez, J.J. Stone, J.L. Oropeza-Mota and M. Velazquez-Valle. 2001. Tillage system effects on runoff and sediment yield in hillslope agriculture. *Field Crop Research*, 69(2): 173-182.
38. Van Noordwijk, M., M. Van Roode, E.L. McCallie and B. Lusiana. 1998. Erosion and sedimentation as multiscale, Fractal Processes: Implication for models, experiments and the real world, soil erosion at multiple scales, Penning de Vries, F.W.T, Agus, F. and Kerr, J., (Eds.), In: *Workshop on Soil Erosion Research, Indonesia*, Nov.,pp: 223-253.
39. Zachar, D. 1984. Soil erosion, problems and methods of soil erosion research, VEDA (Vermont Economic Development Authority), Brtislava, 547 pages.

Comparison of sediment yield at two north and south facing slopes using small plots

Mehdi Bashari, PhD Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran
Seyed Hamid Reza Sadeghi¹, Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

Abdolsaleh Rangavar, Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Khorasan Razavi, Iran

Received: 17 November 2011

Accepted: 15 May 2012

Abstract

Investigation of effective factors on soil erosion and their variability analysis is essential for soil and water conservation projects. The present research was carried out to survey the role of two north and south facing slope plots on soil erosion on storm basis at Sanganeh watershed located in Khorasan Razavi province, Iran. The study was conducted using a pair of small plots with dimensions of 2×2 meters. The plots were designed using metal sheets and their outlet was directed towards collecting tanks. These plots were established close to each other at two different aspects. The generated runoff and sediment from plots caused by 12 storm events during October 2006 and May 2007 were collected and sediment concentration was ultimately calculated. The results of sediment concentration analysis verified a significant difference ($p < 0.01$) between soil erosion study plots with very low quantities in plots installed in northern aspect. The difference was clearly associated with effect of slope aspects on vegetation cover.

Key words: Hillslope aspect, Khorasan Razavi province, Sanganeh watershed, Sediment yield, Vegetation cover

¹ Corresponding Author: sadeghi@modares.ac.ir