بررسی تأثیر کاربری اراضی، شیب دامنه و خصوصیات خاک بر مقدار رسوب تولیدی با استفاده از باران‌ساز مصنوعی در بخشی از حوزه‌ی آبخیز کرخه (استان لرستان)

کیانوش بهرهی: دانش‌آموخته دکتری علوم خاک، گرایش فیزیک و حفاظت خاک دانشگاه شهید چمران اهواز، هیأت علمی دانشگاه جامع علمی کاربردی
غلامعباس صیاد: دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز
احمد لندی*: استاد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز
حمیدرضا پیروان: دانشیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۷)

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی نوع کاربری اراضی و اثر طبقات شیب بر رسوب تولید شده، با استفاده از شبیه‌ساز باران در حوزه‌ی آبخیز کاکاشرف از سرشاخه‌های حوضه‌ی آبخیز کرخه در استان لرستان انجام گرفت. دستگاه شبیه‌ساز باران مورد استفاده، از نوع باران‌ساز غیر فشاری از جنس پلکسی گلاس بود. واحدهای کاری نیز بر اساس نقشه‌ی کاربری اراضی و توپوگرافی منطقه انتخاب شد. بر این اساس، در شش واحد کاری (زیرحوضه) با سه نوع کاربری جنگل، مرتع و زراعت و در سه طبقه شیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد و در طی ۹۳ مورد، آزمایش شبیه‌ساز باران با شدت بارش مؤثر بر فرسایش با ویژگی حداکثر شدت بارندگی ده ساله با تداوم ۳۰ دقیقه‌ای برابر ۳۶ میلی‌متر در ساعت، ایجاد و مقدار رسوب اندازه-گیری شد. حداکثر شدت بارندگی ده ساله با تداوم ۳۰ دقیقه‌ای درحوزه‌ی آبخیر مورد مطالعه ۳۶ میلی‌متر بود و برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS استفاده شد. با توجه به نتایج به دست آمده، میانگین مقدار رسوب در طبقات شیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب برابر ۷/۴۹، ۲۳/۴۱ و ۶۱/۰۶ گرم و میانگین رسوب در سه کاربری جنگل، مرتع و زراعت به ترتیب ۴۶/۰۷، ۳۰/۸۸ و ۱۵/۰۲ گرم در واحد سطح پلات دستگاه باران‌ساز برابر ۱ متر مربع برآورد شد. بنابراین، در شیب ۳۰ درصد و کاربری جنگل بیشترین مقدار رسوب تولید شد که علت آن از یک سو به وزن پایین‌تر خاک‌های جنگل مرتبط است و از سوی دیگر، به تخریب خاکدانه‌ها در اثر بهره‌برداری بیش حد. نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که بین کاربری‌های مختلف تحت بررسی در زیر حوضه‌های مختلف، از نظر رسوب تولید شده تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود داشت. همچنین اثر متقابل زیر حوضه × نوع کاربری اراضی از نظر مقدار رسوب، در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه‌ی میانگین آزمون دانکن نشان داد که بین مقدار رسوب و طبقات شیب و بین سه کاربری جنگل، مرتع و زراعت از نظر مقدار رسوب تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت و با افزایش شیب از ۱۰ به ۳۰ درصد، مقدار رسوب تولید شده افزایش یافت. نتایج ماتریس همبستگی نشان داد که بین پارامترهای خاک و مقدار رسوب همبستگی معنی‌دار وجود ندارد.

واژگان کلیدی: آزمون دانکن، توپوگرافی، تخریب جنگل، فرسایش خاک، رواناب.

* نویسنده مسئول: foahmad@yahoo.com

۱ـ مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور است. امروزه تخریب خاک، رفاه انسان و حتی حیات او را تهدید می‌کند. تخریب منابع طبیعی از جمله خاک، آثار جبران ناپذیری در پی دارد که می‌توان به وقوع سیلاب‌های شدید و کوتاه مدت، تغییر شدید بستر و دیواره‌های رودخانه‌ها به هنگام وقوع سیلاب، گل آلودگی زیاد آب‌ها و پدیده‌ی فرسایش ـ که موجب از دست رفتن خاک‌های حاصلخیز می‌شود ـ اشاره کرد (Jafari et al, 2009). سایش و هدررفت خاک هم به طور مستقیم تولید محصولات کشاورزی را به خطر می‌اندازد. تلفات خاک بر اثر شستشو و تولید رواناب در اراضی شیب‌دار که ناشی از بروز پدیده‌ی فرسایش است، می‌تواند بر اثر تبدیل اراضی مرتعی به دیم به وجود آید و تخریب اراضی را در پی داشته باشد (Sokouti oskoee et al, 2010).

بر اساس آخرین بررسی‌های کارشناسی انجام‌شده، میزان فرسایش آبی در ایران حدود ۱ میلیارد تن (به طور متوسط ۶ تن در هکتار در سال) است که این رقم حدود ۷ تا ۱۰ برابر حد تحمل‌پذیر (میزان خاک‌زایی) است. در ضمن، میزان فرسایش بادی بین ۳۵۰ تا ۵۰۰ میلیون تن در سال برآورد می‌شود (Arabkhedri et al, 2014). سازندهای حساس به فرسایش در بیش از ۷۰ درصد سطح کشور ایران، عامل مهمی در بالا بودن میزان فرسایش و تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز است (Peyrowan et al, 2014). نوع بهره‌برداری از اراضی، عامل بسیار مهمی در فرسایش و تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز به شمار می‌رود. در کشور ایران به دلیل بی‌توجهی به مسأله‌ی قابلیت و تناسب کاربری زمین، از بیشتر اراضی به صورت نامناسب و نامعقول استفاده می‌شود که این استفاده‌ی نادرست، شدت فرسایش و رسوب حوزه‌های آبخیز را افزایش می‌دهد (Kassas, 1983). همچنین تندی شیب سطح حوضه به صورت مستقیم یا با تأثیر بر سایر عوامل محیطی، به تغییر در فرآیندهای هیدرولوژیکی خاک به‌ویژه پتانسیل تولید رواناب و رسوب می‌انجامد (Sadegh et al, 2011).

شناخت مناطق مختلف یک حوزه از نظر وقوع و شدت فرسایش و رسوب در فازهای مختلف مطالعات پایه، همواره یکی از مهم‌ترین اهداف کارشناسان علوم طبیعی بوده و مدیریت صحیح یک حوزه‌ی آبخیز نیز مشروط بر شناخت عوامل مؤثر و بررسی رفتار آنها در شرایط متفاوت است (Sadegh et al, 2011). از آنجا که فرسایش خاک یکی از موانع مهم برای دستیابی به توسعه‌ی کشاورزی و منابع طبیعی است، لذا برای برنامه‌ریزی در زمینه‌ی احیای توسعه و مدیریت پایدار اراضی به ویژه در قالب طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری، آگاهی از وضعیت فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز یکی از ابزارهای مهم تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزی این حوزه‌ها محسوب می‌شود.

مطالعه‌ی رفتار خاک در مقابل فرآیند فرسایش به پارامترهایی از جمله پوشش گیاهی، توپوگرافی، کاربری ارضی و بارش بستگی دارد که به دلیل مشکلات اندازه‌گیری و ارزیابی تمام این عوامل در طبیعت، معمولاً از ساده کردن آنها در شرایط آزمایشگاهی استفاده می‌شود (Vahabi and Mahdian, 2008). باران‌سازهای مصنوعی، ابزارهای تحقیقاتی هستند که برای شبیه‌سازی رگبارهای طبیعی تهیه شده‌اند. از اوایل قرن بیستم، شبیه‌سازی بارش و ساخت شبیه‌ساز باران‌های اولیه شروع و در مورد کاربرد آنها در علوم طبیعی به ویژه در مطالعه‌ی فرآیند فرسایش و رواناب پژوهش‌های زیادی انجام شد (Perez-Latorre et al, 2010 & Seeger, 2007 & Yousefi Fard et al, 2005). باران‌سازها به منظور تعیین فاکتورهای

مؤثر بر رواناب، اندازه‌گیری‌های متعدد را در اراضی مختلف ممکن می‌سازند که از داده‌های به دست آمده از آن می‌توان برای اهداف مختلف استفاده کرد. با وجود چالش‌های موجود، استفاده از باران‌سازها به دلیل برتری‌های متعدد در پژوهش-های هدررفت خاک و تولید رواناب و رسوب در جهان رایج است (Seeger, 2007). هر چند بین بارش طبیعی و باران شبیه‌سازی شده توسط باران‌ساز اختلاف وجود دارد، بین فرسایش خاک در کرت آزمایشی و حوزه‌ی آبخیز همبستگی نزدیکی مشاهده می‌شود (Hamed et al, 2002).

تاکنون تحقیقات زیادی درباره‌ی شناسایی عوامل مؤثر بر مقدار تولید رسوب صورت گرفته‌است. Chapi (2001) در بررسی رابطه‌ی کاربری اراضی با نوع و میزان فرسایش خاک در آبخیز چهل‌گزی سنندج، به این نتیجه رسید که اراضی زراعی بیشترین نقش را در تولید رسوب منطقه برعهده دارند که این رقم معادل 20 درصد از کل رسوب تولیدی است و تولید رسوب در مراتع فقیر و متوسط تا خوب به مراتب کمتر است. Faraji و همکاران (2006) نیز عوامل مهم مؤثّر بر فرسایش رسوب‌دهی را در حوزه‌ی آبخیز بابا احمدی خوزستان بررسی و بیان کردند که افزایش شیب، تأثیر قابل توجهی بر تولید رسوب سازندها و سنگ‌های مقاوم ندارد. Battany و Grismer (2000) معتقدند که اثر تندی شیب بر میزان رواناب و رسوب، تحت‌تأثیر پوشش گیاهی و وضعیت سطح خاک است؛ به طوری که پوشش گیاهی ضعیف و افزایش شیب، به افزایش حجم رواناب و رسوب منجر شده‌است. Navas (1993)، تولید رسوب را در بوته‌زارهای نیمه خشک اسپانیا با استفاده از باران‌ساز بررسی کرد و نتیجه گرفت که شیب، پوشش گیاهی و نوع خاک به‌طور معنی‌داری بر مقدار رواناب و رسوب تأثیر دارد. همچنین، مقدار رواناب با هدررفت خاک همبستگی مثبت داشت و بیشترین مقدار رواناب و فرسایش در کرت-های با شیب تند ایجاد شد. Venyampe (2002) در بلژیک اظهار داشت تغییرات جزئی کاربری از جنگل به اراضی کشاورزی، بر افزایش میزان فرسایش خاک تأثیر معنی‌داری داشت. Izquierdo و Ricardo (2009) در پژوهشی دریافتند یکی دیگر از پارامترهای مهم و قابل بررسی در وقوع فرسایش خاک، خصوصیات آن خاک است؛ از آنجایی که تعیین غیراصولی کاربری اراضی به ویژه اکوسیستم‌های طبیعی، بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌ها و در پی آن میزان رواناب و فرسایش خاک تأثیر قابل توجهی می‌گذارد، بررسی تغییرات رواناب و فرسایش خاک در پی تغییر خصوصیات آن در خاک‌های تحت پوشش کاربری‌های مختلف و مجاور هم امری ضروری است.

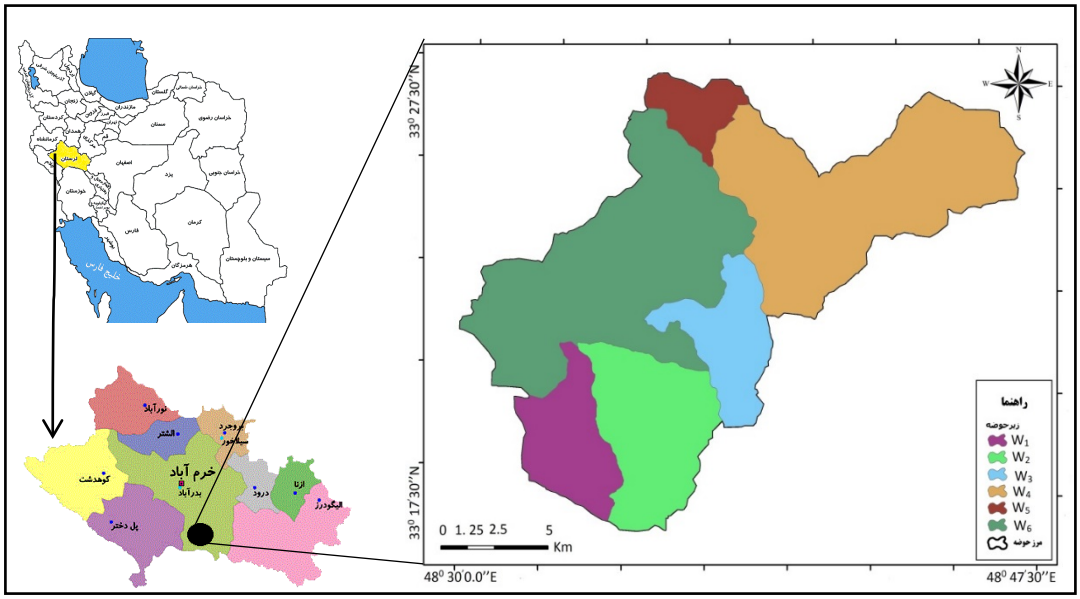
با توجه به بررسی مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که عوامل متعددی در تولید و تشدید رواناب و فرسایش خاک نقش دارد که بسته به شرایط منطقه، نقش برخی از این عوامل بارزتر می‌شود. در این میان می‌توان به نقش کاربری اراضی و شیب اشاره کرد. در این راستا، استان لرستان فرسایش آبی فراوانی دارد و در بعضی از نقاط آن حتی میزان فرسایش خاک و رسوب بیش از میزان متوسط کشور است و از سوی دیگر حدود ۹۵ درصد کل مساحت استان، در محدوده‌ی دو حوزه‌ی آبخیز بزرگ کرخه و دز قرار دارد (Parsab engineer consulting, 1999). بنابراین لازم است ابتدا از وضعیت کمی و کیفی فرسایش و رسوب منطقه‌ی مورد مطالعه، شناخت علمی حاصل شود. سپس با ریشه‌یابی صحیح و شناخت عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش و رسوب، راهکارهای منطقه‌ای برای به حداقل رساندن این فرسایش اجرا شود. با شناخت عوامل مؤثر بر هدررفت خاک، می‌توان راه‌حل مناسبی برای این مشکل ارائه کرد. بنابراین هدف از انجام این

تحقیق، بررسی اثر نوع کاربری و طبقات شیب بر تولید رسوب با استفاده از باران‌ساز مصنوعی در شش زیرحوضه از حوزه-ی کاکاشرف در استان لرستان بود.

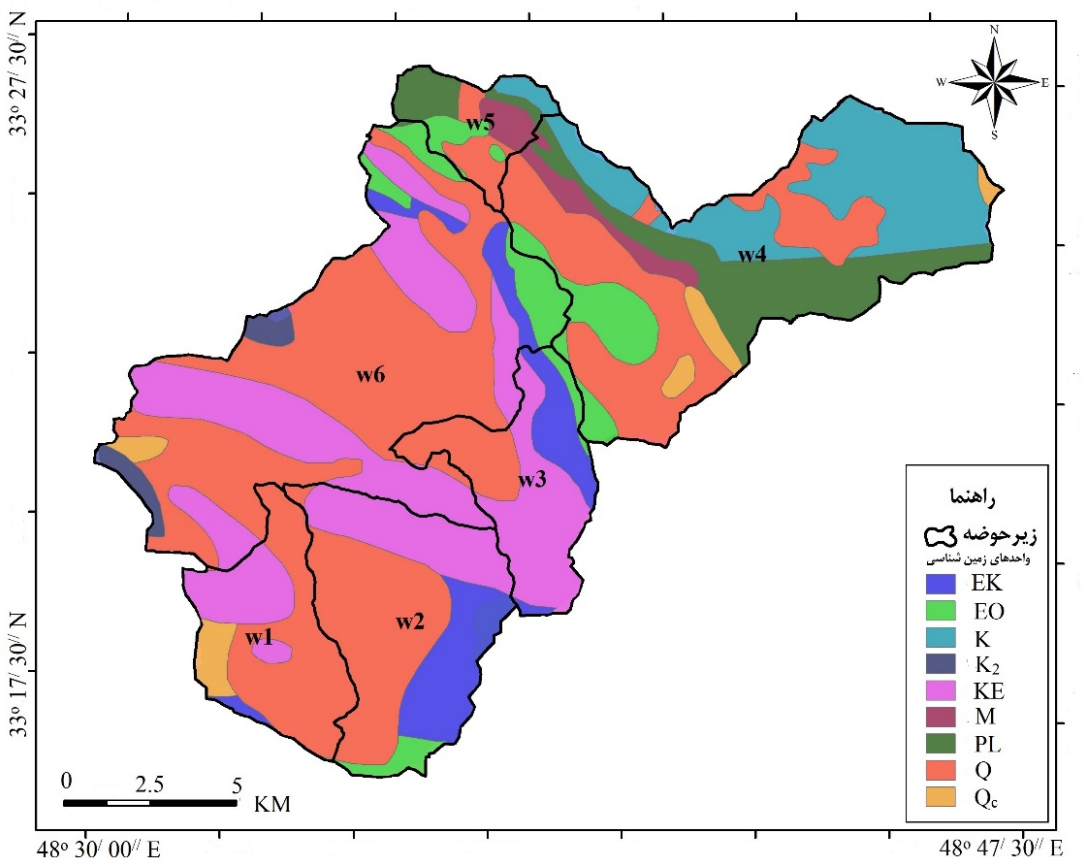
۲ـ مواد و روش‌ها

۲ـ۱ـ منطقه‌ی مورد مطالعه

پژوهش حاضر در حوزه‌ی آبخیز کاکاشرف با مساحت ۲۴۶۵۰ هکتار در استان لرستان و در جنوب شرقی شهرستان خرم‌آباد انجام شد. این حوزه یکی از زیر حوزه‌های آبخیز شهرستان خرم‌آباد به عنوان یکی از حوزه‌های آبخیز کرخه‌ی بزرگ در استان لرستان است (شکل ۱). از نظر موقعیت جغرافیایی، بین ″۸ ′۳۹ °۴۸ تا ″۵۲ ′۵۷ °۴۸ طول شرقی و ″۲۱ ′۱۶ °۳۳ تا ″۰۰ ′۲۳ °۳۳ عرض شمالی واقع شده‌است. حداکثر ارتفاع حوزه ۳۲۸۷ متر و حداقل ارتفاع در خروجی حوزه، ۲۱۲۱ متر از سطح دریا است. این حوزه به دلیل داشتن شرایط مناسب از جمله کاربری‌های مختلف اراضی و دسترسی به اطلاعات و آمار هواشناسی درازمدت در ایستگاه‌های مجاور، برای اجرای این تحقیق انتخاب شد. حوزه‌ی آبخیز کاکاشرف از شش زیرحوضه تشکیل شده‌است. متوسط بارندگی سالیانه در این حوزه حدود ۶۹۹/۷ میلی‌متر است. حداکثر بارندگی در دوره برگشت‌های ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ ساله به ترتیب برابر ۳۶، ۷۱/۸ و ۱۱۱/۹ میلی‌متر در ساعت است. بر اساس رتبه‌بندی استرالر، شبکه‌ی آبراهه‌ای حوزه‌ی آبخیز مورد مطالعه در ۶ رده طبقه‌بندی شد. بر اساس اطلاعات نقشه‌ی زمین‌شناسی، منطقه‌ی مورد مطالعه سازندهای بختیاری، گورپی، امیران، کشکان، آسماری و کنگلومرای سست کواترنر قدیم و دشت‌های آبرفتی جوان دارد. با توجه به نقشه‌ی زمین‌شناسی (شکل ۲)، بیشترین مساحت منطقه را آبرفت‌های بادبزنی و رسوبات درّه‌ای و مارنی تشکیل می‌دهد.



شکل ۱: حوزه‌ی آبخیز کاکاشرف و موقعیت آن در کشور و استان لرستان



شکل ۲: نقشه‌ی زمین‌شناسی حوزه‌ی آبخیز کاکاشرف (توضیحات مربوط به هر واحد زمین‌شناسی در جدول ۱ آورده شده‌است)

جدول ۱: راهنمای واحدهای زمین‌شناسی شناسایی شده در منطقه

نماد زمین‌شناسی	توصیف زمین‌شناسی	سن (دوره)	دوران
K_2 &K	مارن و شیل با نوارهای آهک رس‌دار با توپوگرافی نسبتاً پست، سازند گورپی	کرتاسه	مزوزوئیک
KE	سیلت‌های زیتونی تیره، سیاه و ماسه‌سنگ تیره رنگ متناوب، دارای لایه‌های کنگلومرا که عناصر آن را چرت‌های رادیو لاریتی تشکیل می‌دهند (سازند امیران)	پالئوسن	سنوزوئیک
Ek	کنگلومرا، ماسه سنگ و مارن قرمز سازند کشکان	آئوسن	سنوزوئیک
EO	سنگ آهک توده‌ای سازند آسماری و	الیگوسن	سنوزوئیک
M	مارن‌های قرمز گچ‌دار سازند گچساران	میوسن زیرین	سنوزوئیک
Pl	کنگلومرا با قلوه‌های آهکی و چرت و لایه‌های متناوب ماسه‌سنگ، سازند بختیاری	پلیوسن	سنوزوئیک
Q	دشت آبرفتی جوان	کواترنری	سنوزوئیک
Q_c	کنگلومرای سست	کواترنری	سنوزوئیک

۲ـ۲ـ ویژگی باران‌ساز مورد استفاده و اطلاعات بارندگی

پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، دستگاه شبیه‌ساز باران مورد استفاده در این پژوهش را طراحی و ساخته است. این دستگاه از نوع باران‌ساز غیرفشاری قابل حمل، از جنس پلکسی‌گلاس به ابعاد ۱۱۹×۸۳/۵ سانتی‌متر و به ارتفاع ۱/۶۰ متر است و با داشتن پایه‌های قابل تنظیم فلزی، قابلیت استقرار در شیب‌های مختلف را دارد (شکل ۳). البته یادآور می‌شود که به دلیل محدودیت‌های فنی، ارتفاع شبیه‌سازهای باران صحرایی در حدی نیست که بتواند سرعت حدی قطرات بارش را در شرایط طبیعی ایجاد کند. حجم مخزن آب ۴۹/۸ لیتر و ۲۰۴ عدد قطره چکان در قسمت آب‌پاش است که می‌تواند بارشی با شدت ۵ تا ۸۰ میلی‌متر در ساعت با زمان تداوم ۰/۵ الی ۳/۵ ساعت تولید کند. اندازه‌ی قطر قطرات باران تولیدی، ۰/۵ میلی‌متر است. با توجه به اینکه منطقه‌ی مورد مطالعه فاقد ایستگاه هواشناسی است، برای دست‌یابی به مشخصات بارندگی از داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین منطقه یعنی ایستگاه خرم‌آباد ــ چم انجیر استفاده شد. با توجه به اطلاعات هواشناسی موجود، حداکثر شدت بارندگی ده ساله با تداوم ۳۰ دقیقه‌ای در حوزه‌ی آبخیر مورد مطالعه به میزان ۳۶ میلی‌متر برآورد شد. دستگاه شبیه‌ساز باران پس از انتقال به محل آزمایش، براساس حداکثر شدت بارندگی ۳۰ دقیقه‌ای مذکور واسنجی و تنظیم شد.

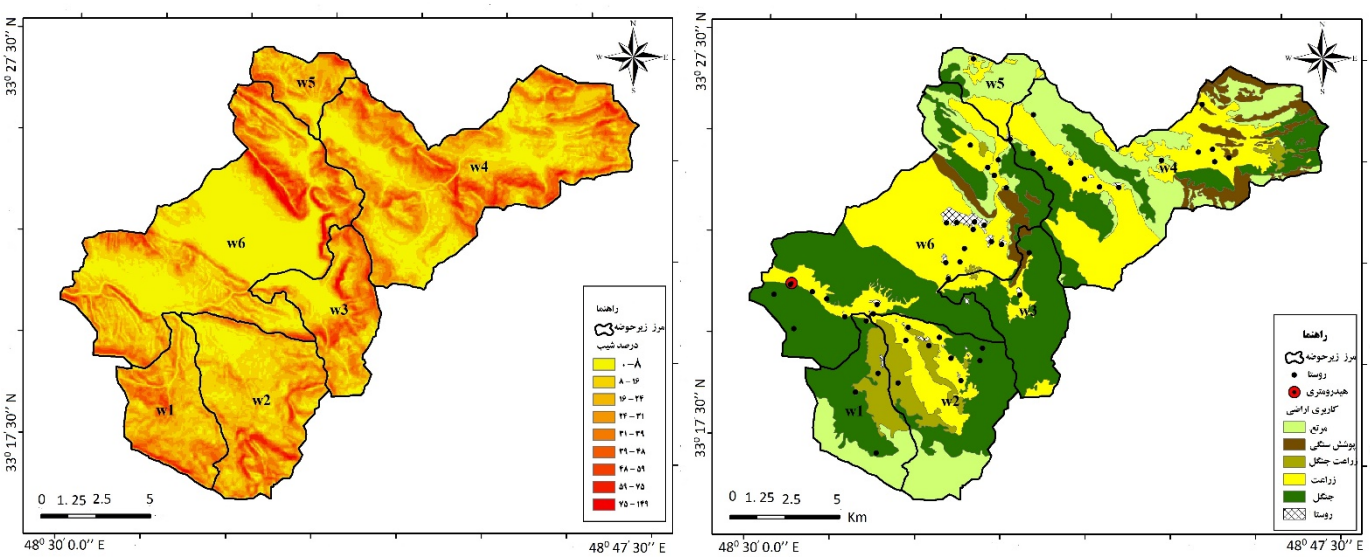
۲ـ۳ـ انتخاب محل آزمایش و برداشت نمونه‌های رواناب و خاک

به منظور انتخاب محل آزمایش، بعد از تهیه‌ی نقشه‌ی واحدهای کاری، کاربری اراضی و نقشه‌ی کلاس‌های شیب حوضه‌ی موردمطالعه، شش زیر حوضه با سه نوع کاربری جنگل، مرتع و زراعت انتخاب شد (شکل ۴). پوشش کاربری جنگل به دلیل غالب بودن درختان بلوط، به جنگل بلوط زاگرس معروف است و به طور محدود و پراکنده درختان بنه، زالزالک و گلابی وحشی دارد. درختان معمولاً دارای تاج پوشش متوسط، ضعیف و پراکندگی زیاد بودند. غالب این کاربری به دلیل دسترسی آسان اهالی منطقه بدان، معمولاً مورد چرای مفرط دام‌ها قرار می‌گیرد و درختان آن برای مصارف مختلف و سوخت قطع می‌شود. گاه نیز به اراضی دیم کم بازده تبدیل می‌شود و این پوشش جنگلی، در معرض تخریب شدید قرار می‌گیرد و عموماً تخریب‌یافته تلقی می‌شود. در چند سال اخیر نیز مشکل بیماری زوال درختان بلوط و پدیده‌ی نوظهور ریزگرده‌ها، باعث تسریع در تشدید این تخریب در حوزه‌ی آبخیز مورد مطالعه شده‌است. کاربری مرتع نیز به صورت پراکنده و محدود با پوشش گیاهی ضعیف و تخریب‌یافته ــ که در معرض چرای مفرط دام‌ها قرار گرفته ــ بعضاً به اراضی دیم کم بازده تغییر کاربری داده شده‌است. کاربری زراعت نیز غالباً در اراضی دیم است که برای تولید گندم و جو بهره‌برداری می‌شود.

شکل ۳: نمایی از دستگاه شبیه‌ساز باران مورد استفاده

با توجه به شرایط منطقه، نمونه‌برداری خاک در هر کاربری و زیر حوضه‌ی مشخص و در سه طبقه شیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد صورت گرفت. با توجه به اینکه سطح پلات باران‌ساز یک متر مربع است، لذا بر روی دامنه‌های موردنظر به کمک شیب‌سنج، سطح صاف و همواری برای انجام آزمایش قابل انتخاب است. از سوی دیگر به این دلیل که غالب فرسایش حوزه‌ی آبخیز از نوع سطحی و شیاری است، نمونه‌های خاک مرکب به صورت تصادفی سیستماتیک از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری خاک سطحی ــ که محدوده‌ی فرسایش سطحی و شیاری است ــ برداشت شد. در نمونه‌های خاک برداشت شده، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی شامل هدایت الکتریکی توسط EC سنج، اسیدیته با pH سنج، نیتروژن کل با دستگاه کجلدال (Bremner and Mulvaney, 1982)، فسفر قابل جذب با روش اولسن و به وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفتومتر (Olsen et al, 1954)، پتاسیم محلول در عصاره توسط دستگاه فلیم فتومتر (Thomas, 1982)، ماده آلی به روش تیتراسیون به وسیله سولفات فروآمونیوم (Thomas, 1982)، درصد آهک به روش تیتراسیون با سود ۰/۲۵ نرمان (Thomas, 1982) و بافت خاک به روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد.

با توجه به اینکه ۷۵ درصد مساحت حوزه دارای شیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد است، لذا عملیات شبیه‌سازی در سه شیب مذکور و در کاربری‌های مختلف جنگل، مرتع و زراعت در شش زیرحوضه انجام و نمونه‌برداری شد (شکل ۴)؛ البته در زیر حوضه‌های شماره یک و دو در کاربری مرتع به دلیل تغییر کاربری به اراضی دیم کم بازده و در زیر حوضه‌ی پنج در کاربری جنگل، به دلیل صعب‌العبور بودن و فقدان دسترسی، امکان نمونه‌برداری فراهم نشد و زیرحوضه‌ی یک فاقد کاربری زراعی، زیر حوضه‌ی سه نیز فاقد کاربری مرتع است و در مجموع طی ۹۳ مورد آزمایش شبیه‌ساز باران، مقدار رواناب اندازه‌گیری شد (جدول ۲).



شکل ۴: نقشهی کاربری اراضی حوزهی آبخیز کاکاشرف به همراه موقعیت روستاها و محل ایستگاه هیدرومتری (شکل راست) و طبقات شیب حوضه (شکل چپ)

جدول ۲: تعداد عملیات شبیهساز باران در کاربریهای مختلف زیر حوضههای مطالعاتی

زیر حوضه	مساحت	جنگل	مرتع	زراعت	طبقات شیب
۱	۲۱۵۲	۷	–	–	۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪
۲	۳۳۹۸	۸	–	۵	۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪
۳	۲۱۳۶	۸	–	۹	۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪
۴	۷۴۹۶	۷	۹	۹	۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪
۵	۱۰۹۸	–	۶	۴	۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪
۶	۸۳۷۰	۷	۶	۸	۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪
کل حوزه	۲۴۶۵۰	۳۷	۲۱	۳۵	۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪

پس از اجرای تنظیمات، آب از دستگاه شبیهساز باران شروع به ریزش کرد و این امر به مدت سی دقیقه انجام شد. به تدریج سطح خاک خیس و پس از مدتی، رواناب جاری در ظرف انتهایی جمعآوری شد. رواناب‌های جمع‌آوری شده، در ظرف‌های دربسته به آزمایشگاه منتقل شد. سپس با استفاده از قیف بوخنر، کاغذ صافی واتمن ۴۲ و پمپ خلاء، رسوبات از رواناب جدا و پس از قرار دادن در دستگاه آون به مدت ۲۴ ساعت و خشک کردن رسوب، بلافاصله وزن رسوب توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و ثبت شد.

پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها به منظور تجزیه و تحلیل آماری و رسم نمودارها، به ترتیب از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده شد. تجزیه‌ی واریانس یک‌طرفه و مقایسه‌ی میانگین‌ها براساس آزمون دانکن در سطح یک درصد انجام گرفت. به دلیل فقدان همه‌ی کاربری‌ها، صعب‌العبور بودن و فقدان دسترسی در برخی زیر حوضه‌ها، امکان شبیه‌سازی در همه‌ی کاربری‌ها به صورت یکسان میسر نبود. بنابراین، با توجه به اینکه تعداد نمونه‌ها در کاربری‌ها و زیر حوضه‌ها

یکسان نیست و امکان برداشت سه تکرار برای برخی از شیب‌ها نبود، از طرح کاملاً تصادفی چند مشاهده‌ای (Random complete design) استفاده شد که در این طرح، تیمار شیب در آزمون تجزیه‌ی واریانس به عنوان خطا در نظر گرفته شد. بنابراین، بررسی اثر شیب و کاربری اراضی همچنین اثر متقابل بین آنها ممکن نیست و اثر آنها به صورت جداگانه در بخش مقایسه‌ی میانگین ارائه شد. با روش همبستگی پیرسون، میزان تأثیر هر یک از متغیرهای خاک بر مقدار رسوب مورد بررسی قرار گرفت.

۳ـ یافته‌ها (نتایج)

۳ـ۱ـ ویژگی‌های اندازه گیری شده در خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

خلاصه‌ی آماری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی در حوزه‌ی کاکاشرف، در کاربری‌های مختلف و سه سطح شیب در جدول (۳) ارائه شده‌است. نتایج نشان داد که مقدار هدایت الکتریکی، فسفر، پتاسیم، آهک و سیلت خاک‌ها در کاربری زراعی، نسبت به خاک کاربری مرتع و جنگل بیشتر بود. میانگین مواد آلی و نیتروژن خاک در کاربری جنگل و مرتع نیز نسبت به کاربری زراعی بیشتر بود. با افزایش شیب، درصد آهک و مقدار فسفر افزایش یافت، ولی درصد مواد آلی و نیتروژن از شیب ۱۰ درصد به ۳۰ درصد کاهش یافت. سایر خصوصیات خاک با افزایش شیب تقریباً ثابت بود و تغییرات معنی‌داری نشان نداد.

۳ـ۲ـ اثر کاربری اراضی بر مقدار رسوب‌زایی

به منظور بررسی تأثیر سه نوع کاربری غالب منطقه (جنگل، مرتع و زراعت) بر میزان رسوب‌زایی، از آزمون دانکن برای مقایسه‌ی میانگین‌ها استفاده شد. در جدول (۴)، مقایسه‌ی میانگین سه کاربری از نظر تولید رسوب در شیب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد ارائه شده‌است. نوع کاربری در سطح یک درصد بر مقدار رسوب تأثیر معنی‌دار داشت. از نظر مقدار رسوب تولید شده، کاربری جنگل تخریب‌شده (۴۵/۵۹ گرم) بیشترین مقدار رسوب و در مرتبه‌ی بعدی، کاربری مرتع (۳۰/۸۵ گرم) و زارعت (۱۴/۹۸ گرم) قرار داشتند. شکل (۵) تغییرات رسوب را در سه کاربری جنگل، مرتع و زراعت نشان می‌دهد.

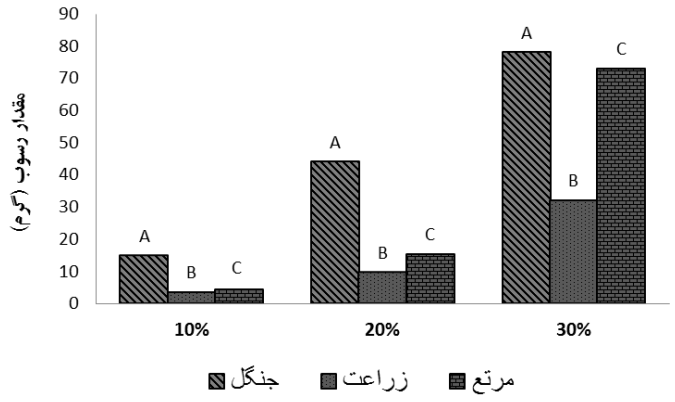
جدول۳: خصوصیات خاک حوزه‌ی مورد مطالعه در سطوح مختلف کاربری اراضی و شیب

متغیر	واحد	شیب ۱۰ درصد			شیب ۲۰ درصد			شیب ۳۰ درصد		
		مرتع	جنگل	زارعت	مرتع	جنگل	زارعت	مرتع	جنگل	زارعت
اسیدیته	–	۷/۷۱	۷/۴۴	۷/۳۸	۷/۵۸	۷/۴۸	۷/۴۵	۷/۵۵	۷/۵۰	۷/۴۶
هدایت الکتریکی	dS/m	۰/۷۸	۱/۰۹	۱/۲۵	۰/۶۵	۱/۱۹	۱/۵۷	۰/۹۲	۰/۵۳	۱/۳۸
نیتروژن	mg/kg	۱۶۹۶	۱۵۲۴/۶	۱۱۷۳/۲	۱۵۶۰/۶۶	۱۴۳۴/۶	۱۱۲۲/۶	۱۴۲۹	۱۲۹۵/۷۵	۹۸۴/۸
فسفر	mg/l	۳۳/۱۱	۳۳/۵۸	۳۳/۵۰	۳۴/۳۴	۳۳/۱۲	۳۵/۸۶	۳۶/۸۷	۳۱/۶۸	۳۴/۷۹
پتاسیم	mg/l	۳۳/۳۵	۳۰/۶۸	۳۴/۶۹	۱۹/۹۹	۳۰/۶۸	۴۵/۱۲	۲۶/۶۷	۲۲/۶۶	۳۶/۷۰
آهک	٪	۳۳/۰۴	۳۷/۴۵	۴۱/۹۷	۳۱/۲۹	۴۰/۳۱	۴۳/۴۲	۳۴/۷۵	۴۱/۸۴	۴۴/۴۰
شن	٪	۳۷/۳۳	۳۰/۷	۲۶/۷	۳۶/۶۶	۳۰/۳	۲۵/۸	۳۵/۳۳	۳۲/۵	۲۶/۷
سیلت	٪	۴۰	۴۵/۲	۵۰	۳۵/۳۳	۴۸/۴	۴۸	۴۰	۴۲/۵	۴۴/۸
رس	٪	۲۲/۶۶	۲۴/۱	۲۳/۳	۲۸	۲۱/۳	۲۶/۲	۲۴/۶۶	۲۵	۲۸/۵
مواد آلی	٪	۲/۸۸	۲/۳۹	۱/۹۸	۲/۴۱	۲/۴۵	۱/۹۶	۲/۲۴	۲/۶۲	۱/۷۷

جدول۴: مقایسه‌ی کاربری‌های مختلف از نظر مقدار رسوب به روش دانکن در سطح احتمال یک درصد

کاربری	مقدار رسوب (گرم)
جنگل	۴۵/۵۹[a]
مرتع	۳۰/۸۵[b]
زراعت	۱۴/۹۸[c]

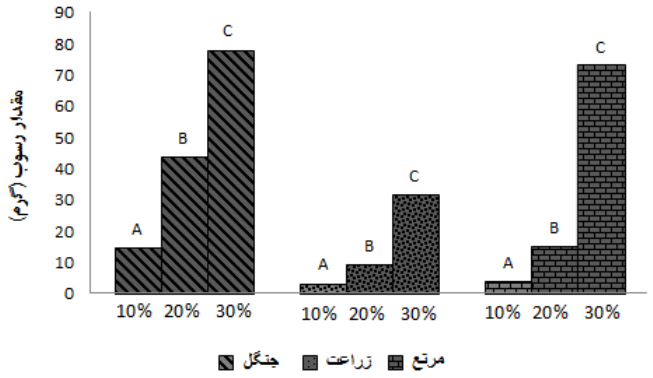
اعداد دارای حروف متفاوت، تفاوت معنی‌دار دارند.



شکل ۵: اثر نوع کاربری اراضی بر مقدار رسوب در طبقات شیب

۳-۳- اثر طبقات شیب بر مقدار رسوب‌زایی

درجه‌ی شیب، یکی از فاکتورهای اصلی در جدا شدن ذرات و انتقال آنها است. تغییرات مقدار رسوب نسبت به درصد شیب، در جدول (۵) ارائه شده‌است. نتایج مقایسه‌ی میانگین با آزمون دانکن نشان داد که با افزایش درجه‌ی شیب، میزان رسوب‌زایی به طور معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد افزایش یافت. میانگین میزان رسوب تولید شده در طبقات شیب ۱۰ درصد، ۲۰ درصد و ۳۰ درصد به ترتیب ۷/۴۹، ۲۲/۹۲ و ۶۱ گرم در سطح پلات یک متر مربعی بود.



شکل ۶: اثر شیب بر مقدار رسوب بعد از شبیه‌سازی بارش در سه نوع کاربری

جدول ۵: مقایسه‌ی شیب‌های مختلف از نظر مقدار رسوب به روش دانکن در سطح احتمال ۱ درصد

شیب	مقدار رسوب (گرم)
٪۱۰	۷/۴۹[a]
٪۲۰	۲۲/۹۲[b]
٪۳۰	۶۱[c]

اعداد دارای حروف متفاوت، تفاوت معنی‌دار دارند.

۳-۴- بررسی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده‌ی رسوب جمع‌آوری شده با شبیه‌ساز باران در سه کاربری و طبقات شیب

جدول (۶)، نتایج میانگین رسوب حاصل از شبیه‌سازی باران را در طبقات شیب و سه کاربری در زیر حوضه‌های مختلف حوزه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول (۶) و شکل (۷) مشاهده شد که با افزایش شیب در سه کاربری مختلف، مقدار رسوب تولید شده در زیر حوضه‌ها نیز افزایش یافت. این روند در کاربری جنگل زیر حوضه‌ی دو و کاربری زراعت در زیر حوضه‌های دو و چهار مشاهده نشد و مقدار رسوب تولید شده، با افزایش درجه‌ی شیب رابطه‌ی مستقیمی نداشت. دلیل این امر را می‌توان به تأثیر برخی از خصوصیات خاک در این شیب‌ها نسبت داد؛ از جمله درصد آهک، مواد آلی، میزان رس، نیتروژن خاک و pH (جدول ۹).

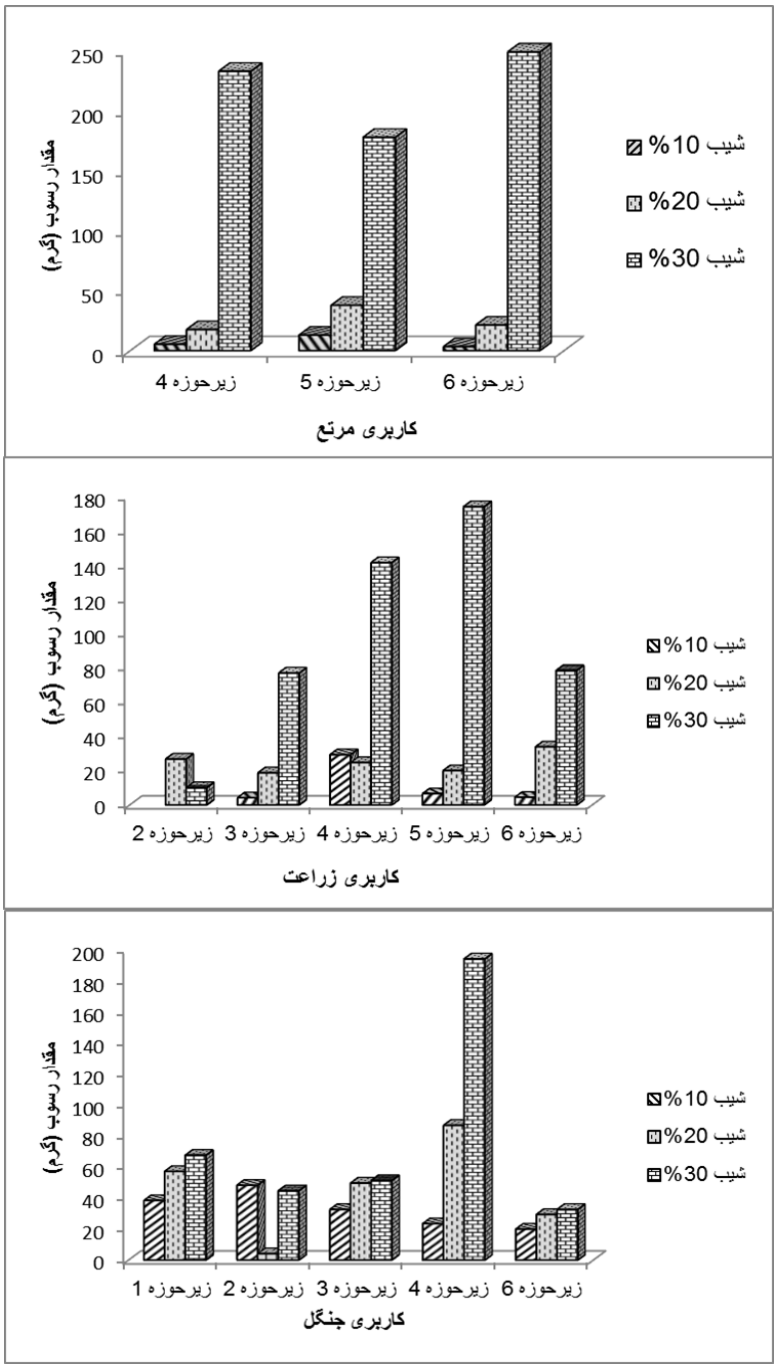
از نظر مقدار رسوب تولیدی در زیر حوضه‌های مختلف، کاربری مرتع در زیر حوضه‌ی شش با میانگین رسوب ۹۰/۹۵ گرم و در زیر حوضه‌ی پنج با میانگین رسوب ۷۵/۹۵ گرم در سطح پلات، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار رسوب را در این کاربری تولید کرده‌اند. در کاربری زراعت، بیشترین رسوب تولید شده در زیر حوضه‌ی ۲ با میانگین ۶۶/۸۵ گرم و کمترین رسوب، در زیر حوضه دو با میانگین رسوب ۱۲/۳۳ در سطح پلات بود. همچنین زیر حوضه‌ی پنج با رسوب ۱۰۱/۴۴ گرم و زیر حوضه‌ی شش با میانگین رسوب ۲۷/۳۲ گرم، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار رسوب را در سطح پلات و در کاربری جنگل تولیده کرده‌اند.

به طور کلی، میانگین مقدار رسوب حاصل از شبیه‌ساز باران در کل حوزه‌ی کاکاشرف در سه شیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب برابر ۷/۴۹، ۲۳/۴۱ و ۶۱/۰۶ گرم برآورد شد. بر این اساس مشاهده می‌شود که با افزایش شیب، مقدار رسوب تولید شده روند افزایشی نشان می‌دهد. همچنین میانگین مقدار رسوب در کاربری جنگل، مرتع و زراعت به ترتیب ۴۶/۰۷، ۳۰/۸۸ و ۱۵/۰۲ گرم است.

جدول۶: نتایج میانگین رسوب (گرم) به دست آمده از شبیه‌سازی باران در طبقات شیب و کاربری در زیر حوضه‌های مورد مطالعه

شیب	شیب ۱۰ درصد			شیب ۲۰ درصد			شیب ۳۰ درصد		
کاربری	جنگل	مرتع	زراعت	جنگل	مرتع	زراعت	جنگل	مرتع	زراعت
زیرحوضه۱	۳۸/۳۹	-*	-	۵۷/۱۳	-	-	۶۷/۵۴	-	-
زیرحوضه۲	۴۸/۲۱	-	-	۴/۰۹	-	۲۶/۸۲	۴۴/۶۵	-	۱۰/۱۷
زیرحوضه۳	۳۲/۵۹	-	۴/۲۳	۴۹/۵۷	-	۱۸/۸۲	۵۱/۲۳	-	۷۶/۹۳
زیرحوضه۴	۲۳/۴۶	۵/۲۵	۲۹/۳۴	۸۶/۸۲	۱۷/۵۳	۲۴/۷۶	۱۹۴/۰۶	۲۳۲/۱۸	۱۴۱/۳۴
زیرحوضه۵	-	۱۲/۸	۶/۵۹	-	۳۷/۶۲	۲۰/۰۵	-	۱۷۷/۴۳	۱۷۳/۹۱
زیرحوضه۶	۱۹/۹۵	۳/۳۱	۴/۵۳	۲۹/۴۱	۲۱/۲۳	۳۳/۹۴	۳۲/۶۲	۲۴۸/۳۲	۷۸/۴

* این نوع کاربری در این زیر حوضه‌ها وجود ندارد.



شکل۷: میانگین مقدار رسوب سطوح پلات آزمایشی در سه کاربری جنگل، مرتع و زراعت و در طبقات شیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد

۳ـ ۵ـ بررسی مقدار رسوب تولیدی در کاربری‌های موجود در زیر حوضه‌ها

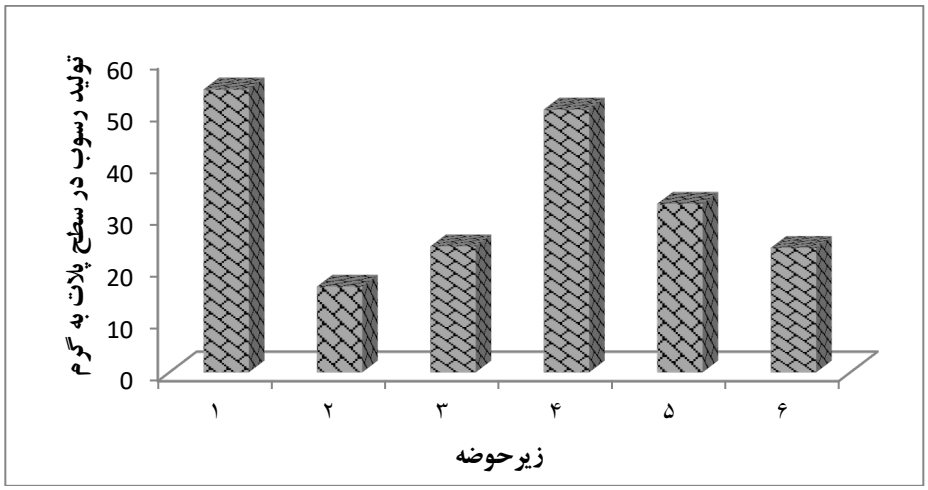
جدول (۷)، نتایج واریانس مربوط به مقدار رسوب را در سه کاربری موجود در زیر حوضه‌ها نشان می‌دهد که بر این اساس، بین کاربری‌های موجود در زیر حوضه‌های مختلف از نظر مقدار رسوب تولید شده تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود دارد. همچنین اثر متقابل زیر حوضه و نوع کاربری اراضی از نظر مقدار رسوب، اختلافی در سطح یک درصد

داشت و معنی‌دار بود. مقایسه‌ی میانگین تغییر مقدار رسوب تولیدی زیرحوضه‌ها با استفاده از روش دانکن، در جدول (۸) ارائه شده‌است. نتایج اختلاف بین مقدار رسوب در زیرحوضه‌ها نشان داد که به جز زیرحوضه‌های دو و شش ـ که بین آنها اختلاف معنی‌دار نبود ـ در بین تمام زیرحوضه‌های دیگر، در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۸).

جدول۷: تجزیه‌ی واریانس مقدار رسوب در زیر حوضه‌ها و کاربری‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن رسوب
زیر حوضه	۵	۳۱۷۲*
کاربری در زیر حوضه	۷	۴۵۹۷/۷**
خطا	۵۳	۱۰۵۲/۶

*، ** معنی‌دار بودن اختلاف‌ها به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۸: مقایسه‌ی میانگین مقدار رسوب تولیدی در زیرحوضه‌ها

جدول ۸: مقایسه‌ی میانگین کاربری‌های مختلف در زیرحوضه‌های مختلف از نظر حجم رواناب به روش دانکن در سطح احتمال یک درصد

زیرحوضه‌ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶
مقدار رسوب (گرم)	۵۴/۳۵^{a}	۱۶/۴۴^{e}	۲۴/۱۶^{d}	۵۰/۴۹^{b}	۳۲/۳۶^{c}	۲۳/۸۸^{d}

اعداد دارای حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری دارند.

۳ـ۶ـ بررسی اثر خصوصیات خاک بر مقدار رسوب تولیدی

به منظور بررسی ارتباط بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با غلظت رسوب در طبقات شیب مورد مطالعه، ماتریس همبستگی پیرسون تشکیل شد که نتایج آن در جدول (۹) ارائه شده‌است. بر اساس نتایج حاصل شده از این جدول، از میان خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در ۳ شیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد، عامل ماده آلی (OM و N) مهم‌ترین تأثیر را در ایجاد تمایز در مقدار تولید رسوب دامنه‌های خاکی تحت بررسی ایفا کرده‌است.

جدول ۹: ضریب همبستگی بین ویژگی‌های خاک با غلظت رسوب در طبقات شیب مختلف

متغیر	شیب ۱۰ درصد	شیب ۲۰ درصد	شیب ۳۰ رصد
pH	-۰/۰۱۱	-۰/۴۵۲*	۰/۵۵۲*
EC (dS/m)	-۰/۲۴۶	-۰/۳۱۴	-۰/۱۴۹
N(mg/kg)	-۰/۴۶۸*	-۰/۶۸۵**	-۰/۶۰۸**
P(mg/kg)	۰/۲۷۹	-۰/۲۵۸	-۰/۰۷۷
K(mg/kg)	-۰/۲۰۸	-۰/۱۶۷	-۰/۱۳۴
Calcite(%)	-۰/۷۱۴**	-۰/۳۱۷	-۰/۰۲۴
Sand(%)	۰/۳۴۲	۰/۳۵۲	-۰/۱۵۹
Silt(%)	-۰/۱۸۷	-۰/۰۱۴	۰/۰۸۳
Clay(%)	-۰/۳۵۶	-۰/۵۶۱*	۰/۲۱۸
OM(%)	-۰/۶۸۵**	-۰/۸۲**	-۰/۱۵۵

۴ـ بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر طبقات شیب و نوع کاربری اراضی بر هدررفت خاک، در زیرحوضه‌های حوزه‌ی کاکاشرف انجام شد. براساس نتایج آمار توصیفی خصوصیات، یکی از دلایل زیاد بودن مقدار هدایت الکتریکی، فسفر و پتاسیم در خاک‌های زراعی، استفاد از انواع کودها از جمله کودهای فسفاته و پتاس است که به میزان زیاد در عملیات کشاورزی به اراضی اضافه می‌شود و به افزایش املاح خاک می‌انجامد. Malekpour و همکاران (2011) نیز در مطالعات خود، به افزایش قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع بر اثر فعالیت کشت و کار بر اراضی زراعی و زراعی- جنگلی اشاره کردند. بالا بودن میزان ماده آلی در کاربری جنگل نسبت به سایر کاربری‌ها، می‌تواند از وجود ریشه و لاشبرگ‌های درختان بلوط در منطقه نشأت گرفته باشد. همچنین وجود بقایای گیاهی و ریشه‌ی گیاهان در این کاربری‌ها، سایه‌اندازی درختان بر این بقایا در نتیجه‌ی کاهش دما، تخریب بقایا و مواد آلی، مقدارکربن ذخیره شده در توده‌ی زنده‌ی درخت در منطقه‌ی جنگلی به علت تراکم پوشش درختی نیز دلیلی دیگر بر زیاد بودن میزان ماده آلی در این نوع کاربری است (Wenbin et al, 2007).

نتایج مقدار رسوب در کاربری‌های مختلف نشان داد که بیشترین مقدار رسوب در خاک کاربری جنگل و کمترین مقدار در خاک کاربری زراعت تولید شد. علت این امر را می‌توان در این زمینه جستجو کرد که خاک‌های جنگلی تکامل-یافته‌تر هستند و به دلیل وجود فعالیت میکروارگانیسم‌ها و کرم‌های خاکی دارای خلل و فرج بیشتر و با دارا بودن ماده آلی بالاتر، وزن مخصوص کمتری دارند. لذا ذرات خاک با رواناب، راحت‌تر جابجا می‌شود.

همچنین طبق بازدیدهای صورت گرفته از حوزه‌ی آبخیزکاکاشرف، کاربری جنگل در این حوزه و سطح خاک آن متراکم و سفت شده‌است؛ این امر به دلیل دسترسی آسان اهالی منطقه، عبور مکرر و مداوم دام‌ها و قطع درختان است. در اراضی زراعی، استفاده از کودهای آلی و وجود کاه و کلش بعد از برداشت محصول ــ که می‌تواند باعث افزایش مواد آلی

شود ـ همچنین عملیات خاک‌ورزی مداوم، می‌تواند به افزایش نفوذپذیری خاک منجر شود؛ بنابراین، در مراتع و جنگل به دلیل چرای مفرط و تردد مکرر دام‌ها و در نتیجه‌ی آن کاهش سرعت نفوذ، مقدار رسوب تولید شده بیشتر بود. Davenport و همکاران (1998) بیان کردند در برخی شرایط، میزان فرسایش در نوع خاصی از زیست‌بوم‌های جنگلی بیش از انواع دیگر گزارش شده که عمدتاً بر دخالت‌های نابجا و مفرط از طریق برداشت یا چرای زیاد دلالت داشته‌است.

همچنین نتایج نشان داد با افزایش شیب، مقدار رسوب تولیدی افزایش یافت. دلیل تأثیر آن، در افزایش سرعت رواناب و تا حدودی به دلیل تشدید اثر برخورد قطرات باران است (Toy et al, 2002). Mengistu و همکاران (2012) در آزمایشی به بررسی اثر شیب بر تولید رواناب و رسوب پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که اثر درصد شیب بر رواناب و رسوب معنی‌دار بوده‌است. درجه‌ی شیب بر میزان جدا شدن ذرات خاک بر اثر ضربه‌ی قطرات باران، تأثیر مثبتی دارد.

Torri و Poesen (1988) بیان کردند که با افزایش شیب، نیروی جاذبه‌ی زمین به نیروی قطرات باران افزوده می‌شود و در نتیجه مقاومت برشی خاک کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش شیب، فرآیند تشکیل سله در مناطق بین شیاری کاهش و در نتیجه مقاومت برشی لایه‌ی سطحی نیز کاهش می‌یابد و مقدار رسوب بیشتری در اثر ضربه‌ی قطرات باران جدا می‌شود. Cheng و همکاران (2008) و Ekwue و همکاران (2009) نیز نتایج مشابه ارائه دادند. در برخی زیرحوضه‌ها، افزایش شیب به کاهش مقدار رسوب منجر شد. دلیل این امر را می‌توان به خصوصیات خاک در این شیب‌ها نسبت داد. Sadeghi و همکاران (2011)، Assouline و Ben-Hur (2006) و Heuscher و همکاران (2005)، بر هدر رفت بیشتر خاک در شیب‌های کم اشاره کردند و علت آن را به ایجاد لایه‌ی نفوذناپذیر در شیب‌های کم و تولید مواد آلی در شیب‌های زیاد نسبت دادند.

نتایج تجزیه‌ی واریانس و مقایسه‌ی میانگین مربوط به مقدار رسوب در شش زیر حوضه نشان داد که بین زیر حوضه‌های مختلف از نظر مقدار رسوب تولید شده تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود دارد. دلیل این تفاوت را می‌توان به شرایط مختلف از جمله توپوگرافی منطقه، زمین‌شناسی، خصوصیات خاک، نوع کاربری اراضی موجود در هر زیر حوضه و تأثیر عوامل انسانی و مدیریتی در زیر حوضه‌ها نسبت داد که این عوامل در نهایت بر مقدار رسوب تولید شده در شش زیر حوضه تأثیرگذار است. با توجه به نقشه‌های ارائه شده در بخش مواد، روش‌ها این موضوع را تأیید می‌کند. همان گونه که در شکل‌ها مشاهده شد، شرایط در زیرحوضه‌ها متفاوت است. زیرحوضه‌ی یک با داشتن مقدار بارندگی بیشتر، حداکثر ارتفاع و تراکم آبراهه‌ی بالا، از بیشترین مقدار تولید رسوب برخوردار است.

Vavaz (1993)، تولید رسوب را در بوته‌زارهای نیمه خشک اسپانیا با استفاده از باران‌ساز بررسی کرد و نتیجه گرفت که شیب، پوشش گیاهی و نوع خاک، به طور معنی‌داری بر مقدار رواناب و رسوب تأثیر دارد. Bamaki و همکاران (2011) نیز معتقدند که تراکم آبراهه در یک حوضه‌ی آبخیز، برآیندی از تأثیر عوامل توپوگرافی، لیتولوژی، پوشش گیاهی و خاک‌شناسی منطقه است. میزان تراکم آبراهه در یک حوضه‌ی، شدت و ضعف مقاومت سطح و لایه‌های زیرین خاک را در مقابل عامل فرسایش نشان می‌دهد.

با توجه به ماتریس همبستگی در شیب ۱۰ درصد، مواد آلی و درصد آهک در سطح یک درصد و مقدار نیتروژن در سطح پنج درصد با غلظت رسوب همبستگی معنی‌دار منفی دارد؛ حال آنکه سایر خصوصیات خاک در این طبقه شیب با غلظت رسوب، همبستگی معنی‌دار ندارد. در شیب ۲۰ درصد، pH و درصد رس در سطح پنج درصد و مواد آلی و مقدار نیتروژن در سطح یک درصد، با غلظت رسوب همبستگی معنی‌دار منفی نشان دادند. همچنین در شیب ۳۰ درصد، از بین خصوصیات خاک pH در سطح پنج درصد و نیتروژن خاک در سطح یک درصد، با غلظت رسوب همبستگی معنی‌دار منفی نشان دادند. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان همخوانی نشان می‌دهد؛ برای مثال Zangabadi و همکاران (2010) در مطالعه‌ی خود به بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش خاک پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که ماده آلی، درصد آهک و pH خاک با مقدار رسوب همبستگی معنی‌دار دارد، ولی بین درصد رس، شن و سیلت با مقدار رسوب همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. Zhang و همکاران (2004) در بررسی‌های خود نشان دادند که بین درصد رس و ماده آلی با فرسایش، همبستگی منفی وجود دارد. Santos و همکاران (2003)، پژوهش‌های زیادی در زمینه‌ی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر میزان فرسایش خاک با استفاده از شبیه‌ساز بارن و شناخت متغیرهای مؤثر خاک در وقوع آن انجام داده‌اند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که درصد شن با میزان فرسایش، همبستگی معنی‌دار مثبت دارد ولی در تحقیق حاضر مقدار درصد شن با میزان رسوب همبستگی نشان نداد. Casermeiro و همکاران (2004) برای بررسی متغیرهای خاک در میزان فرسایش، از باران-ساز استفاده کردند. نتایج نشان داد که بیشتر متغیرهای اندازه‌گیری شده در خاک، با میزان فرسایش همبستگی ضعیفی دارد. نتیجه‌ی این محقق نیز به نوعی با نتیجه‌ی تحقیق حاضر مطابقت نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، دلایل بالا بودن میزان هدررفت خاک و تولید رسوب در کاربری جنگل حوزه‌ی کاکاشرف عبارت است از: دسترسی آسان اهالی منطقه و بهره‌برداری غیر اصولی آنها از جنگل، تردد بیش از حد دام‌ها در اراضی جنگل و فشردگی خاک، رخنمون اراضی مارنی برخی زیر حوضه‌ها، پراکندگی پوشش جنگلی و ضعیف بودن تاج پوشش درختان ــ که غالباً از نوع بلوط هستند ــ و جنگل‌های در معرض تخریب یا بعضاً تخریب‌یافته. Peyrowan و Shariat Jafari (2013) و Peyrowan و همکاران (2014) نیز در تحقیق خود به فرسایش‌پذیری و توان رسوب‌زایی بالای سازندهای مارنی در سطح حوزه‌های آبخیز کشور اشاره کرده‌اند؛ البته در بعضی مناطق نیز درخت‌ها تنک و به اراضی زراعی دیم تبدیل شده و در چند سال اخیر نیز بیماری زوال درختان بلوط و پدیده‌ی ریزگردها، روند تخریب درختان بلوط و در نتیجه کاهش پوشش گیاهی را تسریع کرده‌است. بنابراین از دیدگاه مدیریت حوزه‌های آبخیز، از بین رفتن پوشش گیاهی در اثر عوامل مختلف می‌تواند به تشدید فرسایش خاک، تولید رواناب و رسوب و در نتیجه تخریب حوضه منجر شده و لازم است با اعمال شیوه‌های مناسب مدیریت در بهره‌برداری صحیح اراضی از تخریب آن جلوگیری به عمل آید. با توجه به شرایط سخت مطالعات صحرایی و مساحت زیاد حوزه‌های آبخیز، همچنین یکنواخت نبودن شرایط اقلیمی پیشنهاد می‌شود در چنین شرایطی به منظور شبیه‌سازی فرآیند تولید رواناب و رسوب، از دستگاه باران‌ساز صحرایی استفاده شود. در ضمن برای انجام برآوردها در سطح دامنه‌ها و حوضه، از مدل‌های تجربی رایج نظیر RUSLE و EPM استفاده شود.

منابع

1. Abbasi, N., 2005. Geological and erosoinal classification of marls in the lower Ghezel Ozan, Final report of the research project, Soil Conservation and Watershed Management Institute of Iran. (In Persian)
2. Arabi-khedri, M.; Jafari Ardakani, A.; Bayat, R.; Shadfar, S.; Elias Khajevi, A.; Nabipey Lashkarian, S.; Hossein Mahdiyan, M. H.; Bani Hashemi, A.; And M. Jaferian, 2014. Determination of estimated soil erosion data at country level, Final report of research project, Soil Conservation and Watershed Management Institute of Iran. (In Persian)
3. Battany, M. C., & M. E. Grismer, (2000). Rainfall runoff and erosion in Napa valley vineyards: effects of slope, cover and surface roughness. *Hydrological Processes*. 14, 1289-1304.
4. Barmaky, M.; Pazira, A.; Isa Zadeh, L.; Seraj Amani, R.; & N. Chakmechi, 2011. Study of land use and drainage density on increasing erosion at two times priods using GIS, The 5th Conference on Watershed Management and Water and soil Resources Management, Kerman, Iran. (In Persian)
5. Bremner, J. M. & C. S. Mulvaney, (1982). Total nitrogen. Pp. 595-624. In: Page AL (Ed.). Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd Ed, ASA and SSSA Madison, WI, USA.
6. Chapi, K., 2001. Investigation of land use relationship with type and amount of soil erosion, Seventh Congress of Iranian soil science, Shahr e Kord, Iran. Page 246. (In Persian)
7. Casermeiro, M. A.; Molina, J. A.; Caravaca, M. T. D. L.; Costa, J. H; Massanet, M. I. H.; & P. S. Moreno, 2004. Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean Climate, *Catena*, 57, 91–107.
8. Cheng, Q.; Ma, W.; & 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, *GeoJournal*, 71(2-3), 117-125.
9. Davenport, D. W.; Breshears, D. D.; Wilcox, B. P.; & G. D. Allen, 1998. Viewpoint: Sustainability of pinon- Juniper ecosystems- A unifying perspective of soil erosion thresholds, *J. of Range Manag*, 51 (20), 231-240.
10. Ekwue, E. I.; Bharat, C.; & K. Samaroo, 2009. Effect of soil type, peat and farmyard manure addition, slope and their interactions on wash ersion by overland flow of som Trinidadian soils, *Bios, Engine*, 102, 236-243.
11. Eteraf, H., & A. R. Telvari., (2003). Investigation of vegetation and grazing management on soil erosion in the loss of Maraveh Tapeh rangeland soil, Research final report, Research Center of Agricultural and Natural Resources of Golestan, 120 pages. (in Persian)
12. Faraji, M.; Ahmadi, H.; Mahdavi, M.; Mohammadian Behbahani, A.; & M. Dadkhah, 2006. Investigation of the effective factors on erosion and sediment yield of Baba Ahmadi watershed in Khuzestan Province, using experimental models EPM and MPSIAC, *Iran Natural Resources*, 59 (4), 783-796. (In Persian)
13. Hamed, Y.; Albegel, J.; Pepin, Y.; Asseline, J.; Nasri, S.; Zante, P.; Berndtsson, R.; El Niazy, M.; & M. Balah, 2002. Comparison between rainfall simulator erosion and observed reservoir sedimentation in an erosion-sensitive semiarid catchment, *Catena*, 50, 1-16.
14. Heuscher, S. A.; Brandt, C. C.; & M. P. Jardine, 2005. Using soil physical and chemical properties to estimate bulk density, *Soil Science Society of America Journal*, 69, 51-56.

15. Izquierdo, A. E., & H, Ricardo Grau., (2009). Agricultment, land – use transition and protected areas in Northwestern Argentina. *Journal of Environmental Management*. 90, 858 – 865.
16. Jafari, M.; Nasri, M.; & A. Tavili, 2009. Estruction of soil and lands, Press one, Tehran university press, 44-45 and 247.
17. Kassas, M., 1983. The Global BiospHere: Conservation for Survial, *Mazingira*, 7(2), 2-13.
18. Malekpour, B.; Ahmadi, T.; & S. Kazemi Mazandarani, 2011. The Effect of Rangeland Land Use Change on Physical and Chemical Properties of Soil in Lashak Kojor, Noshahr City, *Quarterly Journal of Natural Resources Sciences and Technology*, 6 (3), 115 - 126. (In Persian)
19. Mengistu, B.; Defersha, M.; & M. Assefa, 2012. Effect of rainfall intensity, slop and antecedent moisture content on sediment concentraction and sediment enrichment ratio, *Catena*, 90, 47-52.
20. Names, A.; Rawls, J.; & A. Yakov, 2005. Influence of organic matter on the estimation of saturated hydraulic conductivity, *Soil Science Society American Journal*, 69, 1330-1337.
21. Navas, A., 1993. Soil loses under Simulator Rainfall in semi-arid Shrub lands of the Ebro Valley, *Journal of Soil and Water Conservation*, 42, 211-215.
22. Olsen, S. R.; Cole, C.; Watanabe, F. S.; & L. A. Deam, 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with Sodium bicarbonate. USDA.
23. Parsab Consulting Engineers, Jihad Engineering Services Co, 1999. Comprehensive flood control study of Lorestan province, Organization of Jihad in Lorestan province. (In Persian)
24. Perez-Latorre, F. J.; Castro, L. D.; & A. Delgado, 2010. A comparison of two variable intensity rainfall simulators for runoff studies, *Soil and Till Res*, 107, 11-16.
25. Peyrowan, H. R.; Shariat Jafari, M.; Jalali, N.; Jafari Ardekani, A.; Parekar, M.; Iranmanesh, F.; Salmasi, R.; Soufi. M.; & Kh., Norouzi, 2011. Identification and monitoring of effective factors on erosion and sediment yield of sensitive geological formations, Strategic plan report, Soil Conservation and Watershed Management Institute of Iran. (In Persian)
26. Peyrowan, H. R., & M. Shariat Jafari., (2013), Presentation of a comprehensive method for determining erodibility rate of rock units with a review on Iranian geololgy. *Journal of soil Consevation and Watershed Management Research of Iran*. V. 5, Issue 3 (In Persian)
27. Peyrowan, H. R.; Ghayoumian, J.; Jafari Ardekai, A.; & R., Kazemi, 2014. Classification and determination of erodibility index of marl formations in Tehran province, Final research report, Soil Conservation and Watershed Management Institute of Iran. (In Persian)
28. Pla, I.; Nacci, S.; & M. C. Ramos, 2003. Effect of raindrop and it, s with aggregate stability to different disaggregation forces, *Catena*, 53, 365-376.
29. Refaee, H., 2000. Water erosion and its control, Tehran University Press. (In Persian)
30. Sadeghi, H. R.; Sadat Zarif Moazzem, M.; & S. Kh. Mirnia, 2011. Effect of hillslope and aspect on surface runoff and sediment yield on small experimental plots in Kojur watershed, *Water and soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 25 (3), 583-562. (In Persian)
31. Santos, F. L.; Reis, J. L.; Martins, O. C.; Castanheria, N. L.; & R. P. Serralherio, 2003. Comparative assessment of infiltration, runoff and erosion of sprinkler irrigation soils, *Biosystems Engineering*, 86, 355-364.
32. Seeger, M., 2007. Uncertainty of factors determining runoff and erosion processes quantified by rainfall simulations, *Catena*, 71, 56-67.

33. Sheikh Rabiee, M. R.; Feiznia, S.; & H. R., Peyrowan, 2011. Estimation of runoff and soil losses in HIV watershed, Comparison in rainfall simulator scale, *Journal of Earth Sciences*, 20 (80), 57-60. (In Persian)
34. Sokouty Oskouee, R.; Nikami, D.; & N. Qa'imian, 2010. Investigating the effect of hillslope on soil losses in pasture and dryland landuse, Proceedings of the 6th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering and 4th National Conference on Erosion and Sediment, 1-7. (In Persian)
35. Thomas, GW., 1982. Exchangeable cations. Pp. 159-165. In: Page AL (ed.). Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI, USA.
36. Torri, D., & J. Poesen, (1988). The effect of cup size on splash detachment and transport measurements. Part2: theorical approach. *Catena Supplement*. 12, 127-137.
37. Toy, T.; Foster, G.; & K. Renard, 2002. Soil erosion: Processes, Prediction, Measurement and Control, John Wiley & Sons, Inc, New York, 338 p.
38. Vahabi, J., & M. H. Mahdian, (2008). Rainfall simulation for the study of the effects of efficient factors on runoff rate, *Current Sci*, 95, 1439-1445.
39. Venyampe, A. J.; Govers, G.; & C. Puttemans, 2002. Modeling Land Use changes and their impact on soil erosion and sediment supply to rivers, *Journal of Earth Surface Processes and La*.
40. Wenbin, W.; Yang, P.; Tang, H.; Ongaro, L.; & K. Shibasa, 2007. Regional variability of the Effects of land use systems on soil properties, *Agricultural sciences in China*, 6, 1309-1375.
41. Yousefi Fard, M.; Jalalian, A.; khademi, H.; & M. A. Hajabasi, 2005. Notrient Loss In Different Landuse Estimated by Rainfall Simulator, Proceeding of International Conference on Human Impacts on Soil Quality Atributes Sep. 12-16, 2005, Isfahan, I. R. Iran.
42. Zangi Abadi, M.; Rangavar, A.; Refaee, H.; Shorafa, M.; & M. Reza Bihamta, 2010. Investigation of the most important factors affecting soil erosion process in semi-arid rangelands of Kalat area, *Water and Soil Journal*, 24 (4), 737-744. (In Persian)
43. Zare Mehrjerdi, M.; Najafinejad, A.; Noura, N.; & A. Kavian, 2012. Slope and soil characteristics effects on runoff and soil loss using rainfall simulator, Chehel-Chay watershed, Golestan province, *Journal of water and soil consevation Research*, 19 (2), 165-178. (In Persian)
44. Zhang, K.; Li, S.; Peng, W.; & B. Yu, 2004. Erodibility of agricultural soils and loess plateau of China, *Soil & Tillage Research*, 76,157-165.

Investigating the Effects of Land Use, Land Slope and Soil Properties on Sediment Yield in the Sub-Catchment of Karkheh Watershed Basin in Lorestan Using an Artificial Rainfall Simulator

Kianoush Behrahi : Ph.D of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahvaz, Iran and scientific member of applied science and technology University. Tehran, Iran.
Gholam Abbas Sayyad : Associate Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz.Ahvaz, Iran.
Ahmad Landi*: Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahvaz, Iran.
Hamid Reza peyrowan : Associate Professor of Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Soil Conservation and Watershed Management Institut. Tehran, Iran.

Article History (Received: 29.10.2017 Accepted: 28.5.2018)

Extended abstract

1- Introduction

The present study was performed to investigate the effects of slope percentage and land use type on the produced sediment by an artificial rainfall simulator in Kakasharaf watershed, a branch of Karkhe watershed (Lorestan province).

2- Methodology

The rainfall simulator used in this research was designed and constructed by the Soil Conservation and Watershed Management Institute. This device is a portable non-pressurized piston gun with the dimensions of 119.5 × 83 cm and a height of 1.60 m. The rainfall simulator was calibrated and adjusted to the location of the test based on the maximum rainfall intensity of 30 minutes. In order to select the location of the test, after designing the units, land use, and mapping of the slopes of the studied basin, six sub-basins with the three types of forest, pasture and agriculture were selected. After collecting and recording the data, SAS and Excel softwares were used for statistical analysis and plotting. One-way analysis of variance and comparison of means were done based on Duncan test at 1% level.

3- Results

The average of sediment yield obtained from rainfall simulator in three slope classes and three land uses in sub-basins of the study area showed that in three different land uses, by increasing slope percentage, the amount of sediment yield increased. This trend was not observed in the forest and agricultural land uses in sub-basins 2 and 4, and the amount of sediment yield did not correlate with the increase in slope percentage. The reason for this can be attributed to the effect of some soil characteristics such as the percentage of lime, organic matter, clay content, soil nitrogen and pH of these hill slopes. The amount of sediment yield in different sub-basins, i.e. in rangeland uses in basin of six with a mean sediment of 95.9, and in sub basin five with a mean sediment of 95.75 g in the plot, respectively, had the highest and lowest amount of sediment in pasture land uses. In agricultural land use, the highest sediment yield measured in sub-basin 2 indicated an average of 85.86g and the lowest sediment in the sub-basin showed a

* Corresponding Author: foahmad@yahoo.com

mean sediment of 33.31 in the plot area. Also, in 5th basin with a sediment of 1.444 g and in the sixth basin with a mean sediment of 32.27 g, the highest and lowest amount of sediment was produced on the plot area and in the forest land uses. In general, the average sediment yields from the rain fall simulator in the entire Kakashpour area at 10, 20 and 30 percent slopes were 7.49, 23.41 and 61.66 grams, respectively. By increasing the amount of slope percentage, the amount of sediment yield increased as well. The average amounts of sediment at the plot area in the forest, pasture and agriculture were 46.07, 30.88 and 15.02, respectively.

4- Discussion & Conclusions

The results showed that the average quantities of sediment resulted from the plot area with one square meter of rainfall simulator in Kakasharaf watershed were obtained as 7.49, 23.41 and 61.06 g in the slope degrees of 10, 20 and 30%, respectively, and 46.07, 30.88 and 15.02 g in the three land use types of forest, pasture and agriculture, respectively. Therefore, the highest sediment quantity was produced in the slope degree of 30% and forest land use due to the mature forest soils exposed to erosion because of the destruction of forest soils by farmers. Analysis of variance showed a significant difference ($p<0.05$) between the different sub-basins from the viewpoint of the produced sediment. Also, the interaction effect between sub-basin and land use type on the produced sediment indicated a significant difference at 0.01. Also, the results of Duncan`s mean comparison test indicated a significant difference between the land slope degrees and also between three land use types of pasture, forest and agriculture in terms of the produced sediment and the sediment increased significantly with an increase in the slope rate from 10% to 30%. Based on the results of the Pearson correlation matrix, soil properties did not have a meaningful correlation with soil loss. The results of sediment yield in different uses indicated that the highest amount of sediment was in the forest and the lowest amount referred to the agricultural land. The reason of this result could be the activity of microorganisms and earthworms that increase porosity and organic matter, and lower specific gravity of soil particles that are more easily displaced by runoff. Also, the soil of forest land use in this area has become dense and hardened due to the easy access of the people of the area, and the continuous cutting of trees. In agricultural lands due to the use of organic fertilizers and the presence of straw after harvesting (which can increase organic matter) as well as the continuous tillage operations in soil, soil permeability can increase. Therefore, the amount of sediment yield was higher in rangelands and forests due to the excessive grazing and the frequent transportation of livestock and, consequently, a decrease in the permeability rate of the soil. The results also showed that the increase in the slope amounts would trigger the sediment yield increase as well. The reason is its effect on the speed of runoff and partly due to the intensification of the effects of rain drops (Toy et al., 2002). Their results showed that the effect of slope percentage on runoff and sediment was significant. Slope amount had a positive effect on the amount of separation of soil particles due to the impact of rain drops.The results of the analysis of variance and the comparison of the mean of the sediment yield in the six sub-basins showed that there is a significant difference between the sediment yields of the sub-basins at the 5% level. The reason for this difference can be attributed to various conditions such as topography of the area, geology, soil characteristics, land use in each sub-basin, as well as the impact of human and managerial factors in the sub-basins, which ultimately affect the amount of sediment produced in the six sub-basins.

Key Words: Duncan test, forest Destruction, Runoff, Soil erosion, Topography