نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۰، شماره ۴، ۱۳۹۷، صفحات ۶۵۹-۶۷۰

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 10, Issue 4, 2019, Pages 659-670
DOI: 10.22092/ijwmse.2017.107420.1178

اثر میزان و جهت شیب بر رسوب و رواناب سطحی، مطالعه موردی: حوزه آبخیز گنبد

رضا کردیان همدانی[۱]، سعید آزادی[۲]، صفر معروفی*[۳] و عبداله طاهری تیزرو[۴]

[۱ و ۲] دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، [۳] استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران و [۴] دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۲۵ تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۸

چکیده

فرسایش، به‌علت اثرات فراوان اقتصادی و زیست محیطی همواره دغدغه بزرگی برای کشاورزان، مهندسان و سیاست-گذران به‌شمار می‌آید. از آن‌جایی که شیب یکی از شاخص‌های مهم در فرایند فرسایش می‌باشد، پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش تندی و جهت شیب بر تغییرات رسوب و حجم رواناب سطحی در حوزه آبخیز گنبد واقع در شهرستان همدان انجام شد. در این حوضه، در سه دامنه جنوبی، شمالی و شرقی سه کرت استاندارد آزمایشی نصب شد. کرت‌ها در ابعاد ۱/۸×۲۴ متر طراحی و در شیب‌های نسبتا همگن و با مقادیر متفاوت تعبیه شدند. رواناب محتوی رسوب در مخازن ویژه‌ای جمع‌آوری و نمونه‌برداری شدند. در این خصوص، ۱۶ واقعه بارشی مستقل (۱۳۸۹–۱۳۹۲) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بررسی اثرهای تندی و جهت شیب و همچنین، اثر متقابل آن‌ها با استفاده از آزمایش فاکتوریل در نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. نتایج حاکی از معنی‌داری اثر شیب، جهت آن و همچنین، اثر متقابل آن‌ها در هنگام وقوع رگبار، در میزان حجم رواناب تولیدی می‌باشد. بر اساس این نتایج، شیب‌های کوچک باعث معنی‌داری عامل تندی شیب شده و تاثیر بیشتری نسبت به مقادیر بزرگ‌تر، در تولید رواناب داشته است. دلیل این امر، پوشش گیاهی متراکم و همچنین، بیشتر بودن میانگین سرعت نفوذ آب در خاک، در شیب‌های بزرگ‌تر می‌باشد. از طرفی، در تولید رسوب، عامل تندی شیب معنی‌دار نبوده و جهت شیب نیز فقط در یکی از وقایع بارشی ۱۶گانه معنی‌دار بوده است. اثر متقابل آن‌ها نیز در سه واقعه بارشی معنی‌داری را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تندی شیب، شهرستان همدان، کرت فرسایش، فرسایش خاک میزان رسوب

مقدمه

فرسایش خاک از مهمترین چالش‌های زیست محیطی و تولید غذا در جهان است که تاثیرات مخربی بر زیست بوم‌های طبیعی و تحت مدیریت انسان دارد. فرسایش خاک علاوه بر مشکلاتی که در منطقه فرسایش یافته بر جای می‌گذارد، همچنین، مواد حاصله نیز در مناطق کم شیب ترسیب می‌نماید. هر چند فرسایش خاک در طول تاریخ وجود داشته، ولی در سال‌های اخیر به‌دلیل کاربری نامناسب اراضی، شدت یافته است (Sadeghi و Singh، ۲۰۰۵). به همین دلیل، امروزه حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش از ضروری‌ترین اقدامات زیربنایی در هر کشوری می-باشد. به‌منظور ارائه بهترین راه‌کار در تدوین خط‌مشی سیستماتیک آبخیزداری، شناخت پدیده فرسایش و

* مسئول مکاتبات: marofisafar59@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

تولید رسوب و عوامل موثر بر آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تلاش ما صرف شناخت فرایندهای تخریبی و انواع فرسایش‌های حاکم بر حوضه و در کنار آن مکانیسم‌های موثر بر پیدایش آنان و نحوه ارتباط عوامل مختلف با فرسایش و تولید رسوب می‌باشد.

به‌منظور برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب، مدل‌های تجربی زیادی در طی چند دهه اخیر ارایه شده و تحقیقات زیادی نیز صورت گرفته است. با توجه به پژوهش‌های مختلفی که در زمینه مدل‌سازی فرایند فرسایش و تولید رسوب صورت پذیرفته، انتخاب مدل واحدی که مقبولیت جهانی در این زمینه داشته باشد، به سادگی صورت نمی‌گیرد (Kothyari و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین، اغلب این مدل‌ها در شرایط ویژه‌ای ایجاد شده‌اند و کاربرد آن‌ها در مناطق مختلف بدون واسنجی دقیق باعث ایجاد خطای بالا در برآورد میزان رسوب می‌شود. از طرفی، ممکن است، یک مدل با تبیین صحیح فرایند فرسایش و رسوب به‌دلیل در دسترس نبودن اطلاعات ورودی در بسیاری از مناطق، کاربردی نداشته باشد (Sadeghi و همکاران، ۲۰۰۸a). با مد نظر قرار دادن این نکته که همواره این مدل‌ها با مشکلات فراوانی از جمله حساسیت به شرایط مرزی و تعدد داده‌های ورودی روبرو هستند، لذا، استفاده از آن‌ها را در شرایط مزرعه چالش‌برانگیز می‌سازد (Nozari و همکاران، ۲۰۱۴).

از این روی، نیاز به تحقیقات فرسایش خاک، منجر به توسعه طرح کرت‌های آزمایشی جهت کنترل شرایط حاکم بر فرایند فرسایش خاک شده است. تحقیقات مختلف انجام شده موید کاربرد کرت‌های با ابعاد مختلف و اهداف متنوع می‌باشد (Sadeghi و همکاران، ۲۰۰۸b). از جمله آن‌ها می‌توان به تحقیقات Sánchez و همکاران (۲۰۱۵)، در کرت‌های بزرگ آزمایشی که در یک مزرعه قهوه و در شیب زیاد (در حدود ۶۰ درصد) نصب شده بود، اشاره کرد. آن‌ها به بررسی رواناب سطحی و هدررفت خاک در یک دوره زمانی سه ساله پرداختند. همچنین، Zhao و همکاران (۲۰۱۴)، به بررسی اثرات چند گونه گیاهی در مراحل مختلف رشد، بر کاهش میزان رواناب و رسوب در باکس‌هایی از خاک، تحت شرایط شبیه‌سازی بارش پرداختند.

به‌منظور موفقیت در مهار فرسایش خاک، آگاهی از عوامل موثر در فرسایش، میزان و شدت تاثیر آن‌ها و اولویت‌بندی مناطق از نظر شدت فرسایش و تولید رسوب ضرورت دارد (Mohammad Khan و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین، آمار و اطلاعات رسوب در کشور کافی نبوده و در اکثر حوزه‌های آبخیز، استفاده از روشی که توانایی تشخیص مناطق حساس به فرسایش را با دقت و سرعت بالا داشته باشد، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. عوامل موثر بر فرسایش خاک تحت تاثیر شرایط زمانی و مکانی متفاوت می‌باشند. از جمله مهمترین این عوامل می‌توان به توپوگرافی، اقلیم، فرسایش‌پذیری خاک، پوشش گیاهی و نحوه مدیریت اراضی اشاره کرد (Chaplot و Bissonnais، ۲۰۰۳). از بین این خصوصیات، توپوگرافی از مهمترین عوامل موثر بر فرسایش و رسوب می‌باشد. از جمله مهمترین خصوصیات توپوگرافی که به‌صورت مستقیم و یا با تاثیر بر سایر عوامل محیطی باعث تغییر در فرایندهای هیدرولوژیکی خاک، به‌ویژه پتانسیل تولید رواناب و رسوب می‌شوند، میزان (تندی) و جهت شیب می‌باشد (Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۱).

در این راستا، مطالعات گسترده‌ای که نشان‌دهنده نقش تعیین کننده شیب در فرایند فرسایش و تولید رسوب می‌باشد، مقیاس‌های مختلف و همچنین، شرایط طبیعی و شبیه‌سازی شده صورت گرفته است. Sadeghi و همکاران (۲۰۱۱)، به بررسی اثر تندی و جهت شیب بر میزان رواناب و رسوب در حوزه آبخیز کجور واقع در جنوب شرقی شهرستان نوشهر پرداختند. آزمایش‌های مورد نظر با استفاده از یک باران‌ساز پمپی و کرتی با ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر در دو تیمار شیب کمتر و مساوی ۲۵ درصد و بیشتر از ۲۵ درصد و جهت‌های شرقی و غربی انجام شد. آن‌ها نتیجه گرفتند که تنها تندی شیب بر حجم رواناب تاثیر معنی‌داری داشته، به‌نحوی که بر خلاف تصور، حجم رواناب روی شیب زیاد، کمتر از شیب کندتر بوده است. همچنین، با افزایش شیب، رسوب تولیدی به‌علت بافت درشت خاک و محدودیت رسوب قابل دسترس، کم و در دامنه شرقی مقدار آن بیشتر بود.

در پژوهشی، Shi و همکاران (۲۰۱۲)، به بررسی فرایند فرسایش خاک و طبقه‌بندی رسوب از نظر

Archive of SID

www.SID.ir

مکانیزم انتقال در شیب‌های مختلف پرداختند. شبیه-سازی آزمایشگاهی به‌وسیله ۱۲ بارش با شدت‌های ۹۰ میلی‌متر بر ساعت در باکسی به ابعاد ۵×۱ متر و شیب‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه صورت پذیرفت. این محققین به این نتیجه رسیدند که ذرات رسوب بستر به‌ترتیب از اندازه متوسط تا درشت دانه (ذرات بزرگ‌تر از ۰/۱۵۲ میلی‌متر) بیشترین نقش را در مکانیزم انتقال ایفاء می‌کنند که با افزایش میزان شیب این نقش چشم‌گیرتر می‌شود.

در پژوهشی، به‌منظور بررسی تاثیر شیب بستر جاده جنگلی بر مقدار رواناب و رسوب تولیدی با استفاده از باران‌ساز در سطح کرت یک متر مربعی، در قالب طرح کامل تصادفی، در سه شیب مختلف و سه تکرار انجام گرفت. در این پژوهش سایر پارامترها ثابت در نظر گرفته شد و فقط به تاثیر شیب بر مقدار رواناب و رسوب تولیدی پرداخته شد. نتایج نشان داد که با افزایش شیب، مقدار رواناب و رسوب به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Moghadami Rad و همکاران، ۲۰۱۳). Zarif و همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی تغییرات رواناب و رسوب در دو شیب حوزه آبخیز جنگلی در کرت‌های آزمایشی پرداختند. آن‌ها بیان نمودند که حجم رواناب در شیب زیاد، بیش از شیب کم بوده ولی مقدار رسوب در شیب زیاد، بیشتر از شیب کم می‌باشد. همچنین، در پژوهشی که در حوزه آبخیز لتیان صورت پذیرفت، رابطه شدت فرسایش و رخساره‌های فرسایشی با طبقات مختلف شیب مورد بررسی قرار گرفت. این محققین از نرم‌افزار GIS و آزمون آماری مربع کای برای نتیجه‌گیری نهایی استفاده کردند. ایشان بیان نمودند که با زیاد شدن شیب، ابتدا میزان فرسایش افزایش و سپس کاهش می‌یابد (Mohammad Khan و همکاران، ۲۰۱۰).

همچنین، Agassi و همکاران (۱۹۹۰)، به بررسی تندی و جهت شیب بر فرسایش و رواناب پرداختند و نشان دادند که جهت شیب، تحت تاثیر باد بر تولید رواناب و رسوب اثر معنی‌داری دارد. آن‌ها نتیجه گرفتند که با افزایش شیب، رواناب کاهش یافته ولی تولید رسوب، به‌ویژه در جهت باد غالب منطقه، به‌صورت نمایی افزایش یافته است. حال آن‌که، در شرایط بادپناهی، این افزایش محسوس نبوده است. Battany و Grismer (۲۰۰۰)، اثر پوشش گیاهی و وضعیت سطح خاک بر رواناب و رسوب تولیدی را مورد بررسی قرار داده و بیان نمودند که در شرایط پوشش گیاهی ضعیف و افزایش شیب، حجم رواناب و رسوب افزایش می‌یابد. از طرفی، در شرایط مناسب پوشش گیاهی با افزایش شیب، رسوب تولیدی افزایش قابل توجهی نداشته است. آن‌ها نشان دادن که افزایش درصد شیب بین چهار تا ۱۶ درصد، تاثیر مثبت و معنی‌داری بر روی میزان هدررفت خاک دارد. Assouline و Ben-Hur (۲۰۰۶)، بیان نمودند که رسوب تولیدی با شدت بارندگی رابطه مستقیم داشته به‌نحوی که در شدت بارندگی ۱۲ میلی‌متر بر ساعت با افزایش شیب، رسوب تولیدی افزایش معنی‌داری نداشته است. اما در شدت ۶۰ میلی‌متر بر ساعت باعث افزایش نمایی رسوب شده است.

از طرفی، شدت فرسایش و رسوب تحت تاثیر بافت خاک متفاوت می‌باشد. از این روی، در پژوهشی که به‌وسیله Vatani و Vaezi (۲۰۱۳)، صورت گرفته است، به بررسی فرسایش شیاری در خاک‌های با بافت مختلف و تغییرات زمانی آن طی بارندگی پرداخته شد. بدین منظور، کرت‌های ۱×۱/۲ متر در دامنه‌ای شیب-دار تحت باران شبیه‌سازی شده مورد بررسی قرار گرفت. مقدار فرسایش شیاری بر اساس میزان رسوب جمع شده در مخزن انتهای کرت‌ها تعیین شد. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین فرسایش به‌ترتیب در خاک‌های رسی و شنی مشاهده شد. زیرا، میزان فرسایش به سرعت نفوذ آب و انتقال‌پذیری ذرات وابسته بوده است. Nyssen و Vermeersch (۲۰۱۰)، به بررسی عوامل اثرگذار بر فرسایش‌های سطحی، شیاری، آبکندی و لغزش در بلژیک پرداختند. آن‌ها نشان دادند که بین تندی و جهت شیب با فرسایش در اکثر موارد همبستگی مثبت وجود دارد. همچنین، Cheng و همکاران (۲۰۰۸)، در بررسی‌های خود در شمال چین مشاهده کردند که افزایش شیب باعث افزایش رواناب و هدررفت خاک می‌شود.

با بررسی مطالعات صورت گرفته در نقاط مختلف جهان می‌توان گفت، ایجاد رواناب و تولید رسوب تغییرپذیری متفاوتی تحت تاثیر تندی و جهت شیب

Archive of SID

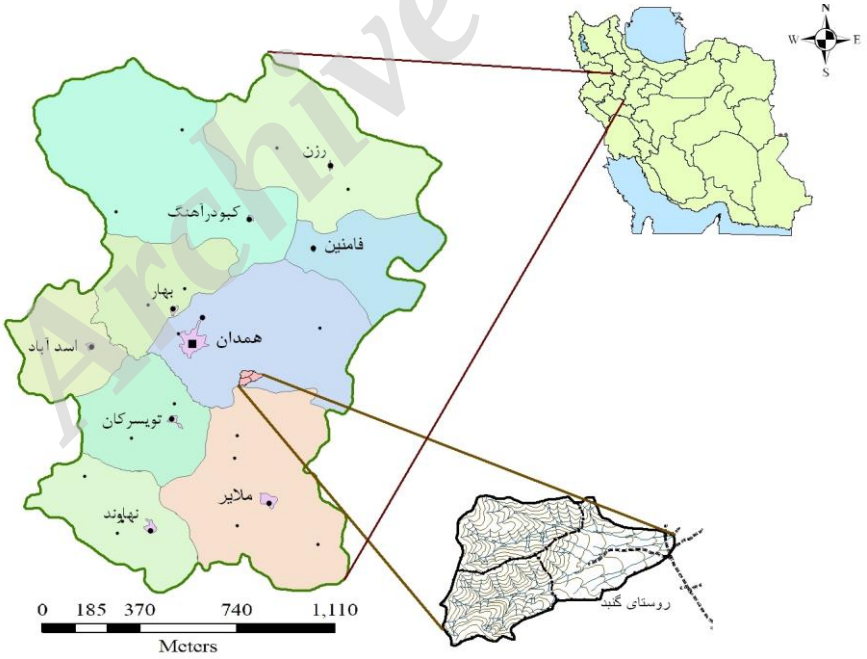
www.SID.ir

دارد. به همین دلیل، انجام مطالعاتی که اثر پارامترهای مختلف توپوگرافی را بر روی خصوصیات حوزه‌های آبخیز مورد بررسی قرار دهند، ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی اثر تندی و جهت شیب بر تغییرات رسوب کرت‌های آزمایشی حوضه گنبد می‌باشد. در این رابطه، ضمن بررسی فرسایش خاک و رسوب تولیدی در شرایط طبیعی، حجم رواناب سطحی ناشی از رگبارهای مختلف، با توجه به میزان شیب مورد بررسی قرارگرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: حوضه گنبد با مساحت ۴۴۵ هکتار در فاصله ۳۵ کیلومتری جنوب شهرستان همدان و بین طول‌های جغرافیایی ′۴۱ °۴۸ تا ″۲۰ ′۴۳ °۴۸ شرقی و عرض‌های ′۴۱ °۳۴ تا ″۳۰ ′۴۲ °۳۴ شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). این حوضه، جزء حوزه آبخیز کویر مرکزی، حوزه آبخیز قره‌چای و زیرحوضه سد فرقان می‌باشد. شیب متوسط حوضه ۲۸ درصد و ارتفاع آن بین ۲۰۸۰ تا ۲۴۴۰ متر از سطح دریا و بارش متوسط سالانه در سطح حوضه بر اساس داده‌های آمار ۲۰ ساله ایستگاه باران‌سنجی موجود در منطقه گنبد، ۳۹۶/۸ میلی‌متر است.

میانگین دمای سالانه منطقه مورد مطالعه طی ۱۰ سال اخیر برابر ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد و اقلیم منطقه طبق روش آمبرژه، نیمه‌خشک سرد بوده و تعداد روزهای یخبندان بر اساس آمار ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۳، به‌طور متوسط برابر ۸۰ روز در سال می‌باشد. از نظر زمین‌شناسی، سازند منطقه مربوط به دوران دوم زمین‌شناسی و عمدتا دوره ژوراسیک می‌باشد و سنگ‌های منطقه شامل شیل، اسلیت و شیست هستند. دامنه‌های منطقه دارای بافت خاک متوسط تا سنگین از نوع رسی لومی بوده و در قسمت‌های مرتفع‌تر، از نوع شنی لومی می‌باشند. باد غالب منطقه از سمت جنوب غربی می‌وزد و تعداد بادهای آرام منطقه به‌طور مثال در سال ۱۳۹۰ برابر با ۱۲۹۵ مورد بوده است.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز گنبد در کشور و استان همدان

روش تحقیق: به‌منظور دستیابی به اثر تندی و جهت شیب با توجه به شرایط و توپوگرافی منطقه، شش میدان کرت استاندارد در سه جهت و در هر دامنه دو تندی شیب در نظر گرفته شد. در هر کدام از این میادین نیز، سه کرت استاندارد تعبیه شده است. کرت‌های شماره یک تا سه به‌ترتیب در جهت‌های

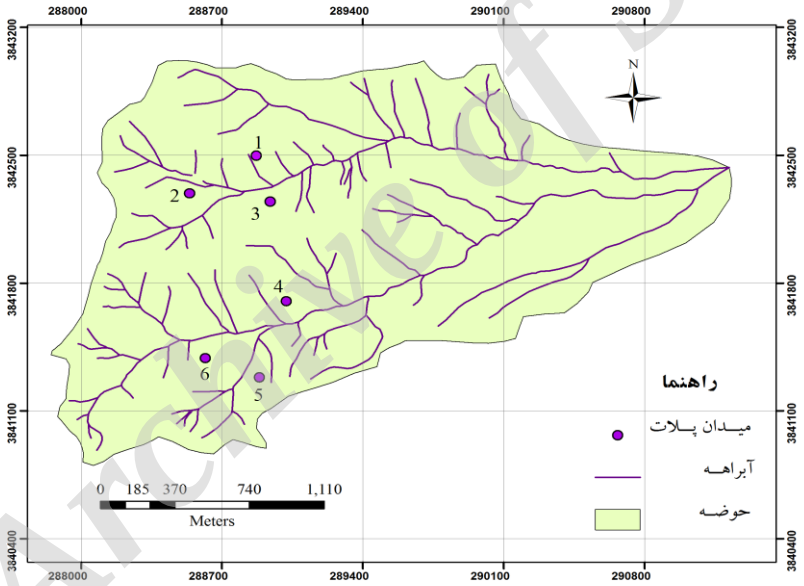
Archive of SID

www.SID.ir

جنوبی، شمالی و شرقی و با شیب‌های ۳۳، ۳۹/۳ و ۲۵/۸ درصد و کرت‌های شماره چهار تا شش در همان جهت‌ها و با شیب‌های ۴۳/۴، ۳۳/۵ و ۴۲/۵ درصد واقع شدند. در شکل ۲، موقعیت کلی منطقه و کرت-های آزمایشی نشان داده شده است.

کرت‌های آزمایشی، دارای وضعیتی استاندارد و به ابعاد ۱/۸×۲۴ متر بوده که اطراف آن‌ها با ورق گالوانیزه ۱/۵ میلی‌متری محصور شده است. در انتهای هر کرت، یک مخزن جمع‌آوری رسوبات از ورق چهار میلی‌متری در ابعاد ۰/۵×۱×۲ متر جهت جمع‌آوری رواناب و رسوب ساخته شده است (شکل ۳).

نمونه‌برداری از رواناب محتوی رسوب در مخازن جمع‌آوری رسوبات در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ به مدت چهار سال، بعد از هر واقعه بارندگی انجام گرفته است. با توجه به آمار بارش منطقه، تعداد ۱۶ واقعه بارشی که منجر به تولید رواناب شده‌اند، شناسایی و تحت عنوان T_1 تا T_{16} نام‌گذاری شدند (جدول ۱). در هر بارندگی، حجم رواناب تولیدی در مخازن کرت ثبت و اندازه‌گیری شد. بدین صورت که ارتفاع رواناب تولیدی در مخزن اندازه‌گیری و سپس با توجه به ابعاد مخزن (۱×۲ متر)، حجم رواناب محاسبه شد. به‌منظور تعیین میزان رسوب، مواد محتوی مخزن هر کرت را کاملا مخلوط کرده، سپس به‌وسیله یک بطری ۲۵۰ سی‌سی نمونه‌گیری صورت گرفت. نمونه‌های جمع-آوری شده (طی رگبارهای مستقل) به آزمایشگاه منتقل و از کاغذ صافی عبور داده شدند. مقدار رسوب باقی‌مانده در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس وزن رسوب با ترازوی دقیق تعیین شد.



شکل ۲- موقعیت کلی منطقه و کرت‌های آزمایشی

جدول ۱- زمان وقوع رگبارهای مستقل

زمان بارش	زمان	زمان بارش	زمان
T_1	۱۳۹۰/۰۸/۱۲	T_9	۱۳۹۱/۰۹/۰۸
T_2	۱۳۹۰/۰۸/۲۶	T_{10}	۱۳۹۱/۱۲/۲۲
T_3	۱۳۹۱/۰۱/۱۰	T_{11}	۱۳۹۲/۰۱/۱۸
T_4	۱۳۹۱/۰۱/۱۷	T_{12}	۱۳۹۲/۰۲/۲۹
T_5	۱۳۹۱/۰۱/۳۱	T_{13}	۱۳۹۲/۰۳/۰۱
T_6	۱۳۹۱/۰۲/۱۶	T_{14}	۱۳۹۲/۱۲/۲۶
T_7	۱۳۹۱/۰۸/۱۰	T_{15}	۱۳۹۳/۰۱/۱۷
T_8	۱۳۹۱/۰۸/۲۵	T_{16}	۱۳۹۳/۰۷/۳۰

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۳- کرت‌های آزمایشی و مخازن جمع‌آوری رواناب محتوی رسوب

اطلاعات حاصل از هر بار اندازه‌گیری در نرم‌افزار Excel ذخیره و مقایسه‌های آماری نیز با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و از آزمون Duncan برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تحلیل شد و با توجه به این‌که اثر زمان بارش معنی‌دار بود، مجدداً داده‌های هر زمان به‌صورت مستقل در قالب طرح کاملا تصادفی به‌صورت فاکتوریل (۲×۳) تحلیل شد. به‌طوری که عامل جهت شیب با سه سطح و عامل تندی شیب با دو سطح، در کل با شش ترکیب تیماری و با سه تکرار بود (رابطه ۱).

$$X_{ijk}=\mu+D_j+S_k+D.S_{jk}+\varepsilon_{ijk} \qquad (۱)$$

که در آن، X_{ijk} مقدار هر مشاهده (رواناب و رسوب)، μ میانگین کل مشاهدات، D_j اثر جهت شیب، S_k اثر تندی شیب، $D.S_{jk}$ اثر متقابل جهت و تندی شیب و ε_{ijk} اثر خطای آزمایش می‌باشد.

به‌منظور ارزیابی و اعتباریابی نتایج آماری، از شاخص آماری خطای استاندارد میانگین (SEM) استفاده شد. شکل ریاضی این آماره به‌صورت زیر می‌باشد.

$$SEM=\sqrt{\frac{MSE}{r}} \qquad (۲)$$

که در آن، r تعداد تکرارها برای هر پارامتر و MSE میانگین مربعات خطای درون‌گروهی برای هر پارامتر می‌باشد.

نتایج و بحث

با توجه به اهداف پژوهش که بررسی اثرات تندی و جهت شیب بر تولید حجم رواناب سطحی و رسوب حاصل از کرت‌های آزمایشی نصب شده بوده است، همان‌گونه که قبلا نیز بیان شد، از داده‌های بارش و رسوب تعداد ۱۶ واقعه بارشی استفاده شد. با توجه به شرایط رطوبت پیشین خاک، وجود پوشش برفی و یا گیاهی و شدت بارش، میزان حجم رواناب و رسوب متغیر بوده است.

با توجه به داده‌های وقایع مورد بررسی، میانگین سرعت نفوذ در کرت‌های یک تا سه و کرت‌های چهار تا شش، به‌ترتیب ۴۰/۰۵ و ۶۱/۸۷ میلی‌متر بر ساعت بود. همچنین، میانگین نفوذ تجمعی در کرت‌های یک تا سه و کرت‌های چهار تا شش، به‌ترتیب ۱۶/۶۵ و ۲۰/۸۳ میلی‌متر می‌باشد. همچنین، میانگین تراکم پوشش گیاهی به‌ترتیب ۴۸/۲ و ۶۶/۳ درصد می‌باشد. میانگین مشخصات خاک و روند تغییرات پوشش گیاهی طی سال‌های ۹۳-۸۹ در کرت‌های آزمایشی (حوضه گنبد) در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی خاک در کرت‌های مورد بررسی

عمق	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	کربن آلی (درصد)
۰-۱۵	۵۲	۲۴/۶	۲۳/۴	Sandy Clay Loam	۷/۴۸	۰/۵۴۶	۰/۸۳
۱۵-۳۰	۴۵/۴	۳۳/۲	۲۱/۴	Sandy Loam	۷/۳۵	۰/۴۸۲	۰/۵۷
۳۰-۵۰	۵۰	۳۴/۶	۱۵/۴	Sandy Loam	۷/۵۳	۰/۴۶۳	۰/۴۴

جدول ۳- میانگین تغییرات پوشش اراضی طی سال‌های ۹۳-۸۹ در کرت‌های مورد بررسی (درصد)

شرایط	کرت‌های ۱ تا ۳		کرت‌های ۴ تا ۶	
	۱۳۸۹	۱۳۹۳	۱۳۸۹	۱۳۹۳
خاک لخت	۱۶/۹	۱۴/۵	۶/۱	۶/۹
سنگ و سنگریزه	۲۴	۳۲/۷	۱۶/۲	۱۵/۶
لاشبرگ	۱۰/۹	۸/۵	۱۱/۴	۱۱/۳
پوشش گیاهی	۴۸/۲	۴۴/۳	۶۶/۳	۶۶/۲
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

نتایج آزمایش فاکتوریل ناشی از تفاوت بین تیمارها و در تکرار آن‌ها، پس از هر واقعه بارندگی که منجر به تولید رواناب و رسوب شد و همچنین، اثر متقابل رواناب و رسوب در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس این جدول، اثر جهت شیب در تولید رواناب، معنی‌دار می‌باشد. همچنین، اثر متقابل شیب و جهت آن در تولید رواناب و رسوب نیز معنی‌دار بوده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که پارامتر شیب در تولید رواناب و رسوب ناشی از آن معنی‌دار نبوده، حال آنکه زمان وقوع رگبار در هر دو مورد معنی‌دار می‌باشد. یافته‌های Faragi و همکاران (۲۰۰۷)، که در حوزه آبخیز بابا احمدی خوزستان صورت گرفته است با نتایج این تحقیق هم‌سو بوده و بیانگر آن است که افزایش شیب، تاثیر قابل توجهی بر تولید رسوب ندارد.

جدول ۴- نتایج تجزیه آماری صفات حجم رواناب و رسوب در وقایع بارشی مختلف

پارامتر	منبع پراکنش	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
رواناب	شیب	۱۴۸۰/۵۹	۱	۱۴۸۰/۵۹	۱/۸۸	۰/۱۷۱
	جهت	۱۵۵۷۸/۵۳	۲	۷۷۸۹/۲۶	۹/۹	۰/۰۰۰۱**
	شیب×جهت	۵۷۴۰/۷۸	۲	۲۸۷۰/۳۹	۳/۶۵	۰/۰۲۷*
	زمان بارش	۴۵۶۲۷۵/۵	۱۵	۳۰۴۱۸/۳۷	۳۸/۶۷	۰/۰۰۰۱**
	خطا	۲۱۰۰۰۵/۹۴	۲۶۷	۷۸۶/۵۴	-	-
رسوب	شیب	۰/۰۸۵	۱	۰/۰۸۵	۳/۳	۰/۰۷
	جهت	۰/۰۵۹	۲	۰/۰۲۹	۱/۱۴	۰/۳۲
	شیب×جهت	۰/۵۲	۲	۰/۲۶	۱۰/۰۶	۰/۰۰۰۱**
	زمان بارش	۱۰/۴۱	۱۵	۰/۶۹	۲۶/۹۲	۰/۰۰۰۱**
	خطا	۶/۸۸	۲۶۷	۰/۰۲۶	-	-

* معنی‌داری در سطح پنج درصد و ** معنی‌داری در سطح یک درصد

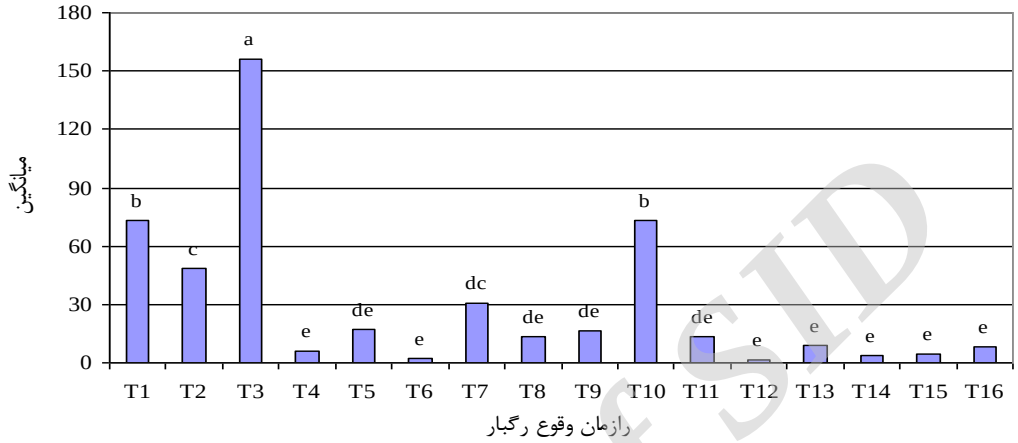
شکل‌های ۴ و ۵ به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری زمان بارش در تولید حجم رواناب سطحی و رسوب ناشی از آن می‌باشند. در شکل ۴، زمان بارش T_3 بیشترین تاثیر را بر تولید رواناب سطحی و در شکل ۵، زمان بارش T_{13} بیشترین تاثیر را بر تولید رسوب داشته‌اند. قابل ذکر است که در طی واقعه T_3 سطح خاک از برف پوشیده شده بود و به همین دلیل با وجود بارش و تولید رواناب زیاد، میزان رسوب تولیدی کم بوده است.

Archive of SID

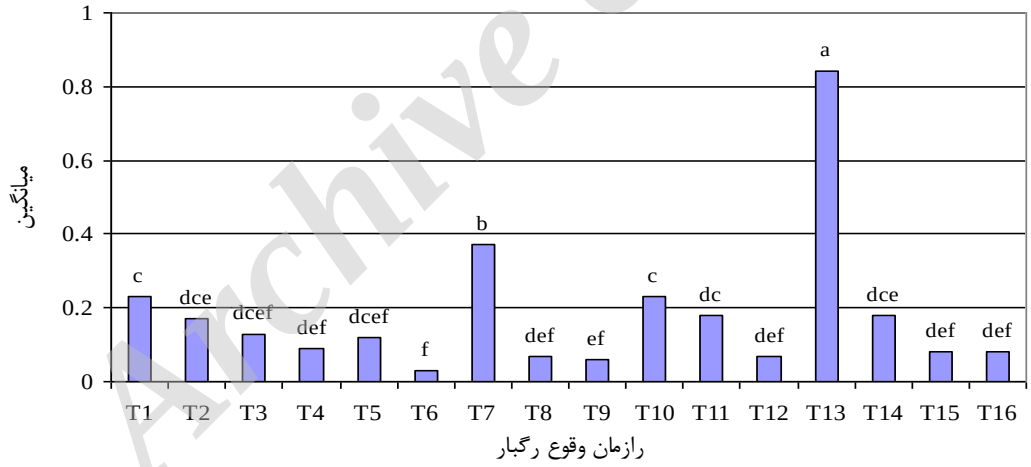
www.SID.ir

همچنین، در زمان بارش T_{13} سطح خاک خشک بوده و با یک واقعه بارندگی با مدت کم و شدت زیاد (و همچنین، نبود پوشش برفی)، رواناب کم و رسوب نسبتا زیادی ایجاد شده است.

در شکل‌های ۴ و ۵ حرف a نشان‌دهنده تاثیرگذاری بیشتر نسبت به حرف b، و حرف b نسبت به c و به‌همین ترتیب می‌باشد. از طرفی تیمارهایی که حتی یک حرف مشترک دارند، نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. به‌عنوان مثال، در شکل ۴ زمان بارش T_5 با زمان‌های T_4 و T_7 تفاوت معنی‌داری ندارد، اما بین زمان‌های T_4 و T_7 تفاوت معنی‌دار وجود دارد.



شکل ۴- مقایسه آماری میانگین حجم رواناب سطحی در زمان‌های مختلف (لیتر)



شکل ۵- مقایسه آماری میانگین رسوب تولیدی در زمان‌های مختلف (گرم)

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۴ و شکل‌های ۴ و ۵، معنی‌دار بودن زمان وقوع بارش در حجم رواناب و تولید رسوب ناشی از آن مشخص می‌باشد. بنابراین، اثر عوامل تندی و جهت شیب و اثر متقابل آن‌ها در زمان‌های مختلف وقوع رگبار به‌صورت مجزا مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت که نتایج آن در جداول ۵ و ۶ ارائه شده است. در این راستا، Sadeghi و همکاران (۲۰۱۱)، در تحقیقی به بررسی سطح معنی‌داری اختلاف مقادیر حجم رواناب و مقدار رسوب حاصل از تکرارهای آزمایش نسبت به زمان و طی ماه‌های مختلف در دو تیمار شیب‌های کمتر و بیشتر از ۲۵ درصد و همچنین، جهت‌های شرقی و غربی در حوزه آبخیز کجور پرداختند. بر این اساس، اثر شیب در برخی از ماه‌ها و اثر جهت در ماه‌های دیگر، معنی‌داری را نشان می‌دهد. این الگوی تغییرپذیری زمانی اثر شیب و جهت آن با نتایج این تحقیق مطابقت دارد،

Archive of SID

www.SID.ir

اگرچه در برخی از موارد، اختلاف‌های جزئی دیده می‌شود.

نتایج جدول ۵ حاکی از معنی‌داری پارامترهای شیب و جهت آن (به‌طور منفرد) و اثر متقابل آن‌ها در برخی از زمان‌های وقوع رگبار در میزان حجم رواناب تولیدی می‌باشد. به‌عنوان مثال، در زمان بارش T_2 هر سه این عوامل معنی‌دار بوده‌اند و در این زمان، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در عامل جهت شیب، شیب جنوبی باعث ایجاد معنی‌دار شدن عامل جهت در تولید رواناب سطحی می‌باشد و دو جهت دیگر با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. همچنین، نتایج تحلیل ترکیب تیماری در این زمان نشان می‌دهد که ترکیب تیماری جهت جنوبی و شیب ۴۳/۴ درصد در معنی‌داری عامل اثر متقابل شیب و جهت موثر بوده است. باید خاطر نشان کرد که جهت شیب جنوبی آفتاب‌گیر بوده و در نتیجه ذخایر برفی آن زودتر از سایر جهات ذوب شده و از منطقه خارج می‌شود. در نتیجه، سطح خاک در این شیب خشک‌تر از سایر جهات بوده و در اثر وقوع بارش جدید، رواناب تولیدی کم، ولی میزان آورد رسوبی آن نسبتا بیشتر خواهد بود. در تحقیقی که به‌وسیله Agassi و همکاران (۱۹۹۰)، صورت گرفته است، نشان دادند که با افزایش شیب، رواناب کاهش یافته ولی تولید رسوب به‌صورت نمایی افزایش داشته است. ایشان به طرز مشابهی (نظیر دستاوردهای این تحقیق) نشان دادند که عامل باد بر تولید رواناب و رسوب اثر معنی‌داری دارد و افزایش تولید رسوب در جهت باد غالب منطقه بوده است. در صورتی‌که در تحقق حاضر جهت شیب باعث افزایش رسوب شده است.

جدول ۵- نتایج آماری اثر عوامل جهت و شیب بر روی صفت رواناب در زمان‌های مختلف بارش و مقایسه میانگین آن‌ها

	عامل	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}	T_{13}	T_{14}	T_{15}	T_{16}
جهت	جنوبی	۶۸	۳۴/۶۷^{b}	۴۲^{b}	۴	۱۶/۸۳	۰/۸۳	۳۰/۱۷	۹	۱۲/۳۳	۵۴/۸۳^{b}	۱۱/۶۷	۱/۳۳	۷/۸۳	۳۵	۴/۶۷	۹/۵
	شمالی	۶۱/۶۷	۵۱/۳۳^{a}	۲۳۵^{a}	۸/۳۳	۱۲	۳/۸۳	۲۸/۶۷	۱۲/۱۷	۱۹	۸۲/۶۷^{a}	۱۲	۱/۳۳	۸/۱۷	۵	۴	۸/۳۳
	شرقی	۹۰/۳۳	۶۰/۳۳^{a}	۱۹۳^{a}	۵/۶۷	۲۱/۸۳	۲/۱۷	۳۳/۵	۱۸/۳۳	۱۸/۳۳	۸۱/۱۷^{a}	۱۶/۳۳	۲/۳۳	۱۱/۱۷	۳/۶۷	۴/۱۷	۶/۱۷
	SEM	۱۰/۲۲	۴/۳۷	۱۷/۱۳	۳/۴۹	۴/۰۵	۱/۴۸	۱۲/۷۳	۶/۱۹	۶/۲۹	۸	۴	۰/۸۴	۱/۹۹	۱/۲۲	۱/۶۶	۲/۰۶
شیب	زیاد	۵۴/۸۹^{b}	۴۲^{b}	۱۶۸/۵۶	۵/۱۱	۱۰/۳۳^{b}	۱/۶۷	۱۸/۴۴	۱۰/۷۸	۱۴/۱۱	۷۵/۵۶	۱۲/۴۲	۱/۶۷	۷/۷۸	۳/۱۱	۶/۲۲	۸/۶۷
	کم	۹۱/۷۸^{a}	۵۵/۵۶^{a}	۱۴۴/۱۱	۶/۸۹	۲۳/۴۴^{a}	۲/۸۹	۴۳/۱۱	۱۵/۵۶	۱۹	۷۰/۲۲	۱۴/۴۴	۱/۶۷	۱۰/۳۳	۵	۲/۳۳	۷/۳۳
	SEM	۸/۳۵	۳/۵۷	۱۳/۹۹	۲/۸۵	۳/۳۱	۱/۲۱	۱۰/۴	۵/۰۶	۵/۱۴	۶/۵۳	۳/۲۶	۰/۶۸	۱/۶۳	۱	۱/۳۶	۱/۶۹
ترکیب تیماری	۱۱$^{+}$	۴۴/۶۷	۱۷/۳۳^{b}	۱۷	۲/۶۷	۷/۳۳^{b}	۰	۲۱/۶۷	۵/۳۳	۹	۴۷^{b}	۵/۶۷	۰/۳۳^{b}	۷	۳/۶۷	۷	۸/۳۳
	۱۲	۹۱/۳۳	۵۳^{a}	۶۷	۵/۳۳	۲۶/۳۳^{ab}	۱/۶۷	۳۸/۶۷	۱۲/۶۷	۱۵/۶۷	۶۲/۶۷^{b}	۱۷/۶۷	۲/۳۳^{ab}	۸/۶۷	۳/۳۳	۲/۳۳	۱۰/۶۷
	۲۱	۴۷/۳۳	۴۹/۳۳^{a}	۲۵۹/۳۳	۶/۶۷	۱۵^{b}	۱	۵/۳۳	۲	۱۰	۵۹/۳۳^{b}	۱۰/۳۳	۰^{b}	۲/۶۷	۲/۶۷	۵/۶۷	۱۱/۶۷
	۲۲	۷۶	۵۳/۳۳^{a}	۲۱۰/۶۷	۱۰	۹^{b}	۶/۶۷	۵۲	۲۲/۳۳	۲۸	۱۰۶^{a}	۱۳/۶۷	۲/۶۷^{ab}	۱۱/۶۷	۷/۳۳	۲/۳۳	۵
	۳۱	۷۲/۶۷	۵۹/۳۳^{a}	۲۲۹/۳۳	۶	۸/۶۷^{b}	۴	۲۸/۳۳	۲۵	۲۳/۳۳	۱۲۰/۳۳^{a}	۲۰/۶۷	۴/۶۷^{a}	۱۱/۶۷	۳	۶	۶
	۳۲	۱۰۸	۶۱/۳۳^{a}	۱۵۴/۶۷	۵/۳۳	۳۵^{a}	۰/۳۳	۳۸/۶۷	۱۱/۶۷	۱۳/۳۳	۴۳^{b}	۱۲	۰^{b}	۱۰/۶۷	۴/۳۳	۲/۳۳	۶/۳۳
	SEM	۱۴/۴۶	۶/۱۸	۲۴/۲۳	۴/۹۳	۵/۷۳	۲/۱	۱۸/۰۱	۸/۷۶	۸/۸۹	۱۱/۳۱	۵/۶۵	۱/۱۹	۲/۸۲	۱/۷۳	۲/۳۵	۲/۹۲
P- Value	جهت	۰/۱۵۷	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۰۱**	۰/۶۸	۰/۲۶۸	۰/۳۸۷	۰/۹۶۳	۰/۵۷۱	۰/۷۱۸	۰/۰۵*	۰/۶۶۴	۰/۶۳۴	۰/۴۵۱	۰/۶۴۶	۰/۹۵۸	۰/۵۲۹
	شیب	۰/۰۰۹**	۰/۰۳*	۰/۲۴	۰/۶۷	۰/۰۱۶*	۰/۴۸۹	۰/۱۱۲	۰/۵۱۷	۰/۵۱۴	۰/۵۷۴	۰/۶۳۹	۱	۰/۳۸۸	۰/۲۰۵	۰/۰۶۵	۰/۵۸۶
	شیب× جهت	۰/۸۲۳	۰/۰۳۷*	۰/۰۵۷	۰/۹۱	۰/۰۳۷*	۰/۱۲۴	۰/۵۷۷	۰/۱۹۵	۰/۳۲	۰/۰۰۰۴**	۰/۲۲۶	۰/۰۱۷*	۰/۳۸۱	۰/۳۴۸	۰/۹۵۸	۰/۳۰۶

+ از سمت چپ عدد اول نشان‌دهنده جهت شیب و عدد دوم نشان‌دهنده تندی شیب می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۶- نتایج آماری اثر عوامل جهت و شیب بر روی صفت رسوب در زمان‌های مختلف بارش و مقایسه میانگین آن‌ها

	فاکتور	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}	T_{13}	T_{14}	T_{15}	T_{16}
جهت	۱- جنوبی	۰/۱۳	۰/۱۹۲	۰/۱۱۷	۰/۰۶۷	۰/۰۸۳	۰/۰۱۷	۰/۴۵	۰/۰۸۳	۰/۰۱۷	۰/۲	۰/۱۴۲^{b}	۰/۱۱۷	۰/۶۸۳	۰/۱۶۷	۰/۰۶۷	۰/۰۷۷
	۲- شمالی	۰/۴۳	۰/۱۵۸	۰/۱۱۷	۰/۱۳۳	۰/۱۱۷	۰/۰۳۳	۰/۳۱۷	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۲۳	۰/۱۲۵^{b}	۰/۰۵	۰/۸	۰/۱۶۷	۰/۱	۰/۱۳۷
	۳- شرقی	۰/۲۱۷	۰/۱۵۸	۰/۱۱۷	۰/۰۸۳	۰/۱۵	۰/۰۳۳	۰/۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۶۷	۰/۲۷	۰/۲۸۳^{a}	۰/۰۴۲	۱/۰۵	۰/۲	۰/۰۸۳	۰/۰۲۲
	SEM	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۴
شیب	۱- زیاد	۰/۲۴۴	۰/۱۲۲	۰/۱۳۳	۰/۰۸۹	۰/۱	۰/۰۲	۰/۳۷	۰/۰۷۸	۰/۰۵۶	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۰۵۶	۰/۶۹۴	۰/۱۵۶	۰/۰۶۷	۰/۱۱۴
	۲- کم	۰/۲۱۱	۰/۲۱۷	۰/۱۳۳	۰/۱	۰/۱۳	۰/۰۳	۰/۳۷	۰/۰۵۶	۰/۰۵۶	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۰۸۳	۰/۹۹۴	۰/۲	۰/۱	۰/۰۴۲
	SEM	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳
ترکیب تیماری	۱۱	۰/۱۳۳	۰/۱۱۷	۰/۱	۰/۰۳۳	۰/۰۶۷	۰	۰/۳۶۷^{abc}	۰/۰۶۷	۰^{a}	۰/۱۱۷^{b}	۰/۰۶۷^{c}	۰/۰۸۳	۰/۵۸۳	۰/۱۳۳	۰/۰۶۷	۰/۰۵۷
	۱۲	۰/۱۳۳	۰/۲۶۷	۰/۱۳۳	۰/۱	۰/۱	۰/۰۳۳	۰/۵۳۳^{a}	۰/۱	۰/۰۳۳^{a}	۰/۲۸۳^{ab}	۰/۲۱۷	۰/۱۵	۰/۷۸۳	۰/۲	۰/۰۶۷	۰/۰۹۷
	۲۱	۰/۳۳۳	۰/۱۱۷	۰/۲	۰/۱۳۳	۰/۲	۰/۰۶۷	۰/۵۳۳^{a}	۰/۱۳۳	۰/۱۶۷^{a}	۰/۳۸۳^{a}	۰/۱۳۳	۰	۰/۷۸۳	۰/۱۶۷	۰/۱	۰/۲۶
	۲۲	۰/۳۳۳	۰/۲	۰/۱۳۳	۰/۱۳۳	۰/۰۳۳	۰	۰/۱^{c}	۰/۰۳۳	۰^{a}	۰/۰۸۳^{b}	۰/۱۱۷	۰/۱	۰/۸۱۷	۰/۱۶۷	۰/۱	۰/۰۱۳
	۳۱	۰/۲۶۷	۰/۱۳۳	۰/۱	۰/۱	۰/۰۳۳	۰	۰/۲^{bc}	۰/۰۳۳	۰^{a}	۰/۱۱۷^{b}	۰/۲۵	۰/۰۸۳	۰/۷۱۷	۰/۱۶۷	۰/۰۳۳	۰/۰۲۷
	۳۲	۰/۱۶۷	۰/۱۸۳	۰/۱۳۳	۰/۰۶۷	۰/۲۶۷	۰/۰۶۷	۰/۴۶۷^{ab}	۰/۰۳۳	۰/۱۳^{a}	۰/۴۱۷^{a}	۰/۳۱۷	۰	۱/۳۸	۰/۲۳۳	۰/۱۳۳	۰/۰۱۷
P- Value	SEM	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۶
	جهت	۰/۱۷۶	۰/۸۸۱	۰/۲۹۶	۰/۷۵۹	۰/۷۹۷	۰/۸۵	۰/۳۲	۰/۶۸۴	۰/۴۴۵	۰/۶۲	۰/۰۱۲*	۰/۵۶	۰/۲۳۱	۰/۹۵	۰/۹۱۶	۰/۱۸۷
	شیب	۰/۶۹	۰/۱۵۴	۱	۰/۸۸۵	۰/۶۸۵	۰/۶۹	۱	۰/۶۸۴	۱	۰/۳۳	۰/۱۱۵	۰/۶۵	۰/۰۹۹	۰/۶۶	۰/۶۱۶	۰/۱۵۶
	شیب×جهت	۰/۸۵	۰/۸۰۳	۰/۳۹۶	۰/۸۶۱	۰/۱۶۸	۰/۱۵۷	۰/۰۰۵**	۰/۵۸۳	۰/۰۴*	۰/۰۰۲**	۰/۲۶۲	۰/۴۵	۰/۳۱۴	۰/۹۵	۰/۷۷۲	۰/۰۶۷

همچنین، نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که شیب کوچک‌تر باعث معنی‌داری عامل تندی شیب شده و تاثیر بیشتری نسبت به شیب بزرگ‌تر در تولید رواناب داشته است. در عامل جهت شیب، جهت جنوبی باعث معنی‌داری این پارامتر شده و کمترین تاثیر را نسبت به دو جهت دیگر در تولید رواناب داشته است. باید خاطر نشان کرد که در جهات جنوبی و شرقی شیب بزرگ‌تر در منطقه‌ای واقع شده که میانگین سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی آب در خاک نسبت به شیب کوچک‌تر در همین جهات بیشتر می‌باشد. از طرفی، میانگین تراکم پوشش گیاهی در سال‌های انجام پژوهش نیز در این منطقه ۶۶/۳ درصد، و نسبت به شیب کوچک‌تر که ۴۸/۲ درصد می‌باشد، بیشتر است. می‌توان نتیجه گرفت که این تاثیرگذاری در تولید رواناب کمتر به دلایل ذکر شده می‌باشد. حال آن‌که در گذر زمان پوشش گیاهی در منطقه دارای شیب کوچک‌تر (کرت‌های یک و سه) کاهش و سنگ و سنگریزه افزایش قابل توجهی داشته است (جدول ۳). تحقیقات Agassi و همکاران (۱۹۹۰)، Battany و Grismer (۲۰۰۰) و همچنین، Assouline و Ben-Hur (۲۰۰۶) نشان‌دهنده این واقعیت است که این نتایج دور از واقعیت نبوده و این محققین نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند.

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که در تولید رسوب پس از هر واقعه بارندگی، عامل تندی شیب معنی‌دار نبوده و جهت شیب نیز به جز زمان بارش T_{11} که در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد، در هیچ یک از زمان‌های بارندگی دیگر معنی‌دار نبوده است. در این تیمار جهت شرقی بیشترین تاثیر را در معنی‌داری رسوب تولیدی داشته است. اثر متقابل آن‌ها نیز در زمان‌های T_7 و T_{10} در سطح ۹۹ درصد و در زمان T_9 در سطح ۹۵ درصد معنی‌داری را نشان می‌دهد. یافته‌های حاصل از Sadeghi و همکاران (۲۰۱۱)، نیز موید این مطلب است که اختلاف مقادیر رسوب در تندی و جهت شیب در ماه‌های مختلف متفاوت بوده و در ابعاد زمانی و مکانی متنوع می‌باشد.

نتایج جداول ۵ و ۶ نشان می‌دهد که پارامتر رواناب سطحی بیشتر تحت تاثیر جهت و اندازه شیب می‌باشد و این تاثیرپذیری برای رسوب تولیدی کمتر است.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

مدیریت صحیح یک حوزه آبخیز بر شناخت عوامل موثر و بررسی رفتار آن‌ها در شرایط متفاوت می‌باشد. نقش خصوصیات کلی توپوگرافی از جمله تندی و جهت شیب بر تولید رواناب سطحی و رسوب امری بدیهی می‌باشد. در این پژوهش، با توجه به مزایای استفاده از کرت‌های آزمایشی، تصمیم به استفاده از این کرت‌ها در شرایط طبیعی، برای بررسی اثر تندی و جهت شیب بر تغییرات رسوب و حجم رواناب سطحی در حوضه گنبد واقع در استان همدان شد. در این رابطه، داده‌های کرت‌های استاندارد آزمایشی در ابعاد ۱/۸×۲۴ متر در سه جهت و با دو تندی شیب استفاده شد. در دامنه جنوبی شیب‌های ۴۳/۴ و ۳۳ درصد، در دامنه شمالی ۳۳/۵ و ۳۹/۳ درصد و در دامنه شرقی شیب‌های ۴۲/۵ و ۲۵/۸ درصد انتخاب شدند.

مقایسه‌های آماری حاکی از معنی‌دار بودن پارامتر جهت شیب در تولید رواناب می‌باشد. همچنین، اثر متقابل شیب و جهت آن در تولید رواناب و رسوب معنی‌دار می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که پارامتر شیب در تولید رواناب و رسوب ناشی از آن معنی‌دار نبوده حال آن‌که زمان وقوع رگبار در هر دوی آن‌ها معنی‌دار می‌باشد. با توجه به معنی‌دار بودن زمان وقوع رگبار در حجم رواناب و تولید رسوب ناشی از آن، اثر عوامل تندی و جهت شیب و اثر متقابل آن‌ها در زمان‌های مختلف به‌صورت مجزا مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که شیب کوچک‌تر باعث معنی‌داری عامل تندی شیب شده و تاثیر بیشتری نسبت به شیب بزرگ‌تر در تولید رواناب داشته است. در خصوص جهت شیب، جهت جنوبی باعث معنی‌داری این پارامتر شده و کمترین تاثیر را نسبت به دو جهت دیگر در تولید رواناب داشته است. در جهات جنوبی و شرقی شیب بزرگ‌تر در منطقه‌ای است که میانگین سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی آب در خاک نسبت به شیب کوچک‌تر در همین جهات بیشتر می‌باشد. از طرفی میانگین تراکم پوشش گیاهی نیز در این منطقه نسبت به شیب کوچک‌تر بیشتر می‌باشد. در تولید رسوب پس از هر واقعه بارندگی نیز عامل تندی شیب معنی‌دار نبوده و جهت شیب نیز به جز زمان بارش T_{11}، در هیچ یک از زمان‌ها معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. در این تیمار جهت شرقی بیشترین تاثیر را در معنی‌داری رسوب تولیدی داشته است. اثر متقابل آن‌ها نیز در زمان‌های T_7، T_9 و T_{10} معنی‌داری را نشان می‌دهد. نتایج کلی نشان می‌دهد که پارامتر رواناب سطحی نسبت به رسوب تولیدی بیشتر تحت تاثیر جهت و اندازه شیب می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان همدان که جهت بازدید میدانی از حوزه آبخیز گنبد نهایت همکاری را داشته و اطلاعات پایه و داده‌های مورد نیاز برای تهیه این مقاله را در اختیار گذارده‌اند، کمال تشکر و امتنان را داریم.

منابع مورد استفاده

1. Agassi, M., I. Shainberg and J. Morin. 1990. Slope, aspect and phosphogypsum effect on runoff and erosion. Soil Science Society of America Journal, 54: 1102-1106.
2. Assouline, S. and M. Ben-Hur. 2006. Effect of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil surface sealing. Catena Journal, 66: 211-220.
3. Battany, M.C. and 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. Chaplot, V.A.M. and Y.L. Bissonnais. 2003. Runoff features for interrill erosion at different rainfall intensities, slope length and gradient in an agricultural Loessial hillslope. Soil Science Society of America Journal, 67: 844-851.
5. 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(2-3): 117-125.
6. Faragi, M., H. Ahmadi, M. Mahdavi, A. Mohammadian Behbahani and M. Dadkhah. 2007. A survey of factors affecting erosion and sedimentation in Baba-Ahmadi Watershed, using EPM and MPSIAC models. Natural Resources Research, 59(4): 783-796 (in Persian).
7. Kothyari, U.C., M. Jain and K. Ranga Raju. 2002. Estimation of temporal variation of sediment yield using GIS. Hydrological Sciences Journal, 75: 693-706.

Archive of SID

www.SID.ir

8. Moghadami Rad, M., E. Abdi, M. Mohseni Saravi, H. Rouhani and B. Majnunian. 2013. The impact of bed slope of forest roads on runoff and sediment production, case study: Kohmiyan-Azadshahr Forest. Journal of Natural Resources of Iran, 66(4): 389-399 (in Persian).
9. Mohammad Khan, Sh., H. Ahmadi, S. Feiznia and A. Salajegheh. 2010. Investigation of the effect of slope on the intensity of water erosion rate, case study: Latian Watershed. Journal of Watershed Researches, 89: 73-81 (in Persian).
10. Nozari, H., M. Heydari and S. Azadi. 2014. Simulation of a right Abshar irrigation network and its cropping pattern using a system dynamics approach. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 140(12): https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000777.
11. Nyssen, J. and D. Vermeersch. 2010. Slope aspect affects geomorphic dynamics of coal mining spoil heaps in Belgium. Geomorphology Journal, 123(1-2): 109-121.
12. Sadeghi, S.H.R. and J.K. Singh. 2005. Development of a synthetic sediment graph using hydrological data. Agricultural Science and Technology Journal (JAST), 7: 69-77.
13. Sadeghi, S.H.R., M. Azari and B. Ghaderi Vangah. 2008a. Field evaluation of the Hill slope Erosion Model (HEM) in Iran. Biosystems Engineering Journal, 99: 304–311.
14. Sadeghi, H.R., M. Bashari Seghaleh and A.S. Rangavar. 2008b. Comparing the sediment variation with hillside direction and plot length in storm wise soil erosion. Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology), 22 (2): 230-239 (in Persian).
15. Sadeghi, S.H.R., M.S. Zarif Moazam and S.Kh. Mirnia. 2011. Effect of slope steepness and aspect on surface runoff and sediment yield from experimental small plots in Kojour Watershed. Journal of Water and Soil, 25(3): 583-592 (in Persian).
16. Sánchez, M.V., Y.L. Bissonnais, R. Moussa and B. Rapidel. 2015. Temporal dynamics of runoff and soil loss on a plot scale under a coffee plantation on steep soil (Ultisol), Costa Rica. Hydrology Journal, 523: 409-426.
17. Shi, Z.H., N.F. Fang, F.Z. Wu, L. Wang, B.J. Yue and G.L. Wu. 2012. Soil erosion processes and sediment sorting associated with transport mechanisms on steep slopes. Hydrology Journal, 454–455: 123-130.
18. Vatani, A. and A.R. Vaezi. 2013. Soil loss in rills and its temporal variation during rainfall in different soil textures. Journal of Water and Soil Knowledge, 24(3): 83-92 (in Persian).
19. Zarif, M.S., S.H.R. Sadeghi and S.Kh. Mirnia. 2009. Assessment of changes in runoff and sediment in two different slopes in Kajour Forest Watershed. 5th National Conference of Watershed Science and Engineering in Iran, Gorgan (in Persian).
20. Zhao, X., J. Huang, P. Wu and X. Gao. 2014. The dynamic effects of pastures and crop on runoff and sediments reduction at loess slopes under simulated rainfall conditions. Catena Journal, 119: 1-7.

Archive of SID

www.SID.ir

DOI: 10.22092/ijwmse.2017.107420.1178

Effect of slope steepness and its aspect on sediment and surface runoff; case study in Gonbad Watershed

Reza Kordian Hamedani[1], Saeed Azadi[2], Safar Marofi[*3] and Abdollah Taheri Tizro[4]
[1 and 2] PhD Student, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, [3] Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran and [4] Associate Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Received: 14 April 2017 Accepted: 09 November 2017

Abstract

Erosion is always a major concern for farmers, engineers and policy makers due to economic and environmental impacts. Slope is one of the most important indicators on soil erosion, therefore, the aim of this study is investigation of slope steepness and its aspect on sediment and surface runoff on Gonbad Watershed located in Hamadan, Iran. To this regard, three standard experimental plots installed at southern, northern, and eastern aspects of the basin. The plot dimensions were 1.8×24 meters installed in the relatively uniform slope with different values. Runoff and its sediments were collected in spatial containers. 16 rainfall events (2010-2013) were sampled. Effect of slope steepness, its aspect as well as their interactions were analysed using a factorial experiment by SAS 9.4 software. Results indicated significant roles of slope, its aspect and their interactions in surface runoff volume. Based on the results, small slope has carried out slope steepness significantly on runoff rate, that have more significant effect on smallest steep compared to higher steepness. This is because of land use and vegetating cover and also higher average infiltration rate as well as the recent soil moisture content on the high steep. This is important to note that the slope steepness have not significant effect on runoff sediment rate. The aspect also has significant effect just on 6.25% of the events. The interaction of slope steepness and its aspect also was significant on 18.75% of the events.

Keywords: Erosion plot, Hamedan Province, Sediment rate, Slope steepness, Soil erosion

Archive of SID

[*] Corresponding author: marofisafar59@gmail.com

www.SID.ir