نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۰، شماره ۴، ۱۳۹۷، صفحات ۷۱۴-۷۲۶

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 10, Issue 4, 2019, Pages 714-726
DOI: 10.22092/ijwmse.2018.117882

اثر شدت بارندگی و شیب بر نفوذ و رواناب سطحی در دیم‌زارهای منطقه کلاله استان گلستان

رامیار علی‌رمایی[۱]، عبدالواحد خالدی درویشان[*۲] و محمود عرب‌خدری[۳]

[۱] کارشناس ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور و [۲] استادیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور و [۳] دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۴

چکیده

عوامل مختلفی از جمله شدت بارندگی و شیب بر فرایندهای هیدرولوژیکی همچون نفوذ و رواناب اثر دارند. مطالعه خاک دیم‌زار به‌دلیل تخریب شدید و بوم‌سازگان شکننده از اهمیت زیادی برخوردار است. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر شدت بارندگی و تندی شیب بر نفوذ و رواناب سطحی با استفاده از شبیه‌ساز باران کامفورست در دیم‌زارهای منطقه کلاله استان گلستان انجام شد. برای دست‌یابی به اهداف پژوهش باران‌هایی به مدت ۱۵ دقیقه و با شدت‌های ۳۳، ۶۴، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر در ساعت شبیه‌سازی شد. سه طبقه شیب شش، ۱۲ و ۲۵ درصد انتخاب شد و در شیب‌های ذکر شده شبیه‌سازی باران انجام شد و میزان نفوذ و رواناب سطحی در چهار کرت ۲۵×۲۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش شدت بارندگی و شیب، شدت متوسط نفوذ کاهش و ضریب متوسط رواناب افزایش یافت. اثر شدت بارندگی و شیب به‌صورت جداگانه و متقابل بر شدت متوسط نفوذ و رواناب سطحی با سطح اعتماد ۰/۹۹ معنی‌دار تشخیص داده شد. نتایج زیرگروه‌های شدت بارندگی و شیب با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که دو نقطه عطف در پاسخ هیدرولوژیکی کرت یکی در فاصله شدت‌های بارندگی ۶۴ و ۸۰ میلی‌متر در ساعت و دیگری در فاصله شیب ۱۲ و ۲۵ درصد قابل تشخیص است. به بیان دیگر در شدت بارندگی بیش از حدود ۷۰ میلی‌متر در ساعت و شیب بیش از حدود ۱۵ درصد، شدت متوسط نفوذ و ضریب متوسط رواناب سطحی به‌طور معنی‌دار به‌ترتیب کمتر و بیشتر شدند. این نتایج بر مدیریت کاربری اراضی از طریق جلوگیری از تبدیل مراتع به دیم‌زارها به‌ویژه در شیب‌های بیش از ۱۵ درصد و مدیریت زراعی و پوشش زمین به‌ویژه در شدت‌های بارندگی بالا (بیش از ۷۰ میلی‌متر درساعت) تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی باران، شدت متوسط نفوذ، فرایند هیدرولوژیکی، فرسایش خاک، ضریب متوسط رواناب

مقدمه

محیط زیست همواره در معرض خطرات طبیعی و انسانی قرار دارد و خاک که بستر رشد گیاهان و موجودات زنده است مواجه با خطراتی همچون فرسایش است. فرسایش خاک به‌وسیله رواناب یکی از مهمترین مسایل محیط زیستی در عرصه جهانی است که منجر به کاهش کیفیت خاک و آب می‌شود (Liu، ۲۰۱۵). نفوذ و رواناب پدیده‌های مربوط به فرسایش خاک هستند که خاک را متأثر می‌کنند. رواناب به‌وجود آمده ناشی از بارندگی در هدررفت خاک و

[*] مسئول مکاتبات: a.khaledi@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

سایر اثرات محیطی موثر است (Pérez-Latorre و همکاران ۲۰۱۰). در صورت اشباع نبودن خاک، نفوذ به‌وقوع می‌پیوندد. نفوذ که وابستگی شدیدی به شدت بارندگی دارد، فرایندی است که طی آن آب وارد خاک می‌شود و رطوبت آن را افزایش می‌دهد (Lei و همکاران، ۱۹۸۸؛ Assouline و همکاران، ۲۰۰۶؛ Hawke و همکاران، ۲۰۰۶). در صورتی‌که نفوذ تا مرز اشباع شدن خاک ادامه پیدا کند و یا این‌که شدت بارندگی بیش از نفوذ باشد، رواناب پدیدار می‌شود که به همراه خود خاک سطحی را جابه‌جا می‌کند و فرسایش آبی به‌وقوع می‌پیوندد. از این‌رو مطالعه نفوذ و رواناب و تغییراتی که در مواجه با شدت بارندگی و شیب زمین پیدا می‌کنند اجتناب‌ناپذیر است. مطالعه پدیده‌های نفوذ و رواناب در یک رخداد بارندگی به‌دلیل پیچیدگی همواره با چالش‌های زیادی روبرو است.

شبیه‌سازی باران یکی از ابزارهای مطالعه فرایندهای نفوذ و رواناب است که در جهت تسهیل مطالعه فرایند فرسایش خاک کاربرد زیادی دارد. از این‌رو در مطالعه فرسایش خاک، شبیه‌سازی باران به‌عنوان ابزاری کاربردی به‌طور وسیع مورد استفاده قرار گرفته است (Sadeghi، ۲۰۱۳). مهمترین مزیت استفاده از شبیه‌سازی باران سرعت عمل، کارایی، قابلیت کنترل نسبت به باران‌های طبیعی است (Meyer، ۱۹۹۴). هر چند استفاده از شبیه‌سازی باران در برخی موارد مشکل‌آفرین است اما در بسیاری موارد به‌دلیل برتری بر روش‌های دیگر در پژوهش‌های هدررفت خاک و تولید رسوب در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Seeger، ۲۰۰۷). استفاده از کرت نیز مزایا و محدودیت‌های خاصی دارد و از شروع پژوهش‌های مربوط به اندازه‌گیری رواناب و فرسایش خاک، مقیاس کرت اهمیت زیادی داشته است (Asadzadeh و همکاران، ۲۰۱۳؛ Joel و همکاران، ۲۰۰۲؛ Licznar و Nearing، ۲۰۰۳؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۳).

مطالعه فرایند فرسایش و مولفه‌های مربوط به آن در شرایط و مکان‌های مختلف انجام شده است. با توجه به این‌که شدت بارندگی و شیب از عوامل مهم در رخ دادن فرسایش هستند اثرات این عوامل به‌صورت جداگانه و متقابل بررسی شده است. در سال ۱۹۸۴، Poesen اثر شیب بر میزان نفوذ و رواناب را به‌وسیله شبیه‌ساز باران مورد پژوهش قرار داد. نتایج پژوهش وی نشان داد متوسط ضریب نفوذ برای شیب دو درجه ۷/۴ درصد کمتر از ضریب نفوذ برای شیب ۱۵ درجه است که نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین شیب و میزان نفوذ بوده است. همچنین، نتایج مطالعات وی نشان داد ضریب متوسط رواناب در شیب دو درجه ۱۵/۵ درصد بیشتر از ضریب متوسط رواناب برای شیب ۱۵ درجه بوده است.

Romkens و همکاران (۲۰۰۲) فرسایش خاک را در چهار شدت بارندگی شامل شدت‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ میلی‌متر در ساعت در شیب‌های دو، هشت و ۱۷ درصد زبری سطح متفاوت و رژیم آبی متفاوت در آزمایشگاه در سطحی با ابعاد ۰/۶×۳/۷۵ متر مورد پژوهش قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که با افزایش شدت بارندگی میزان فرسایش و مولفه‌های مربوط به آن افزایش یافت. در شمال تایلند، Janeau و همکاران (۲۰۰۳) در شیب‌های ۱۶ تا ۶۳ درصد با استفاده از شبیه‌ساز باران در ۱۵ پلات با ابعاد ۱×۱ متر پوسته پوسته شدن خاک و نفوذ را مورد بررسی قرار دادند. ضریب متوسط رواناب در بازه ۰/۰۵ تا ۰/۷۸ به‌دست آمد و میزان نفوذ از یک تا ۱۰۷ میلی‌متر در ساعت به‌دست آمد که نشان‌دهنده افزایش نفوذ با افزایش شیب بود. در سال ۲۰۰۳ در کشور نپال Grander و Gerrard رواناب و فرسایش خاک را در اراضی زیر کشت دیم طی سال‌های ۱۱۹۲ تا ۱۹۹۳ در مقیاس کرت با شدت بارندگی پنج تا ۴۰ میلی‌متر بر ساعت و شیب زمین از سه تا نه درجه مورد بررسی قرار دادند و ارتباط میزان رواناب و فرسایش با ویژگی‌های بارندگی و عوامل زمینی بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش زمان بارندگی میزان رواناب افزایش می‌یابد، ولی در شیب مورد بررسی اختلافی یافت نشد.

Marquez و همکاران (۲۰۰۷) اثر پوشش گیاهی بر رواناب و فرسایش خاک را در شدت بارش ۲۱ میلی‌متر در ساعت و در هشت کرت استاندارد با شیب ۱۰ درصد بررسی کردند. چهار کرت بدون پوشش و چهار کرت به‌وسیله پوشش طبیعی پوشیده شده بود.

Archive of SID

www.SID.ir

در طول یک سال، نتایج نشان‌دهنده کاهش رواناب و رسوب در کرت‌های دارای پوشش بود. تولید رواناب و رسوب در مرتع فقیر و دیم‌زار در حوزه آبخیز گرگک در حوالی شهر سورشجان از توابع شهرستان شهرکرد به‌وسیله Sadeghi و همکاران (۲۰۱۳) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که زمان شروع رواناب در مراتع زودتر از دیم‌زار است. دلیل این نتیجه کاهش تخلخل خاک به‌وسیله حرکت دام عنوان شد. تولید رواناب در دو کاربری مرتع و دیم در کرت‌های آزمایشی در شیب پنج درصد و با استفاده از باران‌ساز به‌وسیله Bakhshi و همکاران (۲۰۱۱) مورد بررسی قرار داده شد و نتایج نشان داد که میزان رواناب در مرتع به‌دلیل چرای شدید و کوبیدگی اراضی مرتعی ۲/۳ برابر رواناب در دیم‌زار است. El Kateb و همکاران (۲۰۱۳) رواناب سطحی و فرسایش خاک را در پوشش‌های گیاهی مختلف و در شیب‌های مختلف در سطوح کمتر از ۱۰ تا بیش از ۳۰ درصد و کاربری‌های مزارع چای، زمین کشاورزی ذرت، مزارع رهاشده و جنگل مورد پژوهش قرار دادند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که تغییر رواناب با پوشش گیاهی زیاد است و شیب‌های بیشتر توانایی هدررفت و ایجاد رواناب بیشتری دارند، اما در زمین‌های جنگلی میزان رواناب تحت تأثیر شیب نیست و اهمیت پوشش را نشان می‌دهد. Khaledi Darvishan و همکاران (۲۰۱۵) اثرات شدت بارندگی و رطوبت اولیه بر پاسخ‌های هیدرولوژیکی در شرایط آزمایشگاهی در شدت‌های بارندگی ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر در ساعت در پلات‌هایی با مساحت دو متر مربع در شیب نه درصد و خاک ماسه‌ای-لومی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان‌دهنده معنی‌دار بودن ($p\leq ۰/۰۵$) رابطه بین شدت بارندگی با ضریب متوسط رواناب بود. Liu و همکاران (۲۰۱۵) اثرات شدت بارندگی و شیب را بر هدررفت خاک در مناطق ساحلی نانتونگ چین مورد بررسی قرار دادند. شدت‌های بارندگی ۸۵، ۹۵، ۱۱۰ و ۱۲۵ میلی‌متر در ساعت در شیب‌های شش، ۱۱، ۲۲ و ۳۵ درجه مورد پژوهش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که نرخ نفوذ در شدت‌های کمتر از ۸۵ میلی‌متر در ساعت با تغییر شیب از شش درجه به ۳۵ درجه تا ۳۹ درصد کاهش یافت ولی در شدت‌های بالاتر از ۸۵ میلی‌متر در ساعت روند افزایشی-کاهشی داشت. همچنین، با افزایش شدت بارندگی نرخ رواناب از ۴۷ تا ۲۷۵ درصد افزایش یافت و نشان داد که رواناب به شدت بارندگی حساسیت بیشتری از شیب دارد. در نهایت رابطه میزان رسوب با شدت بارندگی و شیب افزایشی تشخیص داده شد.

بر اساس مطالعات انجام شده، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که نفوذ و رواناب متأثر از عوامل متعددی هستند. شناخت این عوامل می‌تواند در ارایه راه‌کارهای مدیریتی و کمی نمودن تغییرات نفوذ و رواناب کارا باشد. با توجه به این موارد هدف این پژوهش بررسی تغییرات نفوذ و رواناب با تغییرات طبقات شیب و شدت بارندگی در دیم‌زارهای منطقه کلاله در استان گلستان که خاک لسی دارند بود. لس شامل رسوبات که از تجمع رسوبات بادرفتی که در اندازه سیلت تشکیل شده‌اند است. لس‌ها دارای فشردگی کم و تخلخل بالایی هستند و به‌دلیل این‌که حاوی مواد آلی کم هستند به فرسایش حساس هستند. در صورتی‌که عملیات کشاورزی در اراضی لسی انجام شود به‌دلیل دست‌خوردگی میزان فرسایش افزایش می‌یابد. با توجه به سوابق بررسی شده مطالعه فرسایش خاک و مولفه‌های مربوط به آن شامل نفوذ و رواناب در اراضی دیم متشکل از خاک‌های لسی دیم‌زارهای استان گلستان نیز ضروری به‌نظر می‌رسد. همچنین، نفوذ و رواناب متأثر از عوامل متعددی هستند و شناخت این عوامل می‌تواند در ارایه راه‌کارهای مدیریتی و کمی نمودن تغییرات نفوذ و رواناب کارا باشد.

با توجه به این موارد، هدف این پژوهش بررسی تغییرات نفوذ و رواناب با تغییرات طبقات شیب و شدت بارندگی در دیم‌زارهای منطقه کلاله در استان گلستان که خاک لسی دارند بود. لس شامل رسوبات با منشأ اصلی یخچالی است که از انتقال و تجمع مجدد رسوبات به‌وسیله عامل باد تشکیل شده است و همین عامل باد دلیل اصلی غالب بودن اندازه سیلت در لس می‌باشد. لس‌ها دارای فشردگی کم و تخلخل بالایی هستند و به‌دلیل این‌که حاوی مواد آلی کم هستند، به فرسایش حساس هستند. در صورتی‌که عملیات کشاورزی در اراضی لسی انجام شود میزان فرسایش به‌دلیل دست‌خوردگی مستعد فرسایش

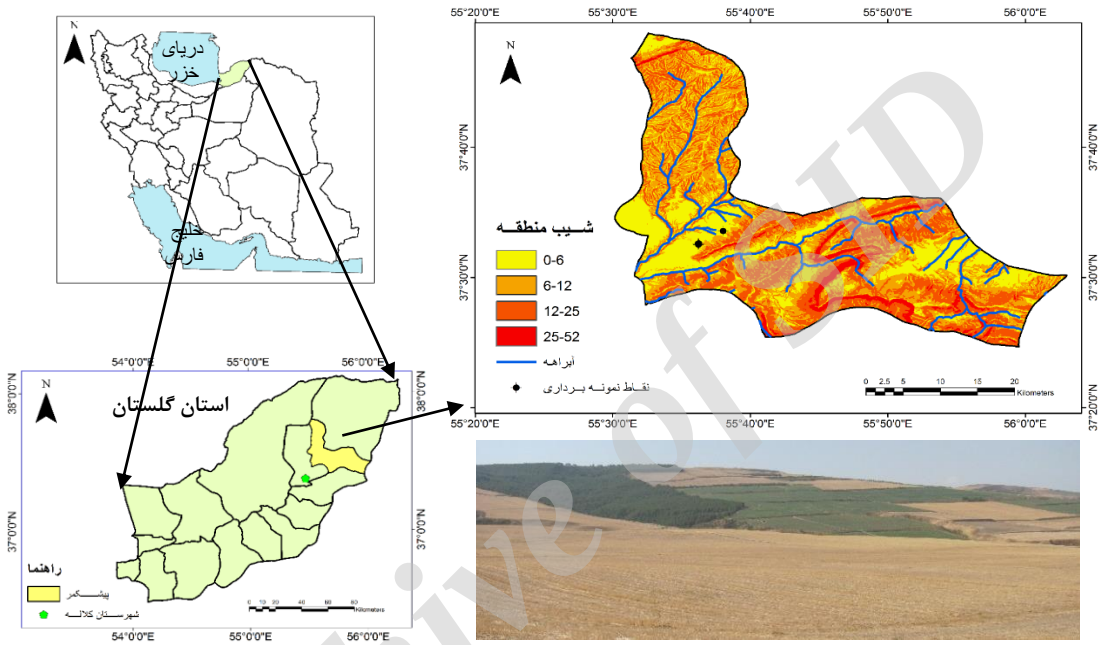
Archive of SID

www.SID.ir

هستند. بنابراین، مطالعه عوامل مؤثر بر فرایند نفوذ و تشکیل رواناب به‌عنوان مهمترین متغیرهای مؤثر بر فرایند فرسایش خاک در خاک‌های لسی دیم‌زارهای استان گلستان نیز ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: پژوهش حاضر در اراضی دیم روستای پیش‌کمر از توابع شهرستان کلاله در استان گلستان در مرحله پس از برداشت انجام شد. پیش‌کمر از نظر مختصات جغرافیایی در محدوده عرض جغرافیایی ´۳۱ °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ´۳۵ °۵۵ شرقی قرار دارد. کشت و کار در این منطقه روی تشکیلات لسی انجام می‌شود که بسیار به فرسایش حساس هستند و رخساره‌های فرسایش تشدیدی در در آن مشاهده می‌شود. در شکل ۱ موقعیت منطقه کلاله در استان گلستان مشاهده می‌شود.



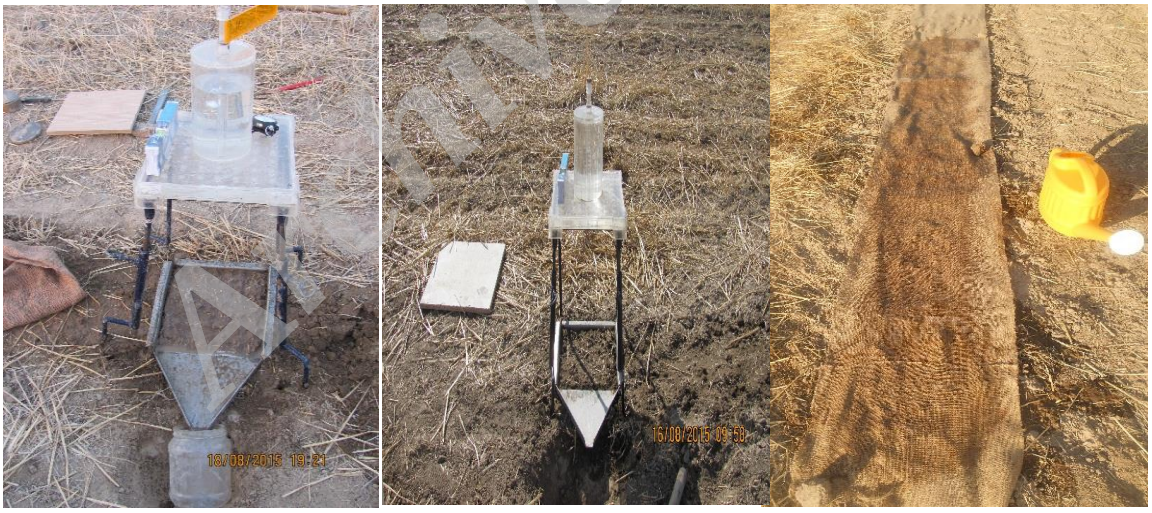
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در حوالی روستای پیش‌کمر از توابع شهرستان کلاله و نمایی از منطقه مورد بررسی در استان گلستان

ویژگی باران‌ساز مورد استفاده و اطلاعات بارندگی: باران‌ساز مورد استفاده، باران‌ساز صحرایی ساخته شده در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری می‌باشد که نمونه‌ای از طرح Kamphorst (۱۹۸۷) بوده و دارای کرت با مساحت ۶۲۵ سانتی‌متر مربع (۲۵×۲۵ سانتی‌متر) بوده و به‌راحتی قابل حمل است و می‌توان رواناب و نفوذ را در شرایط مزرعه و بدون هم خوردن خاک اندازه‌گیری کرد. باران‌ساز از سه قسمت آب‌پاش با تنظیم‌کننده فشار برای ایجاد بارش استاندارد، پایه و قاب فلزی تشکیل شده است (Azmoodeh و همکاران، ۲۰۱۰). حجم مخزن و ارتفاع بارش در این باران‌ساز به‌ترتیب ۱/۷۲ لیتر و ۳۷۵ میلی‌متر است (Kamphorst، ۱۹۸۷). شدت‌های باران متناسب با شرایط منطقه مورد بررسی و با در نظر گرفتن آمار باران‌نگاری ایستگاه‌های نزدیک به منطقه انتخاب شد. برای این منظور، چهار سطح شدت بارندگی حدود ۳۳، ۶۴، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر در ساعت با مدت‌های متناظر ۳۰ تا ۱۰ دقیقه (دوره بازگشت ۱۵ تا ۲۰ سال) انتخاب شد. شدت‌های بارندگی اجرا شده با توجه به داده‌های بارندگی منطقه و منحنی شدت مدت فراوانی که از ایستگاه‌های هواشناسی منطقه اخذ شد انتخاب شد. دامنه مدت بارندگی‌های شبیه‌سازی شده با شدت‌های مختلف متغیر بوده و حد متوسط ۱۵ دقیقه مد نظر قرار گرفت.

انتخاب محل نمونه‌برداری و برداشت نمونه‌های رواناب، رسوب و خاک: بعد از مشخص شدن محدوده مطالعاتی که اراضی دیم در منطقه می‌باشد، منطقه‌ای در محدوده روستای پیش‌کمر برای انجام

Archive of SID
www.SID.ir

پژوهش انتخاب شد (شکل ۱). در اراضی دیم در سه طبقه شیب شش، ۱۲ و ۲۵ درصد به‌دلیل فراوان بودن این سه شیب کرت باران‌ساز مستقر شده و اقدام به شبیه‌سازی شد. در هر محل برای هر شیب و هر شدت بارندگی تعداد چهار تکرار انجام شد. این کار به‌دلیل توصیه سازنده اولیه باران‌ساز و به‌خاطر جبران کوچک بودن سطح کرت باران‌ساز بود. در منابع مختلف آماری تأکید شده که تعداد تکرارهای لازم برای آزمایش بسته به واریانس بین تکرارها تعیین می‌شود (Bihamta و Chahouki، ۲۰۰۸). از آن‌جایی که هر چقدر سطح کرت کوچک‌تر باشد، احتمال اثر شرایط غیرتیمار و متغیرهای مداخله‌گر بر نتایج افزایش می‌یابد. لذا، موجب افزایش واریانس بین تکرارها شده و به این دلیل طراح کرت و باران‌ساز کامفورست تعداد دست‌کم چهار تا هشت تکرار را برای انجام آزمایش پیشنهاد داده است (Kamphorst، ۱۹۸۷). به‌منظور یکسان‌سازی شرایط، شدت و مدت بارش، میکروتوپوگرافی و شرایط سطحی خاک در هر کرت در تمامی آزمایش‌های شبیه‌سازی باران، تا حد امکان ثابت و یکسان در نظر گرفته شد. همان‌طور که بیان شد این آزمایش در مزرعه گندم پس از برداشت محصول انجام گرفت. این مزارع معمولا به‌عنوان پس-چرا در اختیار دامداران قرار می‌گیرند که به لخت‌شدن کامل سطح خاک منجر می‌شود. با توجه به احتمال زیاد وقوع ریزش بارش‌های شدید در انتهای تابستان، این مرحله نسبت به فرسایش حساس است. به‌منظور حذف اثر بقایای گیاهی در نفوذ و تولید رواناب و یکسان‌سازی شرایط در تمامی آزمایش‌ها و با توجه به سطح محدود کرت، لازم بود حتی‌الامکان مناطق عاری از هر گونه پوشش انتخاب و بقایای گیاهی و کاه و کلش اندک موجود از سطح خاک جمع‌آوری شود. لذا، در هر شیب، عرصه‌ای به ابعاد تقریبی ۰/۵×۱۰ متر در امتداد یک خط مستقیم با شرایط کاملا یکنواخت و بدون ناهمواری انتخاب شد. به‌طوری که فضای کافی برای استقرار شبیه‌ساز باران برای ۱۶ آزمایش مورد نظر (حاصل‌ضرب چهار شدت و چهار تکرار) تأمین شود. برای رساندن رطوبت خاک به حدود ظرفیت مزرعه (FC) برای جلوگیری از برخورد مستقیم قطرات آب‌پاش به خاک، سطح خاک، عرصه منتخب با گونی کنفی پوشانده شد (شکل ۲).



(الف) (ب) (ج)

شکل ۲- آب‌پاشی دستی روی گونی‌های تعبیه شده برای الف) رساندن رطوبت به ظرفیت مزرعه، ب) انجام شبیه‌سازی باران و ج) نمونه‌برداری رواناب

سپس به کمک آب‌پاش دستی حجم آبی معادل پنج لیتر برای هر ۰/۵×۰/۵ متر به آهستگی و به‌صورت یکنواخت در سطح گونی پاشیده شد و از خیس خوردگی زمین تا عمق پنج سانتی‌متری اطمینان حاصل شد. پس از گذشت حدود ۲۴ ساعت از آب-پاشی باران شبیه‌سازی و رواناب اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری‌های صحرایی: حجم رواناب تولیدی در هر تکرار پس از انجام شبیه‌سازی باران، با

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از استوانه مدرج با دقت میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. با داشتن زمان بارندگی، شدت بارندگی و همچنین، در نظر گرفتن سطح کرت، حجم کل بارش (میلی‌لیتر) در هر کرت آزمایش به‌دست آمد. با تقسیم حجم کل رواناب به حجم کل بارش، ضریب متوسط رواناب بر حسب درصد تعیین شد. با تفاضل حجم بارش و رواناب خروجی از کرت حجم کل آب نفوذ کرده بر حسب میلی‌لیتر محاسبه شد که در مرحله بعد با لحاظ سطح و زمان، شدت متوسط نفوذ بر حسب میلی‌لیتر بر ساعت به‌دست آمد. پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها برای تحلیل آماری از نسخه ۱۷ نرم‌افزار SPSS استفاده شد. برای بررسی اثر بین شدت بارندگی و شیب بر نفوذ و رواناب از تحلیل واریانس ANOVA و همچنین گروه‌بندی سطوح مختلف شدت بارندگی و شیب بر اساس آزمون دانکن از نظر اثرگذاری بر شدت متوسط نفوذ و رواناب استفاده شد. بعد از رسم نمودارها اقدام به مقایسه با نمودارهای به‌دست آمده در کاربری‌های مختلف اعم از مناطق ساحلی، مرتع، علف‌زار، گندم‌زار، یونجه‌زار، زمین بایر در شدت بارندگی و شیب‌های متفاوت شد. دلیل این کار دست‌یابی به یک روند کلی در رابطه با اثر شدت بارندگی و شیب بر متغیرهای رواناب و به تبع آن شدت متوسط نفوذ در کاربری‌های مختلف با وجود شرایط متفاوت با تحقیق حاضر در شیب‌ها و شدت‌های مشابه و نزدیک به پژوهش حاضر است.

نتایج و بحث

در جدول ۲، نتایج مربوط به شبیه‌سازی باران آورده شده است. اثر شدت بارندگی و شیب به‌صورت جداگانه و متقابل بر مقدار ضریب متوسط رواناب و شدت متوسط نفوذ با تحلیل واریانس مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ و شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج ارائه شده در این جدول، اثر شیب بر مقدار و ضریب نفوذ با سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود. اثر شدت بارندگی نیز بر شدت متوسط نفوذ با سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل شیب و بارندگی نیز بر مقدار شدت شدت متوسط نفوذ به‌ترتیب در سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل شیب و شدت بارندگی بر مقدار و ضریب متوسط رواناب نیز به‌ترتیب در سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار تشخیص داده شد (جدول ۳).

پس از آن‌که اثر جداگانه و متقابل شیب و شدت بارندگی بر متغیرهای شدت متوسط نفوذ و رواناب و ضریب متوسط رواناب در دیم‌زارهای منطقه کلاله در سطوح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار تشخیص داده شد اقدام به گروه‌بندی سطوح تیمارهای شیب و شدت بارندگی با استفاده از آزمون دانکن (α=۰/۵۰) شد (جدول ۴). هدف از گروه‌بندی تشخیص مرز تغییرات معنی‌دار در سطوح مختلف تیمارهای مورد بررسی (شیب دامنه و شدت بارندگی) بود.

همان‌طور که در جدول ۴ دیده می‌شود، در بیشتر موارد سطوح تیمارهای شدت بارندگی و شیب در دو گروه تفکیک شده‌اند و عموما شدت‌های بارندگی ۳۳ و ۶۴ میلی‌متر در ساعت رفتاری متفاوت با شدت‌های بارندگی ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر در ساعت از خود نشان داده‌اند. از نظر شیب نیز عموما شیب ۲۵ درصد از نظر شدت متوسط نفوذ و رواناب پاسخ متفاوتی با شیب‌های شش و ۱۲ درصد ایجاد کرده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک مورد مطالعه در منطقه پیش‌کمر

ویژگی‌های فیزیکی	واحد	مقدار
وزن مخصوص ظاهری	گرم بر سانتی‌متر مکعب	۱/۵۰
وزن مخصوص حقیقی	گرم بر سانتی‌متر مکعب	۲/۶۸
تخلخل	درصد	۴۴
رس	درصد	۲۶
سیلت	درصد	۶۶
شن	درصد	۸
بافت	---	سیلتی لوم

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- نتایج شبیه‌سازی باران شامل شدت متوسط نفوذ (میلی‌متر در دقیقه)، ارتفاع رواناب (میلی‌متر)، ضریب متوسط روناب (درصد) در شدت‌های بارندگی (میلی‌متر در ساعت) و شیب‌های مورد بررسی در دیم‌زار منطقه کلاله

شدت بارندگی	مقدار بارندگی (میلی‌متر)	شدت متوسط نفوذ در شیب شش درصد	شدت متوسط نفوذ در شیب ۱۲ درصد	شدت متوسط نفوذ در شیب ۲۵ درصد	ارتفاع رواناب	ارتفاع رواناب	ارتفاع رواناب	ضریب متوسط رواناب در شیب شش درصد	ضریب متوسط رواناب در شیب ۱۲ درصد	ضریب متوسط رواناب در شیب ۲۵ درصد
۳۳	۸/۲۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
		۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
		۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
		۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۶۴	۱۶	۱/۰۶	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۱۶	۱/۵۲	۱/۷۰	۱/۰۰	۰/۱۰	۰/۱۱
		۱/۰۵	۰/۹۲	۱/۰۳	۰/۱۹	۲/۱۷۶	۰/۶۱	۱/۲۰	۰/۱۴	۰/۰۴
		۱/۰۴	۰/۹۰	۰/۹۹	۰/۴۲	۲/۴۸	۱/۱۲	۲/۶۰	۰/۱۶	۰/۰۷
		۱/۰۵	۱/۰۰	۰/۸۷	۰/۲۲	۱/۰۴	۲/۹۳	۱/۴۰	۰/۰۷	۰/۱۸
۸۰	۲۰	۰/۸۶	۰/۷۷	۰/۳۹	۷/۰۴	۸/۴	۱۴/۰۸	۳۵/۲۰	۰/۴۲	۰/۷۰
		۰/۹۷	۰/۸۲	۰/۷۷	۵/۵۲	۷/۶۸	۸/۴۰	۲۷/۶۰	۰/۳۸	۰/۴۲
		۰/۶۹	۰/۶۱	۰/۲۹	۹/۶۰	۱۰/۸۸	۱۵/۶۸	۴۸/۰۰	۰/۵۴	۰/۷۸
		۰/۸۹	۰/۸۴	۰/۴۹	۶/۷۲	۷/۴۴	۱۲/۶۴	۳۳/۶۰	۰/۳۷	۰/۶۳
۱۱۰	۲۷/۵	۱/۰۳	۰/۹۳	۰/۹۳	۱۲/۰۰	۱۳/۶	۱۳/۶۰	۴۳/۶۴	۰/۴۹	۰/۵۰
		۰/۹۸	۰/۹۴	۱/۰۳	۱۲/۸۰	۱۳/۴۴	۱۲/۰۰	۴۶/۵۵	۰/۴۹	۰/۴۴
		۱/۱۵	۱/۴۷	۰/۹۵	۱۰/۲۴	۵/۵۲	۱۳/۲۸	۳۷/۲۴	۰/۲۰	۰/۴۸
		۱/۱۲	۱/۰۹	۰/۸۹	۱۰/۷۲	۱۱/۲	۱۴/۰۸	۳۸/۹۸	۰/۴۱	۰/۵۱

جدول ۳- اثر جداگانه و متقابل شیب و شدت بارندگی بر متغیرهای نفوذ و رواناب دیم‌زارهای منطقه کلاله با استفاده از تحلیل واریانس

منبع تغییرات	مجموع مربعات Type III	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره f	معنی‌داری
متغیر هدف / عامل تغییر	شدت متوسط نفوذ (درصد)				
شیب	۰/۱۷۸	۲	۰/۰۸۹	۷/۲۳۷	۰/۰۰۲
شدت بارندگی	۱/۹۷۴	۳	۰/۶۵۸	۵۳/۴۳۵	۰/۰۰۰
شیب × شدت بارندگی	۰/۱۹۳	۶	۰/۰۳۲	۲/۶۱۵	۰/۰۳۳
متغیر هدف / عامل تغییر	ارتفاع رواناب (میلی‌متر)				
شیب	۳۹/۴۹۷	۲	۱۹/۷۴۹	۷/۱۷۴	۰/۰۰۲
شدت بارندگی	۱۲۶۲/۴۰۵	۳	۴۲۰/۸۰۲	۱۵۲/۸۶۶	۰/۰۰۰
شیب × شدت بارندگی	۴۲/۸۹۱	۶	۷/۱۸۴	۲/۵۹۷	۰/۰۳۴
متغیر هدف / عامل تغییر	ضریب متوسط رواناب (درصد)				
شیب	۱/۰۸۲	۲	۰/۵۴۱	۱۱/۱۸۳	۰/۰۰۰
شدت بارندگی	۲/۳۵۸	۳	۰/۷۹۵	۱۶/۴۳۲	۰/۰۰۰
شیب × شدت بارندگی	۴/۶۳۱	۶	۰/۷۷۲	۱۵/۹۵۱	۰/۰۰۰

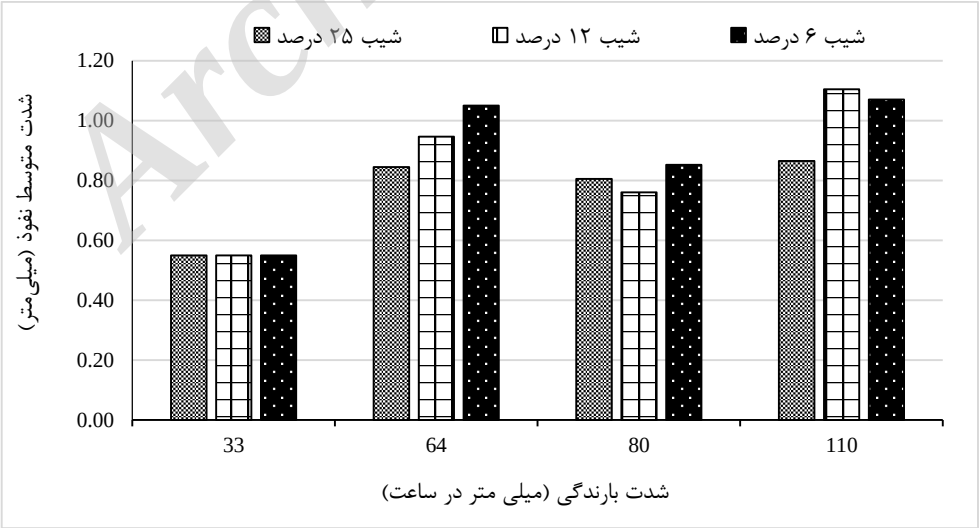
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- گروه‌بندی اثر شیب و شدت بارندگی بر متغیرهای نفوذ و رواناب دیم‌زارهای منطقه کلاله با استفاده از آزمون دانکن (α=۰/۰۵)

عوامل موثر	تعداد و گروه‌بندی در عوامل تاثیرپذیر		
	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
شدت بارندگی (میلی‌متر در ساعت)	شدت متوسط نفوذ (میلی‌متر در دقیقه)		
	۳۳	۸۰	۶۴ و ۱۱۰
	رواناب (میلی‌متر)		
	۳۳ و ۶۴	۸۰	۱۱۰
	ضریب متوسط رواناب (درصد)		
	۳۳ و ۶۴	۸۰ و ۱۱۰	-
شیب (درصد)	شدت متوسط نفوذ (میلی‌متر در دقیقه)		
	۲۵	۶ و ۱۲	-
	رواناب (میلی‌متر)		
	۶ و ۱۲	۲۵	-
	ضریب متوسط رواناب (درصد)		
	۱۲ و ۲۵	۶	-

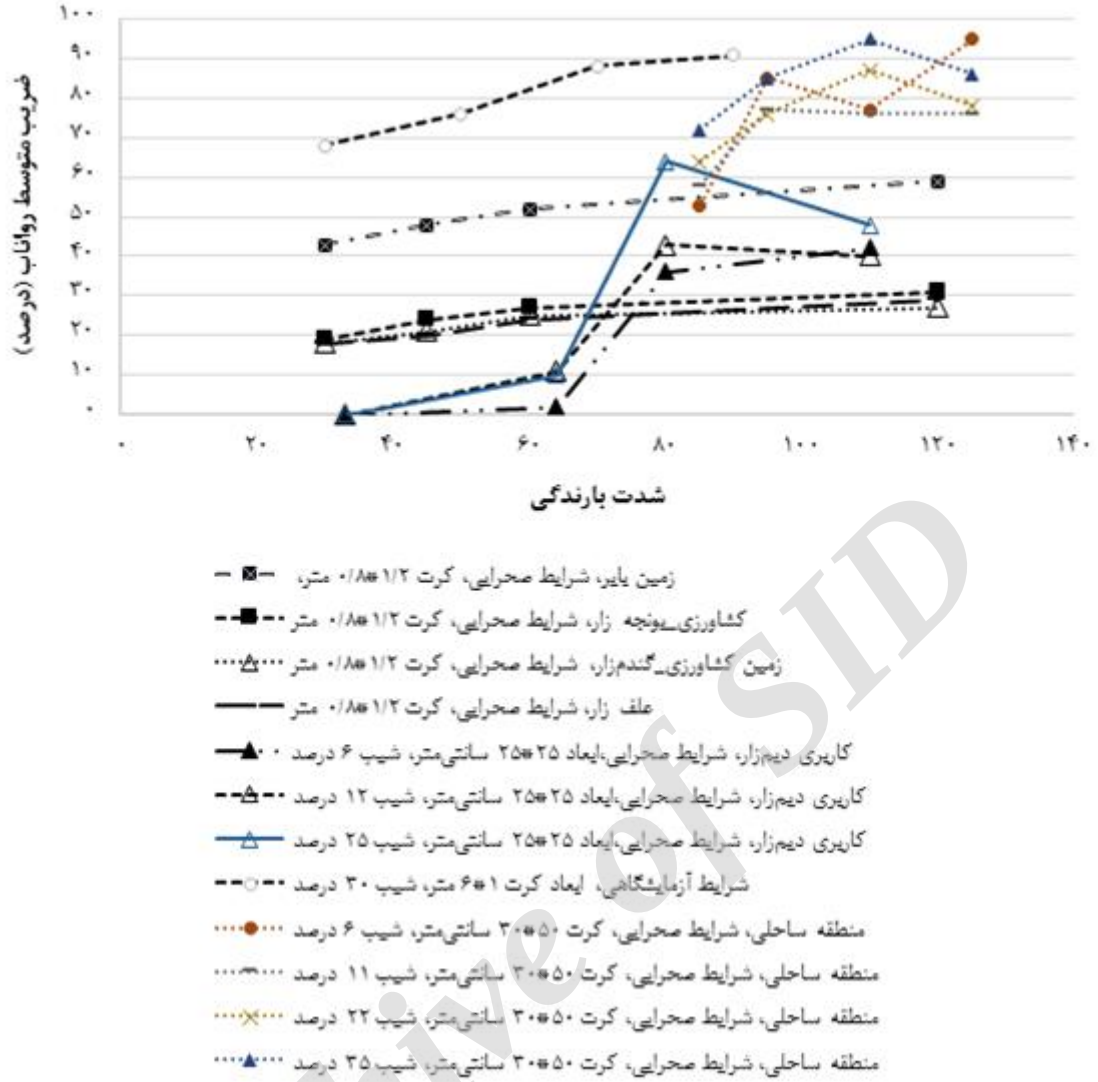
اثر شدت بارندگی در شیب‌های مختلف بر ضریب متوسط رواناب در کاربری دیم (پژوهش حاضر) و در مقایسه با ضریب متوسط رواناب کاربری‌های دیگر اعم از زمین بایر و کشاورزی شامل یونجه، گندم، علف‌زار و منطقه ساحلی در شیب‌های مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. برای امکان مقایسه نتایج پژوهش‌های مختلف تلاش‌شده که از محورهای یکسان برای ارائه همه نتایج استفاده شود. نتایج پژوهش‌های قبلی نشان‌دهنده روند کلی افزایشی ضریب متوسط رواناب با افزایش شدت بارندگی در تمام کاربری‌هاست و همچنین، پاسخ متفاوت شرایط آزمایشگاهی با دیگر کاربری‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳- شدت متوسط نفوذ در شدت‌های بارندگی و شیب‌های مورد بررسی در کاربری دیم

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴- اثر شدت بارندگی در شیب‌های مختلف بر ضریب متوسط رواناب در کاربری دیم (پژوهش حاضر) و مقایسه با ضریب متوسط رواناب کاربری‌های دیگر اعم از زمین بایر و کشاورزی شامل یونجه، گندم، علف‌زار و منطقه ساحلی در شیب‌های مختلف

پژوهش حاضر برای بررسی اثر شدت بارندگی و شیب بر متغیرهای شدت متوسط نفوذ و رواناب در دیم‌زارهای منطقه‌ی کلاله در استان گلستان با استفاده از باران‌ساز قابل حمل انجام شد. سه طبقه شیب شش، ۱۲ و ۲۵ درصد و چهار شدت بارندگی ۳۳، ۶۴، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر در ساعت مورد ارزیابی قرار گرفت.

اثر شیب بر شدت متوسط نفوذ و همچنین بر رواناب و ضریب متوسط رواناب در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج شبیه‌سازی باران در جدول ۱ نتایج آماری مندرج در جداول ۳ و ۴ اثر شدت بارندگی و شیب در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بود که نشان دهنده متاثر بودن پدیده نفوذ و رواناب در خاک سطحی از شیب و شدت بارندگی در دیم‌زارها است. این یافته با نتایج پژوهش‌های قبلی شامل Poeson (۱۹۸۴)، Janeau و همکاران (۲۰۰۳)، Zhao و همکاران (۲۰۱۴)، Liu و همکاران (۲۰۱۵) و Khaledi Darvishan و همکاران (۲۰۱۵) همسان و با نتایج Zare و همکاران (۲۰۱۲) مخالف بود. از دلایل این نتایج، اندازه کرت می‌باشد که با توجه به پژوهش Asadzadeh و همکاران (۲۰۱۳) در مورد اندازه کرت، رواناب در واحد سطح با افزایش مساحت یا افزایش طول کرت به‌صورت توانی کاهش می‌یابد. بنابراین کرت‌های مورد استفاده در اندازه‌های مختلف دارای پاسخ هیدرولوژیک متفاوت هستند (Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۵) و همچنین، دلیل افزایش رواناب و

Archive of SID

www.SID.ir

رسوب در کرت‌های بزرگ‌تر افزایش زمان تمرکز است (Khaledi Darvishan و همکاران، ۲۰۱۵).

همچنین، با توجه به شکل ۴، با افزایش شدت بارندگی و شیب ضریب متوسط رواناب افزایش یافت. کمترین مقدار ضریب متوسط رواناب در شدت ۳۳ میلی‌متر در ساعت در هر سه شیب بود که نشان‌دهنده اهمیت شدت بارندگی در جاری شدن رواناب بود. بیشترین میزان ضریب متوسط رواناب مربوط به شیب ۲۵ درصد در شدت بارندگی ۸۰ میلی‌متر بر ثانیه بود. این نتایج با نتایج Zhao و همکاران (۲۰۱۴) که در شکل ۳ نشان داده شده است، مطابقت داشت. همچنین، مقایسه کاربری دیم با چهار نوع کاربری زمین بایر، یونجه، علوفه، گندم نشان داد که در تمام شدت بارندگی‌ها، زمین بایر بیشترین مقدار ضریب متوسط رواناب را دارا است. تغییرات در ضریب متوسط رواناب به‌دلیل شدت بارندگی متفاوت، اثر تغییر شیب، پوشش گیاهی متفاوت، است. کاربری دیم در شدت ۳۳ و ۶۴ میلی‌متر بر ساعت ضریب متوسط رواناب کمتری نسبت به دیگر کاربری‌ها دارد اما در شدت‌های ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت ضریب متوسط رواناب مقدار بیشتری از سه کاربری علوفه، یونجه‌زار و گندم‌زار دارد. در نهایت، می‌توان گفت که ضریب متوسط رواناب به‌طور کلی با افزایش شدت بارندگی و شیب در کاربری‌های مختلف افزایش می‌یابد. همان‌طور که دیده می‌شود تفاوت مهمی که بین نتایج پژوهش حاضر (دیم‌زار) و پژوهش‌های قبلی (اراضی کشاورزی، بایر، علفزار، مناطق ساحلی و شرایط آزمایشگاهی) دیده می‌شود تغییرات ناگهانی پاسخ رواناب در شدت‌های بارندگی بیشتر از ۶۰ میلی‌متر در ساعت در کاربری دیم‌زار است. به‌طوری که در شدت‌های بارندگی کمتر از ۶۰ میلی‌متر در ساعت، کمترین ضریب متوسط رواناب در کاربری دیم‌زار مشاهده شد. اختلاف ابعاد کرت‌های مورد بررسی نیز می‌تواند به‌عنوان یکی دیگر از دلایل احتمالی اختلاف نتایج مد نظر قرار گیرد (Asadzadeh و همکاران، ۲۰۱۳).

نتایج گروه‌بندی بر اساس آزمون دانکن جدول ۴ نشان داد که در بررسی اثر شدت بارندگی بر شدت متوسط نفوذ که شدت‌های بارندگی ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر در ساعت در یک گروه و شدت‌های بارندگی ۳۳ و ۶۴ میلی‌متر در ساعت در یک گروه قرار گرفتند. به‌عبارت دیگر، اختلاف معنی‌دار بین این دو گروه وجود دارد که نشان دهنده تغییر معنی‌دار پاسخ هیدرولوژیک کرت در حد فاصل شدت ۶۴ تا ۸۰ میلی‌متر بر ساعت است و نقطه عطف در این بازه قرار دارد. بر اساس این نتیجه، می‌توان حد فاصل شدت ۶۴ تا ۸۰ میلی‌متر بر ساعت را به‌عنوان بازه بحرانی در نظر گرفت و انجام عملیات مدیریتی را در این حد فاصل متمرکز نمود.

در بررسی اثر شدت بارندگی بر ارتفاع رواناب سه گروه به‌دست آمد. شدت‌های ۳۲ و ۶۴ میلی‌متر در ساعت در یک گروه، شدت بارندگی ۸۰ میلی‌متر در ساعت در یک گروه و در نهایت شدت ۱۱۰ میلی‌متر در ساعت در یک گروه قرار گرفتند که نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار بین شدت‌های ۳۳ و ۶۴ میلی‌متر در ساعت و وجود اختلاف این دو شدت بارندگی با شدت‌های ۸۰ میلی‌متر در ساعت و ۱۱۰ میلی‌متر در ساعت بود.

در بررسی اثر شدت بارندگی بر ضریب متوسط رواناب دو گروه ایجاد شد. شدت بارندگی ۳۳ میلی‌متر در ساعت در یک گروه و شدت‌های ۶۴، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر در ساعت در یک گروه قرار گرفتند که نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین شدت ۳۳ میلی‌متر در ساعت با شدت‌های دیگر است و این‌که بین شدت‌های ۶۴، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر در ساعت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

نتایج گروه‌بندی بر اساس آزمون دانکن در بررسی اثر شیب زمین بر ضریب متوسط نفوذ شیب ۲۵ درصد در یک گروه و شیب شش و ۱۲ درصد در یک گروه قرار گرفتند و این نتیجه نشان داد که بین شیب ۲۵ درصد با شیب شش و ۱۲ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد و بین شیب شش درصد و شیب ۱۲ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

نتایج گروه‌بندی اثر شیب بر ارتفاع رواناب نشان داد که شیب شش و ۱۲ درصد در یک گروه و شیب ۲۵ درصد در یک گروه قرار دارد. قرار گرفتن شیب‌های شش و ۱۲ درصد در یک گروه نشان داد که بین این دو شیب اختلاف معنی‌داری نیست و قرار

Archive of SID

www.SID.ir

گرفتن شیب ۲۵ درصد در گروه دیگر نشان داد که اختلاف معنی‌دار بین این شیب با شیب شش و ۱۲ درصد وجود دارد.

نتایج گروه‌بندی اثر شیب بر رواناب نشان داد که شیب ۱۲ و ۲۵ درصد در یک گروه و شیب شش درصد در یک گروه قرار دارد. این نتیجه به این معنی است که بین شیب ۱۲ و ۲۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما بین این دو شیب و شیب شش درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

شکل ۳ نشان‌دهنده اثر شدت بارندگی و شیب بر شدت متوسط نفوذ است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شدت متوسط نفوذ در شیب‌های پایین‌تر و در شدت بارندگی متناظر مقدار بیشتری دارند. همچنین، شدت متوسط نفوذ با افزایش شدت بارندگی در تمام شیب‌ها به جز در شدت بارندگی ۸۰ میلی‌متر در ساعت افزایش یافت که دلیل آن را امکان وجود خطا در آزمایش و یا وجود عوامل طبیعی همچون وجود سنگ در زیر سطح خاک عنوان کرد.

در خصوص اثر شدت بارندگی بر مقدار نفوذ و رواناب پژوهش‌های قبلی در دیگر کاربری‌ها و در مواردی در کاربری دیم بر اثر شدت بارندگی تاکید داشته‌اند (Dunne و همکاران، ۱۹۹۱؛ Assouline و Ben Hur، ۲۰۰۶؛ Parsons و همکاران، ۲۰۰۶؛ Arnaez و همکاران، ۲۰۰۷؛ Marques و همکاران، ۲۰۰۷؛ Romkens و همکاران، ۲۰۰۷؛ Khaledi Darvishan و همکاران، ۲۰۱۵؛ Liu و همکاران، ۲۰۱۵) و حتی در مواردی اهمیت بیشتر شدت بارندگی نسبت به دیگر تیمارها به‌ویژه در سطوح بالای شدت بارندگی به اثبات رسیده است (Khaledi Darvishan و همکاران، ۲۰۱۵).

در رابطه با اثر شیب زمین بر مقدار نفوذ و رواناب پژوهش‌هایی نیز در دیم‌زار و کاربری‌های دیگر انجام شده است و اثر آن مورد تأیید قرار گرفته شده است (Poesen، ۱۹۸۴؛ Dunne و همکاران، ۱۹۹۱؛ Assouline و Ben Hur، ۲۰۰۶؛ Zare و همکاران، ۲۰۱۲؛ El Kateb و همکاران، ۲۰۱۳؛ Jun Huang و همکاران، ۲۰۱۳؛ Parsadoust و همکاران، ۱۳۹۲؛ Liu و همکاران، ۲۰۱۵).

در پژوهش حاضر، اثر متقابل معنی‌داری برای شدت بارندگی و شیب بر نفوذ و رواناب نیز گویای همین نکته است که اثر تغییر شدت بارندگی و شیب بر نفوذ و رواناب معنی‌دار بوده، اثر متقابل از نوع هم‌افزایی و پس از آن اثر متفابل از نوع هم‌زدایی بوده است و به‌عبارت دیگر در شدت بارندگی ۱۱۰ میلی‌متر در ساعت اثر شیب کمتر شده است که این نتایج با نتایج Khaledi Darvishan و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشت.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌تواند در مدیریت کاربری اراضی از طریق جلوگیری از تبدیل مراتع به دیم‌زارها در شیب‌های بیش از ۱۵ درصد و مدیریت زراعی در ماه‌های دارای شدت بارندگی بالا (بیش از ۷۰ میلی‌متر در ساعت) مورد استفاده قرار گیرد. دیگر این‌که پیشنهاد می‌شود ارگان‌های متولی مدیریت زراعی در استان گلستان پژوهش‌هایی را در ارتباط با محصولاتی مناسب برای کشت دیم در اراضی کم شیب با داشتن پوشش گیاهی در ماه‌های دارای بیشینه شدت بارندگی (فصل پاییز) انجام داده و از نتایج آن‌ها برای مدیریت اراضی دیم برای کاهش رواناب استفاده کنند.

منابع مورد استفاده

1. Agassi, M. and J.M. Bradford. 1999. Methodologies for interrill soil erosion studies. Soil and Tillage Research, 49: 277-287.
2. Arnaez, J., T. Lasanta, P. Ruiz-Flaño and L. Ortigosa. 2007. Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards. Soil and Tillage Research, 93(2): 324-334.
3. Asadzadeh, F., M. Gorji, A. Vaezi, R. Sokouti and S. Mirzaee. 2013. Effect of plot size on measured runoff and sediment yield from natural rain-storms. Journal of Soil and Water Resources Conservation, 2(4): 69-81 (in Persian).
4. Assouline, S. and M. Ben-Hur. 2006. Effects of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil surface sealing. Catena, 66(3): 211-220.

Archive of SID

www.SID.ir

5. Azmoodeh, A., A. Kavian, K. Soleimani and Gh. Vahabzadeh. 2010. Comparing runoff and soil erosion in forest, dry farming and garden land uses soils using rainfall simulator. Journal of Water and Soil, 24(3): 490-500 (in Persian).
6. Bakhshi, T.M., H. Moradi and S.H.R. Sadeghi. 2011. Comparison of runoff generation and sediment yield in two land uses of range and dry farming. Iranian Journal of Range and Desert Research, 18(2): 269-279 (in Persian).
7. Bihamta, M.R. and M.A.Z. Chahouki. 2008. Principles of Statistics for the natural resource science. University of Tehran Press, 300 pages (in Persian).
8. Dunne, T., W. Zhang and B.F. Aubry. 1991. Effects of rainfall, vegetation, and microtopography on infiltration and runoff. Water Resources Research, 27(9): 2271-2285.
9. El Kateb, H., H. Zhang, P. Zhang and R. Mosandl. 2013. Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: a field experiment in Southern Shaanxi Province, China. Catena, 105: 1-10.
10. Gardner, R.A.M. and A.J. Gerrard. 2003. Runoff and soil erosion on cultivated rainfed terraces in the Middle Hills of Nepal. Applied Geography, 23(1): 23-45.
11. Hawke, R.M., A.G. Price and R.B. Bryan. 2006. The effect of initial soil water content and rainfall intensity on near-surface soil hydrologic conductivity: a laboratory investigation. Catena, 65(3): 237-246.
12. Huang, J., P. Wu and X. Zhao. 2013. Effects of rainfall intensity, underlying surface and slope gradient on soil infiltration under simulated rainfall experiments. Catena, 104: 93-102.
13. Janeau, J.L., J.P. Bricquet, O. Planchon and C. Valentin. 2003. Soil crusting and infiltration on steep slopes in northern Thailand. European Journal of Soil Science, 54(3): 543-554.
14. Joel, A., I. Messing, O. Seguel and M. Casanova. 2002. Measurement of surface water runoff from plots of two different sizes. Hydrological Processes, 16(7): 1467-1478.
15. Kamphorst, A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility. Netherlands Journal of Agricultural Science, 35: 407-415.
16. Khaledi Darvishan, A., K. Banasik, S.H.R. Sadeghi, L. Gholami and L. Hejduk. 2015. Effects of rain intensity and initial soil moisture on hydrological responses in laboratory conditions. International Agrophysics, 29(2): 165-173.
17. Khaledi Darvishan, A., S.H.R. Sadeghi, M. Homaee and M. Arabkhedri. 2015. Affectability of runoff threshold and coefficient from rainfall intensity and antecedent soil moisture content in laboratorial erosion plots. Iranian Water Research Journal, 8(15): 41-49 (in Persian).
18. Lei, T., M.A. Nearing, K. Haghighi and V.F. Bralts. 1998. Rill erosion and morphological evolution: A simulation model. Water Resources Research, 34(11): 3157-3168.
19. Licznar, P. and M.A. Nearing. 2003. Artificial neural networks of soil erosion and runoff prediction at the plot scale. Catena, 51: 89-114.
20. Liu, D., D. She, G. Shao and D. Chen. 2015. Rainfall intensity and slope gradient effects on sediment losses and splash from a saline–sodic soil under coastal reclamation. Catena, 128: 54-62.
21. Marques, M.J., R. Bienes, L. Jimenez and R. Pérez-Rodríguez. 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(1): 161-165.
22. Meyer, L. 1994. Rainfall simulators for soil erosion research. Soil Erosion Research Methods, 3: 83–103.
23. Parsadoust, F., Z. Eskandari, B. Bahreyninejad and A. Jafari Ardakani. 2015. Comparison of Chemical and biological indicators of soil over rangeland to dry land farming in the beginning and end of the growing season in Freidan, Isfahan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 19(71): 11-19 (in Persian).
24. Sadeghi, S.H.R. 2009. Study and measurement of water erosion. Publication of Tarbiat Modares University, 200 pages (in Persian).
25. Sadeghi, S.H.R., Z. Hazbavi, H. Younesi and M. Behzadfar. 2013. Trend of soil loss and sediment concentration changeability due to application of polyacrylamide. Water and Soil Resource Conservation, 2(4): 67-53.
26. Sadeghi, S.H.R., S.L. Razavi and R. Raeisian. 2006. Comparison between rainfed and poor land rangeland uses in runoff and sediment yield in summer and winter. Agricultural Research, 6(4): 11-22.
27. Sadeghi, S.H.R., N.A. Safaeian and S.A. Ghanbari. 2006. Study on the effect of land uses on type and intensity of soil erosion. Agricultural Engineering Research, 7(26): 85-98.
28. Sadeghi, S.H.R., M.B. Seghaleh and A.S. Rangavar. 2013. Plot sizes dependency of runoff and sediment yield estimates from a small watershed. Catena, 31(102): 55-61.

Archive of SID

www.SID.ir

29. Sadeghi, S.H.R., E. Sharifi Moghadam and L. Gholami. 1393. Effect of rice straw on surface runoff and soil loss in small plots. Water and Soil Resource Conservation, 3(4): 73-82.
30. Zare, K.M., A. Najafinejad, N. Noura and A. Kavian. 2012. Effects of slope and soil properties on runoff and soil loss using rainfall simulator, Chehel-chai Watershed, Golestan Province. Water and Soil Conservation, 19(2): 165-178 (in Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

DOI: 10.22092/ijwmse.2018.117882

Effect of rainfall intensity and slope gradient on infiltration and surface runoff in rainfed lands of Kalaleh region, Golestan Province

Ramyar Aliramayee[1], Abdulvahed Khaledi Darvishan[*2] and Mahmood Arabkhedri[3]
[1] MSc, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran, [2] Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran and [3] Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 22 October 2016 Accepted: 23 January 2017

Abstract

Various factors such as rainfall intensity and slope affect hydrological processes such as infiltration and runoff. Study on rainfed soils is very important because of intense degradation and sensitive ecosystem. The present research was conducted to investigate the effect of rainfall intensity and slope gradient on infiltration and surface runoff using rainfall simulator in rainfed lands of Kalaleh region, Golestan Province. To achieve the study purposes, four rainfall events with the intensities of 33, 64, 80 and 110 mm hr^{-1} and duration of 15 min were simulated. Three slope gradients of 6, 12 and 25% were selected and infiltration and surface runoff were measured in four 25×25 cm^2 plots. The results showed that the infiltration average rate and runoff average coefficient were increased with increasing rainfall intensity and slope gradient. The main and interaction effects of rainfall intensity and slope gradient on infiltration and surface runoff were significant ($p \leq 0.01$). The results of subgroups of rainfall intensity and slope gradient using Duncan test showed that two turning points in hydrological response of plot are distinguishable, one between rainfall intensities of 64 and 80 mm hr^{-1} and another between slope gradients of 12 and 25%. In other words, at the rainfall intensity more than about 70 mm hr^{-1} and the slope gradient more than about 15%, average infiltration rate and average runoff coefficient were significantly decreased and increased, respectively. These results emphasized on land use management via avoiding change from rangeland to rainfed land especially when the slope is more than 15%. Agricultural and land cover management was also emphasized especially in high rainfall intensities (more than 70 mm h^{-1}).

Keywords: Hydrological process, Infiltration average rate, Rainfall simulation, Runoff average coefficient, Soil erosion

[*] Corresponding author: a.khaledi@modares.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir