دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

نقش تغییر ارتفاع شبیه‌ساز باران و سرعت حد بارش در مولفه‌های مختلف رواناب و رسوب

حمزه سعیدیان[1] و حمیدرضا مرادی[2]

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران، (نویسنده مسوول: Hamzah.4900@yahoo.com)
۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرّس
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۹
صفحه: ۶۲ تا ۷۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: شبیه‌ساز باران وسیله‌ای است که قادر است روی پلات‌های کوچک آزمایشی، باران‌هایی مشابه باران‌هایی که در طبیعت مشاهده می‌شود ایجاد نماید. از فرسایش پذیرترین سازندهای گروه فارس، سازندهای گچساران و آغاجاری است. سازند گچساران از نظر سنگ‌شناسی دارای نمک، انیدریت، مارن‌های رنگارنگ، آهک و مقداری شیل می‌باشد. سازند آغاجاری شامل ماسه سنگ آهکی قهوه‌ای، خاکستری ومارن قرمز ژیپس‌دار و سیلت سنگ است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش به منظور مقایسه نقش ارتفاع شبیه‌ساز باران کامفورست در تغییر مولفه‌های مختلف فرسایش، در نهشته‌های سازندهای گچساران و آغاجاری، بخشی از حوزه آبخیز مرغا و کوه گچ شهرستان ایذه با مساحت‌های ۱۶۰۹ و ۱۲۰۲ هکتار، انتخاب گردید. شبیه‌ساز باران کامفورست در ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری از سطح زمین در کاربری مرتع و در مجموع در هر دو سازند در ۱۲ نقطه و با سه بار تکرار قرار گرفت و مولفه‌های مختلف فرسایش مانند رواناب، رسوب و نفوذ در شدت‌های بارش ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه به دست آمدند.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که تولید رسوب در هر دو سازند نسبت به ارتفاع شبیه‌ساز باران تغییرات معنی‌داری نداشت، در حالی که میزان رواناب و نفوذ حساسیت بیشتری نسبت به ارتفاع شبیه‌ساز باران داشتند و میزان نفوذپذیری بیشترین حساسیت را نسبت به تغییر ارتفاع شبیه‌ساز باران در هر دو سازند از خود نشان داد.

نتیجه‌گیری: در مجموع نتایج نشان داد که با افزایش شبیه‌ساز باران به ۲۰۰ سانتی‌متر به علت اینکه تا حدودی سرعت قطرات باران به سرعت حد نزدیک می‌شود داده‌های بدست آمده مانند رسوب و رواناب و میزان نفوذپذیری قابلیت اطمینان بیشتری دارند و می‌توانند به شرایط طبیعی نزدیک‌تر باشند و نتایج دقیق‌تری در تخمیق رواناب و رسوب و میزان نفوذپذیری خاک بوجود آید که می‌تواند در طراحی انواع سازه‌های آبخیزداری مفیدتر باشد.

واژه‌های کلیدی: باران‌ساز، رسوب، سازند گچساران و آغاجاری، میزان نفوذ

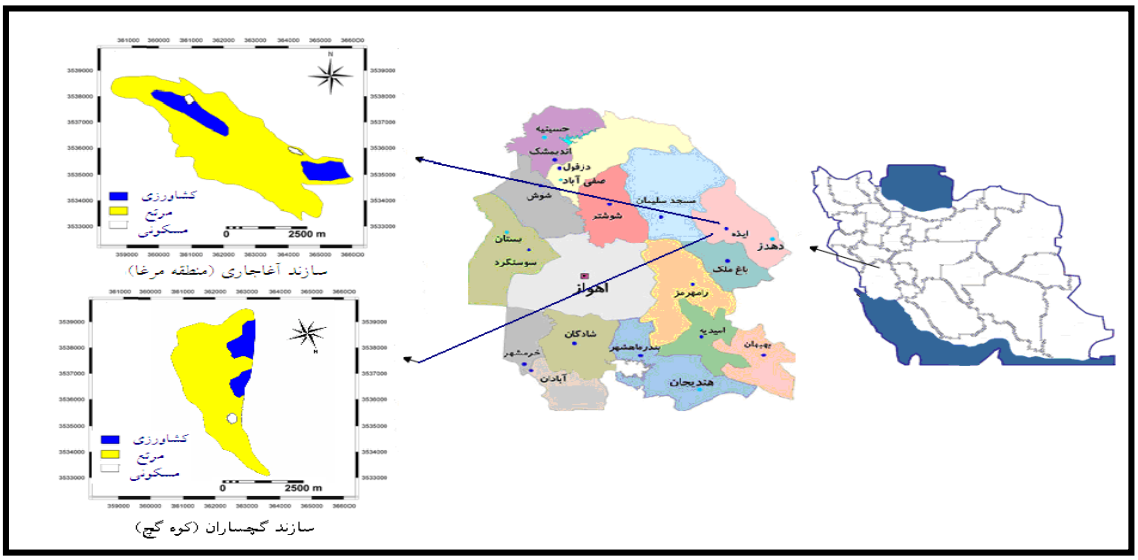
مقدمه

شبیه‌ساز باران ابزاری کنترل شده، قابل پیش‌بینی و معتبر است که با آن امکان تکرار باران‌های متعدّد در مدّت زمانی کوتاه وجود دارد (۲۰). شبیه ساز باران برای مطالعه فرسایش سطحی به علت اینکه می‌تواند مدت و مقدار بارش را از پیش تعیین کند ابزارهای مناسبی هستند (۲۶). شبیه‌ساز باران، اندازه‌گیری نفوذ، رواناب، فرسایش و رسوب و کیفیّت آب را برای وقایع باران سرعت می‌بخشد. علاوه بر این می‌توان اثر مدیریّتی حوزه مانند بذرپاشی، چرا و کنترل پوشش را توسط آن بررسی کرد (۲۹). شبیه‌ساز باران‌ها دارای مزایای متعدّدی از قبیل افزایش چشم‌گیر سرعت اجرای طرح‌های تحقیقاتی، امکان کنترل متغیّرهای بارندگی، تکرار آزمایش‌ها، اندازه‌گیری سریع در شدّت بارندگی، نفوذ، رواناب، حفظ ثبات شرایط تحت آزمایش و انجام آزمایش در محل‌های به‌خصوص می‌باشند (۲۴،۲۷). حال آن‌که محدودیّت مقیاس اندازه‌گیری و نیز عدم شبیه‌سازی کامل و درست شرایط محیطی حاکم بر سامانه‌ها از محدودیّت‌های حاکم بر آن‌ها محسوب می‌شود (۲۰). طراحی شبیه‌ساز باران‌ها به‌منظور دستیابی به شدت‌های بارش با اندازه قطرات مختلف و انرژی مشابه باران طبیعی انجام می‌شوند (۱۷). به هر تقدیر باید توجه داشت که تحقیقات با استفاده از شبیه‌ساز باران‌ها محدودیت‌هایی نیز دارند. برای مثال هزینه و وقت مورد نیاز برای تعبیه یک شبیه‌ساز باران مناسب با وسایل مربوطه و نیز نیروی انسانی فنی و ماهر برای انجام و اجرای دقیق، موفق و موثر یک برنامه مطالعاتی یا تحقیقاتی معمولاً جزء بزرگ‌ترین موانع کار با باران‌ساز به شمار می‌روند. از طرفی دشواری کار بازسازی مشخصات باران طبیعی و نیز تفسیر مناسب و شایسته داده‌های به دست آمده از دیگر موانع کاربرد شبیه‌سازهای باران تلقی می‌شود. افزون بر این محدودیت‌های عمده استفاده از شبیه‌ساز باران‌ها پوشش سطحی کوچک آن‌هاست.که ممکن است با شرایط حاکم بر مناطق وسیع کاملاً هم‌خوان نباشد (۲۱). استفاده از شبیه‌ساز باران‌ها به دلیل مزایای فوق برای پژوهش در زمینه جنبه‌های فرسایش و تولید رسوب در سطح جهان رایج است (۶،۲۵). کامفورست (۱۰) شبیه‌ساز باران کوچکی را در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری جهت تعیین عامل فرسایش‌پذیری خاک در معادله جهانی فرسایش خاک به کار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار رواناب و غلظت‌های رسوب برای خاک‌های مختلف به شدت تغییر می‌کند. میر و هارمن (۱۲) با استفاده از شبیه‌ساز باران صحرایی، بین میزان رس خاک‌ها و فرسایش پذیری رابطه منفی و با میزان سیلت رابطه مثبت مشاهده کردند. جردن و مارتینز زاوالا (۹) به برآورد میزان رواناب و رسوب در جاده‌های خاکی جنگلی در جنوب غربی اسپانیا پرداختند، و نشان دادند که بارش شبیه سازی، روش مفیدی برای پی بردن به تفاوت تولید رواناب و رسوب در جاده‌های خاکی جنگلی است. اسچیندلر ویلدهابر و همکاران (۲۶) به ارزیابی و کاربرد شبیه‌ساز باران قابل حمل پرداختند و نتیجه گرفتند انرژی جنبشی و اندازه قطرات در باران طبیعی و مصنوعی بسیار متفاوت هستند و خاک‌های رسی با ساختمان پایدار و خاک‌های سیلتی با ساختمان دانه‌ای به‌طور معنی‌داری رواناب و رسوب متفاوتی ایجاد می‌کنند. مرادی و سعیدیان (۱۴) به

بررسی فرسایش پذیری سازندهای گچساران و آغاجاری در کاربری‌های مختلف با شبیه‌ساز باران کامفورست در ارتفاع ۴۰ سانتی متری پرداختند نتایج نشان داد که بیشترین رسوب مربوط به کاربری زراعی و بیشترین رواناب مربوط به کاربری مسکونی می باشد. دانگ و همکاران (۵) به بررسی فرسایش خاک و رواناب در نهشته‌های بزرگراه‌ها با استفاده از شبیه ساز باران پرداختند و نتیجه گرفتند که جرم حجمی خاک اثر مثبت روی رواناب دارد. و اثر شیب روی رواناب با شدت بارش تغییر می‌کند. کرونا و همکاران (۴) به بررسی تخمین رواناب سطحی با استفاده از شبیه ساز باران پرداختند و نتیجه گرفتند که شبیه ساز باران‌ها می توانند بارش‌های واقعی را در شدت‌های بالا و پایین ایجاد کنند. باران ساز ابزاری است که به‌منظور به کارگیری در یک شکل مشابه رگبارهای طبیعی طراحی شده‌اند. این ابزارها برای تجارب مربوط به اشکال متعدد فرسایش خاک و هیدرولوژی مفید هستند. به هر حال، مشخصات رگبار باید به طور مناسب بازسازی و داده‌های مربوط به رواناب و فرسایش به دقت تحلیل گردد. نتایج حاصله با تفسیر صحیح اطلاعات قابل اعتماد برای شرایطی به دست می‌آید که رگبارهای بازسازی شده در آن به کار می‌روند. هدف از باران مصنوعی رسانیدن بارش به سطح خاک در حالت کنترل شده با شبیه سازی واقع گرایانه شدت بارش و پراکندگی اندازه قطره است. شبیه‌ساز باران به‌طور گسترده ای در چند دهه گذشته هم به‌طور میدانی و هم آزمایشگاهی به کار رفته است. عوامل مختلفی بر شیوه تولید باران تأثیر می‌گذارند، شامل هدف آزمایش، محیط سطح خاکی که مورد بررسی است، اندازه قطره توزیع باران شبیه سازی شده و نیاز تولید همانند آخرین سرعت های واقعی و نیاز به همانندسازی دقیق ویژگی‌های باران در حین آزمایش ها. از فرسایش پذیرترین سازندهای گروه فارس، سازندهای گچساران و آغاجاری است. سازند گچساران دارای حساسیت بالایی نسبت به فرسایش و رسوب می‌باشد (۸). سازند گچساران از نظر سنگ شناسی مشتمل بر حدود ۱۶۰۰ متر نمک، انیدریت، مارن‌های رنگارنگ، آهک و مقداری شیل می‌باشد. سن سازند گچساران میوسن پایینی می‌باشد. سازند آغاجاری به‌طور هم شیب روی سازند میشان قرار دارد. در صورتی‌که کنگلومرای بختیاری به طور دگرشیب سازند آغاجاری را می‌پوشاند. این سازند حد فاصل پلیوسن و میوسن را تشکیل می‌دهد. سازند آغاجاری شامل ماسه سنگ آهکی قهوه‌ای، خاکستری ومارن قرمز ژیپس‌دار و سیلت سنگ است و در مقطع اصلی آن، در مسیر جاده امیدیه به میدان نفتی آغاجاری، ضخامت آن ۲۹۶۵ متر اندازه گیری شده است. وجود مارن‌های ژیپس‌دار، این سازند را حساس به انواع فرسایش به خصوص فرسایش‌های سطحی، شیاری، هزار دره و حرکت‌های توده‌ای کرده است. به دلیل این‌که در روی مارن، ماسه سنگ و سیلت قرار گرفته، در مناطقی که این سنگ‌ها از بین رفته باشند مارن‌ها در سطح قرارگرفته و شرایط اقلیمی، به‌ویژه بارش موجب ایجاد فرسایش آبی در این سازند می‌شود (۱). بنابراین ضرورت پیدا می‌کند که فرسایش‌پذیری این دو سازند به علت بالا بودن با روش‌های مختلف اندازه گیری شوند و با هم نیز مقایسه شوند. هدف انجام تحقیق حاضر بررسی نقش تغییر ارتفاع شبیه‌ساز باران و همچنین تغییر در سرعت حد باران و انرژی جنبشی آن در تغییر مولفه های مختلف فرسایش مانند رواناب و رسوب و نفوذ در سازندهای آغاجاری و گچساران می باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش در بخشی از آبخیز مرغا و کوه گچ شهرستان ایذه در استان خوزستان اجرا شد که به‌ترتیب ۱۶۰۹ و ۱۲۰۲ هکتار مساحت دارد.

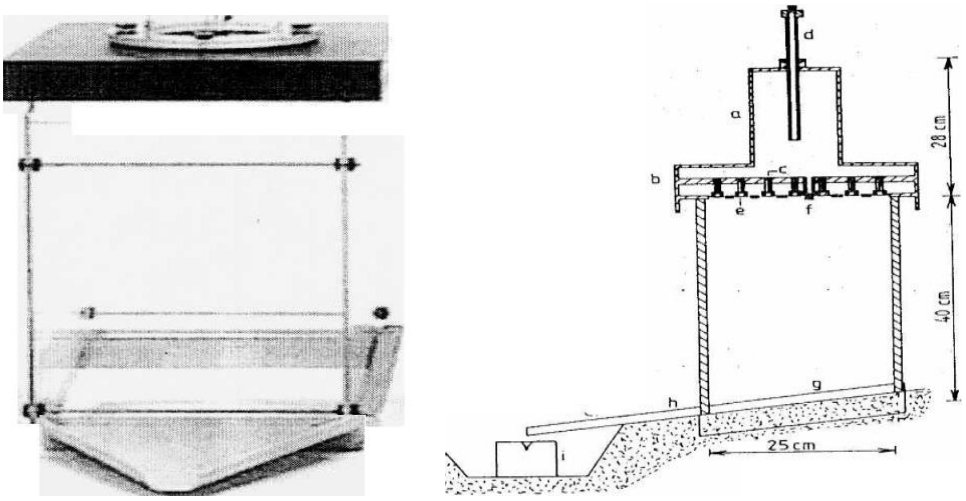


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد نظر روی نقشه استان خوزستان و ایران
Figure 1. The position of study area in khouzestan province and Iran

به‌منظور بررسی فرسایش‌پذیری نهشته‌های سازندهای گچساران و آغاجاری در منطقه مورد مطالعه از یک دستگاه باران‌ساز صحرایی (مدل تهیه شده در دانشگاه کشاورزی واگنینگن هلند) ساخته شده توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور استفاده شد. باران ساز مورد استفاده برای اندازه پلات ۰/۰۶۲۵ متر مربع طراحی شده و به راحتی قابل حمل است. این باران‌ساز برای تعیین خصوصیات فرسایشی خاک، میزان نفوذ آب و همچنین برای تحقیقات خاک مناسب و استفاده از آن به‌منظور تعیین فرسایش‌پذیری نهشته‌های سطحی در صحرا روشی استاندارد محسوب می‌گردد (۱۰). در این تحقیق، شبیه‌ساز باران کامفورست در شدت‌های بارش ۱ و ۱/۲۵ میلی در دقیقه به‌علت بارندگی غالب منطقه مورد مطالعه و در ارتفاع‌های ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متر قرار داده شد. علت انتخاب ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری شبیه‌ساز باران این بود که دانشگاه کشاورزی واگنینگن هلند این شبیه‌ساز باران را در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بدون داشتن سرعت حد مناسب طراحی کرده بود و از آن استفاده می کرد. در دانشگاه تربیت مدرس این شبیه‌ساز باران اصلاح شده و برای داشتن سرعت حد مناسب در ارتفاع ۲۰۰ سانتی متری قرار داده شد علت انتخاب این ارتفاع این بود که هم سرعت حد قابل قبول برای بارش وجود داشته باشد و هم اینکه محقق بتواند شبیه‌سازی باران را در صحرا بدون خطا نصب کند اگر ارتفاع بیش از این انتخاب می شد به علت افزایش ارتفاع پایه‌های شبیه‌ساز باران، لرزش پایه‌ها در شبیه‌ساز باران افزایش و حتی تنظیم آن برای محقق سخت و غیر قابل انجام می‌شد. بنابراین بهترین ارتفاع شبیه‌ساز باران که همان ۲۰۰ سانتی‌متری می‌باشد برای این کار انتخاب شد و تنظیم آن هم طبق پیش بینی‌ها، راحت و با کمترین خطا همراه بود. پس از آماده‌کردن محل آزمایش و نصب و تنظیم شبیه‌ساز باران، شیر مخزن باز کرده و با دیدن ریزش باران از صفحه‌ی ریزش شبیه ساز باران، زمان‌سنج روشن می‌شد. در فاصله‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای، سپس، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و رسوب و رواناب اندازه‌گرفته می شد (۱۴). بر پایه‌ی حجم بارش و رواناب جمع‌آوری‌شده اندازه‌ی نفوذ به‌دست آورده شد و نتیجه‌ی اندازه‌ی رواناب و در نتیجه اندازه‌ی نفوذ در فاصله‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای برای هر آزمایش به‌دست آمد پس از نمونه‌بردای، نمونه‌های رواناب و رسوب جمع‌آوری و در ظرف شماره‌گذاری شده به صورت مجزا نگه‌داری و به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از اندازه‌گیری مقدار کل نمونه‌ها و پس از ته نشینی رسوبات، آب روی رسوبات تخلیه و رسوبات باقی‌مانده در دستگاه آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری و پس از خشک شدن توزین شده و مقدار رواناب و رسوب برای هر آزمایش تعیین شد (۱۵،۲۲،۲۸). و بدین ترتیب مولفه‌های مختلف فرسایش مانند میزان رسوب، رواناب و نفوذپذیری به دست آمدند (۱۹). در این تحقیق، نمونه‌ها به صورت تصادفی در کاربری مرتع سازندهای آغاجاری و گچساران مشخص و برداشت شدند. کلیه اطلاعات مربوط به مطالعات مختلف حوزه آبخیز شامل اقلیم و زمین‌شناسی، جامعه آماری این تحقیق را تشکیل دادند (۲۳). با توجه به هزینه و زمان، در سازند گچساران در کاربری مرتع، ۳ سطح (۳ مکان جداگانه) و هر سطح سه تکرار در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری شبیه‌ساز باران و همچنین ۳ سطح (۳ مکان جداگانه) و هر سطح سه تکرار در ارتفاع ۲۰۰ سانتی‌متری شبیه‌ساز باران انتخاب شد و در سازند آغاجاری نیز در کاربری مرتع، ۳ سطح (۳ مکان جداگانه) و هر سطح سه تکرار در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری شبیه‌ساز باران و همچنین ۳ سطح (۳ مکان جداگانه) و هر سطح سه تکرار در ارتفاع ۲۰۰ سانتی‌متری شبیه‌ساز باران برای به‌کارگیری شبیه ساز باران مشخص شد. در مجموع در دو سازند ۱۲ نقطه و با سه بار تکرار برای تولید رسوب به دست آمد و به همین تعداد نمونه رواناب و میزان نفوذپذیری برداشته شد یعنی در مجموع ۱۲ نمونه با سه بار تکرار برای رسوب و ۱۲ نمونه با سه بار تکرار برای رواناب و ۱۲ نمونه با سه بار تکرار برای میزان نفوذپذیری در هر دو سازند به دست آمد. به منظور انجام کلیّه تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ و EXCEL 2010 استفاده گردید. برای مقایسه رواناب و رسوب و میزان نفوذپذیری در ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متر شبیه ساز باران در سازند گچساران، پس از تست عادی سازی، از آزمون t جفتی به علت همگن بودن سازند استفاده شد. سپس همین آزمون آماری نیز در مورد سازند آغاجاری استفاده شد و سطح معنی داری به هر کدام از سازندها در دو ارتفاع شبیه‌ساز باران به دست آمد و با هم مقایسه شدند و همچنین برای مقایسه رواناب و رسوب و میزان نفوذ پذیری در ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری شبیه‌ساز باران در دو سازند آغاجاری و گچساران به علت ناهمگن بودن سازندها از آزمون t غیرجفتی استفاده شد و سطح معنی‌داری برای دو سازند نیز به دست آمد و با هم مقایسه شدند.

جدول ۱- مشخصات شبیه‌ساز باران کامفورست مورد استفاده در ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متر
Table 1. Kamphorst rain simulator used in height 40 and 200

مشخصات شبیه‌ساز باران	مشخصات شبیه ساز باران در ارتفاع ۲۰۰ سانتی متر	مشخصات شبیه ساز باران در ارتفاع ۴۰ سانتی متر
مدت زمان بارش	۱۰ دقیقه	۱۰ دقیقه
شدت بارش	۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه	۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه
حجم آب مصرفی	۲/۹ لیتر	۲/۹ لیتر
قطر قطرات	۵/۹ میلی‌متر	۵/۹ میلی‌متر
جرم قطرات	۰/۱۰۶ گرم	۰/۱۰۶ گرم
تعداد لوله‌های موئینه	۴۹ عدد	۴۹ عدد
انرژی جنبشی	۲۸/۱۹ ژول بر متر مربع در میلی‌متر	۱۷ژول بر متر مربع در میلی‌متر
سرعت حد	۹/۲ متر در ثانیه	نزدیک صفر
مساحت پلات	۰/۰۶۲۵ متر مربع	۰/۰۶۲۵ متر مربع
شیب پلات	تقریبا صفر	تقریبا صفر



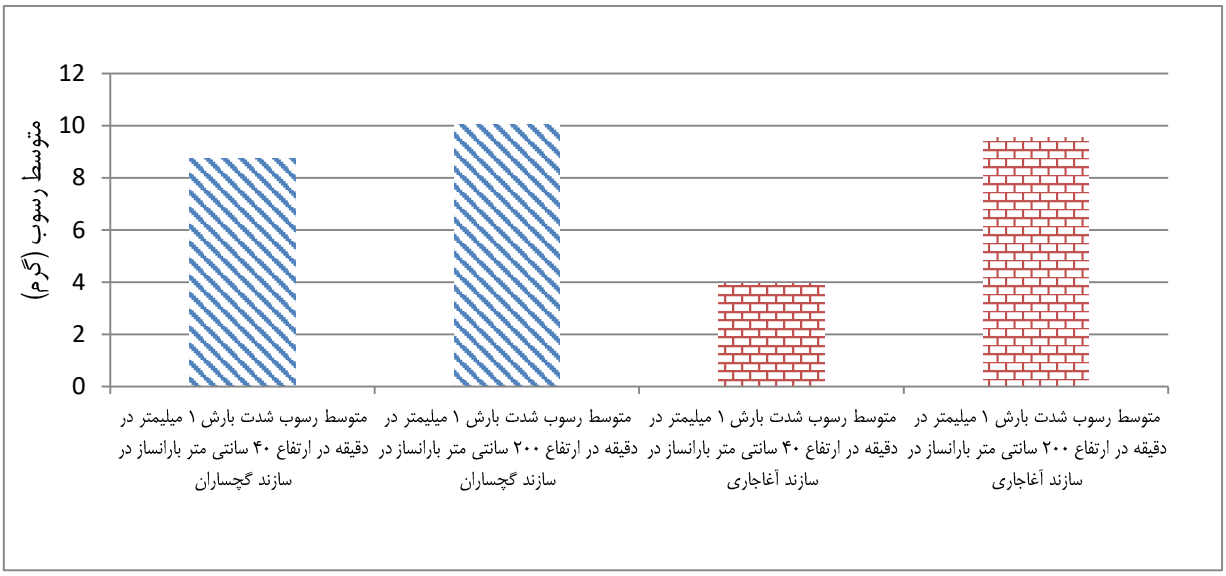
شکل ۲- نمایی کلی از شبیه‌ساز کامفورست در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری
Figure 2. Total view of the kamphorst rain simulator in height 40 cm

(ب) (الف)

شکل ۳- نمایی کلی از شبیه‌ساز کامفورست اصلاح شده در ارتفاع ۲۰۰ سانتی‌متری
Figure 2. Total view of the kamphorst rain simulator modified in height 200 cm

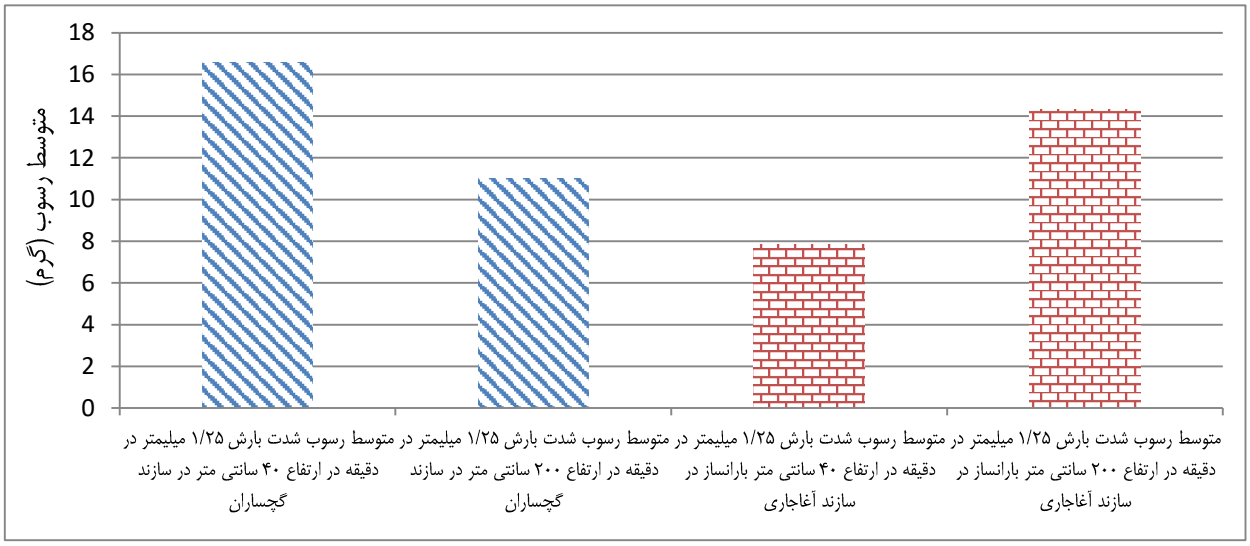
نتایج و بحث

نتایج مولفه‌های مختلف فرسایش به صورت اشکال مختلف در ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متر شبیه ساز باران و در شدت‌های مختلف بارش در کاربری مرتع سازندهای گچساران و آغاجاری در شکل‌های ۴ تا ۹ نشان داده شده است.



شکل ۴- مقایسه متوسط رسوب تولیدی در ارتفاع‌های مختلف شبیه‌ساز باران و در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع سازندهای گچساران و آغاجاری

Figure 4. Comparison of productivity sediment average in the various heights of rain simulator and intensity of 1 mm/min in the rangeland land use of Gachsaran and Aghajari structures

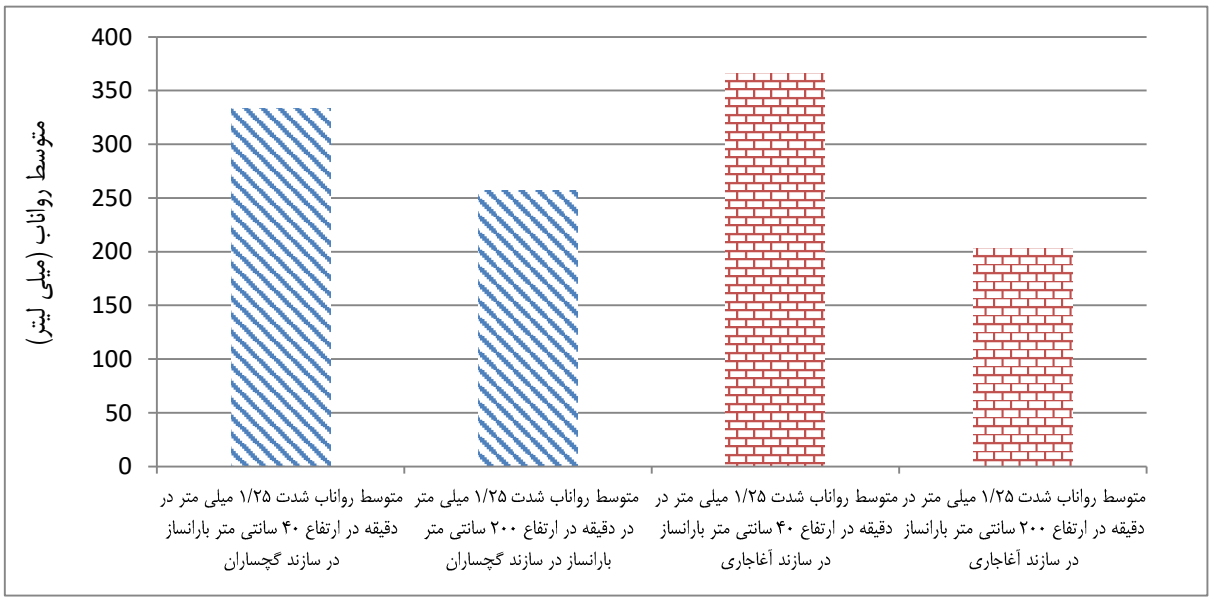


شکل ۵- مقایسه متوسط رسوب تولیدی در ارتفاع‌های مختلف شبیه‌ساز باران و در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع سازندهای گچساران و آغاجاری

Figure 5. Comparison of productivity sediment average in the various heights of rain simulator and intensity of 1.25 mm/min in the rangeland land use of Gachsaran and Aghajari structures

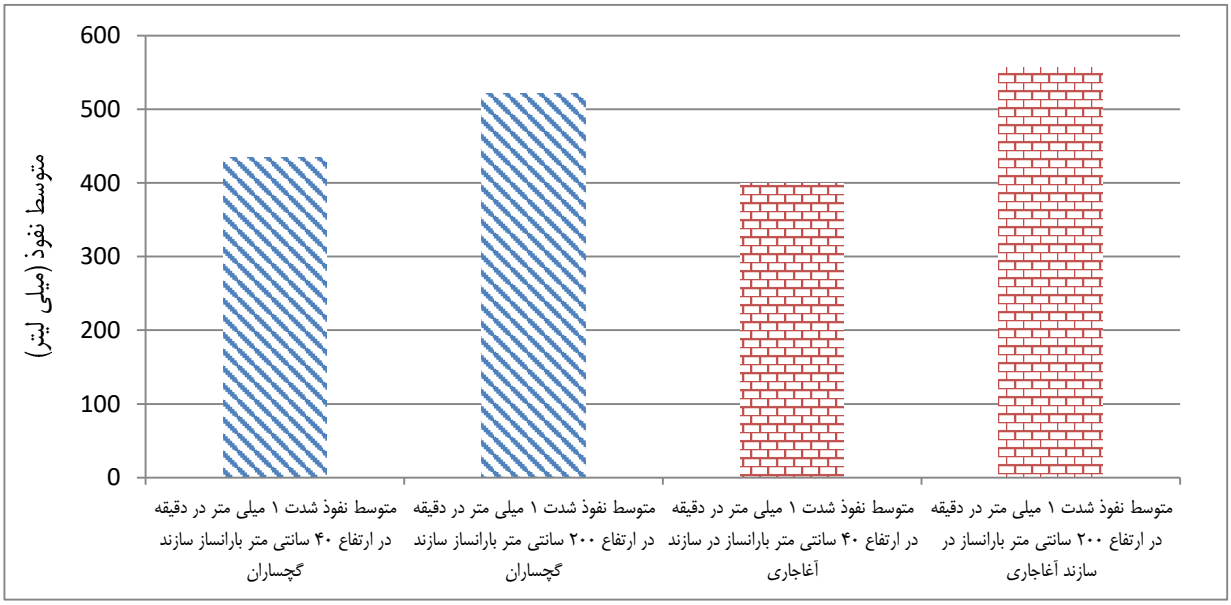
شکل ۶- مقایسه متوسط رواناب تولیدی در ارتفاع‌های مختلف شبیه‌ساز باران و در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در در کاربری مرتع سازندهای گچساران و آغاجاری

Figure 6. Comparison of productivity runoff average in the various heights of rain simulator and intensity of 1 mm/min in the rangeland land use of Gachsaran and Aghajari structures



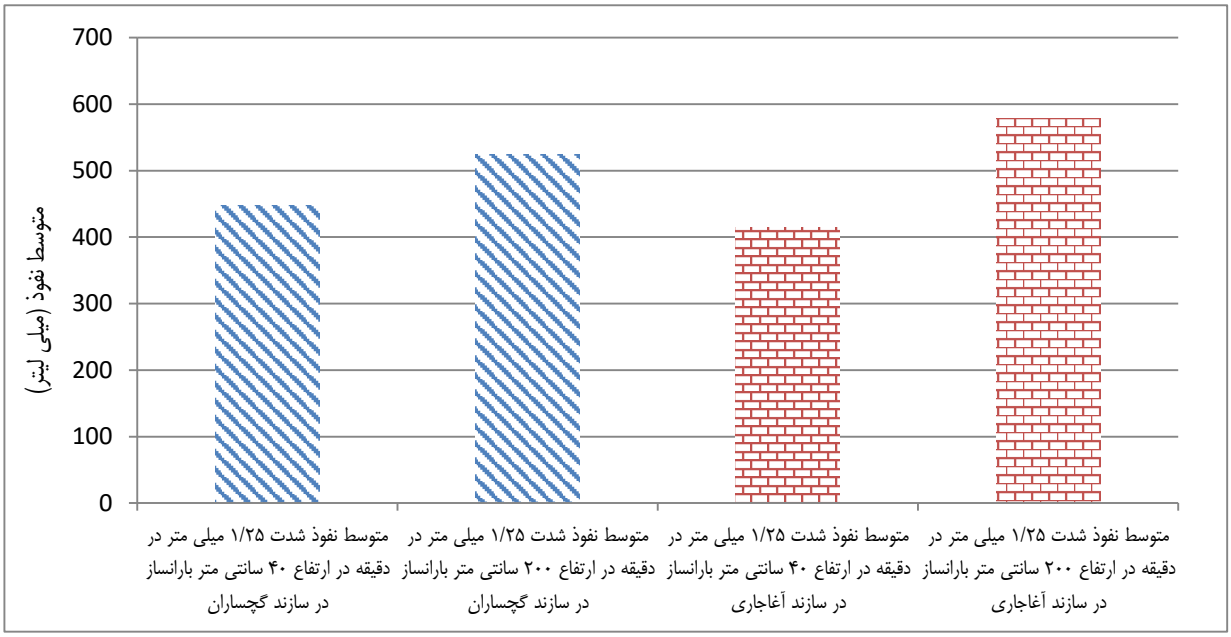
شکل ۷- مقایسه متوسط رواناب تولیدی در ارتفاع‌های مختلف شبیه‌ساز باران و در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع سازندهای گچساران و آغاجاری

Figure 7. Comparison of productivity runoff average in the various heights of rain simulator and intensity of 1.25 mm/min in the rangeland land use of Gachsaran and Aghajari structures



شکل ۸- مقایسه متوسط میزان نفوذپذیری در ارتفاع‌های مختلف شبیه‌ساز باران و در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع سازندهای گچساران و آغاجاری

Figure 8. Comparison of infiltration amount average in the various heights of rain simulator and intensity of 1 mm/min in the rangeland land use of Gachsaran and Aghajari structures



شکل ۹- مقایسه متوسط میزان نفوذپذیری در ارتفاع‌های مختلف شبیه‌ساز باران و در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع سازندهای گچساران و آغاجاری

Figure 9. Comparison of infiltration amount average in the various heights of rain simulator and intensity of 1.25 mm/min in the rangeland land use of Gachsaran and Aghajari structures

سطح معنی‌داری مولفه‌های مختلف فرسایش به‌صورت جداول مختلف و در ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متر شبیه‌ساز باران و در شدت‌های مختلف بارش در کاربری مرتع سازندهای گچس ران و آغاجاری در جداول ۲ تا ۴ نشان داده شده است.

جدول ۲- مقایسه سطح معنی‌داری میزان نفوذپذیری در ارتفاع‌های مختلف شبیه ساز باران و در شدت‌های مختلف بارش کاربری مرتع سازندهای گچساران و آغاجاری

Table 2. Comparison of infiltration amount in the various heights of rain simulator and rainfall various intensities of rangeland land use in Gachsaran and Aghajari structures

ارتفاع شبیه‌ساز باران	سازند	شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه
ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری	گچساران	۰/۰۰۷*	۰/۰۴۳*
ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری	آغاجاری	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*
ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری	گچساران – آغاجاری	۰/۰۲۳*	۰/۱۶۰
ارتفاع ۲۰۰ سانتی‌متری	گچساران – آغاجاری	۰/۰۸۰	۰/۰۱۳*

*: در سطح ۵ درصد معنی‌دار است

جدول ۳- مقایسه سطح معنی‌داری تولید رواناب در ارتفاع‌های مختلف شبیه‌ساز باران و در شدت‌های مختلف بارش کاربری مرتع سازندهای گچساران و آغاجاری

Table 3. Comparison of runoff production in the various heights of rain simulator and rainfall various intensities of rangeland land use in Gachsaran and Aghajari structures

ارتفاع شبیه‌ساز باران	سازند	شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه
ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری	گچساران	۰/۰۰۲*	۰/۰۴۷
ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری	آغاجاری	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*
ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری	گچساران – آغاجاری	۰/۰۲۳*	۰/۱۶۰
ارتفاع ۲۰۰ سانتی‌متری	گچساران – آغاجاری	۰/۰۸۰	۰/۰۱۳*

*: در سطح ۵ درصد معنی‌دار است

جدول ۴- مقایسه سطح معنی‌داری تولید رسوب در ارتفاع‌های مختلف شبیه‌ساز باران و در شدت‌های مختلف بارش کاربری مرتع سازندهای گچساران و آغاجاری

Table 4. Comparison of sediment production in the various heights of rain simulator and rainfall various intensities of rangeland land use in Gachsaran and Aghajari structures

ارتفاع شبیه‌ساز باران	سازند	شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه
ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری	گچساران	۰/۴۵۴	۰/۱۲۶
ارتفاع ۴۰ و ۲۰۰ سانتی‌متری	آغاجاری	۰/۰۱۳	۰/۰۳۷
ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری	گچساران – آغاجاری	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۶*
ارتفاع ۲۰۰ سانتی‌متری	گچساران – آغاجاری	۰/۷۵۶	۰/۱۷۷

*: در سطح ۵ درصد معنی دار است

یکی از نکات مهمی که در استفاده از شبیه‌سازهای باران باید مورد توجه قرار بگیرد فرا مقیاس‌سازی (Upscaling) می‌باشد. فرا مقیاس‌سازی (Upscaling) ویژگی‌های هیدرولیکی خاک فرآیندی است که طی آن ویژگی‌های هیدرولیکی از مقیاس اندازه‌گیری شده یا نقطه‌ای به مقیاسی بزرگتر که نشان‌دهنده مقادیر مؤثر پارامترهای هیدرولیکی است، تبدیل می‌شود که می‌توان از چنین مقادیر مؤثری در مدل‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیک و بزرگ‌مقیاس استفاده کرد. در حالی که توصیف دقیقی از فرآیندهای در مقیاس کوچک، بازنمایی دقیقی از واقعیت را فراهم می‌کند (۱۱). یکی از مراحل روش‌های فرا مقیاس‌سازی (Upscaling) انتخاب فرآیندهای تشکیل خاک و سیستم‌های خاک و ایجاد مناطق گسترده خاک است (۷). در سازندهای آغاجاری و گچساران چون از تشکیلات همسان زمین‌شناسی ایجاد شده‌اند و هر کدام دارای فرآیندهای تشکیل خاک و سیستم‌های خاک در ابعاد گسترده یکسان هستند بنابراین با استفاده از شبیه‌سازهای باران کوچک مقیاس مورد استفاده در این پژوهش که تقریباً دارای محیط همگنی هستند و با توجه به اینکه فرسایش خاک یک فرایند وابسته به مقیاس است. لازم است اندازه‌گیری‌های فرسایش خاک در مقیاس بالا و پایین مقیاس انجام شود (۲). به راحتی می‌توان نتایج حاصل شبیه‌سازی باران را به کل سازندهای آغاجاری و گچساران تعمیم داد. در سازندهای گچساران و آغاجاری با تغییر ارتفاع بارنساز از ۴۰ سانتی متر به ۲۰۰ سانتی‌متر متوسط میزان نفوذپذیری در شدت‌های ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه تغییرات معنی‌داری از خود نشان داد. نتیجه نشان داد که میزان نفوذپذیری با تغییر در ارتفاع شبیه‌ساز باران تغییرات فوق‌العاده زیادی از خود نشان می‌دهد (شکل ۸ و ۹). مقایسه میزان نفوذپذیری سازندهای آغاجاری و گچساران در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری شبیه‌ساز باران نشان از تغییرات معنی‌داری در شدت‌های ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه ندارد ولی با افزایش ارتفاع شبیه‌ساز باران به ۲۰۰ سانتی‌متر در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه تغییرات معنی‌دار از خود نشان داد (جدول ۲). در حالی که در سازند گچساران با تغییر ارتفاع شبیه‌ساز باران از ۴۰ سانتی‌متر به ۲۰۰ سانتی‌متر متوسط رواناب تولیدی در شدت‌های ۱ میلی متر در دقیقه تغییرات معنی‌داری از خود نشان داد و با افزایش شدت بارش به ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه رواناب تغییرات معنی‌داری از خود نشان نداد. در سازند آغاجاری با تغییر ارتفاع بارن‌ساز از ۴۰ سانتی‌متر به ۲۰۰ سانتی‌متر متوسط رواناب تولیدی در شدت‌های ۱ و ۱/۲۵

میلی‌متر در دقیقه تغییرات معنی‌داری از خود نشان داد نتایج نشان می دهد که در هر دو سازند رواناب تولیدی نسبت به تغییر ارتفاع شبیه‌ساز باران حساس می‌باشد (شکل ۶ و ۷). مقایسه تولید رواناب سازندهای آغاجاری و گچساران در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری شبیه‌ساز باران نشان از تغییرات معنی‌داری در شدت‌های ۱ میلی‌متر در دقیقه دارد که با نتایج کامفورست (۱۰) مطابقت دارد و با افزایش ارتفاع شبیه‌ساز باران به ۲۰۰ سانتی‌متر در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه نیز تغییرات معنی‌دار از خود نشان داد (جدول ۳). در سازندهای گچساران و آغاجاری با تغییر ارتفاع باران‌ساز از ۴۰ سانتی‌متر به ۲۰۰ سانتی‌متر متوسط رسوب تولیدی در شدت‌های ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه تغییرات معنی‌داری از خود نشان نداد. نتیجه نشان داد که رسوب تولیدی با تغییر در ارتفاع شبیه‌ساز باران فقط تغییرات اندکی از خود نشان می‌دهد که قابل ملاحظه نیست (جدول ۴). در سازندهایی مانند آغاجاری و گچساران که رواناب زیادی تولید می‌کنند، ایجاد لایه رواناب بر روی سطح خاک مانع برخورد مستقیم قطرات باران با سطح خاک شده و سبب کاهش سرعت جدا شدن ذرات خاک در اثر نیروی قطرات باران و در نتیجه باعث کاهش رسوب و مواد قابل حمل به وسیله رواناب می‌شود که با نتایج پژوهش چن و همکاران (۳)، مور و سینگر (۱۳) و پوسن و لاوی (۱۸) نیز مطابقت دارد (شکل ۴ و ۵). نتایج نشان دادند که تولید رسوب در هر دو سازند نسبت به ارتفاع شبیه‌ساز باران تغییرات معنی‌داری نداشت، در حالی که میزان رواناب و نفوذ حساسیت بیشتری نسبت به ارتفاع شبیه‌ساز باران داشتند و میزان نفوذپذیری بیشترین حساسیت را نسبت به تغییر ارتفاع شبیه ساز باران در هر دو سازند از خود نشان داد. علت اینکه میزان رسوب حساسیت زیادی نسبت به ارتفاع شبیه‌ساز باران در هر دو سازند از خود نشان نداد این است که رسوب تولیدی بیشتر تحت تاثیر خصوصیات فیزیکی خاک است بنابراین خصوصیات فیزیکی خاک نیز بیشتر تحت تاثیر شدت بارندگی قرار می گیرد. در حالی که میزان رواناب بیشتر تحت تاثیر خصوصیات شیمیایی خاک می‌باشد (۱۴) که با تغییر در ارتفاع شبیه ساز باران و نزدیک شدن به سرعت حد قطرات باران عملا تغییر در خصوصیات شیمیایی خاک تاثیر قابل ملاحظه‌ای در تغییر رواناب و در نهایت میزان نفوذپذیری خاک ایفاء می‌کنند. مقایسه تولید رسوب سازندهای آغاجاری و گچساران در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری شبیه‌ساز باران نشان از تغییرات معنی‌داری در شدت‌های ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه دارد که با نتایج تحقیق مرادی و سعیدیان (۱۴) مطابقت دارد، ولی در ارتفاع ۲۰۰ سانتی‌متری شبیه‌ساز باران، تولید رسوب در هر دو شدت یاد شده تغییرات معنی‌داری از خود نشان نداد. با افزایش ارتفاع شبیه‌ساز باران، ضربه قطره باران به چند طریق بر سطح خاک تأثیر می‌گذارد. ممکن است با فشرده کردن سطح، افزایش چگالی خاک و شکستن دوام خاک، روی زمین را بپوشاند. همچنین می‌تواند انبوه خاک غیر ثابت را بر هم بریزد، شکاف‌های کوچکی ایجاد کند که می‌تواند منافذ و درزها را بشوید و به‌طور موثری سطح زمین را ببندد. در نتیجه درزگیری نازک (اغلب کمتر از یک میلی‌متر ضخامت) می‌تواند اغلب سطح خاک را به‌طور کل غیر قابل نفوذ کند که می‌تواند در تغییر میزان نفوذپذیری خاک در سازندهای آغاجای و گچساران نقش قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. در مجموع نتایج نشان داد که با افزایش شبیه‌ساز باران به ۲۰۰ سانتی‌متر به علت اینکه تا حدودی سرعت قطرات باران به سرعت حد نزدیک می‌شود داده‌های بدست آمده مانند رسوب و رواناب و میزان نفوذپذیری قابلیت اطمینان بیشتری دارند و می‌توانند به شرایط طبیعی نزدیک‌تر باشند. اما بدون توجه به ارتفاعی که قطره باران از آن سقوط می‌کند چون به سرعت حد نمی‌رسد بنابراین با سرعت‌های مختلف به سطح زمین برخورد می‌کند که می‌تواند میزان خطا در داده‌های به دست آمده را بیشتر کند. اما با افزایش ارتفاع شبیه‌ساز باران و با رسیدن قطره به سرعت حد، داده‌های رواناب و رسوب و نفوذ تا حدودی به شرایط واقعی نزدیکتر می‌شوند دلیل این امر شکل بخصوصی است که قطرات باران به خود می‌گیرند. این شکل بخصوص، اثر اصطکاک اتمسفر را افزایش می‌دهد و هنگامی که قطره باران به یک سرعت مشخص حدی می‌رسد از شتاب گرفتن آن جلوگیری می‌کند (جدول ۱). انرژی جنبشی شبیه‌ساز باران کامفورست بدون سرعت حد مناسب حدود ۱۷ژول بر متر مربع در میلی‌متر می باشد که با اصلاح شبیه ساز باران و تغییر ارتفاع آن به ۲۰۰ سانتی‌متر مربع به حدود ۲۸/۱۹ ژول بر متر مربع در میلی‌متر می‌رسد که این به نوبه خود باعث تغییر در مولفه‌های فرسایش در دو سازند گچساران و آغاجاری شده است که با تحقیقات نیکولا (۱۶) و ویشمایر و اسمیت (۳۰) و یانگ و همکاران (۳۱) که موید آن است که انرژی جنبشی باران در کنار شدت بارندگی در پایه زمانی مشخص، مفهومی بهتر از فرسایندگی باران را ارائه می دهد مطابقت دارد. بنابراین یکی از مهم‌ترین نیروهای مؤثر در تغییر مولفه‌های مختلف فرسایش خاک در سازندهای آغاجاری و گچساران، انرژی جنبشی ناشی از ضربات قطرات باران برخوردکننده به سطح خاک است که با تغییر ارتفاع شبیه ساز باران از ۴۰ سانتی‌متر به ۲۰۰ سانتی‌متر افزایش قابل توجهی از حدود ۱۷ ژول بر متر مربع در میلی‌متر تا ۲۸/۱۹ ژول بر مترمربع در میلی‌متر پیدا کرد. تأثیر قطرات باران، به‌طور مستقیم با پخش کردن ذرات به پایین دامنه و با واردکردن ذرات به جریانات سطحی که خارج از محوطه‌ای بود که نتوانست مواد را بردارد در فرسایش خاک شرکت می‌کنند. همچنین تأثیر قطرات باران می‌تواند به‌طور غیرمستقیم با بر هم ریختن توده خاک، افزایش فرسایش‌پذیری، با ضربه زدن به سطح پوسته و درزگیری آن که نفوذپذیری را کاهش و تخلیه رواناب در طی بارندگی را افزایش می‌دهد، در فرسایش خاک شرکت می‌کند که در این تحقیق به خوبی نشان داده شد. اگرچه داده‌های محققان درباره اندازه قطره باران و شدت‌های بارندگی هنوز دارای کمبودها هستند، بسیار روشن است که تفاوت‌های سیستماتیک کلانی در بین انواع مختلف بارندگی و در بخش‌های گوناگون جهان است که در انرژِی جنبشی حاصله از گنجایش تأثیر فرسایش‌زایی قطره باران، بازتاب یافته است. در مجموع نتیجه‌گیری می‌شود که که با افزایش شبیه‌ساز باران به ۲۰۰ سانتی‌متر به علت اینکه تا

حدودی سرعت قطرات باران به سرعت حد نزدیک می‌شود داده‌های بدست آمده مانند رسوب و رواناب و میزان نفوذپذیری خاک قابلیت اطمینان بیشتری دارند و می‌توانند به شرایط طبیعی نزدیک‌تر باشند و نتایج دقیق‌تری در تخمیق رواناب و رسوب و میزان نفوذپذیری خاک بوجود آید که می‌تواند در طراحی انواع سازه‌های آبخیزداری مفیدتر باشد و پیشنهاد می‌شود که شبیه‌ساز باران با بازوهای هیدرولیکی قوی ساخته شود که محقق بتواند ارتفاع شبیه‌ساز باران را به بیش از ۲۰۰ سانتی‌متر برساند که نتایج بسیار دقیق‌تری و نزدیک به شرایط طبیعی باران به دست آید.

منابع

1. Ahmadi, H. 1999. Applied Geomorphology, Volume 1 (Water Erosion), Second Edition, Tehran, University Press, 77 pp (In Persian).
2. Bagarello, V., V. Ferro, S. Keesstra, J.R. Comino, M. Pulido and A. Cerda. 2018. Testing simple scaling in soil erosion processes at plot scale, Catena, August 2018,167: 171-180 p.
3. Chen, Y., J. Tarchitzky, J. Brouwer, J. Morin and A. Banin. 1980, Scanning electron microscope observation on soil crusts and their formation, Soil Science, 130: 49-55.
4. Corona, R., T. Wilson, L. Adderio, F. Porcu, N. Montaldo and J. Albertson. 2013. The estimation of surface runoff through a new plot scale rainfall simulator in sardinia, Italy, Procedia Environmental Sciences 19: 875-884.
5. Dong, J., K. Zhang and Guo. 2012. Runoff and soil erosion from highway construction spoil deposits: A Rainfall Simulation Study, Journal of Transportation Research Part D, 17: 8-14.
6. Duiker, S.W., D. Flanagan and C.R. Lal. 2001. Erodibility and infiltration characteristics of fire major soils of southwest Spain, Catena, 45: 103-121.
7. Edoardo, A.C., C. Giovanni and L. Abate. 2016. Beyond the concept of dominant soil: Preserving pedodiversity in upscaling soil maps, Geoderma, 1 June 2016, 271: 243-253 pp.
8. Fathizadeh, H., H. Karimi and M. Tavakoli. 2016. The Role of Sensitivity to Erosion of Geological Formations in Erosion and Sediment Yield (Case Study: Sub-Basins of Doiraj river in ilam province), Journal of Watershed Management, Volume 7, No. 13, Spring and Summer (In Persian).
9. Jordan, A. and L. Martinez-Zavala. 2008. Soil loss and runoff Rates on unpaved forest roads in southern spain after simulated rainfall, Journal of Forest Ecology and Management 255: 913-919.
10. Kamphorst, A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility, Journal of Agricultural Science Netherlands 35: 407-415.
11. Li, l., J.E.A. Storm and D.J.R. Walstra. 2018. On the upscaling of process-based models in deltaic applications, Geomorphology, 1 March 2018, 304: 201-213 pp.
12. Meyer, L.D. and W.C. Harmon. 1994. Susceptibility of agricultural soil to interrill erosion, Journal Soil Science Society of America, 48: 1152-1157.
13. Moore, C.P. and J. Singer. 1990. Crusts formation effects on soil erosion processes, Soil Science Society of American Journal, 54: 1117-1123.
14. Morady, H.R. and H. Saidian. 2010. Comparing the most important factors in the erosion and sediment production in different land uses, Journal of Environmental Science and Engineering, 4(11): 1-11.
15. Mostafazadeh, R., S.H.R. Sadeghi and A. Saadodin. 2014. Analysis of sediment graph and sediment measurement rings in golas oshnaviyeh watershed, West Azerbaijan, Soil and Water Conservation Researches, 21(5): 175-191 (In Persian).
16. Nicolau, J.M. 2002. Runoff generation and routing on artificial slopes in a Mediterranean continental environment: The Teruel Coal field, Spain. Hydrological Processes. 16: 631-647.
17. Perez-Latorre, F., L. Castro and A. Delgado. 2010. A comparison of two variable intensity rainfall simulators for runoff studies, Soil and Tillage Research, 107: 11-16.
18. Poesen, J.W.A. and H. Lavee. 1991. Effects of size and incorporation of synthetic mulch on runoff and sediment yield from interrills in a laboratory study with simulated rainfall, Soil and Tillage Research, 21: 209-223.
19. Raisian, R. 2005. Investigation of the amount of erosion and sediment in the gregak area using rain simulation, Soil and Watershed Management Institute, Applied Design, 156 pp (In Persian).
20. Richson R.J. 1995. Experiment techniques for erosion studies: rainfall simulation, Institute of Water and Environment, Cranfield University at Silsoe, Bedford Shire, UK, 49 p.
21. Sadeghi, S.H.R. 2010. Study and measurement of water erosion, First Printing, Tarbiat Modares University Publications, 200 p (In Persian).
22. Sadeghi, S.H.R., L. Gholami, A.A. Khaledi Darvishan and A.A. Telvari. 2008. Analysis of sediment graph Data from chehel gazi Basin in gheshlagh Dam, Iran Water Resources Research, 4(3): 47-56 (In Persian).
23. Saeediyan, H., H.R. Moradi, S. Feiznia and N. Bahramifar. 2014. The role of main slope aspects on Some Soil Physical and Chemical Properties (Case Study: Gachsaran and Aghajari Formations of Koohe Gagh and Margha watersheds of izeh township), Journal of Watershed Management, Volume 5, No. 9, Spring and Summer (In Persian).

24. Saghafian, B., B. Ghermez cheshmeh, A.M. Ghaffari, A.R. Telvari and A.H. Charkharbi. 2002. Study and determination of laboratory rain simulator criteria in accordance with the country's climatic conditions, Publications of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 70 pp (In Persian).
25. Sanguesa, C., J. Arumi, R. Pizarro and O. Link. 2010. A rainfall simulator for the in situ study of superficial runoff and soil erosion, Chilean Journal of Agricultural Research, 70(1): 170-177.
26. Schindler Wildhaber, Y., D. Banninger, K. Burri and CH. Alewell. 2011. Evaluation and application of a portable rainfall simulator on Subalpine Grassland, Catena, 56-62.
27. Sheklabadi, M., H. Khademi and A. Charkhabi. 1998. Runoff production in soils with different maternal materials in Golabad watershed, Ardastan. Agricultural Science and Technology, 7(2): 85-101.
28. Walling, D.E., A.L. Collins, H.A. Sichingabula and G.J.L. Leeks. 2001. Integrated assessment of catchment suspended sediment budgets: A Zambian Example. Land Degradation & Development, 12: 387-415.
29. Wilcox, B.P. and M.K. Wood. 1986. A hand portable single nozzle rainfall simulator designed for use on steep slopes, Journal of Range Management, 39(4): 375-377.
30. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. USDA Handbook. 537.
31. Yang, Z., L. Yang and B. Zhang. 2010. Soil erosion and its basic characteristics at karst rocky-desertifi ed land consolidation area: a case study at Muzhe Village of Xichou County in south east Yunnan. Journal of Mountain Science, 7: 55-72.

The Role of Rain Simulator Height and Rainfall Terminal Velocity Changes in Different Components of Runoff and Sediment

Hamzeh Saeediyan[1] and Hamid Reza Moradi[2]

1- Research Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural *Research*, Education and Extension Organization, Kerman, Iran, (Corresponding Author: hamzah.4900@yahoo.com)
2- Associate professor, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
Received: 24 November 2020 Accepted: 27 February 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Rain simulator is a device that can create raindrops on small plots with similar rain characteristics in nature. Gachsaran and Aghajari formations are one of the most erodible formations of Fars group. Gachsaran Formation has salt, anhydrite, colorful marls, lime and some shale. The Aghajari Formation consists of gray and brown limestone sandstone and gypsy red marl and siltstone.

Material and Methods: In this study, in order to compare the role of Kamphorst rain simulator height in changing different erosion components, some parts of Margha and Gach Kuhe watersheds with an area of 1609 and 1202 hectares were selected. Kamphorst rain simulator was located in rangeland use at 40 and 200 cm height and in total, in both structures performed in 12 point and three times replicates and erosion different components such as runoff, sediment and infiltration were obtained at precipitation intensities of 1 and 1.25 mm/min.

Results: The results showed that sediment yield in both structures did not change significantly compared to rain simulator height, while runoff and infiltration were more sensitive to rain simulator height and infiltration was the highest sensitivity to change in rain simulator height in both structures.

Conclusion: In general, the results showed that with increasing the rain simulator to 200 cm, the obtained data such as sediment and runoff and infiltration are more reliable and can be closer to normal conditions due to the somewhat close rain droplet speed. In addition, more accurate results are created in runoff and sediment estimation and soil infiltration, which can be more useful in designing watershed management structures.

Keywords: Gachsaran and Aghajari structures, Infiltration, Rain simulator, Sediment