دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

اثر پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطحی خاک بر متغیرهای رواناب در کرت‌های صحرایی تحت شبیه‌سازی باران

هیرو محمدامینی[۱]، عبدالواحد خالدی‌درویشان[۲] و سیدجلیل علوی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران، (نویسنده مسوول: a.khaledi@modares.ac.ir)
۳- استادیار، گروه مهندسی جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ ارسال: ۹۷/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۱
صفحه: ۲۴۳ تا ۲۵۳

چکیده

سنگ و سنگ‌ریزه سطحی خاک به‌عنوان عاملی مهم در رواناب و فرسایش قلمداد می‌شود. با وجود این، پژوهش‌های محدودی در خصوص بررسی کمّی اثر سنگ و سنگ‌ریزه سطحی خاک بر مؤلفه‌های رواناب به‌عنوان یکی از اجزای جدایی‌ناپذیر فرآیند فرسایش و به‌ویژه در شرایط طبیعی خاک انجام شده است. لذا پژوهش حاضر درصدد بررسی اثر درصد پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطحی بر مؤلفه‌های رواناب در کرت طبیعی و تحت شبیه‌سازی باران در خاک با بافت رسی-لومی و عمق عموماً کم‌تر از یک متر و با شیب طبیعی ۲۰ درصد بوده است. مقادیر مؤلفه‌های رواناب شامل زمان شروع، حجم، ضریب و زمان خاتمه رواناب در کرت‌های صحرایی ۱×۱ متر مربع با ٦ سطح پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطحی (۲±۲، ۲±۱۰، ۲±۱۸، ۲±۲٦، ۲±۳٤ و ۲±٤۲ درصد پوشش سطح خاک) و هر کدام با ۳ تکرار تحت بارندگی با شدت ثابت ٤۰ میلی‌متر بر ساعت اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که افزایش پوشش قطعات سنگی سطحی تا حد مشخصی (حدود ۳٤ درصد) باعث افزایش نفوذ، تاخیر در تشکیل رواناب سطحی، کاهش حجم و ضریب رواناب و تسریع در زمان خاتمه رواناب شده‌است. روند تغییرات مؤلفه‌های رواناب در دامنه پوشش قطعات سنگی سطحی خاک از حدود ۳٤ تا ٤۲ درصد معکوس شده است.

واژه‌های کلیدی: پوشش سطح خاک، حوزه آبخیز کجور، شبیه‌ساز باران، ضریب رواناب

مقدمه

بیش از چند دهه است که به اثر ویژگی‌های مانند زبری سطحی، بقایای گیاهان، مالچ‌های آلی طبیعی و مصنوعی، پوشش گیاهی و پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطحی خاک بر تولید رواناب، نرخ نفوذ و فرسایش خاک توجه شده است (۴۷،۴۶،۳۹،۳۲،۳۱،۲۹،۲۰،۱۰،۹،۸). پژوهش‌های متعددی به نقش پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطحی خاک در فرسایش و پاسخ هیدرولوژیکی خاک (مانند سرعت نفوذ، تولید رواناب و همچنین تجمع رواناب سطحی در فضای بین قطعات سنگ و سنگ‌ریزه) اشاره کرده‌اند (۴۰،۳۴،۱۷،۱۴،۱۲،۱،۲،۴،۷). قطعات سنگ‌ریزه به‌عنوان یکی از پوشش‌های سطحی خاک، ذرات نسبتا بی‌حرکت با قطر بزرگ‌تر از ۵ میلی‌متر می‌باشند که به‌راحتی توسط جریان بین‌شیاری جابجا نمی‌شوند (۳۶). قطعات سنگ و سنگ‌ریزه در سطح خاک و در داخل نیم‌رخ خاک ارتباط نزدیکی با فرآیندهای مختلف هیدرولوژیکی از قبیل سله‌بندی سطحی، نفوذ، رواناب، تبخیر و فرسایش آبی خاک دارد (۴۳،۴۱،۳۵،۳۳،۵). پوشش سنگ و سنگ‌ریزه‌ای در سطح خاک با جذب انرژی جنبشی قطرات باران و در نتیجه کاهش جداشدگی خاک در اثر پاشمان و نیز با افزایش نفوذ از ساختمان اصلی خاک و خاک‌دانه‌ها محافظت می‌کنند و علاوه بر این حضور قطعات سنگ و سنگ‌ریزه مانع سله بستن سطحی خاک می‌شود (۴۷،۳۱). تا جایی‌که حتی یک بخش کوچک از قطعات سنگ و سنگ‌ریزه در داخل و یا سطح خاک می‌تواند آورد رسوب، نفوذ و رواناب را تغییر دهد (۳۷). با این حال، این قطعات اثر پیچیده و دوجانبه‌ای در سرعت نفوذ، تولید رواناب و رسوب دارند که بستگی به عوامل مختلف از قبیل موقعیت، اندازه و پوشش آن‌ها دارد (۳۴،۳۳،۶). وقتی که قطعات سنگ و سنگ‌ریزه در سطح خاک آزاد باشند به‌طور کلی باعث جلوگیری از سله‌بندی خاک شده و نفوذ آب را افزایش می‌دهند، اما در صورتی که در سطح خاک فرورفته باشند، می‌توانند در ایجاد یک پوسته پیوسته برای کاهش نفوذ و افزایش رواناب شرکت کنند (۳۳). به‌طور کلی، تا درصد مشخصی از قطعات سنگ و سنگ‌ریزه در سطح خاک، نفوذ افزایش می‌یابد (۴۲) و بالاتر از این آستانه، نفوذ به دلیل کم‌تر شدن سطح قابل دسترس برای جریان آب به داخل خاک کاهش می‌یابد (۴۱) و متناسب با آن مقدار رواناب، جریانات سیلابی و رسوب نیز رفتار متغیری در حضور قطعات سنگ و سنگ‌ریزه را از خود نشان می‌دهند به‌طوری‌که برخی از محققان بیان کرده‌اند که قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی تا ۲۰ درصد منجر به افزایش رواناب و رسوب شده و پس از آن با افزایش درصد پوشش سنگی، میزان رواناب و رسوب کاهش چشم‌گیری دارد (۳۴،۱۵). در همین راستا نتایج حاصل از بررسی اثر پوشش‌های مختلف قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی بر ویژگی‌های هیدرولیکی جریان و فرسایش خاک در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که با افزایش پوشش سنگی از صفر تا ۳۰ درصد، رواناب سطحی به‌طور متوسط ۸۰/۱ درصد کاهش یافت (۲۸). در حالی‌که نتایج حاصل از پژوهشی مشابه با استفاده از کرت‌های فرسایشی و شبیه‌ساز باران نشان داد که به‌طور کلی افزایش درصد سطوح سنگ و سنگ‌ریزه اثر چندانی بر افزایش رواناب نداشته است (۳). پژوهش‌گران با

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.7.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.243]

انجام پژوهشی در شرایط طبیعی خاک در جنوب غرب چین دریافتند که قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی باعث کند شدن رواناب سطحی، افزایش نفوذ و رواناب زیرقشری و کاهش غلظت رسوب و هدررفت خاک می‌شود (۴۴). اثر پوشش سنگ و سنگ‌ریزه در فرسایش خاک در مقیاس‌های مختلف مکانی و در شرایط مختلف در پژوهش‌های قبلی بررسی شده و نتایج نشان داده است که این اثر در شرایط مختلف می‌تواند کاهنده و یا حتی افزاینده رواناب و فرسایش خاک باشد. اظهار نظر نهایی در خصوص اثر پوشش سنگ و سنگ‌ریزه در فرسایش خاک به ویژگی‌هایی از جمله درصد پوشش، اندازه قطعات سنگی، شکل و محل قرارگیری آن‌ها (روی سطح خاک، فرورفته در سطح و یا کاملا داخل نیم‌رخ خاک) و حتی شرایط طبیعی و یا آزمایشگاهی خاک مورد بررسی منوط شده است (۳۵).

بررسی سوابق نشان داد که اگرچه پوشش سطح خاک به‌ویژه قطعات سنگ و سنگ‌ریزه به‌طور آشکار بر پاسخ‌های هیدرولوژیکی و از جمله فرسایش خاک اثر می‌گذارد، با وجود این، بررسی‌های کمی درباره تاثیر قطعات سنگ و سنگ‌ریزه بر فرآیند تولید رواناب و فرسایش خاک و آن هم در شرایط طبیعی گزارش شده است. هم‌چنین در حال حاضر در بسیاری از مدل‌های فرسایش و رسوب، تاثیر پوشش سنگی خاک به طور واضح و کمی در نظر گرفته نشده و تنها اخیراً در برخی از آن‌ها مثل مدل‌های EUROSEM[1] (۲۷) و MEDALUS[2] (۱۸) به این موضوع پرداخته شده است. برای اصلاح مدل‌های ارائه شده و لحاظ‌نمودن اثر پوشش سنگ و سنگ‌ریزه، لازم است مطالعات متعددی روی نقش پوشش سنگی در تغییر ویژگی‌های خاک از قبیل ظرفیت پاشمان، نفوذ، رواناب و هدررفت خاک صورت گیرد. در سال‌های اخیر نیز تحقیقات در زمینه اثر پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطحی بر متغیرهای مختلفی از فرآیندهای هیدرولوژیکی در حالت خاک دست‌خورده تحت شبیه‌سازی باران (۸،۲۱،۱۳،۲۴،۴۶) ادامه دارد. در این رابطه مستندات مربوط به سال‌های ۲۰۱۸، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که بررسی اثرات اندازه قطعات سنگ و سنگ‌ریزه (۲۴،۲۵) و درصد پوشش قطعات سنگ و سنگ‌ریزه (۲۶،۳۰،۳۸) بر رواناب و فرسایش هنوز هم برای محققان از جذابیت بالایی برخوردار است. از جمله جدیدترین تحقیقات در این زمینه می‌توان به بررسی اثر قطعات سنگ و سنگ‌ریزه و حتی الگوی آن‌ها در تغییر زبری سطحی و متعاقباً رواناب و فرسایش (۲۱،۲۲)، اثر متقابل پوشش قطعات سنگ و سنگ‌ریزه و تیمار آتش‌سوزی (۲۳) و شدت بارندگی و پوشش گیاهی (۴۸) و یا حتی در ترکیب با کاربرد پلی‌اکریل‌آمید (۳۸) بر رواناب و یا فرسایش اشاره کرد. از این‌رو در این پژوهش اثرات سنگ و سنگ‌ریزه‌های سطحی خاک بر متغیرهای رواناب در مقیاس کرت در شرایط صحرایی با استفاده از شبیه‌ساز باران مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش

پژوهش حاضر در دامنه‌ای با پوشش مرتعی و شیب ثابت ۲۰ درصد و جهت یکنواخت جنوبی و دارای خاک با بافت رسی–لومی در حاشیه روستای کدیر واقع در ارتفاعات شرقی حوزه آبخیز کجور در فصل پاییز انجام شد. حوزه آبخیز مذکور با مساحت تقریبی ۵۰۰۰۰ هکتار در جنوب‌شرقی شهرستان نوشهر و در دامنه‌های شمالی البرز واقع شده‌است. بافت خاک رسی–لومی بوده و عمق خاک در دامنه مورد بررسی عموما کم‌تر از یک متر می‌باشد. موقعیت کلی منطقه پژوهش در حوزه آبخیز کجور، استان مازندران و ایران در شکل ۱ نشان داده شده‌است.

روش کار

برای آگاهی از عملکرد پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطحی خاک در متغیرهای رواناب از روش صحرایی (۳۶) استفاده شد. برای این منظور، تاثیر ۶ تیمار مختلف از پوشش سنگی سطح خاک با پوشش ۲±۲، ۲±۱۰، ۲±۱۸، ۲±۲۶، ۲±۳۴ و ۲±۴۲ درصد در شرایط طبیعی انتخاب و در معرض باران شبیه‌سازی شده قرار گرفت. با توجه به آمار باران‌نگاری ایستگاه سینوپتیک کجور و برخی ایستگاه‌های مجاور آن و با توجه به امکان تجهیز باران‌ساز، شدت بارندگی ۴۰ میلی‌متر بر ساعت با مدت زمان ثابت حدود ۳۰ دقیقه و متناسب با دوره بازگشت ۲۰ سال انتخاب شد. برای شبیه‌سازی باران از شبیه‌ساز باران قابل حمل با یک نازل تحت فشار BEX: 3/8S24W در ارتفاع ریزش سه متر (۴۵) استفاده شد.

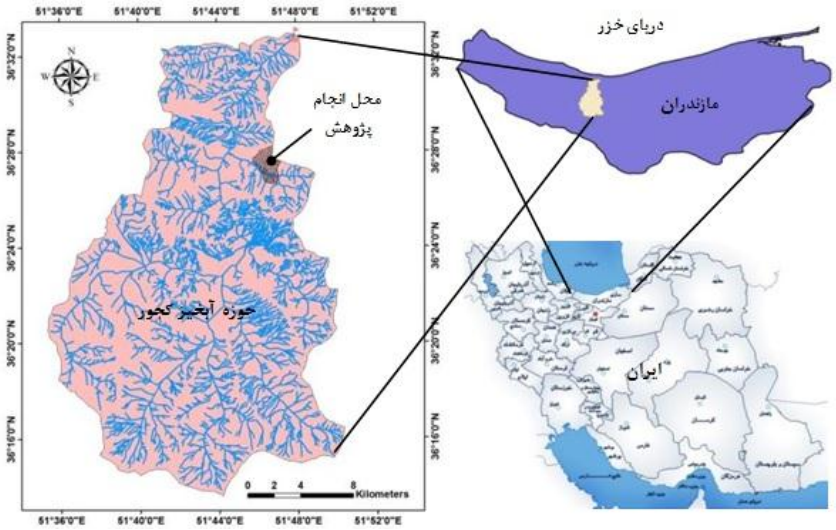
1- European Soil Erosion Model

2- Mediterranean Desertification and Land Use model

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.7.3]

[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.243]



شکل ۱- موقعیت محدوده اجرای پژوهش در حوزه آبخیز کجور، استان مازندران و ایران (۱۱)
Figure 1. Location of the study area in Kojour watershed, Mazandaran province, Iran

برای پژوهش حاضر کرت‌هایی با مساحت یک متر مربع (۱×۱ متر) و با شیب ۲۰ درصد و جهت یکنواخت جنوبی (۱۹) و متناسب با حالت متوسط منطقه مورد بررسی انتخاب شدند. دلیل انتخاب سطح یک متر مربع برای کرت‌ها محدودیت‌های شبیه‌ساز باران بود. از آنجایی‌که مساحت و فاصله بین کرت‌ها کم بود و همه آن‌ها در یک محدوده کم‌تر از ۱۰۰ متر مربعی مستقر شدند، لذا از نظر تنوع زمین‌شناسی ثابت در نظر گرفته شدند. برای محصورکردن کرت‌ها از ورقه‌های فلزی گالوانیزه استفاده شده و در قسمت انتهای پایین‌دست کرت‌ها مجاری و مخازن جمع‌آوری رواناب تعبیه شد (شکل ۲، الف و ب). بعد از مستقرکردن کرت‌ها به‌منظور حذف اثر پوشش گیاهی بر متغیرهای هدف، تا حد امکان و با حداکثر تلاش برای عدم ایجاد هرگونه تغییر در سطح خاک، تمامی پایه‌های گیاهان از سطح خاک قطع شد. سپس برای اطمینان از صحت تخمین چشمی درصد قطعات سنگ و سنگ‌ریزه مورد بررسی، با استفاده از دوربین عکاسی به صورت عمود از سطح هر کرت عکس‌برداری انجام شده و عکس مورد نظر وارد نرم‌افزار ArcGIS شد. در نرم‌افزار مذکور هر یک از قطعات سنگ و سنگ‌ریزه داخل کرت به‌صورت یک پلی‌گون رقومی شده و در نهایت مجموع مساحت پلی‌گون‌ها به مساحت کرت تقسیم و پوشش قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی خاک به‌صورت درصد بیان شد (شکل ۲، ج). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل قرارگیری کرت‌های صحرایی و هم‌چنین آب مورد استفاده در شبیه‌سازی باران، اندازه‌گیری شده و در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی و آب مورد استفاده در شبیه‌ساز باران
Table 1. Physical and chemical characteristics of study soil and water used for rainfall simulation

ویژگی		توضیح
خاک	بافت	لومی-رسی
	ساختمان	دانه‌ای
	شیب متوسط دامنه	۱۸ درصد
	وزن مخصوص ظاهری	۱/۶ گرم در سانتی‌متر مکعب
	رطوبت جرمی لایه سطحی	۲۵ درصد
	ماده آلی	۲/۲ درصد
	pH	۷/۷
	هدایت الکتریکی	۱۵۷/۶ میکرو زیمنس بر میلی‌متر
آب	pH آب مورد استفاده در شبیه‌سازی باران	۷/۰

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.7.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.243]



ب b



الف a



ج c

شکل ۲- الف) استقرار کرت ب) نصب ظرف نمونه‌برداری رواناب در خروجی کرت و ج) نمایی از تعیین پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطحی در محیط نرم‌افزار ArcGIS

Figure 2. a) Plot installing, b) Installing the runoff sampler at the outlet of the plot, and c) A view of calculating surface rock fragments cover in ArcGIS software

پس از شروع بارندگی شبیه‌سازی‌شده، زمانی که اولین قطره به خروجی کرت می‌رسد به‌عنوان زمان شروع رواناب، با استفاده از زمان‌سنج ثبت شد. سپس برای برداشت نمونه‌های رواناب دو مرتبه در هر دو دقیقه (۴ دقیقه اول)، دو مرتبه در هر سه دقیقه (۶ دقیقه بعدی) و سه مرتبه در هر پنج دقیقه (۱۵ دقیقه آخر) و در مجموع برابر با ۲۵ دقیقه پس از شروع رواناب به‌صورت جداگانه جمع‌آوری و اندازه‌گیری شدند. حجم رواناب با استفاده از استوانه مدرج تعیین شده و سپس با استفاده از نسبت مجموع حجم رواناب خروجی از کرت بر کل مقدار بارندگی در سطح کرت ضریب رواناب محاسبه شد. هم‌چنین پس از قطع بارندگی تا زمانی که آخرین قطره رواناب به خروجی رسید به‌عنوان زمان خاتمه رواناب اندازه‌گیری شد. شکل ۳ تصویری از سامانه شبیه‌ساز باران صحرایی مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۳- نمایی از شبیه‌ساز باران مورد استفاده در شرایط صحرایی

Figure 3. A view of rainfall simulator used in field condition

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.7.3]

[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.243]

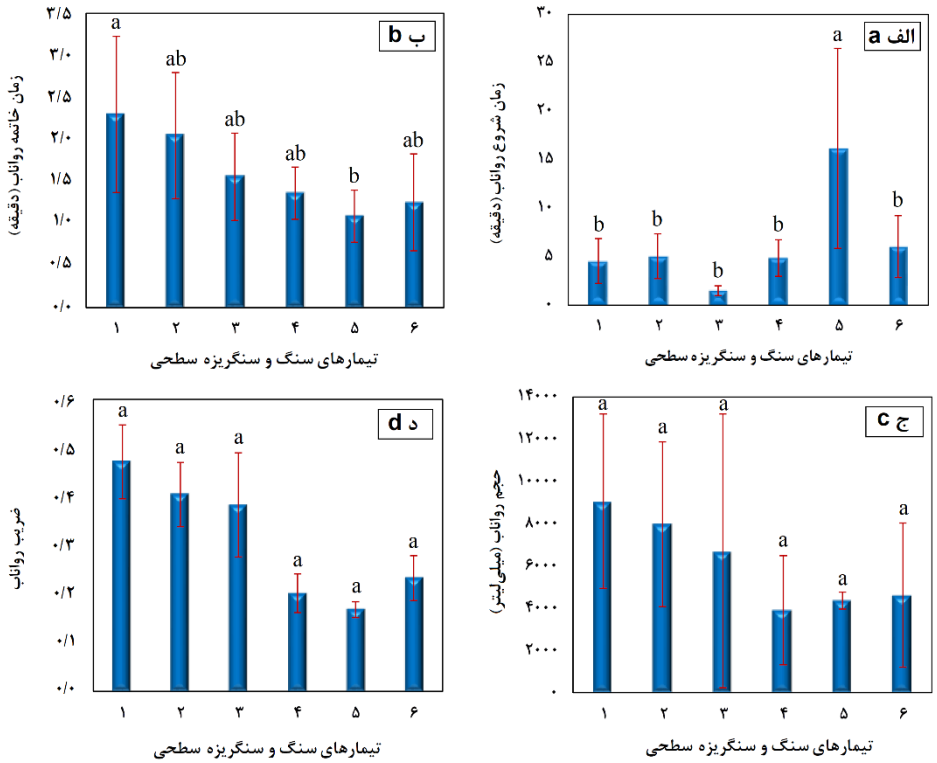
در نهایت بانک اطلاعاتی داده‌های نهایی به‌صورت جدول ۲ تهیه شد. در جدول ۲ منظور از تکرار کرت‌های یک متر مربعی است که با فواصل زمانی در حد کم‌تر از یک ساعت تحت شبیه‌سازی باران قرار گرفته‌اند. لذا اعتماد کافی به شرایط رطوبت اولیه یکسان وجود داشت. تحلیل داده‌ها با استفاده آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه در نسخه ۲۱ محیط نرم‌افزار SPSS انجام شد. شکل‌های ۴ (الف) تا (د) نیز به‌ترتیب نمودار میله‌ای تغییرات زمان شروع رواناب، زمان خاتمه، حجم رواناب و ضریب رواناب در درصدهای مختلف پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطح خاک را نشان می‌دهند. در شکل ۴ حروف a، b و ab زیرگروه‌های با تفاوت معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن هستند. به‌عبارت دیگر تیمار a دارای تفاوت معنی‌دار با تیمار b است در حالی‌که تیمار ab در هر دو گروه قرار دارد و اختلاف آن با هیچ‌یک از تیمارهای a و b معنی‌دار نیست.

جدول ۲- نتایج اندازه‌گیری مولفه‌های رواناب در پوشش‌های مختلف سنگ و سنگ‌ریزه سطحی

Table 2. Results of measuring runoff components in various rock fragment covers

پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطح خاک		تکرار	زمان شروع رواناب (دقیقه)	زمان خاتمه رواناب (دقیقه)	حجم رواناب (میلی‌لیتر)	ضریب رواناب
کد تیمار	درصد پوشش					
۱	۲±۲	۱	۶/۱۵	۱/۲۲	۵۷۷۰	۰/۲۸
		۲	۵/۵۵	۲/۸۳	۷۷۲۷	۰/۳۸
		۳	۱/۹۷	۲/۸۳	۱۳۶۶۰	۰/۷۶
۲	۱۰±۲	۱	۵/۵۰	۱/۹۸	۳۷۹۸	۰/۱۹
		۲	۷/۱۷	۲/۸۳	۸۵۷۳	۰/۴۰
		۳	۲/۵۳	۱/۳۳	۱۱۵۶۰	۰/۶۳
۳	۱۸±۲	۱	۱/۸۳	۱/۶۷	۲۵۳۸	۰/۱۴
		۲	۱/۸۲	۱/۰۰	۳۳۸۵	۰/۱۹
		۳	۰/۹۷	۲/۰۲	۱۴۱۸۰	۰/۸۲
۴	۲۶±۲	۱	۶/۷۵	۱/۵۸	۱۱۸۷	۰/۰۶
		۲	۴/۷۵	۱/۵۰	۴۱۹۵	۰/۲۱
		۳	۳/۰۸	۱/۰۰	۶۳۱۵	۰/۳۴
۵	۳۴±۲	۱	۲۶/۵۰	۱/۱۷	۳۹۲۳	۰/۱۱
		۲	۱۶/۱۷	۰/۷۵	۴۵۰۲	۰/۱۶
		۳	۵/۹۰	۱/۳۵	۴۶۹۴	۰/۲۳
۶	۴۲±۲	۱	۹/۷۲	۱/۹۲	۱۱۰۹	۰/۰۵
		۲	۴/۵۰	۰/۹۲	۷۹۶۹	۰/۴۱
		۳	۳/۹۲	۰/۹۲	۴۷۶۷	۰/۲۵

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.7.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.243]



شکل ۴- تغییرات زمان شروع رواناب، زمان خاتمه، حجم رواناب و ضریب رواناب در پوشش‌های مختلف سنگ و سنگ‌ریزه سطح خاک
Figure 4. Variation of Runoff commencement and end time, volume and coefficient in various soil surface rock fragment covers

نتایج و بحث

نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که دیده می‌شود اختلاف زمان شروع رواناب در درصدهای مختلف سنگ و سنگ‌ریزه سطحی خاک معنی‌دار بوده و دیگر متغیرها تغییرات معنی‌دار نداشتند. در تیمار شماره ۵، افزایش ناگهانی زمان شروع رواناب نشان‌دهنده تاخیر در شروع بوده و البته کم‌بودن حجم و ضریب رواناب در این تیمار نیز این نتیجه را تائید می‌کند. از ظاهر اشکال اینگونه برمی‌آید که تغییرات سایر پارامترها در تیمارهای مختلف سنگ و سنگریزه معنی‌دار تر است.

جدول ۳- نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه برای بررسی اختلاف مولفه‌های رواناب در سطوح مختلف تیمار اثر پوشش قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی خاک (n=۶)

Table 3. Results of one way ANOVA to investigate runoff components differences in various soil surface rock fragment covers (n=6)

متغیرهای پاسخ	آماره F	مقدار P
زمان شروع رواناب	۳/۵۰۶	۰/۰۳۵
حجم رواناب	۰/۸۷۷	۰/۵۲۵
ضریب رواناب	۰/۹۰۶	۰/۵۰۹
زمان خاتمه رواناب	۱/۸۱۱	۰/۱۸۵

در خصوص تفاوت زیاد بین تکرارها لازم است عنوان شود که اختلاف زیاد بین تکرارهای اندازه‌گیری در کرت‌های رواناب و فرسایش به‌ویژه در شرایط طبیعی خاک یک ویژگی کاملاً مورد انتظار است و در این رابطه اختلافات در دامنه تا بیش از ۱۰ برابر در مقادیر رواناب و هدرفت خاک از تکرارهای مختلف یک کرت در پژوهش‌های پیشین نیز گزارش شده است (۱۶،۱۹). این موضوع برای متغیرهای زمانی از قبیل زمان شروع و خاتمه رواناب با شدت بیشتری ممکن است رخ دهد چراکه این متغیرها وابستگی بیشتری به شرایط غیرکنترل‌شده داشته و عدم یقین در آن‌ها به‌مراتب بیشتر است. لذا داشتن تکرار برای این‌گونه داده‌برداری در کرت‌ها ضروری است. اگرچه در منابع اشاره شده است که برای کرت‌های بسیار کوچک (۲۵×۲۵ سانتی‌متر) بهتر است حداقل تعداد چهار تکرار اندازه‌گیری شود (۱۶)، اما برای کرت‌های یک متر مربعی داشتن دو یا سه تکرار کفایت می‌کند (۸،۴۶).

زمان شروع و خاتمه رواناب

پس از شروع بارندگی شبیه‌سازی‌شده، زمانی که اولین قطره به خروجی کرت می‌رسد به‌عنوان زمان شروع رواناب، با استفاده از زمان‌سنج ثبت شد. زمان شروع رواناب سطحی ثبت‌شده در کل

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.7.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.243]

اجراها بین ۰/۹۷–۲۶/۵۰ دقیقه بود. سریع‌ترین پاسخ به بارش در خاک با ۱۶–۲۰ درصد و کندترین در خاک با ۳۲–۳۶ درصد پوشش قطعات سنگی به‌دست آمد. پوشش قطعات سنگی می‌تواند زمان شروع رواناب سطحی را به تاخیر بیاندازد. به‌طور کلی هرچه قطعات سنگی، سطح زمین را بیش‌تر پوشش دهند، تولید رواناب را بیش‌تر به تاخیر می‌اندازند (شکل ۴، الف). البته این موضوع تا یک حد خاصی صادق است و اگر پوشش قطعات سنگی خیلی‌زیاد شود عملاً سطح در دسترس برای نفوذپذیری بسیار کم شده و در نهایت رواناب سریع‌تر و با حجم بیش‌تر تولید می‌شود. این نتیجه را می‌توان نسبت داد به این‌که پوشش قطعات سنگی از بخشی از خاک که توسط آن‌ها پوشیده‌شده حفاظت می‌کنند و از پاشمان خاک در اثر برخورد قطرات باران روی خاک جلوگیری می‌کنند. در نتیجه تخریب خاک‌دانه‌های سطح خاک تحت پوشش قطعات سنگی کاهش یافته و از کاهش نفوذپذیری خاک به‌دلیل ذرات ریز حاصل از پاشمان جلوگیری می‌شود. هم‌چنین مشاهده شد که در تیمار با پوشش ۳۲–۳۶ درصد قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی نسبت به حالتی که خاک بدون سنگ‌ریزه یا دارای پوشش کم سنگ‌ریزه است مقدار نفوذ بالایی داشته و در نتیجه با افزایش قطعات سنگ و سنگ‌ریزه زمان بیش‌تری لازم است تا رواناب تشکیل شود. وانگ و همکاران (۴۴) نیز طی پژوهشی در جنوب غرب چین به این نتیجه دست یافتند که پوشش قطعات سنگی می‌تواند زمان شروع رواناب سطحی را به تاخیر بیاندازد و هرچه قطعات سنگی سطح زمین را بیش‌تر پوشش دهند بدون در نظر گرفتن شدت بارش، تولید رواناب را بیش‌تر به تاخیر می‌اندازند.

برای بررسی زمان خاتمه رواناب، پس از قطع بارندگی تا زمانی که آخرین قطره رواناب به خروجی رسید به‌عنوان زمان خاتمه رواناب اندازه‌گیری شد. افزایش قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی باعث کاهش زمان خاتمه رواناب شدند (شکل ۴، ب). برخورد رواناب با قطعات سنگی در سطح خاک موجب کاهش سرعت و در نتیجه نفوذ بیش‌تر رواناب شده و در نتیجه بخش قابل توجهی از رواناب پس از قطع‌شدن بارندگی، قبل از رسیدن به خروجی کرت نفوذ کرده است. به‌عبارت دیگر با افزایش قطعات سنگ و سنگ‌ریزه، فقط بخش کمی از رواناب که نزدیک به خروجی کرت باشد امکان خارج شدن از کرت بعد از قطع بارندگی را دارد و لذا زمان خاتمه رواناب سریع‌تر خواهد بود. ضمن این‌که حجم رواناب نیز کاهش یافته که دلیل دیگری برای اتمام سریع‌تر رواناب بعد از قطع شدن بارندگی می‌باشد.

در مواردی اختلاف نتایج بین تکرارهای مختلف زیاد بود. در این رابطه می‌توان گفت در اندازه‌گیری پاسخ هیدرولوژیکی به‌ویژه در شرایط طبیعی خاک اختلافات در این حد کاملاً طبیعی است و عمدتاً ناشی از متغیرهای مزاحم و مثلا تفاوت در زیر سطح خاک است که از دید محقق پنهان می‌ماند. نکته مهم دیگر تغییرات غیرخطی متغیرهای اندازه‌گیری شده نسبت به درصد سنگ و سنگریزه سطحی است. به‌عنوان مثال در مورد تغییرات غیرخطی زمان شروع رواناب با افزایش درصد سنگ و سنگریزه سطحی، دلیل آن می‌تواند اثر متقابل و هم‌افزایی ایجاد شده در اثر کاهش پاشمان و از طرف دیگر افزایش زبری سطحی و کاهش سرعت حرکت رواناب باشد که مجدداً موجب تاخیر در شروع رواناب شده است.

حجم رواناب

حجم رواناب خروجی از هر کرت پس از ۲۵ دقیقه بارش جمع‌آوری شد. با توجه به نتایج، بیش‌ترین مقدار حجم رواناب مربوط به تیمار اول با صفر تا چهار درصد قطعات سنگ و سنگ‌ریزه و کم‌ترین مقدار آن در کرت با ۲۴–۲۸ درصد قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی بود (شکل ۴، ج) که با نتایج وانگ و همکاران (۴۴)، میرزایی و همکاران (۲۷) و زیا و همکاران (۴۶) مطابقت و با نتایج گانگ و همکاران (۸) و شنگیانگ و همکاران (۳۸) مغایرت دارد. بعد از آن با افزایش درصد قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی مقدار حجم رواناب به نسبت کمی افزایش یافت. به‌طور کلی می‌توان گفت که با افزایش پوشش قطعات سنگی مقدار حجم رواناب کاهش پیدا کرده است. با توجه به این‌که پوشش قطعات سنگی تأثیر قابل توجهی در تخریب و شکسته‌شدن قطرات آب باران دارد هنگامی که قطعات سنگ در بالای سطح خاک قرار می‌گیرند، آنها از یک طرف می تواند انرژی جنبشی قطرات باران را کاهش دهد. از طرف دیگر هر چه درصد قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی افزایش یابد به همان نسبت سطح خاک بیش‌تری از برخورد قطرات باران در امان بوده در نتیجه خشک بوده و نفوذ زیاد خواهد بود یعنی پس از این‌که قطرات باران خرد شده، از لابه لای سنگ‌ها به زیر آن‌ها راه پیدا کرده و در آنجا به سرعت نفوذ می‌یابد. در نتیجه با افزایش قطعات سنگی مقدار حجم رواناب کاهش یافت.

قطعات سنگی به‌عنوان یک سد برای قطرات باران عمل می‌کنند ولی با افزایش پوشش قطعات سنگی از ۲۴–۲۸ درصد به بعد با توجه به این‌که سطوح نفوذ ناپذیر بیش‌تر شده و منافذ بین سنگ‌ها کم‌تر شده در نتیجه قطرات باران فرصت نفوذ به زیر سنگ را پیدا نکرده و زودتر به خروجی می‌رسند و باعث افزایش حجم رواناب می‌شوند.

ضریب رواناب

پس از اندازه‌گیری حجم رواناب، ضریب رواناب برای هر تیمار با استفاده از نسبت حجم رواناب هر کرت بر مقدار بارندگی باریده‌شده روی آن کرت محاسبه شد. همان‌گونه که در شکل ۴ (د) دیده می‌شود، ضریب رواناب از تیمار با پوشش صفر تا ۴ درصد پوشش قطعات سنگ و سنگ‌ریزه تا تیمار ۵ کاهش یافته و در تیمار ۶ با ۴۰–۴۴ درصد پوشش قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی دوباره افزایش می‌یابد. در سطح ۳۲–۳۶ درصد سنگ‌ریزه نسبت به تیمار ۱ با صفر تا چهار درصد قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی مقدار ضریب رواناب به‌شدت کاهش یافت. در مورد ضریب رواناب هم مانند حجم رواناب می‌توان گفت با توجه به این‌که در زمان وقوع بارندگی خاک‌دانه‌های موجود در زیر سنگ‌ریزه‌ها از تخریب باران در امان بودند پس نفوذ در این مناطق زیاد بوده و در مواقعی که رواناب به زیر سنگ وارد می‌شود نفوذ یافته، در نتیجه ضریب رواناب کم‌تر از حالت بدون سنگ‌ریزه است. با افزایش سطوح سنگ‌ریزه در تیمار ۶ با ۴۰–۴۴ درصد مقدار ضریب رواناب

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.7.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.243]

افزایش می‌یابد ولی نسبت این افزایش رواناب کم‌تر از تیمار اول با صفر تا ۴ درصد سنگ‌ریزه است. دلیل نتایج بدست آمده می‌تواند این باشد که تا درصد ۳۲-۳۶ پوشش سنگی رواناب به فضای زیر سنگ‌ریزه‌ها وارد و در آن‌جا نفوذ کرده مقدار رواناب کاهش اما در درصدهای بالاتر به‌دلیل افزایش سطح نفوذناپذیر نسبت به سطح نفوذپذیر مقدار رواناب بیش‌تر می‌شود.

گانگ و همکاران (۸) به این نتیجه رسید که در شیب‌های ۱۰ و ۱۵ درجه افزایش درصد پوشش سنگ و سنگ‌ریزه در سطح خاک موجب افزایش ضریب رواناب و در شیب‌های ۵ درجه موجب کاهش ضریب رواناب می‌شود. در همین رابطه شنگیانگ و همکاران (۳۸) نیز مشاهده کردند که افزایش پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطحی موجب کاهش شدت نفوذ و افزایش رواناب می‌شود. سردا (۵) نیز به این نتیجه رسید که ضریب رواناب در خاک دارای قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی (پوشش قطعات سنگی ۵۰ تا ۱۰۰ درصد) سه برابر کم‌تر از خاک بدون سنگ‌ریزه است. وانگ و همکاران (۴۴) و زیا و همکاران (۴۶) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند که با نتایج پژوهش حاضر انطباق دارد. نتایج آن‌ها به این صورت بود که پوشش قطعات سنگی می‌توانند باعث کاهش ضریب رواناب سطحی در خاک طبیعی شوند. در حالی‌که جوادی و همکاران (۱۵) طی پژوهشی در شرایط آزمایشگاهی به نتیجه متفاوتی دست یافتند مبنی‌بر این‌که ضریب رواناب با افزایش درصد قطعات سنگ و سنگ‌ریزه تا حد معینی (۲۰ درصد)، ابتدا افزایش یافته و سپس کاهش پیدا می‌کند. هم‌چنین فیگویردو و پوزن (۷) به این نتیجه دست یافتند که ضریب رواناب در خاک با صفر تا ۳۰ درصد قطعات سنگی به مقدار ۲۲ درصد افزایش و پس از آن رواناب در خاک با ۶۶ درصد قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی کاهش شدیدی داشت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تا درصد مشخصی از قطعات سنگی در سطح خاک، نفوذ افزایش می‌یابد (۴۲) و بالاتر از این آستانه، نفوذ به دلیل کم‌ترشدن سطح قابل دسترس برای جریان آب به داخل خاک کاهش می‌یابد (۴۱،۴۶) و متناسب با آن مقدار رواناب، جریانات سیلابی و رسوب نیز رفتار متغییری را در حضور قطعات سنگ و سنگ‌ریزه از خود نشان می‌دهند.

در این مطالعه، اثر پوشش سنگ و سنگ‌ریزه سطحی خاک بر پاسخ هیدرولوژیکی کرت‌های صحرایی تحت شبیه‌سازی باران مورد پژوهش قرار گرفت. نتایج نشان داد که پوشش قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی نقش مهمی در فرآیندهای هیدرولوژیکی در طول بارندگی ایفا می‌کند به‌طوریکه این قطعات، زمان شروع رواناب سطحی را با افزایش نفوذ و نگهداشت سطحی به تاخیر می اندازند. هم‌چنین با افزایش قطعات سنگ و سنگ‌ریزه سطحی تا یک حد خاص نرخ نفوذ افزایش و متناسب با آن مقدار حجم و ضریب رواناب سطحی کاهش می یابد.

به‌طور کلی وجود سنگ‌ریزه در سطح خاک اثر دو سویه‌ای در مقدار رواناب دارد. به‌همین دلیل نتایج به‌دست‌آمده از بررسی پژوهش‌های انجام‌شده نشان داد که اثر قطعات سنگ و سنگ‌ریزه بر مولفه‌های رواناب متاثر از ویژگی‌های مختلفی مثل موقعیت، اندازه و پوشش قطعات سنگی و هم‌چنین نوع، بافت و سایر شرایط خاکی که قطعات سنگ و سنگ‌ریزه برروی آن قرار گرفته دارد. یافته‌های پژوهش حاضر می‌تواند در واسنجی و بومی‌سازی نسل جدید و توزیعی مدل‌های فرسایش خاک برای شرایط کشور به‌ویژه در مناطق دارای درصدهای بالای سنگ و سنگ‌ریزه سطحی خاک مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر و در راستای افزایش اعتبار و امکان استفاده از این نتایج در زمینه‌سازی پژوهش‌های آتی و اصلاحات کاربردی، پیشنهادهای ذیل ارائه می‌گردد:

۱- انجام پژوهش مشابه با استفاده از باران طبیعی برای امکان تعمیم بهتر نتایج

۲- انجام پژوهش مشابه با سایر ویژگی‌های قطعات سنگی (اندازه، موقعیت، آزاد یا فرورفته‌بودن، پراکنش و...) در شرایط طبیعی

۳- انجام پژوهش مشابه در کرت‌های با ابعاد بزرگ‌تر برای بررسی اثر مقیاس

۴- انجام پژوهش مشابه با سطوح و تکرارهای بیش‌تر برای کاهش واریانس بین تکرارها

۵- امکان‌سنجی کاربرد نتایج پژوهش حاضر و استفاده از قطعات سنگ و سنگ‌ریزه در سطح خاک به‌عنوان پوشش حفاظتی به‌منظور کاهش اثر قطرات باران و رواناب در فرآیند فرسایش

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.7.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.243]

منابع

1. Abrahams, A.D. and A.J. Parsons. 1991. Relation between infiltration and stone cover on a semiarid hillslope, southern Arizona. Journal of Hydrology, 122: 49-59.
2. Abrahams, A.D., P. Gao and F.A. Aebly. 2000. Relation of sediment transport capacity to stone cover and size in rain-impacted interrill flow. Earth Surface Processes and Landforms, 25: 497-504.
3. Bashari, M., H.R. Moradi, M.M. Kheirkhah and M. Jafari Khaledi. 2013. Simulation of the effect of soil surface rock fragments on runoff and sediment yield. Watershed Engineering and Management, 5(2): 104-114 (In Persian).
4. Bunte, K. and J. Poesen. 1994. Effects of rock fragment size and cover on overland flow hydraulics, local turbulence and sediment yield on an erodible soil surface. Earth Surface Processes and Landforms, 19: 115-135.
5. Cerda, A. 2001. Effects of rock fragment cover on soil infiltration, interrill runoff and erosion. European Journal of Soil Science, 52(1): 59-68.
6. Cousin, I., B. Nicoullaud and C. Coutadeur. 2003. Influence of rock fragments on the water retention and water percolation in a calcareous soil. Catena, 53(2): 97-114.
7. de Figueiredo, T. and J. Poesen.1998. Effects of surface rock fragment characteristics on interrill runoff and erosion of a silty loam soil. Soil and Tillage Research, 46: 81-95.
8. Gong, T. and Y. Zhu. 2018. Effect of embedded-rock fragments on slope soil erosion during rainfall events under simulated laboratory conditions. Journal of Hydrology, 563: 811-817.
9. Guo, T., Q. Wang, D. Li and J. Zhuang. 2010. Effect of surface stone cover on sediment and solute transport on the slope of fallow land in the semi-arid loess region of northwestern China. Journal of Soils and Sediments, 10: 1200-1208.
10. Gyssels, G., J. Poesen, G. Liu, W. Van Dessel, A. Knapen and S. De Baets. 2006. Effects of cereal roots on detachment rates of single- and double-drilled topsoils during concentrated flow. European Journal of Soil Science, 57: 381-391.
11. Homayounfar, V. 2014. Comparison of surface runoff and soil loss from field plots with disturbed and undisturbed soils. MSC Thesis, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. 57 pp.
12. Hung, K.C., K. Kosugi, T.H. Lee and T. Misuyama. 2007. The effects of rock fragments on hydrologic and hydraulic responses along a slope. Hydrological Processes, 21: 1354-1362.
13. Ilek, A., J. Kucza and W. Witek. 2019. Using undisturbed soil samples to study how rock fragments and soil macropores affect the hydraulic conductivity of forest stony soils: Some methodological aspects. Journal of hydrology, 570: 132-140.
14. Ingelmo, F., S. Cuadrado, A. Ibanez and J. Hernandez. 1994. Hydric properties of some Spanish soils in relation to their rock fragment content-Implication for runoff and vegetation. Catena, 23(1-2): 73-85.
15. Javadi, P., H. Rohipoor and A.A. Mahboobi. 2005. The role of rock fragments cover on soil erosion and runoff by using flume and rainfall simulation. Iranian Journal of Range and Desert Research, 12(3): 287-310 (In Persian).
16. Kamphorst, A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility. Netherlands Journal of Agricultural Science, 35: 407-415.
17. Katra, I., H. Laveeand and P. Sarah. 2008. The effect of rock fragment size and position on topsoil moisture on arid and semi-arid hillslopes. Catena, 72(1): 49-55.
18. Kirkby, M., A.J. Baird, S.M. Diamond, J.G. Lockwood, M.D. MacMahon, P.L. Mitchell, J. Shao, J.E. Sheehy, J.B. Thornes and F.I. Woodward. 1996. The MEDALUS slope catena model: a physically based process model for hydrology, ecology and land degradation interactions. In: Mediterranean Desertification and Land Use (ed. By J. B. Thornes and J. Brandt). John Wiley, Chichester, UK. 303-354.
19. Khaledi Darvishan, A., V. Homayounfar and S.H. Sadeghi. 2016. The impact of standard preparation practice on the runoff and soil erosion rates under laboratory conditions. Solid Earth, 7(5): 1293-1302.
20. Knapen, A., T. Smets and J. Poesen. 2009. Flow-retarding effects of vegetation and geotextiles on soil detachment during concentrated flow. Hydrological Processes, 23: 2427-2437.
21. Li, L., M.A. Nearing, M.H. Nichols, V.O. Polyakov, C.L. Winter and M.L. Cavanaugh. 2020. Temporal and spatial evolution of soil surface roughness on stony plots. Soil and Tillage Research, 200: 104526.
22. Liu, J., Y.X. Shen, X.A. Zhu, G.J. Zhao, Z.M. Zhao and Z.J. Li. 2019. Spatial distribution patterns of rock fragments and their underlying mechanism of migration on steep hillslopes in a karst region of Yunnan Province, China. Environmental Science and Pollution Research, 26(24): 24840-24849.
23. Lucas-Borja, M.E., J. González-Romero, P.A. Plaza-Álvarez, J. Sagra, M.E. Gómez, D. Moya, A. Cerdà and J. de Las Heras. 2019. The impact of straw mulching and salvage logging on post-fire runoff and soil erosion generation under Mediterranean climate conditions. Science of the Total Environment, 654: 441-451.
24. Lv, J., H. Luo and Y. Xie. 2019. Effects of rock fragment content, size and cover on soil erosion dynamics of spoil heaps through multiple rainfall events. Catena, 172: 179-189.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.7.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.243]

25. Lv, J., H. Luo and Y. Xie. 2020. Impact of rock fragment size on erosion process and micro-topography evolution of cone-shaped spoil heaps. Geomorphology, 350: 106936.
26. Lv, J., H. Luo, J. Hu and Y. Xie. 2019. The effects of rock fragment content on the erosion processes of spoil heaps: a laboratory scouring experiment with two soils. Journal of soils and sediments, 19(4): 2089-2102.
27. Mirzaee, S., M. Gorji. and A. Jafari Ardakani. 2012. Effect of surface rock fragment cover on soil erosion and sediment using simulated runoff. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 2(1): 141-154 (In Persian).
28. Morgan, R.P.C., J.N. Quinton, R.E. Smith, G. Govers, J.W.A. Poesen, K. Auerswald, G. Cnisci, D. Torri and M.E. Styczen. 1998. The European Soil Erosion Model (EUROSEM): A dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. Earth Surface Processes and Landforms, 23: 527-544.
29. Mosaffaie, J., M.R. Ekhtesasi, M.T. Dastorani, H.R. Azimzadeh and M.A.Z. Chahuki. 2015. Temporal and spatial variations of the water erosion rate. Arabian journal of Geosciences, 8(8): 5971-5979.
30. Niu, Y., Z. Gao, Y. Li and K. Luo. 2019. Effect of rock fragment content on erosion processes of disturbed soil accumulation under field scouring conditions. Journal of soils and sediments, 19(4): 1708-1723.
31. Poesen, J. and H. Lavee. 1991. Effect 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.
32. Poesen, J. and H. Lavee. 1994. Rock fragments in top soils: significance and processes. Catena, 23(1): 1-28.
33. Poesen, J., E. De Luna, A. Franca, J. Nachtergaele and G. Govers. 1999. Concentrated flow erosion rates as affected by rock fragment cover and initial soil moisture content. Catena, 36: 315-329.
34. Poesen, J., F. Ingelmo-Sanchez and H. Mucher. 1990. The hydrological response of soil surfaces to rainfall as affected by cover and position of rock fragments in the top layer. Earth Surface Processes and Landforms, 15(7): 653-671.
35. Poesen, J., D. Torri and K. Bunte. 1994. Effects of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales: a review. Catena, 23(1-2): 141-166.
36. Poesen, J., B. van Wesemael, K. Bunte and A.S. Benet. 1998. Variation of rock fragment cover and size along semiarid hillslopes: a case-study from southeast Spain. Geomorphology, 23(2-4): 323-335.
37. Rieke-Zapp, D., J. Poesen and M.A. Nearing. 2007. Effects of rock fragments incorporated in the soil matrix on concentrated flow hydraulics and erosion. Earth Surface Processes and Landforms, 32(7): 1063-1076.
38. Shengqiang, T. and S. Dongli. 2018. Synergistic effects of rock fragment cover and polyacrylamide application on erosion of saline-sodic soils. Catena, 171: 154-165.
39. Smets, T., J. Poesen and E. Bochet. 2008. Impact of plot length on the effectiveness of different soil-surface covers in reducing runoff and soil loss by water. Progress in Physical Geography, 32: 654-677.
40. Torri, D., J. Poesen, F. Monaci and E. Busoni. 1994. Rock fragment content and fine soil bulk-density, Catena, 23(1-2): 65-71.
41. Valentin, C. 1994. Surface sealing as affected by various rock fragment cover in West Africa. Catena, 23(1-2): 87-97.
42. Valentin, C. and A. Casenave. 1992. Infiltration into sealed soil as influenced by gravel cover. Soil Science Society of America Journal, 56(6): 1667-1673.
43. Van Wesemael, B., J. Poesen, C.S. Kosmas, N.G. Danalatos and J. Nachtergaele. 1996. Evaporation from cultivate soil containing rock fragments. Journal of Hydrology, 182(1-4): 65-82.
44. Wang X., Z. Li, C. Cai, Z. Shi, Q. Xu, Z. Fu and Z. Gua. 2012. Effects of rock fragment cover on hydrological response and soil loss from Regosols in a semi-humid environment in South-West China. Geomorphology, 151-152: 234-242.
45. Wang, P.K. and H.R. Pruppacher. 1977. Acceleration to Terminal Velocity of Cloud and Raindrops. Journal of Applied Meteorology, 16: 275-280.
46. Xia, L., X. Song, N. Fu, S. Cui, L. Li, H. Li and Y. Li. 2018. Effects of rock fragment cover on hydrological processes under rainfall simulation in a semi-arid region of China. Hydrological Processes, 32(6): 792-804.
47. Zavala, L.M., A. Jordan, N. Bellinfante and J. Gil. 2010. Relationships between rock fragment cover and soil hydrological response in a Mediterranean environment. Soil Science and Plant Nutrition, 56: 95-104.
48. Zhao, B., L. Zhang, Z. Xia, W. Xu, L. Xia, Y. Liang and D. Xia. 2019. Effects of Rainfall Intensity and Vegetation Cover on Erosion Characteristics of a Soil Containing Rock Fragments Slope. Advances in Civil Engineering, Article ID 7043428, 14 pp.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.7.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.243]

Effects of Soil Surface Rock Fragments on Runoff Variables of Field Plots under Rainfall Simulation

Hero Mohammadamini[1], Abdulvahed Khaledi Darvishan[2] and Seyed Jalil Alavi[3]

1- Graduated Master Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
2- Assistant Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran, (Corresponding auther: a.khaledi@modares.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
Received: May 8, 2018 Accepted: June 10, 2020

Abstract

Soil surface rock fragment is considered as an important factor on runoff and soil erosion. However, few studies have been focused on quantitative evaluation of the effect of soil surface rock fragments on runoff components as an integral part of soil erosion process especially in natural conditions. The present study has been conducted to evaluate the effect of soil surface rock fragments on runoff components in field plots under rainfall simulation on a clay-loam soil generally less than 1 meter depth and the slope of 20%. Runoff components including runoff commencement time, volume, coefficient and end time were measured in 1×1 m field plots with 6 wide range of surface rock fragments (2±2, 10±2, 18±2, 26±2, 34±2 and 42±2 % of soil surface cover) with 3 replications under simulated rainfall with constant intensity of 40 mm h^{-1}. The results showed that increasing surface rock fragments up to a specific soil surface cover (about 34%) led to increase infiltration and runoff commencement time, decrease runoff volume and coefficient and runoff end time. The trend of runoff components has been reversed in the range of 34 to 42% of soil surface rock fragments.

Keywords: Kojour Watershed, Rainfall Simulator, Runoff Coefficient, Soil Surface Cover

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.7.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.243]