



تأثیر پوشش سنگریزه سطحی بر فرسایش خاک و رسوب با استفاده از شبیه‌سازی رواناب

* سلمان میرزائی^۱، منوچهر گرجی^۲ و علی جعفری اردکانی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه تهران، دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه تهران،

^۲ عضو هیأت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

تاریخ دریافت: ۹۰/۵/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۳

چکیده

پوشش سنگریزه سطحی یک عامل مهم در کنترل فرسایش خاک، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که پوشش گیاهی کمی دارند، می‌باشد. هدف از این پژوهش، بررسی اثر پوشش‌های مختلف سنگریزه سطحی بر خصوصیات هیدرولیکی جریان و فرسایش خاک می‌باشد. این موضوع در یک فلوم به طول ۶ متر و عرض ۰/۵ متر با شیب ثابت ۳ درصد انجام شد. تیمارها شامل پوشش سنگریزه (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) و سه جریان سطحی (۳، ۶ و ۹ لیتر در دقیقه) بودند. با افزایش پوشش سنگریزه، سرعت جریان ۶۹/۲ درصد کاهش، ضریب زبری مانینگ از ۰/۱۲ به ۰/۱۱۵ افزایش، عدد فرود از ۲/۲۴ به ۰/۲۸ کاهش یافت و عدد رینولدز تغییرات کمی را نشان داد. اما عدد رینولدز با افزایش جریان سطحی، افزایش یافت. علاوه بر آن، با افزایش پوشش سنگریزه از صفر به ۳۰ درصد، مقدار تلفات خاک در جریان‌های سطحی مختلف به‌طور متوسط ۸۰/۱ درصد کاهش یافت. کاهش تلفات خاک رابطه‌نمایی با پوشش سنگریزه را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: استان گلستان، خاک‌های لسی، فرسایش خاک، فلوم

* مسئول مکاتبه: salman_mirzaee@ut.ac.ir

مقدمه

خصوصیات سطح خاک مانند زبری، ساختمان خاک و پوشش گیاهی و سنگریزه‌ای اهمیت زیادی در کنترل نفوذ آب به خاک، شروع رواناب و فرسایش خاک دارند (اوزت و همکاران، ۱۹۹۵). خاک‌های دارای پوشش سنگریزه سطحی در دنیا گسترش زیادی داشته‌اند، از جمله می‌توان به خاک‌های مناطق مدیترانه‌ای که پوشش سنگریزه‌ای اغلب بیش از ۶۰ درصد، در غرب اروپا تقریباً ۳۰ درصد اراضی (پوزن و لوی، ۱۹۹۴)، مناطق وسیعی از اراضی آمریکا (میلر و گاتری، ۱۹۸۴) و چین (گال و همکاران، ۱۹۹۳) را پوشانده است، اشاره کرد.

پوزن و لوی (۱۹۹۴) و آبراهامز و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که تأثیر پوشش سنگریزه بر کنترل فرسایش خاک از سه بعد شامل حفاظت سطح خاک از برخورد قطرات باران و جدا شدن ذرات خاک، کاهش تخریب فیزیکی و کند کردن سرعت جریان سطحی قابل بررسی است. پوشش سنگریزه سطحی با جلوگیری از برخورد قطرات باران به سطح خاک سبب کاهش تشکیل سله و افزایش نفوذ آب به خاک می‌شود (سردا، ۲۰۰۱؛ ماندل و همکاران، ۲۰۰۵؛ مارتین-زاوالا و جردن، ۲۰۰۸). پوشش سنگریزه سطحی بر هیدرولیک جریان‌های سطحی مؤثر بوده و با استقرار آن در سطح خاک خصوصیات هیدرولیکی جریان تغییر می‌کنند (آغاسی و لوی، ۱۹۹۱؛ لوی و پوزن، ۱۹۹۱).

رییک-زپ و همکاران (۲۰۰۷) و تیلانق و همکاران (۲۰۱۰) به ترتیب در شرایط آزمایشگاهی و صحرایی نشان دادند که با افزایش پوشش سنگریزه سطحی قدرت فرسایش‌دهی جریان‌های سطحی و مقدار تلفات خاک کاهش می‌یابد. ماندل و همکاران (۲۰۰۵)، مارتین-زاوالا و جردن (۲۰۰۸) و مارتین-زاوالا و همکاران (۲۰۱۰) نیز با استفاده از شبیه‌سازی باران در شرایط صحرایی گزارش کردند که افزایش پوشش سنگریزه سطحی سبب کاهش نمایی در مقدار تلفات خاک می‌شود. در مقابل، مطالعات دیگری نتایج متضادی را گزارش دادند که با افزایش پوشش سنگریزه سطحی، نفوذپذیری خاک کاهش و مقدار رواناب و فرسایش خاک افزایش می‌یابد (ترومبل، ۱۹۷۶؛ آبراهامز و پارسونز، ۱۹۹۱؛ ولتین و گاسناو، ۱۹۹۲). اختلاف در نتایج این مطالعات احتمالاً به علت تفاوت در شرایط اولیه سطح خاک مانند درصد پوشش سنگریزه، اندازه سنگریزه، شکل هندسی آن و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (رطوبت، ساختمان خاک، ماده آلی و...) است که همه آن‌ها در شروع رواناب، تلفات خاک و نفوذپذیری مؤثر می‌باشد. درک نکردن صحیح مکانیسم فرسایش در خاک‌های دارای پوشش سنگریزه باعث بروز اختلاف عقیده شده است.

استفاده از پوشش سنگریزه سطحی برای حفاظت از سطح خاک در کشورهای کم‌باران، در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک (لی، ۲۰۰۳)، خاک‌های لسی با حساسیت بالا به فرسایش خاک (لی و لیو، ۲۰۰۳) و جلوگیری از فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار در مناطق خشک (فریر، ۱۹۸۵) می‌تواند بسیار مفید باشد. بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی اهمیت پوشش‌های مختلف سنگریزه سطحی در دبی‌های متفاوت بر هیدرولیک جریان‌های سطحی و تأثیر آن بر کنترل فرسایش و رسوب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای اجرای این پژوهش از آزمایشگاه شبیه‌ساز باران و رواناب پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری که مجهز به یک فلوم شیب‌پذیر به ابعاد ۶×۱ متر و سامانه بارش و رواناب می‌باشد، استفاده شد. ابتدا سنگ‌ریزه‌های به قطر ۱۰ میلی‌متر به‌عنوان زه‌کش به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در کف فلوم قرار داده شد. سپس از یک گونی کتان بین خاک و لایه زه‌کش برای جلوگیری از فرو رفتن خاک در داخل زه‌کش استفاده شد. فلوم از خاک لسی منطقه داشلی‌برون استان گلستان (از لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری)، پس از هوا خشک کردن خاک و گذراندن آن از الک ۱ سانتی‌متری به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر پر شد. برای سرعت بخشیدن به انجام آزمایش‌ها و دقت در اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی مانند سرعت رواناب، مقدار رسوب و عوارض سطحی عرض فلوم به‌وسیله یک ورقه فلزی نصف شد. پس از یکنواخت کردن سطح بستر با استفاده از یک غلطک دستی، وزن مخصوص ظاهری خاک به وزن مخصوص ظاهری در حالت طبیعی رسانده شد (رییک-زپ و همکاران، ۲۰۰۷؛ یو و همکاران، ۲۰۰۷). برای شروع آزمایش، خاک داخل فلوم به‌مدت ۸ ساعت از زیر اشباع و بعد از ۲۴ ساعت (نیبیرنق و همکاران، ۱۹۹۷)، پوشش سنگ‌ریزه‌ای با قطر متوسط ۷ میلی‌متر به‌صورت تصادفی در سطح خاک پخش و آزمایش انجام شد (شکل ۱، الف). در این پژوهش ۴ تیمار مختلف شامل خاک بدون پوشش، خاک با ۱۰ درصد پوشش سنگ‌ریزه‌ای، خاک با ۲۰ درصد پوشش سنگ‌ریزه‌ای و خاک با ۳۰ درصد پوشش سنگ‌ریزه‌ای و ۳ تیمار رواناب (۳، ۶ و ۹ لیتر در دقیقه) در شیب ۳ درصد (شیب عمومی منطقه) مورد آزمون قرار گرفت.

در هر آزمایش، پس از تنظیم دبی جریان و شیب، رواناب سطحی از ابتدای فلوم به سطح خاک وارد شد و آزمایش به‌مدت دقیقه ۱۰ ادامه یافت (شکل ۱، ب). سرعت متوسط جریان به روش ماده رنگی (پرمنگنات پتاسیم) اندازه‌گیری شد (گیلی و همکاران، ۱۹۹۰). در طول آزمایش، در هر دقیقه از

رواناب نمونه برداری و به منظور تعیین غلظت رسوب نمونه های رسوب به مدت ۲۴ ساعت در آن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد خشک شد.



شکل ۱- الف) توزیع یکنواخت سنگ ریزه ها بر روی سطح خاک و ب) بعد از اتمام آزمایش.

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مانند بافت به روش هیدرومتری (گی و بودر، ۱۹۸۶)، چگالی ظاهری خاک به روش استوانه ای (بلک و هورتج، ۱۹۸۶)، واکنش خاک (pH) در سوسپانسیون ۱:۵ خاک و محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم (ریچارد، ۱۹۵۴) به وسیله pH متر، EC به وسیله EC متر، کربن آلی به روش والکلی و بلک (۱۹۳۴) و کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش خنثی سازی با اسید کلریدریک (ریموند و هیگنسون، ۱۹۹۲) اندازه گیری شد. پارامترهای هیدرولیکی جریان مانند عدد رینولدز، عدد فرود و ضریب زبری مانینگ، براساس اطلاعات اولیه اندازه گیری و محاسبه شد. روش محاسبه و معادلات مورد استفاده به شرح زیر است:

سرعت متوسط جریان:

$$V_m = X/T \quad (1)$$

که در آن، V_m : سرعت متوسط جریان (سانتی متر در ثانیه)، X : مسافت (سانتی متر) و T : زمان (ثانیه) مسافت طی شده به وسیله آب می باشد. برای تبدیل سرعت سطح جریان به سرعت مجاور بستر خاک، از رابطه زیر استفاده شد:

$$V_m = aV_m \quad (2)$$

که در آن، V : سرعت در مجاورت بستر خاک و a : ضریبی برابر با $0/67$ می‌باشد (لی و همکاران، ۱۹۹۶).
عدد رینولدز: این عدد معرف میزان تلاطم جریان بوده و با استفاده از فرمول:

$$RE = u.d/v \quad (3)$$

به دست می‌آید که در آن، Re : عدد رینولدز، u : سرعت متوسط جریان (سانتی متر در ثانیه)، v : لزوجت سینماتیکی آب است ($v=0/01$ سانتی مترمربع بر ثانیه) و d : عمق متوسط جریان (سانتی متر) که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$d = \frac{Q}{WV} \quad (4)$$

که در آن، Q : دبی جریان (سانتی مترمکعب بر ثانیه)، W : عرض فلوم (سانتی متر) و V : سرعت متوسط جریان (سانتی متر بر ثانیه) می‌باشد. عدد رینولدز کم‌تر از ۵۰۰ به عنوان جریان ورقه‌ای، در مقادیر بزرگ‌تر از ۲۰۰۰ متلاطم و بین این دو حالت جریان انتقالی در نظر گرفته می‌شود (آلن، ۱۹۹۴).
عدد فرود: این عدد که معرف حالت جریان می‌باشد، از فرمول زیر:

$$f = \frac{u}{\sqrt{gd}} \quad (5)$$

قابل محاسبه است که در آن، F : عدد فرود، u : سرعت متوسط جریان (سانتی متر در ثانیه)، g : شتاب ثقل (سانتی متر در مجذور ثانیه) و d : عمق متوسط جریان (سانتی متر) است. عدد فرود کم‌تر از ۱ زیر بحرانی، برابر ۱ بحرانی و بالاتر از ۱ فوق بحرانی یا جریان فرساینده می‌باشد (آلن، ۱۹۹۴).
زبری مانینگ: فرمول مانینگ متداول‌ترین فرمول برای برآورد سرعت آب در آبراهه‌های روباز و برعکس برای به دست آوردن زبری سطح خاک یا کانال می‌باشد.

$$n = V^{-1} R^{2/3} S^{1/2} \quad (6)$$

که در آن، n : ضریب زبری مانینگ، V : سرعت متوسط جریان (سانتی متر در ثانیه)، R : عمق جریان (سانتی متر) و S : شیب سطح آب می‌باشد.

نتایج و بحث

داده‌های جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه را نشان می‌دهد. براساس این داده‌ها می‌توان گفت که خاک مورد مطالعه خاک آهکی با pH قلیایی بوده و دارای بافت لوم سیلتی می‌باشد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک لسی مورد استفاده.

بافت	رس سیلت (درصد)		O.M	CCE*	EC (dSm ⁻¹)	pH	عمق خاک (سانتی‌متر)
			(درصد)	(درصد)			
لوم سیلتی	۶۹	۲۰	۱/۰۳	۶/۴	۲/۴	۷/۸۳	۰-۲۰

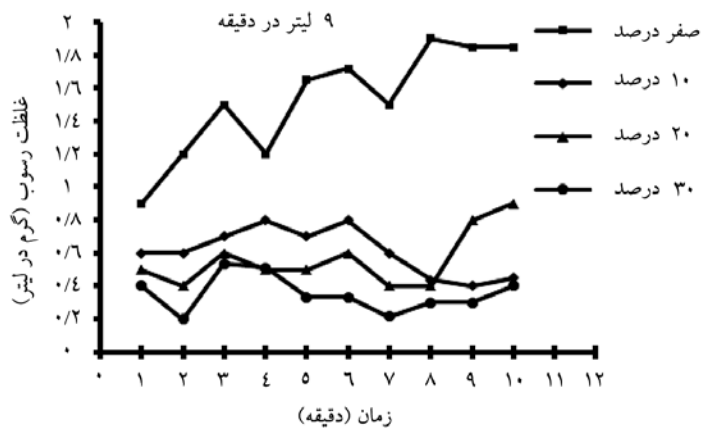
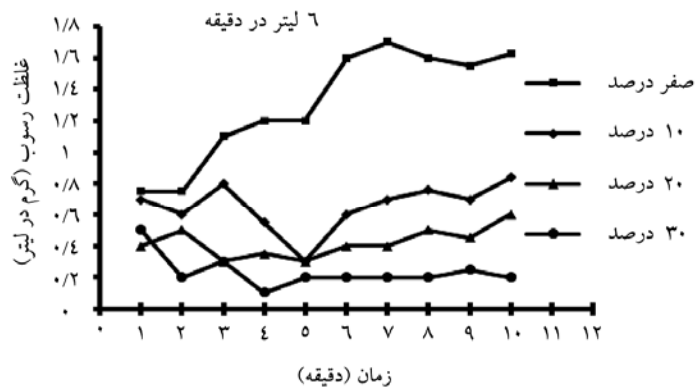
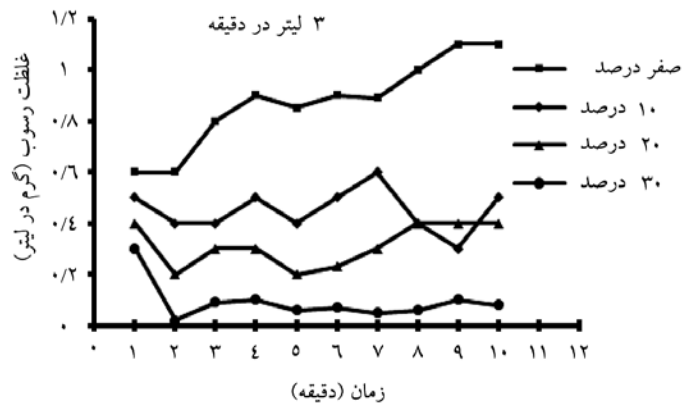
افزایش پوشش سنگ‌ریزه سطحی سرعت جریان را به‌طور متوسط در دبی‌های مختلف ۶۹/۲ درصد کاهش داد (جدول ۲). پوزن و همکاران (۱۹۹۰) و تیلانق و همکاران (۲۰۱۰) به‌ترتیب در مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی گزارش کردند که پوشش سنگ‌ریزه سطحی مقاومت خاک را در مقابل حرکت جریان‌های سطحی با افزایش زبری سطح خاک افزایش می‌دهد. در این پژوهش، ضریب زبری مانینگ با افزایش پوشش سنگ‌ریزه سطحی از ۰/۰۱۲ به ۰/۱۱۵ افزایش یافت (جدول ۲). نتایج این مطالعه با نتایج رییک-زپ و همکاران (۲۰۰۷) و تیلانق و همکاران (۲۰۱۰) مشابه می‌باشد. افزایش پوشش سنگ‌ریزه سطحی عدد فرود را ۸۲/۷ درصد کاهش داد، ولی تأثیر کمی بر عدد رینولدز داشت. همچنین با زیاد شدن دبی جریان عدد فرود کاهش و عدد رینولدز افزایش یافت (جدول ۲). کاهش عدد فرود با زیاد شدن جریان سطحی به‌علت افزایش ضریب زبری بوده که دلیل آن می‌تواند پایین بودن شیب باشد. نتایج مطالعات تیلانق و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان داد که افزایش پوشش سنگ‌ریزه سطحی در دبی ثابت عدد رینولدز را کم‌تر تحت تأثیر قرار داد و تقریباً ثابت می‌ماند.

جدول ۲- تأثیر پوشش سنگریزه سطحی بر خصوصیات هیدرولیکی جریان.

دبی جریان (لیتر در دقیقه)	پوشش سنگریزه (سن)	سرعت متوسط (سانتی متر بر ثانیه)	عمق متوسط جریان (میلی متر)	ضریب زبری مانینگ	عدد فروید	عدد رینولدز
	صفر	۱۶/۱	۰/۶	۰/۰۱۲	۲/۲۴	۸۳/۴
۳	۱۰	۸/۳	۱/۲	۰/۰۳۳	۰/۸۴	۸۲/۶
	۲۰	۶/۴	۱/۵	۰/۰۴۹	۰/۵۸	۷۹/۶
	۳۰	۵	۲	۰/۰۷۴	۰/۳۹	۸۲/۹
	صفر	۱۶/۴	۱/۲	۰/۰۱۷	۱/۶۶	۱۶۲/۵
۶	۱۰	۹/۱	۲/۲	۰/۰۴۲	۰/۶۸	۱۶۳/۵
	۲۰	۶/۷	۳	۰/۰۷۱	۰/۴۳	۱۶۵/۸
	۳۰	۵/۳	۳/۸	۰/۱۰۴	۰/۳	۱۶۶/۳
	صفر	۱۹/۶	۱/۵	۰/۰۱۶	۱/۷۳	۲۵۳/۲
۹	۱۰	۱۰/۴	۲/۹	۰/۰۴۶	۰/۶۶	۲۵۶/۸
	۲۰	۷/۲	۴/۲	۰/۰۸۱	۰/۳۹	۲۴۷/۹
	۳۰	۵/۷	۵/۳	۰/۱۱۵	۰/۲۸	۲۴۱/۶

شکل ۲ تأثیر پوشش سنگریزه سطحی بر غلظت رسوب در طول زمان را نشان می‌دهد. همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، با افزایش زمان، غلظت رسوب در خاک بدون پوشش به صورت خطی افزایش یافت ولی در پوشش‌های مختلف سنگریزه‌ای مقدار غلظت رسوب با افزایش زمان تغییرات کمی را نشان می‌دهد.

متوسط غلظت رسوب با افزایش پوشش سنگریزه سطحی در دبی ۳ لیتر در دقیقه از ۰/۸۷ (صفر درصد) به ۰/۴۵ (۱۰ درصد)، ۰/۳۱ (۲۰ درصد) و ۰/۰۹ گرم در لیتر (۳۰ درصد) و به همین ترتیب در دبی ۶ و ۹ لیتر در دقیقه مقدار متوسط غلظت رسوب با افزایش پوشش سنگریزه سطحی کاهش یافت (شکل ۲). همچنین، با افزایش دبی جریان متوسط غلظت رسوب در پوشش صفر درصد از ۰/۸۷ (۳ لیتر در دقیقه) به ۱/۳ (۶ لیتر در دقیقه) و ۱/۵ گرم در لیتر (۹ لیتر در دقیقه)، در پوشش ۱۰ درصد از ۰/۴۵ (۳ لیتر در دقیقه) به ۰/۶۵ (۶ لیتر در دقیقه) و ۰/۶۱ گرم در لیتر (۹ لیتر در دقیقه)، به همین ترتیب در پوشش‌های سنگریزه سطحی ۲۰ و ۳۰ درصد با افزایش دبی جریان‌های سطحی مقدار غلظت متوسط رسوب افزایش یافت (شکل ۲).

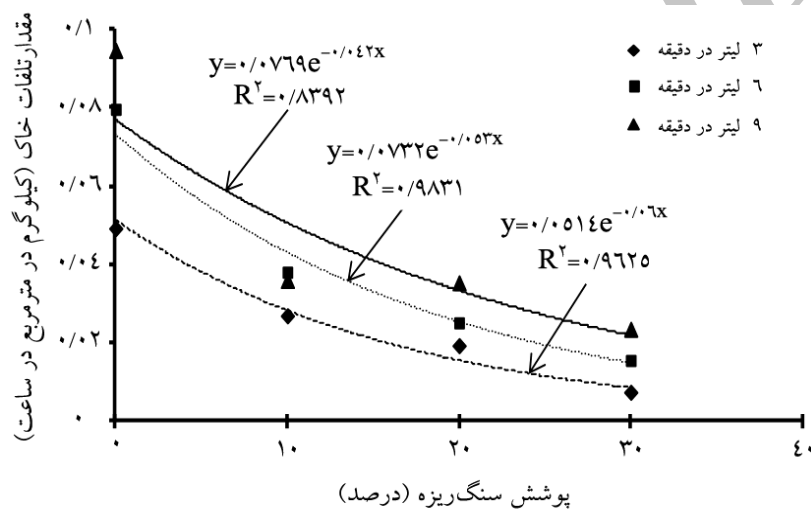


شکل ۲- تأثیر پوشش سنگ‌ریزه سطحی در دبی‌های مختلف (۳، ۶ و ۹ لیتر در دقیقه) بر غلظت رسوب.

شکل ۳ رابطه‌ی نمایی بین پوشش سنگ‌ریزه سطحی و مقدار تلفات خاک را نشان می‌دهد. این متغیرها با استفاده از معادله زیر به هم ربط داده می‌شود:

$$y = a \exp(-bx) \quad (7)$$

که در آن، y : مقدار تلفات خاک (کیلوگرم در مترمربع در ساعت)، x : پوشش سنگ‌ریزه سطحی (درصد)، a و b : ضرایب تجربی هستند.



شکل ۳- تأثیر پوشش‌های مختلف سنگ‌ریزه در دبی‌های متفاوت بر مقدار تلفات خاک.

تغییرات مقدار کل تلفات خاک را در آزمایش‌های مختلف، با استفاده از تناسب زیر می‌توان به صورت واضح نشان داد:

$$r = \frac{\Delta l_i}{l_i} \times 100 \quad (8)$$

که در آن، r : درصد تغییرات مقدار کل تلفات خاک، Δl_i : تغییرات مقدار کل تلفات خاک برای پوشش‌های مختلف سنگ‌ریزه و جریان‌های سطحی (اختلاف مقدار تلفات خاک بین پوشش‌های مختلف سنگ‌ریزه در جریان‌های سطحی ثابت) و l_i : مقدار حداقل (مقدار تلفات خاک در صفر درصد

پوشش سنگریزه در جریان‌های مختلف سطحی (خاک بدون پوشش) می‌باشد. نتایج این آنالیز حساسیت در جدول ۳ ارایه شده است و نشان می‌دهد که با افزایش پوشش سنگریزه از صفر به ۳۰ درصد مقدار کل تلفات خاک به‌طور متوسط در دبی‌های مختلف در حدود ۸۰/۱ درصد کاهش یافته است. محققان بر این اعتقادند که با افزایش پوشش سنگریزه سطحی، زبری سطح خاک افزایش، سرعت جریان سطحی کاهش و به‌دنبال آن قدرت فرساینده‌گی جریان سطحی کاهش می‌یابد (رییک-زپ و همکاران ۲۰۰۷؛ تیلانق و همکاران، ۲۰۱۰).

براساس مطالعاتی که رییک-زپ و همکاران (۲۰۰۷)، روی تأثیر پوشش سنگریزه بر مقدار تلفات خاک در خاک لوم سیلتی با استفاده از فلوم آزمایشگاهی انجام دادند، نتیجه گرفتند که با افزایش پوشش سنگریزه مقدار کل رسوب کاهش می‌یابد. نتایج آن‌ها تأکید می‌کند که در دبی ۵/۷ لیتر در دقیقه با شیب ۷ درصد، با افزایش پوشش سنگریزه از صفر به ۳۰ درصد مقدار کل رسوب بیش از ۹۰ درصد کاهش یافت. تیلانق و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود در سطح مزرعه با استفاده از یک شبیه‌ساز رواناب در خاک لوم نشان دادند که با افزایش پوشش سنگریزه سطحی از صفر به ۲۰/۸ درصد مقدار کل رسوب ۷۸ درصد کاهش یافت.

ماندل و همکاران (۲۰۰۵)، مارتین-زاوالا و جردن (۲۰۰۸)، و مارتین-زاوالا و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعات خود با استفاده از یک شبیه‌ساز باران قابل حمل در شرایط صحرائی که به‌ترتیب در هندوستان، اسپانیا و مناطق مدیترانه‌ای انجام دادند نتیجه گرفتند که با افزایش پوشش سنگریزه سطحی، مقدار تلفات خاک به‌صورت نمایی کاهش می‌یابد.

جدول ۳- درصد کاهش تلفات خاک در پوشش‌های سنگریزه و جریان‌های سطحی مختلف نسبت به خاک بدون پوشش.

پوشش‌های سنگریزه (درصد)			دبی (لیتر بر دقیقه)
۳۰	۲۰	۱۰	
۸۴/۸	۶۰/۶	۴۵/۲	۳
۸۰/۴	۶۸/۳	۵۲/۱	۶
۷۵/۱	۶۲/۶	۶۱/۹	۹

نتیجه گیری

نتایج نشان می‌دهد که افزایش پوشش سنگریزه سطحی در پارامترهای هیدرولیکی جریان‌های سطحی مؤثر بوده و با افزایش آن، ضریب زبری مانینگ افزایش و عدد فرود که بیانگر قدرت فرساینده‌گی جریان‌های سطحی می‌باشد، کاهش می‌یابد. پوشش سنگریزه سطحی، به‌علت حفاظت از سطح خاک در مقابل عوامل فرساینده، کاهش سرعت و قدرت جریان‌های متمرکز سطحی، مقدار رسوب را به‌صورت نمایی کاهش داد.

پوشش سنگریزه سطحی در کاهش فرسایش خاک در شرایطی که استقرار پوشش گیاهی امکان‌پذیر نمی‌باشد مانند خاک‌های مشکل‌دار (خیلی شور، قلیایی، اسیدی و...) و خاک‌های لسی با حساسیت بالا به فرسایش، دارای اهمیت زیادی است. پیشنهاد می‌شود که مطالعه‌ای مشابه در سطح مزرعه و شرایط طبیعی برای ارتقا حفاظت خاک و مدیریت بهینه اراضی انجام گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از امکانات و تسهیلات شبیه‌سازی باران و رواناب پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری به ثمر رسیده است. بدین‌وسیله نگارندگان مراتب سپاسگزاری خود را اعلام می‌کنند.

منابع

1. Abrahams, A.D., and Parsons, A.J. 1991. Relation between infiltration and stone cover on a semiarid hillslope, southern Arizona. *J. Hydrol.* 122: 49-59.
2. Abrahams, A.D., Li, G., Krishnan, C., and Atkinson, J.F. 2001. A sediment transport equation for interrill overland flow on rough surfaces. *Earth Surf. Process Landf.* 26: 1443-1459.
3. Agassi, M., and Levy, G.J. 1991. Stone-cover and rain intensity: effects on infiltration, erosion and water splash. *Aust. J. Soil Res.* 29: 565-575.
4. Allen, J.R.L. 1994. Fundamental properties of fluids and their relation to sediment transport processes. In Pye, K. ed. *Sediment Transport and Depositional Processes.*
5. Auzet, A.V., Boiffin, J., and Ludwig, B. 1995. Concentrated flow erosion in cultivated catchments: influence of soil surface state. *Earth Surf. Process Landf.* 20: 5-14.
6. Blake, G.R., and Hartge, K.H. 1986. Bulk density. In *Met*, 2nd edn. Ed. A. Klute, P 363-375. American Society of Agronomy, Madison.
7. Cerda, A. 2001. Effects of rock fragment cover on soil infiltration, interrill runoff and erosion. *Eur. J. Soil Sci.* 52: 59-68.
8. Fryear, D.W. 1985. Soil cover and wind erosion. *Trans. ASAE.* 28: 3. 781-784.

9. Gale, W.J., McColl, R.W., and Fang, X. 1993. Sandy fields traditional farming for water conservation in China. *J. Soil Water Conserv.* 48: 474-477.
10. Gee, G.H., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. In: A. Klute, (ed). *Methods of soil Analysis. Physical Properties.* SSSA, Madison, WI. 9: 383-411.
11. Gilley, E., Finkner, S., Doran, J., and Kottwitz, E. 1990. Adsorption of bromide tracers onto sediment, *APPL. Engineering in Agriculture*, 6: 35-38.
12. Lavee, H., and Poesen, J. 1991. Overland flow generation and continuity on stone-covered soil surfaces. *Hydrol. Process.* 5: 345-360.
13. Li, X.Y. 2003. Gravel-sand mulch for soil and water conservation in the semiarid loess region of northwest China. *Catena*, 52: 105-127.
14. Li, G., Abrahams, A.D., and Atkinson, J.F. 1996. Correction factors in the determination of mean velocity of overland flow. *Earth Surf. Process Landf.* 21: 509-515.
15. Li, X.Y., and Liu, L.Y. 2003. Effect of gravel mulch on Aeolian dust accumulation in the semiarid region of northwest China. *Soil Tillage Res.* 70: 73-81.
16. Mandal, U.K., Rao, K.V., Mishra, P.K., Vittal, K.P.R., Sharma, K.L., Narsimlu, B., and Venkanna, K. 2005. Soil infiltration, runoff and sediment yield from a shallow soil with varied stone cover and intensity of rain. *Eur. J. Soil Sci.* 56: 435-443.
17. Martinez-Zavala, L., and Jordan, A. 2008. Effect of rock fragment cover on interrill soil erosion from bare soils in Western Andalusia, Spain. *Soil Use Manage.* 24: 108-117.
18. Martinez-Zavala, L., Jordan, A., Bellinfante, N., and Gil, J. 2010. Relationships between rock fragment cover and soil hydrological response in a Mediterranean environment. *Soil Science and Plant Nutrition*, 56: 95-104.
19. Miller, F.T., and Guthrie, R.L. 1984. Classification and distribution of soils containing rock fragments in the United States. In: Nichols, J.D., Brown, P.L., Grand, W.J. (eds) *Erosion Productivity of Soils Containing Rock Fragments*, Special Publication, Soil Sci. Soc. Am. J. Madison, WI. 13: 1-6.
20. Nearing, M., Norton, L.D., Bulgakov, D., Larionova, G., West, L., and Dontsova, K. 1997. Hydraulics and erosion in eroding rills. *Water Resour. Res.* 33: 865-876.
21. Poesen, J., and Lavee, H. 1994. Rock fragments in top soils: significance and processes. *Catena*, 23: 1-28.
22. Poesen, J., Ingelmo-Sanchez, F., and Mucher, H. 1990. The hydrological response of soil surfaces to rainfall as affected by cover and position of rock fragments in the top layer. *Earth Surf. Process Landf.* 15: 653-671.
23. Rayment, G.E., and Higginson, F.R. 1992. Oxalat-extractable Fe and Al, P 137-151, In: *Australian Laboratory Handbook for Soil and Water Chemical Methods.* Kata Press.

24. Richards, L.A. 1954. PH reading of saturated soil paste. USDA Agriculture Hand book.
25. Rieke-Zapp, D., Poesen, J., and Nearing, M.A. 2007. Effects of rock fragments incorporated in the soil matrix on concentrated flow hydraulics and erosion. *Earth Surf. Process Landf.* 32: 1063-1076.
26. Tailong, G., Quanju, W.D., and Li, J.Z. 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. *Soils Sediments*, 10: 1200-1208.
27. Tromble, J.M. 1976. Semiarid rangeland treatment and surface runoff. *J. Range Manage.* 29: 251-255.
28. Valentin, C., and Casenave, A. 1992. Infiltration into sealed soils as influenced by gravel cover. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1667-1673.
29. Walky, A., and Black, I.A. 1934. An examination of Degtareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. 1. Experimental. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 79: 459-465.
30. Yao, C., Lei, T., Elliot, W.J., McCool, D.K., Zhao, J., and Chen, S. 2007. Critical Conditions for Rill Initiation. Soil and Water Division of ASAE. SW. Pp: 70-56.



Effect of surface rock fragment cover on soil erosion and sediment using simulated runoff

***S. Mirzaee¹, M. Gorji² and A. Jafari Ardakani³**

¹M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, University of Tehran, ²Associate Prof., Dept. of Soil Science, University of Tehran, ³Faculty Member of Institute of Soil Conservation and Watershed Management Research
Received: 2011/08/03; Accepted: 2012/04/22

Abstract

Rock fragments cover is a key factor for soil erosion control, particularly in arid and semiarid environments where vegetation cover is low. The objective of the present research was to study the influence of rock fragment cover on soil erosion and the hydraulic properties of surface flow. The investigation was conducted using a flume with 6 m length, 0.5 m width, and 3% gradient. The treatments included rock fragment cover (0%, 10%, 20%, and 30%), and three levels of flow discharges (3, 6, and 9 lit. min⁻¹). Velocity of water flow decreased 69.2%, the Manning roughness coefficient increased from 0.012 to 0.115, and the Froude number decreased from 2.24 to 0.28 with an increase in rock fragment cover. The Reinhold's number showed a small variation among different rock fragment covers, but increased with increasing flow discharge. In addition, the rate of soil loss averagely decreased 80.1% in different flow rates with a rise in rock fragment cover from 0 to 30%. Decreasing soil loss rate was related to rock fragment cover by an exponential function.

Keywords: Golestan Province, Loess soils, Soil erosion, Flume

* Corresponding Authors; Email: salman_mirzaee@ut.ac.ir