نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

Vol. 10, No. 34, Fall 2016

سال دهم- شماره ۳۴-پاییز ۱۳۹۵

مطالعه فرآیندهای تولید روان‌آب و رسوب تحت نوارهای ژئوتکستایل کنفی-کلشی

محمد ایوب محمدی[۱]، عطاالله کاویان[۲] و کریم سلیمانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰٦/۰۸

چکیده

طی چند دهه گذشته از ژئوتکستایل‌ها جهت حفاظت دامنه‌های فرسایش یافته، کاهش هدررفت خاک و ایجاد بستر مورد نیاز برای رشد گیاهان استفاده شده است. در تحقیق حاضر سعی شد کارائی ژئوتکستایل کنفی-کلشی در کاهش روان‌آب و رسوب خروجی از یک حوضه آزمایشی کوچک مورد بررسی قرار گیرد. به این منظور در بالادست سد قشلاق دو حوضه کوچک (کنترل و تیمار) انتخاب و در داخل یکی از آن‌ها اقدام به نصب ژئوتکستایل کنفی-کلشی به صورت نوارهایی عمود بر جهت جریان دامنه‌ها شد. پس از اجرای تیمار حفاظت خاک، در نقطه خروجی حوضه‌ها فلوم‌های اندازه‌گیری نرخ جریان نصب شد تا در صورت بارندگی مقادیر روان‌آب و رسوب معلق اندازه‌گیری شود. در طول یک سال آماربرداری، سایر متغیّرهای مورد نیاز نیز (از قبیل: درصد پوشش گیاهی، خاک، سنگریزه، رخنمون سنگی و شیب) در سرتاسر سطح حوضه بررسی و ثبت شد. نتایج مؤید تغییرات زیاد روان‌آب و رسوب طی دوره مورد مطالعه بود، به نحوی که حداکثر و حداقل رسوب ویژه به ترتیب برابر با ۲/٤۸ و ۰/٦۹ گرم بر مترمربع برای وقایع مورخ ۱۳۹۳/۱۱/۱۰ و ۱۳۹٤/۰۱/۰۹ ثبت گردید. علاوه برآن، نتیجه آزمون مقایسه میانگین نشان داد که ژئوتکستایل کنفی-کلشی توانسته رسوب ویژه را به طرز معنی‌داری کاهش دهد (P<0/05)، با این حال، بین روان‌آب دو حوضه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P=0/67). شیب زیاد منطقه مورد مطالعه و درصد رخنمون سنگی بالا، دلیل بالا ماندن تولید روان‌آب حتی بعد از اجرای تیمار حفاظت خاک می‌باشد. نتایج شاخص کارائی کاهش رسوب نیز ضمن تأکید بر کارائی بالای ژئوتکستایل کنفی-کلشی در کاهش رسوب، نشان داد که در رگبار ۱۳۹٤/۰۱/۰۹ بیشترین اثرگذاری در کاهش رسوب به وقوع پیوسته به نحوی که مقدار RRE برابر با ۵۰/٤۹ درصد به دست آمد. این عدد بیان کننده این واقعیت می‌باشد که در مقایسه با حوضه کنترل، ژئوتکستایل کنفی-کلشی توانسته است مقدار رسوب‌دهی را به نصف برساند، که عدد بسیار بالائی می‌باشد.

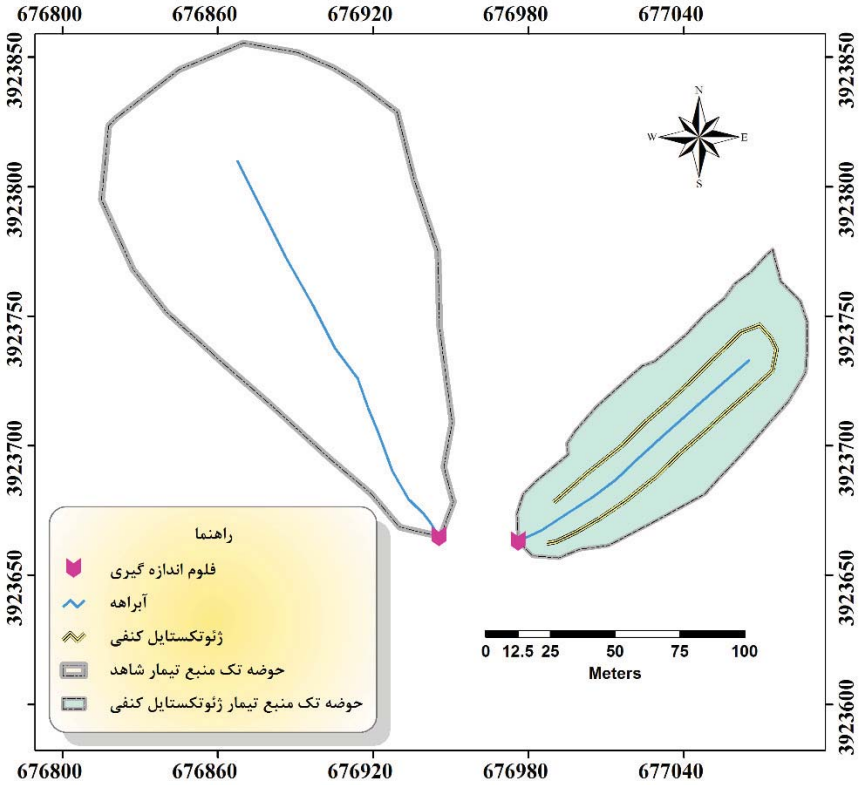
کلید واژه‌ها: *ژئوتکستایل کنفی-کلشی، روان‌آب، رسوب، حوزه آبخیز کوچک، سد قشلاق*

مقدمه

از سال‌ها پیش، جهت مبارزه با اثرات مخرب هدررفت خاک از روش‌های حفاظت آب و خاک استفاده می‌شده است [٦، ١٦، ١۵]. هدف این روش‌ها کم نمودن روان‌آب و هدررفت خاک در محل مورد استفاده و همچنین کاهش اثرات خارج از منطقه‌ای ناشی از فرسایش از قبیل رسوب‌گذاری در مخازن، از بین رفتن کیفیت آب و سیلاب می‌باشد [۲۳، ٢٤]. از بین تکنیک‌های موجود جهت کاهش روان‌آب و رسوب می‌توان به روش‌های ایجاد پوشش روی سطح زمین از جمله پوشش طبیعی و مصنوعی اشاره نمود که مالچ پاشی و ژئوتکستایل[٤] از انواع رایج این نوع تکنیک‌ها می‌باشد. طبق تعریف جان [۱۱] ژئوتکستایل عبارتست از یک لایه نفوذپذیر بافته شده، که به عنوان بخش مکمل پروژه‌های انسانی در تماس با خاک، پی، سنگ، زمین و یا هر نوع ماده مهندسی خاک[۵] مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کلی، محققین مختلفی اثر انواع مختلف مالچ [۱۸، ۱۹، ۸، ۱۲، ۹، ۱۷] و ژئوتکستایل [۲، ۱۳، ۱، ۳، ۲۲] را در شرایط مختلف بررسی نموده‌اند. که از جمله می‌توان به موارد زیر در ارتباط با ژئوتکستایل اشاره نمود: باتاچاریا و همکاران [۲] با مطالعه دو نوع ژئوتکستایل (حصیرهای *Borassus* و *Buriti*) ساخته شده از برگ درخت نخل در مقیاس کرت‌های ۱۰*۱ مترمربع با شیب ۱۵ درجه بیان نمودند که ژئوتکستایل‌ها موجب تغییر غلظت عناصر و توزیع اندازه ذرات خاک شده به‌نحوی که محتوای سیلت و رس خاک در کرت‌ها به طرز معنی‌داری کاهش و نسبت ماسه آن بعد از دو سال

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. نویسنده مسئول و دانشیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پست الکترونیک: a.kavian@sanru.ac.ir
۳. استاد گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

4. geotextile
5. geotechnical engineering



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Fig 1. The location of the study area

افزایش می‌یابد. لئو و همکاران [۱۳] با استفاده از باران‌ساز اثر سه نوع ژئوتکستایل (توری[1]، الیاف بافته نشده[2] و حصیرهای کلشی[3]) بر روان‌آب و فرسایش در دامنه‌های کنار جاده در چین را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که در مقایسه با دامنه کنترل، هر سه نوع ژئوتکستایل به طرز معنی‌داری روان‌آب و غلظت رسوب را کاهش دادند که در این میان، ژئوتکستایل کلشی دارای بهترین اثر بود و منجر به تولید حداقل ضریب روان‌آب (۱۰/۹ درصد) و رسوب (۸/۵ گرم در مترمربع) شد. آلوارز-موزوس و همکاران [۱] در مطالعه‌ای در مقیاس کرت به ارزیابی چند نوع ژئوتکستایل (پلی‌استر مصنوعی[4]، لایه‌های کنفی[5]، توری‌های کنفی[6]) در کنترل فرسایش روی دامنه‌های شیب‌دار پرداختند. نتایج نشان داد که در شیب‌های ۴۵ و ۶۰ درجه، ژئوتکستایل‌های کنفی و توری دو تا سه برابر مقدار روان‌آب بیشتری نسبت کرت کنترل تولید نمودند، در حالی که در کرت حاوی ژئوگرید پلی‌استر مصنوعی اختلاف معنی‌داری نسبت به کنترل دیده نشد. ایشان بیان نمودند که اثر بخشی ژئوتکستایل‌ها در کاهش هدررفت خاک در شیب ۴۵ درجه بیشتر از ۶۰ درجه می‌باشد. با این حال، اثربخش‌ترین تیمار، کرت دارای ژئوگریدی بود که به صورت سطحی نصب شده بود.

جمع‌بندی سوابق تحقیق نشان دهنده مطالعات زیادی می‌باشد که هر کدام به‌نحوی مؤید کارائی به کارگیری روش‌های ایجاد پوشش سطحی زمین (از جمله ژئوتکستایل) جهت حفاظت خاک می‌باشد. با این حال، اکثر این تحقیقات در سطح کرت و با استفاده از شبیه‌ساز باران صورت گرفته است. اگرچه در برخی موارد مطالعات در سطح دامنه و در شرایط رگبار طبیعی انجام شده، اما هیچ کدام از آن‌ها به بررسی مکانیسم اثرگذاری ژئوتکستایل در مقیاس حوضه به صورت بافرهای عمود بر جهت جریان نپرداخته است. بنابراین ضروری به نظر می‌رسد که با اندازه‌گیری جریان در ایستگاه خروجی حوضه‌ها کارائی ژئوتکستایل کنفی-کلشی زمانی که به صورت پوشش محدود به کار گرفته شده است بررسی شود. البته نباید فراموش کرد که استفاده از روش‌های مکانیکی در اراضی منابع طبیعی ایده مناسبی نمی‌باشد مگر اینکه ارزش زمین بالا و امکان نگهداری از عملیات حفاظت خاک مهیا باشد. اما به دلیل قرارگیری منطقه مورد مطالعه در بالادست سد قشلاق و نیز با توجه به قابلیت دسترسی آسان و امکان اندازه‌گیری روان‌آب و رسوب و در نهایت هزینه پایین این عملیات به دلیل ایجاد پوشش نسبی، تحقیق حاضر انجام پذیرفت.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

جهت انجام تحقیق حاضر دو میکروحوضه در بالادست سد

1. shade net
2. non-woven fabrics
3. straw mats
4. synthetic polyester geogrid
5. coir blanket
6. jute net

قشلاق (وحدت) واقع در ۱۲ کیلومتری شمال شهر سنندج انتخاب گردید (شکل ۱). حداقل و حداکثر ارتفاع حوضه‌ها برابر ۱۷۳۷-۱۷۹۲، و شیب متوسط آن حدود ۲۵ درصد می‌باشد. میانگین بارندگی منطقه ۵۰۰ میلی‌متر بوده که عمدتاً در فصل پاییز، زمستان و بهار متمرکز می‌باشد. کاربری اراضی حوضه مرتعی بوده که غالب گونه‌های آن را گون تشکیل می‌دهد. پوشش سنگلاخی حوضه‌ها زیاد بوده و رخنمون‌های سنگی از جنس سنگ‌های آهکی در اطراف آبراهه و در سراب حوضه‌ها دیده می‌شود. مساحت حوضه کنترل ۱۵۹۶۸ مترمربع و مساحت حوضه نمونه ۶۰۴۰ متر مربع می‌باشد که در فاصله نزیکی نسبت به هم قرار دارند.

تهیه ژئوتکستایل

ژئوتکستایل‌ها انواع مختلفی دارند که بسته به نوع ماده تشکیل دهنده آن‌ها به دو نوع ژئوتکستایل زیستی و مصنوعی تقسیم می‌شوند. در این مطالعه سعی شد از نوع زیستی آن جهت حفاظت خاک استفاده شود. بنابراین با تهیه لایه‌های کنفی اقدام به ساخت تیمار مورد نظر شد. برای این کار ابتدا لایه‌های کنفی در راستای طولی برش داده شد تا به صورت نواری به عرض حدود ۷۰ سانتی‌متر درآید. سپس نوار به دست آمده در راستای طولی روی هم تا شد و بین آن‌ها با کلش پر شد تا به صورت یک استوانه بزرگ با طول برابر با عرض دامنه درآید (شکل ۲).

فاصله بین نوارهای ژئوتکستایل

جهت تعیین فاصله بین ژئوتکستایل‌ها سعی شد، این فاصله به گونه‌ای انتخاب شود تا قبل از رسیدن آب به سرعت آستانه فرسایش، از فرسایش خاک و انتقال ذرات رسوبی جلوگیری شود. در نتیجه از روابط موجود برای تعیین فاصله بین بانکت استفاده شد. لذا از بین روابط مختلف، رابطه شماره (۱) انتخاب گردید [۷].

$$V^2/_P = 150i/_{i'} \qquad (۱)$$

که در آن، V فاصله عمودی (متر)، P شیب زمین (متر بر متر)، i شدت بارندگی برابر با ۱ (میلی‌متر بر دقیقه)، و 'i شدت بارندگی منطقه مورد مطالعه (میلی‌متر بر دقیقه) می‌باشد.

لازم به ذکر است که ابتدا فاصله بین بانکت‌ها با تمامی روابط موجود محاسبه گردید که ارقام متفاوتی به دست آمد، لذا اگرچه در نهایت از رابطه شماره (۱) استفاده شد، اما با مشاهدات میدانی از وضعیت منطقه و با درنظر گرفتن سایر خصوصیات (از جمله شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی و خاک) فاصله مذکور اصلاح گردید.

عملیات میدانی و نصب ژئوتکستایل

پس از تعیین منطقه مورد مطالعه و بررسی‌های میدانی از سطح منطقه، دو میکروحوضه جدا گردید و حوضه کوچک‌تر به عنوان نمونه جهت بکارگیری تیمار حفاظت خاک در نظر گرفته شد. به منظور نصب ژئوتکستایل‌ها عمود بر آبراهه اصلی، ابتدا خطوط تراز مورد نظر در منطقه تعیین شد، سپس نوارهای کنف روی خطوط تراز کار گذاشته شدند. در مرحله بعد روی هر نوار کلش لازم ریخته شد و در نهایت لایه پایینی نوار به سمت لایه بالایی تا شد و روی آن قرار گرفت. به نحوی که ژئوتکستایل به صورت استوانه‌هایی پر از کلش عمود بر راستای طولی دامنه و جهت جریان قرار گرفت. ژئوتکستایل‌های استوانه‌ای مذکور توسط پیکه‌های چوبی سی سانتی‌متری بر روی دامنه نصب شد تا به طور مؤثر جریان طولی را قطع و موجب کاهش سرعت روان‌آب و همچنین افزایش تله‌اندازی رسوب شود. جهت اندازه‌گیری جریان آب و رسوب معلق نیز اقدام به ساخت ایستگاه‌های هیدرومتری شد. تجهیز حوضه‌ها به وسایل اندازه‌گیری روان‌آب توسط فلوم‌های استاندارد از قبیل تهیه شده صورت گرفت. به این منظور دو عدد فلوم ذوزنقه‌ای در خروجی حوضه‌ها با مصالح ساختمانی جاگذاری و نصب شد.

اندازه‌گیری روان‌آب و رسوب

روان‌آب و رسوب ناشی از وقایع فرساینده با اندازه‌گیری مستقیم آن در فلوم‌های مستقر در حوضه انجام پذیرفت. برای این کار

شکل ۲- نمایی از نوار ژئوتکستایل کنفی-کلشی پس از نصب

Fig 2. A view of installed jute geotextile

در طول مدت رگبارهای منجر به روان‌آب، با استفاده از ظروف نمونه‌برداری پلاستیکی نمونه‌های روان‌آب و رسوب همراه آن با فواصل زمانی ۱۵ دقیقه برداشت شد. بعد از پایان هر واقعه نمونه‌های جمع‌آوری شده به آزمایشگاه منتقل شد. همزمان با برداشت نمونه‌ها، ارتفاع روان‌آب هر فلوم با استفاده از معیار مدرج شده در داخل فلوم (با دقت میلی‌متر) ثبت شد. داده‌های ارتفاع روان‌آب، طبق دفترچه راهنمای استاندارد هر فلوم تبدیل به دبی بر حسب (لیتر بر ثانیه) شد. مقادیر رسوب معلق موجود در هر نمونه با استفاده از روش فیلتراسیون تعیین گردید. در نهایت با استفاده از داده‌های به دست آمده، هیدروگراف و رسوب‌گراف هر واقعه بارندگی برای هر کدام از حوضه‌ها به دست آمد. جهت اندازه‌گیری باران، از داده‌های ایستگاه بارندگی استفاده شد که در نزدیکی محل نمونه‌برداری قرار گرفته است. سایر خصوصیات مربوط به منطقه (از قبیل، وضعیت پوشش گیاهی، خاک و...) توسط پایش میدانی به دست آمد و در صورت لزوم برای هر رگبار تغییرات هر پارامتر ثبت شد.

تجزیه و تحلیل

پس از تهیه و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، اقدام به تجزیه و تحلیل مقادیر به دست آمده جهت تبیین تغییرات مؤلفه‌های مورد بررسی شد. برای این کار جهت تعیین اثر کلی تیمار ژئوتکستایل بر روان‌آب و رسوب از آزمون مقایسه میانگین تی-مستقل استفاده شد. اما اثربخشی ژئوتکستایل‌ها در کاهش روان‌آب و رسوب با استفاده از روابط زیر به دست آمد (سوزرلند [۲۱]):

$$SLRE_i = \left({SL_{control} - SL_i}/{SL_{control}} \right) * 100 \qquad (۲)$$

$$RRE_i = \left({R_{control} - R_i}/{R_{control}} \right) * 100 \qquad (۳)$$

که در آن، $SL_{control}$ رسوب حوضه کنترل، SL_i رسوب حوضه نمونه (حوضه با تیمار حفاظت خاک)؛ همچنین $R_{control}$ روان‌آب حوضه کنترل، R_i روان‌آب حوضه نمونه و مقادیر $SLRE_i$ و RRE_i به ترتیب شاخص اثربخشی کاهش رسوب و روان‌آب می‌باشد.

نتایج

جهت شناخت بهتر شرایط فیزیکی و خاک‌شناسی منطقه اقدام به تعیین پارامترهای مؤثر در فرآیندهای هیدرولوژیکی شد که در جدول ۱ نشان داده شده است. طی دوره مورد مطالعه اقدام به ثبت رگبارهای فرساینده منجر به تولید روان‌آب و رسوب شد. برخی مشخصه‌های مهم رگبارها و زمان وقوع آن‌ها در جدول ۲ آمده است.

پس از اندازه‌گیری جریان آب و رسوب در انتهای هر حوضه و به منظور مقایسه اثر تیمار مذکور با حوضه کنترل اقدام به محاسبه روان‌آب و رسوب‌دهی ویژه و نیز تعیین ضریب روان‌آب و غلظت رسوب شد (جدول ۳).

به منظور بررسی روان‌آب و رسوب حوضه کنترل با حوضه دارای تیمار ژئوتکستایل از آزمون تی-مستقل استفاده شد که نتایج آن در جدول ٤ موجود می‌باشد. در نهایت کارائی ژئوتکستایل کنفی-

جدول ۱- برخی ویژگی‌های حوضه مورد مطالعه

Table 1. some characteristics of the two micro-catchments

میکرو حوضه‌ها Micro-catchments	دامنه‌ها hillslopes	رس (٪) Clay (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)	رخنمون سنگی (٪) Bedrock (%)	سنگریزه سطحی (٪) Gravel and stone (%)
کنترل control	1	20/88	18/98	60/13	30	<1	15
	2	14/08	42/16	43/75	25		20
	3	12/03	55/91	32/05	30		20
تیمار ژئوتکستایل کنف Jute geotextile	1	31/4	28/2	40/4	20	<1	25
	2	17/06	25/26	57/66	20		20
	3	14/83	60/86	24/3	20		25

جدول ۲- تاریخ وقایع بارندگی و مهمترین ویژگی‌های آن

Table 2. rainfall events and most important characteristics

تاریخ بارندگی	Event date	عمق بارندگی (میلی‌متر) Rainfall depth (mm)	مدت (ساعت) Duration (hr)	شدت متوسط (میلی‌متر بر ساعت) Average intensity (mm/hr)	انرژی جنبشی (ژول بر مترمربع بر سانتی‌متر باران) Kinetic energy (Jm^2cm^{-1})
1393.11.10	30-jan-2015	15/8	7	2/26	509
1393.11.22	11-feb-2015	17	21	0/8	444
1393.11.27	16-feb-2015	8/1	9	0/9	212
1393.12.01	20-feb-2015	11/6	10/5	1/1	348
1393.12.02	22-mar-2015	6/8	4	1/7	208
1394.01.09	29-mar-2015	12/5	17/5	0/71	304
1394.01.22	11-apr-2015	13/5	14/5	0/93	416

جدول ۳- نتایج اندازه گیری ضریب و حجم روان‌آب و غلظت و بار رسوب برای هر رگبار

Table 3. measured runoff volume and coefficient, sediment load and concentration for each rainfall event

روان‌آب ویژه (لیتر بر مترمربع) Unit runoff (liter/m²)	رسوب‌دهی ویژه (گرم بر مترمربع) Specific sediment yield (gr/m²)	حداکثر غلظت رسوب (گرم بر لیتر) Maximum sediment concentration (gr/liter)	ضریب روان‌آب (٪) Runoff coefficient (%)	تیمار treatment	Event date	تاریخ بارندگی
4/33	2/48	2	27/38	کنترل control	30-jan-2015	1393.11.10
4/03	1/91	1/3	25/48	کنف jute		
3/94	1/69	1/42	23/2	کنترل control	11-feb-2015	1393.11.22
3/77	1/03	0/81	22/2	کنف jute		
3/99	1/47	1/45	24/59	کنترل control	16-feb-2015	1393.11.27
1/86	0/87	0/9	/9922	کنف jute		
2/95	2/07	2/36	25/41	کنترل control	20-feb-2015	1393.12.01
2/76	1/48	1/57	23/76	کنف jute		
1/76	1/99	2/3	25/93	کنترل control	22-mar-2015	1393.12.02
1/62	1/39	1/35	23/81	کنف jute		
2/92	1/4	1/02	23/33	کنترل control	29-mar-2015	1394.01.09
2/61	0/69	0/57	20/9	کنف jute		
3/3	2/36	1/94	24/42	کنترل control	11-apr-2015	1394.01.22
3/03	1/69	1/33	22/47	کنف jute		

جدول ٤- نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین تی-مستقل بین مقادیر روان‌آب و رسوب

Table 4. comparison of runoff production and sediment yield from two micro-catchments using t-test

متغیّر variable	میکروحوضه Micro-catchment	میانگین گروه Mean	آماره t t	سطح معنی‌داری Significant level
روان‌آب (لیتر بر مترمربع) Runoff (liter/m²)	حوضه بدون تیمار Untreated micro-catchment	3/02	0/438	0/67
	حوضه دارای ژئوتکستایل Treated micro-catchment	2/81		
رسوب‌دهی (گرم بر مترمربع) Sediment yield (gr/m²)	حوضه بدون تیمار Untreated micro-catchment	1/92	2/727	0/018
	حوضه دارای ژئوتکستایل Treated micro-catchment	1/29		

کلشی در کاهش روان‌آب و رسوب محاسبه و نتایج به دست آمده مورد بررسی قرار گرفت، که در جدول ۵ قابل مشاهده می‌باشد.

بحث

تحقیق حاضر به منظور ارزیابی کارائی نوارهای ژئوتکستایل کنفی-کلشی در حفاظت آب و خاک در مقیاس حوزه آبخیز کوچک انجام گرفت. به این منظور طی فصل بارش از مهرماه ۱۳۹۳ تا مهرماه ۱۳۹٤ اقدام به جمع‌آوری نمونه‌های روان‌آب و رسوب پس از هر رگبار فرساینده شد. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، طی دوره مورد مطالعه در مجموع ۷ رگبار منجر به تولید روان‌آب و

جدول ۵- نتایج حاصل از محاسبه کارائی ژئوتکستایل کنفی-کلشی در کاهش روان‌آب و رسوب

Table 5. RRE and SLRE values for each event

RRE_2	RRE_1	$SLRE_2$	$SLRE_1$	Event date	تاریخ بارندگی
4/99	6/95	38/33	23/13	30-jan-2015	1393.11.10
29/7	4/31	38/78	39/34	11-feb-2015	1393.11.22
-3	6/43	44/3	41/04	16-feb-2015	1393.11.27
-10/97	6/51	26/17	28/66	20-feb-2015	1393.12.01
5/58	8/16	44/58	29/86	22-mar-2015	1393.12.02
-3	10/39	44/97	50/49	29-mar-2015	1394.01.09
19/22	8	44/61	28/17	11-apr-2015	1394.01.22

$SLRE_2$ و RRE_2 بر اساس مقادیر حداکثر رسوب و روان‌آب حساب شده است.

$SLRE_1$ و RRE_1 بر اساس مقادیر کل رسوب و روان‌آب حساب شده است.

رسوب به وقوع پیوست. مشخصات مقداری و شدتی رگبارها بسیار متغیّر بود به‌نحوی که در رگبار مورخ ۱۳۹۳/۱۱/۱۰ حداکثر شدت متوسط (۲/۲٦ میلی‌متر بر ساعت) و در رگبار مورخ ۱۳۹٤/۰۱/۰۹ حداقل شدت متوسط (۰/۷۱ میلی‌متر بر ساعت) ثبت شد. انرژی جنبشی رگبارها نیز از حداکثر ۵۰۹ Jm^2cm^{-1} برای رگبار مورخ ۱۳۹۳/۱۱/۱۰ تا ۲۰۸ Jm^2cm^{-1} برای رگبار مورخ ۱۳۹٤/۰۱/۰۲ متغیّر بود. تغییرات روان‌آب و رسوب نیز بسیار چشمگیر بود به‌نحوی که حداکثر رسوب‌دهی ویژه به مقدار ۲/٤۸ گرم بر مترمربع برای رگبار ۱۳۹۳/۱۱/۱۰ در خروجی حوضه کنترل و حداقل آن به مقدار ۰/٦۹ گرم بر مترمربع برای رگبار ۱۳۹٤/۰۱/۰۹ برای حوضه دارای تیمار ژئوتکستایل ثبت گردید. مقادیر حدی روان آب واحد سطح نیز به صورتی بود که بیشترین آن به مقدار ٤/۳۳ لیتر بر مترمربع برای رگبار ۱۳۹۳/۱۱/۱۰ تحت حوضه کنترل و کمترین آن برابر با ۱/٦۲ لیتر بر مترمربع برای رگبار ۱۳۹٤/۰۱/۰۲ و تحت حوضه دارای تیمار حفاظت خاک مشاهده گردید (جدول ۳).

اگرچه در ظاهر بین مقادیر روان‌آب و رسوب حوضه‌های کنترل و تیمار اختلافاتی دیده شد، اما جهت بررسی معنی‌دار بودن آن از آزمون تی-مستقل استفاده شد (جدول ٤). نتایج نشان داد که بین تولید رسوب ویژه حوضه کنترل و تیمار در سطح اعتماد ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) وجود دارد. بنابراین کارائی ژئوتکستایل در کم نمودن مقدار رسوب خروجی از حوضه تأیید شد. البته نباید فراموش شود که مقادیر رسوب بدست آمده در طی دوره مورد مطالعه مربوط به رخدادهای با شدت کم می‌باشد که از نظر فرسایندگی زیاد نگران کننده نیست. در نتیجه بایستی عملکرد تیمار مذکور در رگبارهای شدید نیز بررسی شود تا از این طریق اظهار نظر قطعی‌تری در مورد معنی‌دار بودن اثرگذاری ژئوتکستایل کنفی-کلشی در کم نمودن تولید رسوب رگبارهای فرساینده‌تر بدست آید. باتاچاریا و همکاران [٤] نیز تأکید نمودند که به کارگیری ژئوتکستایل روی خاک لخت می‌تواند حدود ۹۹-٦۷ درصد منجر به کاهش هدر فت خاک شود. همچنین نتایج آزمون مقایسه میانگین نشان داد که بین روان‌آب واحد سطح دو حوضه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P=0/67$). در نتیجه ژئوتکستایل کنفی-کلشی منجر به کاهش آماری تولید روان‌آب نشد. در این رابطه باتاچاریا و همکاران [۵] به آنالیز و مرور یافته‌های سایر محققین در ارتباط با ژئوتکستایل پرداختند و بیان نمودند که در بسیاری از مطالعات، روان‌آب بیشتری تحت تیمار ژئوتکستایل گزارش شده است. در مطالعه‌ای دیگر توسط میشل و همکاران [١٤] ایشان بیان نمودند که نسبت به تیمار کنترل، ژئوتکستایل کنفی ۲٤۷ درصد رواناب بیشتر تولید کرده است.

در مرحله بعد به منظور بررسی دقیق‌تر کارائی ژئوتکستایل، از شاخص کارائی کاهش رسوب و روان‌آب استفاده شد تا مقدار دقیق عددی کاهش به صورت درصد تعیین شود. به این منظور شاخص کارائی برای تمامی رگبارها محاسبه شد (جدول ۵). شاخص کارائی کاهش رسوب مؤید این می‌باشد که ژئوتکستایل کنفی-کلشی توانست به مقدار قابل توجه رسوب خروجی حوضه را کاهش دهد، به‌نحوی که حداکثر مقدار این شاخص (۵۰/٤۹ درصد) برای رگبار ۱۳۹٤/۰۱/۰۹ به خوبی نشان دهنده این واقعیت می‌باشد که در مقایسه با حوضه کنترل، ژئوتکستایل کنفی-کلشی توانسته است مقدار رسوب‌دهی را به نصف برساند، که عدد بسیار بالائی می‌باشد. در ضمن حداقل مقدار شاخص کارائی رسوب (۲۳/۱۳) برای رگبار ۱۳۹۳/۱۱/۱۰ به دست آمد. انرژی جنبشی زیاد و شدت بالای این رگبار باعث شد که نسبت به رگبارهای دیگر نرخ رسوب‌دهی زیادتری مشاهده شود. مقادیر مثبت و بالای شاخص کارائی رسوب محاسبه شده از مقادیر حداکثر رسوب، نیز مؤید کارائی ژئوتکستایل در کاهش حداکثر رسوب لحظه‌ای در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

اگرچه نتایج شاخص کارائی کاهش روان‌آب حاوی مقادیر مثبت بود، اما مقادیر پایین این شاخص (حداکثر ۱۰ درصد) نشان داد که این تیمار نتوانسته است به طرز چشم گیری روان‌آب را کاهش دهد در نتیجه معنی‌دار بودن آن نیز در آزمون تی-مستقل مورد تأیید قرار نگرفت. مقادیر شاخص کارائی کاهش روان‌آب بدست آمده از داده‌های حداکثر شدت روان‌آب نیز نشان دهنده این واقعیت است که حتی در برخی موارد طی رگبار، شدت روان‌آب بیشتری در حوضه تیمار رخ داده است. برای مثال مقادیر منفی برابر با ۳- و ۱۰/۹۷- به معنی بیشتر بودن حداکثر روان‌آب لحظه‌ای در حوضه تیمار نسبت به کنترل می‌باشد.

نتیجه‌گیری

استفاده از روش‌های مهار هدر رفت خاک و کاهش روان‌آب همیشه مد نظر محققین مختلف در سرتاسر دنیا بوده است. در تحقیق حاضر که به منظور بررسی اثربخشی ژئوتکستایل کنفی-کلشی در حفاظت آب و خاک در مقیاس حوضه صورت گرفت نتایج مؤید کارائی ژئوتکستایل مذکور در کاهش رسوب خروجی حوضه بود. به‌نحوی که در تیمار نمونه مقدار رسوب کل رگبار در مقایسه با حوضه کنترل در سطح معنی‌داری کاهش پیدا نمود ($P<0/05$). تحلیل مقادیر بدست آمده از آزمون مقایسه میانگین نشان داد که بکارگیری ژئوتکستایل‌ها به عنوان روش مهار کننده فرسایش می‌تواند مفید واقع شود. به بیان دقیق، اگرچه پوشش صد در صد جهت حفظ خاک دامنه‌ها ایجاد نشد، اما اثر فیلتری ژئوتکستایل مانع از انتقال رسوب به طرف پایین دست قبل از ورود آن به آبراهه اصلی گردید. بنابراین اگرچه رگبار هنوز نقش فرسایندگی خود را در جدایش ذرات خاک ایجاد کرد، اما روان‌آب حاصله نتوانست باعث انتقال آن به سمت پایاب شود. دو نقش مهم ژئوتکستایل منجر به تغییر در فرآیند انتقال رسوب شد: ۱) حضور ژئوتکستایل عمود بر جهت جریان آب منجر به کاهش سرعت روان‌آب، قدرت حمل و در نتیجه رسوب‌گذاری ذرات معلق شد، ۲) نصب ژئوتکستایل‌ها در راستای خطوط تراز به عنوان عاملی در جهت جریان منجر به فیلتر شدن ذرات رسوب در پشت ژئوتکستایل و همچنین در داخل آن (لابه‌لای کلش‌ها و داخل نوارها) شد. با این حال، اثر معنی‌داری در کاهش روان‌آب کل در حوضه نمونه نسبت به حوضه کنترل به دست نیامد. این بدان معنی می‌باشد که روان‌آب با رسیدن به نوار ژئوتکستایل بار رسوب خود را ته‌نشین کرده اما در مسیر خود به پایین دست از آن عبور نموده است. اگرچه با کاهش سرعت روان‌آب، فرصت نفوذ بدست آمده بود، اما شیب زیاد منطقه، عمق کم خاک و وجود مناطق غیر قابل نفوذ باعث شد تا همچنان نرخ روان‌آب در حوضه حاوی تیمار حفاظت خاک بالا باقی بماند. اثر شیب بر کارائی ژئوتکستایل‌ها نیز از قبل توسط سمتز و همکاران [۲۰] و آلوارز-موزس و همکاران [۱] گزارش شده است، به نحوی که هر دو محقق در مقایسه با شیب کمتر، روان‌آب بیشتری در شیب زیادتر مشاهده نمودند. البته نباید فراموش کرد که در شرایط یکسان برخی از ژئوتکستایل‌ها به دلیل خاصیت هدایت کنندگی و نگه‌داشت کم می‌تواند منجر به افزایش روان‌آب شوند. برای مثال: خیمنز-موررا و همکاران [۱۰] بیان نمودند که ژئوتکستایل‌های پنبه‌ای[1] به دلیل ویژگی آبگریزی که دارند باعث تولید روان‌آب بیشتری شدند.

در نهایت نیز پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های بعدی در حوضه‌های با مساحت تقریبا یکسان انجام پذیرد، زیراکه بزرگتر بودن مساحت یکی از حوضه‌ها به معنی افزایش طول دامنه است که می‌تواند بر نرخ فرسایش اثرگذار باشد. از طرفی، در حوضه بزرگتر دبی بیشتری تولید می‌شود که در انتقال رسوبات شسته شده از دامنه‌ها نقش مهمی دارد. علاوه بر آن، پایش دقیق و همزمان سایر انواع فرسایش (خندقی و آبراهه‌ای و...) صورت پذیرد تا تفسیر بهتری از عملکرد تیمارهای حفاظت خاک ارئه شود.

منابع

1. Álvarez-Mozos, J. Abad, E. Giménez, R. Campo, M.A. Goñi, M. Arive, M. Casalí, J. Díez, J. and Diego, I. 2013. Evaluation of erosion control geotextiles on steep slopes. Part 1: Effects on runoff and soil loss. Catena.

2. Bhattacharyya, R. Fullen, M.A. Booth, C.A. Black, A.W. and Townrow, D. 2013. Using palm-mat geotextiles for soil conservation: II. Effects on in situ soil particle size distribution and nutrient concentration. Catena, 143-156.

3. Bhattacharyya, R. Fullen, M.A. Davies, K. and Booth, C.A. 2009. Utilizing palm-leaf geotextile mats to conserve loamy sand soil in the United Kingdom. Agriculture, Ecosystems and Environment 130: 50–58.

4. Bhattacharyya, R. Fullen, M.A. Booth, C.A. Kertesz, A. Toth, A. Szalai, Z. Jakab, G. Kozma, K. Jankauakas, B. Jankauskiene, G. Buhmann, C. Paterson, G. Mulibana, E. Nell, J.P. Vaan Der Merwe, G.M.E. Guerra, A.J.T. Mendonca, J.K.S. Guerra, T.T. Sathler, R. Bezerra, J.F.R. Peres, S.M. Yi, Z. Yongmi, L. Li, T. Panomtarachichigul, M. Peukrai, S. Thu, D.C. Cuong, T.H. and Toan, T.T. 2011. Effectiveness of Biological Geotextiles for Soil and water Conservation in Different Agro-Environment. Land Degradation & Development, 22: 495-504.

5. Bhattacharyya, R. Smets, T. Fullen, M.A. Poesen, J. and Booth, C.A. 2010. Effectiveness of geotextiles

1. cotton

17. Prats, S. A. Martins, M. A. S. Malvar, M. C. Ben-Hur, M. and Keizer, J. J. 2014. Polyacrylamide application versus forest residue mulching for reducing post-fire runoff and soil erosion. Sci. Total Environ. 468-469, 464–474.

18. Robichaud, P.R. Jordan, P. Lewis, S.A. Ashmun, L.E. Covert, S.A. and Brown, R.E. 2013a. Evaluating the effectiveness of wood shred and agricultural straw mulches as a treatment to reduce post-wildfire hillslope erosion in southern British Columbia, Canada. Geomorphology, 197:21-33.

19. Robichaud, P.R. Lewis, S.A. Wagenbrenner, J.W. Ashmun L.E. and Brown R.E. 2013b. Post-fire mulching for runoff and erosion mitigation: Part I: Effectiveness at reducing hillslope erosion rates, CATENA, 105:75-92.

20. Smets, T. Poesen, J. Fullen, M.A. and Booth, C.A. 2007. Effectiveness of palm and simulated geotextiles in reducing run-off and inter-rill erosion on medium and steep slopes. Soil Use and Management. 23, 306–316.

21. Sutherland, R.A. 1998. Rolled erosion control systems for hillslope surface protection: a critical review, synthesis and analysis of available data. I. Background and formative years. Land Degradation and Development 9, 465–486.

22. Sutherland, R.A. and Ziegler, A.D. 1996. Geotextile effectiveness in reducing interill runoff and sediment flux. In: International Erosion Control Association Proceedings of Conference XXVI, 1995, Atlanta, USA, pp. 359–370.

23. Vanmaercke, M. Poesen, J. Maetens, W. de Vente, J. and Verstraeten, G. 2011. Sediment yield as a desertification risk indicator. The Science of the Total Environment 409 (9), 1715–1725.

24. Verstraeten, G. and Poesen, J. 1999. The nature of small-scale flooding, muddy floods and retention pond sedimentation in central Belgium. Geomorphology 29 (3–4), 275–292.

in reducing runoff and soil loss: a synthesis. Catena, 81: 184–195.

6. Cerdà, A. Flanagan, D.C. le Bissonnais, Y. and Boardman, J. 2009. Soil erosion and agriculture. Soil and Tillage Research 106 (1), 107–108.

7. Firouz Nakhjavani, F. 1976. Countermeasure against Erosion and Watershed Management. University of Tehran, Natural Resources Faculty, 366p. (In Persian).

8. Foltz, R.B. 2012. A comparison of three erosion control mulches on decommissioned forest road corridors in the northern Rocky Mountains, United States. Journal of Soil Water Conservation. 67, 536–544.

9. Foltz, R.B. and Copeland, N. S. 2009. Evaluating the efficacy of wood shreds for mitigating erosion. Journal of Environmental Management 90: 779-785.

10. Giménez-Morera, A. Sinoga, J.D.R. and Cerdà, A. 2010. The impact of cotton geotextiles on soil and water losses from Mediterranean rainfed agricultural land. Land Degradation and Development. 21, 210–217.

11. John, N.W.M. 1987. Geotextiles. Blackie and Son, Glasgow.

12. Li, X.Y. 2003. Gravel–sand mulch for soil and water conservation in the semiarid loess region of northwest China. Catena, 52: 105-127.

13. Luo, H. Zhao, T. Dong, M. Gao, J. Peng, X. Guo, Y. Wang, Zh. and Liang, C. 2013. Field studies on the effects of three geotextiles on runoff and erosion of road slope in Beijing, China. Catena, 150-156.

14. Mitchell, D.J. Barton, A.P. Fullen, M.A. Hocking, T.J. Zhi,W.B. and Yi, Z. 2003. Field studies of the effects of jute geotextiles on runoff and erosion in Shropshire, UK. Soil Use and Management, 19:182–184.

15. Montgomery, D.R. 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 104 (33), 13268–13272.

16. Morgan, R.P.C. 2005. Soil Erosion and Conservation, 3rd Edition. Blackwell Science Ltd. Oxford. 320 pp.

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران

Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 10, No. 34, Fall 2016

سال دهم- شماره ۳۴- پاییز ۱۳۹۵

Abstract

A study on Runoff Generation and Sediment Production Processes under Jute Geotextile Buffers

M. A. Mohamadi[1], A. Kavian[2] and K. Solaimani[3]

Received: 2016/03/02 Accepted: 2016/08/29

Geotextiles has been used to conserve eroded hillslopes, decrease soil loss and prepare bed for plant growth over the course of past few decades. In this study we tried to investigate the effectiveness of geotextiles for reducing runoff and sediment yield from an experimental micro-catchment. Two micro-catchment (control & treatment) were selected then the jute geotextile was installed as a buffer along contour line against superficial flow. Then, each micro-catchment was equipped with a flume at its outlet to measure runoff rate during storm events. Other variables (i.e. vegetation cover, soil, surface scree and slope steepness) were monitored during study period. Results showed high runoff and sediment variations during measurement period, so that the maximum and minimum specific sediment yield were equal to 2.48 and 0.69 gr.m-2 for events 30-Jan-2015 and 29-March-2015, respectively. Also, compare mean test revealed significant differences in specific sediment yield between two micro-catchments ($P<0.05$) but no differences in runoff. High slope steepness along with considerable impervious outcrops are corresponding to high runoff generation even after installation of geotextile. Results from RRE confirmed high performance of jute geotextile in reducing sediment. For storm 29-Mar-2015 the highest RRE was obtained, equal to 50.49 per cent which indicate tremendous sediment reduction in treated micro-catchment in comparison to control. In this event the geotextile reduced Specific sediment yield by half.

Keywords: Jute geotextile, Runoff, Sediment, Micro-catchment

1. Ph.D. Candidate, Department of watershed management, faculty of natural resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU).
2. Associate professor, Department of watershed management, faculty of natural resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU). Corresponding author , Email: a.kavian@sanru.ac.ir.
3. Professor, Department of watershed management, faculty of natural resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU).