

مقدمه

خاک نقش مهمی در کشاورزی پایدار، تولید مواد غذایی و اقتصاد ملی و بین‌المللی دارد [۱۴، ۳۰]. فرسایش خاک که منجر به از بین رفتن مواد غذایی آن، افزایش رسوب‌گذاری، گل‌آلودگی و آلودگی منابع آب می‌شود، از معضله‌های محیطی و جهانی به‌شمار می‌رود [۳۳، ۷، ۱۲، ۱۷، ۲۰، ۳۶]. هم‌چنین، فرسایش به‌علت حذف فیزیکی خاک، کاهش عمق ریشه، آب قابل دسترس و ذخایر غذایی خاک موجب کاهش عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی می‌شود [۴۲، ۸، ۲۴، ۵۲]. بنابراین نیاز است نسبت به کاهش اثرات درون منطقه‌ای^۳ و برون منطقه‌ای^۴ این پدیده اقدام نمود. در این ارتباط، نتایج حاصل از مطالعات هزینه اقتصادی فرسایش خاک نشان داده که کنترل هدررفت خاک (یا کنترل درون منطقه‌ای) حدود ۲۰ درصد حذف رسوب (کنترل برون منطقه‌ای) هزینه‌بر است [۱۹]. پس بهترین گزینه همان اقدامات حفاظتی می‌باشد. کنترل فرسایش خاک نیز به عنوان یک چالش جهانی در نظر گرفته می‌شود که در این راستا، سعی شده توسط تکنیک‌های مختلف از جمله خاک‌ورزی روی خطوط تراز، تناوب محصول، تراس‌بندی، کاربرد خاک‌پوش، آگروفارستری، نوارهای چمنی و بسیاری روش‌های دیگر مقدار فرسایش خاک کاهش یابد. اثربخشی هر یک از این اقدامات در کاهش هدررفت خاک متفاوت بوده و باید به اندازه کافی شناخته شوند [۵۵]. نیروی کار زیاد در اجرای برخی روش‌های حفاظتی مانند تراس [۵۰]، عدم بهبود کافی حاصل‌خیزی خاک به دلیل فروپاشی پشته‌ها و بدنه تراس [۵۶]، هزینه زیاد نگهداری سازه‌ها [۳۵]، جزو موانعی در برابر پذیرش این روش‌ها در برخی مناطق در جهان بوده است. لذا تلاش‌هایی که در این زمینه شکل گرفته در جهت انتخاب بهترین عملیات مدیریتی^۵ در جلوگیری از فرسایش خاک بوده که این عملیات عبارتند از: ایجاد زبری سطحی، پوشش گیاهی دائمی، به‌کارگیری خاک‌پوش و استفاده از پوشش‌های کنترل فرسایش خاک. در همه این تکنیک‌ها به‌واسطه یک نوع پوشش، سطح زمین در مقابل اثرات انرژی جنبشی باران حفظ می‌شود [۳۷]. ژئوتکتایل یا لایه‌های کنترل فرسایش، که یکی از این پوشش‌ها است، این قابلیت را دارد که همزمان با به‌کارگیری بر روی دامنه‌ها خاک را حفظ کند [۱۸] و به‌عنوان یک مؤلفه ترکیبی در بهترین عملیات مدیریتی بر روی دامنه‌های شیب‌دار

مروری بر ژئوتکتایل‌ها از نظر مسائل حفاظت خاک و آب

محمد ایوب محمدی^۱ و عطااله کاویان^۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۹

چکیده

امروزه فرسایش خاک و معضلات ناشی از آن در سرتاسر کشور سبب ایجاد نیاز روز افزون در جهت شناخت بهتر روش‌های مختلف حفاظت خاک و آب شده است. در این راستا، به‌کارگیری مواد مختلف از جمله انواع ژئوتکتایل‌ها با ویژگی‌های متفاوتی که دارند، می‌تواند گزینه مناسبی در جهت تأمین نیاز حفاظتی موجود باشد. ژئوتکتایل یکی از انواع محصولات ژئوسنتتیکی بوده که علاوه بر نوع مصنوعی آن، می‌توان به‌صورت دستی نیز اقدام به تهیه بیولوژیکی آن نموده و در پروژه‌های مختلف مرتبط با خاک مورد استفاده قرار بگیرند. علی‌رغم موارد کاربرد زیاد این محصول و سازگاری نوع طبیعی آن با محیط‌زیست، کمتر تحقیقی در ایران بدان پرداخته است. لذا در پژوهش حاضر سعی شده مروری بر ژئوتکتایل‌ها و قابلیت‌های آن در پایداری دامنه، کاهش رواناب و هدررفت خاک صورت بگیرد، تا با شناخت بهتر این محصول و آگاهی از مکانیسم عملکرد آن، بتوان به‌نحو مؤثری از این گزینه حفاظتی در مدیریت منابع آب و خاک کشور استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: ژئوسنتتیک، کنترل فرسایش، رواناب، رسوب

۱. دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و نویسنده مسئول
Email: A.Mohamadi@stu.sanru.ac.ir

۲. استاد تمام گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

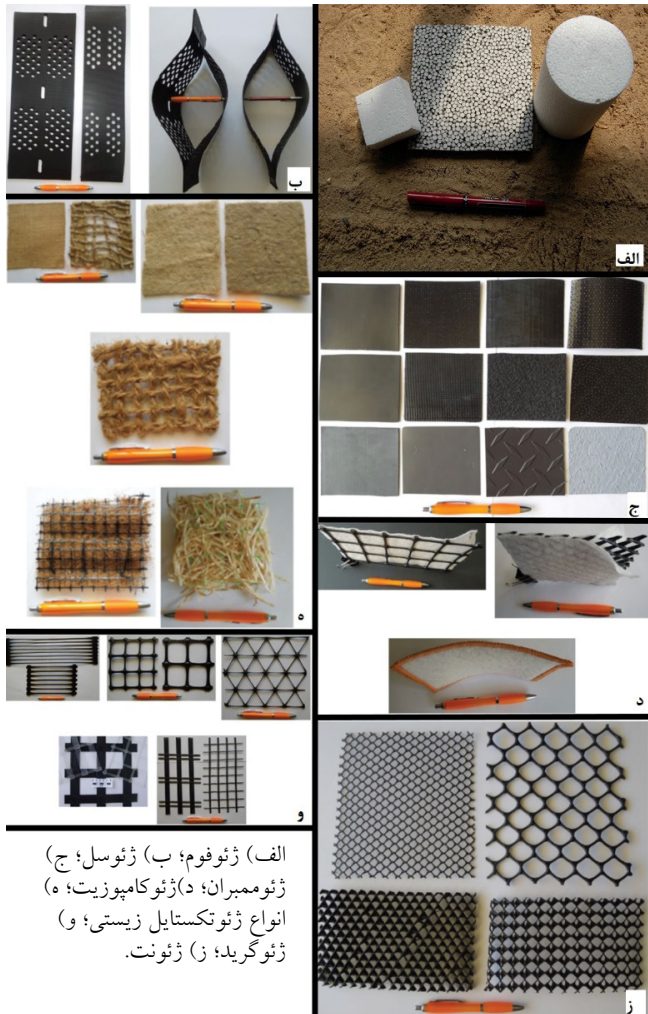
3. On-site

4. Off-site

5. BMP (Best Management Practice)

نشده، ایف‌ها یا رشته‌ها به صورت دستی، حرارتی و یا شیمیایی به هم متصل می‌شوند.

- **ژئوگرید:** ژئوگریدها که عمدتاً به عنوان تقویت کننده استفاده می‌شوند، عبارتند از ساختار صفحه‌ای مشبک متشکل از مواد کشسانی که به صورت یک شبکه توری منظم با فضای باز، به هم چسبیده‌اند (فضای شبکه بزرگتر از مواد به کار رفته می‌باشد).



الف) ژئوفوم؛ ب) ژئوسل؛ ج) ژئوممبران؛ د) ژئوکامپوزیت؛ ه) انواع ژئوتکتستایل زیستی؛ و) ژئوگرید؛ ز) ژئونت.

شکل ۱: برخی از انواع محصولات ژئوسنتتیک (ژئوسل نیز یکی دیگر از انواع ژئوسنتتیک‌ها می‌باشد که شوکلا [۴۴] بدان اشاره نموده است).

- ژئوممبران: یک لایه نسبتاً غیرقابل نفوذ صفحه‌ای می‌باشد.
- ژئونت: ساختار صفحه‌ای مشبک متشکل از یک شبکه متراکم منظم است که مواد تشکیل دهنده آن توسط برآمدگی‌ها یا گره‌ها به هم متصل شده‌اند (فضای شبکه بزرگتر از مواد به کار رفته می‌باشد).
- ژئوسنتتیک کلی لاینر: عبارت است از ترکیبی از لایه‌های ژئوسنتتیک و لایه‌های خاک با هدایت هیدرولیکی کم، مثل رس، که در وسط قرار می‌گیرد.
- ژئوفوم: یک ماده سبک بوده که حاصل استفاده از پلیمر نیمه‌مایع

مد نظر قرار بگیرد. اگرچه اثرات مختلف حفاظتی ژئوتکتستایل‌ها در سرتاسر دنیا تأیید شده و در پروژه‌های مختلف از آن استفاده می‌گردد، اما در ایران توجه چندانی به محصول مزبور نشده، تا آنجایی که حتی برای برخی واژگان انگلیسی معادل‌یابی فارسی آن دشوار می‌باشد. لذا جهت فهم بهتر خوانندگان محترم لازم است خاطر نشان شود که در تحقیق حاضر نویسندگان مجبور شدند همزمان از یک اصطلاح "ژئوتکتستایل کنفی" برای معادل دو واژه انگلیسی Coir and Jute استفاده کنند. از طرفی، بررسی اثربخشی هر روش حفاظتی نیازمند صرف زمان و منابع زیاد می‌باشد. لذا بهتر است با مراجعه به تحقیقات مختلفی که در ارتباط با ژئوتکتستایل‌ها صورت گرفته از نحوه عملکرد و توانایی حفاظتی آن مطلع شد و با در اختیار گذاشتن این اطلاعات به دست کارشناسان کشور نسبت به حفظ و مدیریت بیشتر منابع آب و خاک کشور اقدام نمود.

ژئوسنتتیک^۱

بنابر مولر و ساثوف [۳۴]، ژئوسنتتیک‌ها محصولات پلیمری طبیعی یا مصنوعی می‌باشند که عموماً در ارتباط با خاک یا سنگ^۲ بوده و به منظور برطرف‌سازی مشکلات آن‌ها به کار می‌روند. ژئوسنتتیک‌ها در طبیعت پیدا نمی‌شوند بلکه با استفاده از مواد مختلف و در اشکال متنوع، توسط بشر تولید می‌گردند و دارای کاربردهای وسیع می‌باشند. مهم‌ترین دسته از پلیمرهایی که در ساخت این محصولات به کار می‌روند عبارتند از: پلی‌اتیلن^۳، پلی‌پروپیلن^۴، پلی‌استر^۵ و پلی‌وینیل کلراید^۶ که در هر دسته، یک نوع خاص آن با محصولات افزاینده انتخاب شده تا جوابگوی کاربردهای احتمالی آن باشد. از ژئوسنتتیک‌ها به عنوان مانع، نگه‌دارنده، لایه زهکش، لایه محافظ، تقویت کننده، لایه جدا کننده، کنترل کننده فرسایش سطحی و بین لایه اصطکاکی استفاده می‌شوند [۲۱]، و به طور کلی شامل هشت محصول می‌باشند: ژئوتکتستایل^۷، ژئوگرید^۸، ژئوممبران^۹، ژئونت^{۱۰}، ژئوسنتتیک کلی لاینر^{۱۱}، ژئوفوم^{۱۲}، ژئوکامپوزیت^{۱۳}، و ژئوکامپوزیت زهکش^{۱۴} که هر کدام به طور خلاصه در زیر آمده است [۳۴] (شکل ۱).

- **ژئوتکتستایل:** عبارت از ماده پلیمری نفوذپذیر و پارچه مانندی که به دو صورت بافته شده و نشده موجود می‌باشد، که در نوع بافته

1. Geosynthetic
2. Rock
3. Polyethylene
4. Polypropylene
5. Polyester
6. Polyvinyl chloride
7. Geotextile (GTX)
8. Geogrid (GGR)
9. Geomembrane (GMB)
10. Geonet (GNT)
11. Geosynthetic clay liner (GCL)
12. Geofom (GFO)
13. Geocomposite (GCO)
14. Geocomposite drain (GCD)

و عامل فوم است.

- **ژئوکامپوزیت:** از ترکیب سایر ژئوستیتیک‌ها به وجود می‌آید. هدف کلی، ترکیب سایر محصولات ژئوستیتیکی به منظور رسیدن به محصول هدف با خواص مد نظر می‌باشد.

- **ژئوکامپوزیت زهکش:** یک محصول زهکش زیرسطحی است که از ترکیب یک لایه ژئوتکستایل فیلتر، یک لایه ژئوتکستایل حامل و یک هسته زهکشی پلیمری (مثل ژئونت یا دیگر فضا دهنده‌ها) که در وسط دولایه مذکور قرار می‌گیرد.

می‌توان از نوع موقتی^۹ یا دائمی^{۱۰} جهت کنترل فرسایش خاک استفاده نمود. برای مثال: اگر در نهایت، استقرار کامل پوشش گیاهی بتواند فرسایش را کنترل کند، پس ژئوتکستایل‌های موقتی مناسب می‌باشند. با این حال، اگر هدف مورد نظر، ترکیب هم‌زمان ژئوتکستایل و پوشش گیاهی جهت کاهش مقدار فرسایش به زیر آستانه مجاز می‌باشد، می‌توان از نوع دائمی آن استفاده نمود. در این مورد آخر، رسیدن به رابطه هم‌افزایی^{۱۱} بین ژئوتکستایل و پوشش گیاهی مدنظر است [۳۹].

طول عمر ژئوتکستایل‌ها

هزینه ژئوتکستایل‌های مصنوعی بسیار بیشتر از ژئوتکستایل‌های طبیعی (مواد زیستی) می‌باشد. به هر حال، عملکرد ژئوتکستایل در ارتباط با خصوصیات فیزیکی آن می‌باشد که بسیار مهمتر از خود مواد ژئوتکستایل است [۵۷]. مواد تشکیل دهنده ژئوتکستایل‌ها تعیین کننده عمر آن‌ها در طبیعت می‌باشد. به طور کلی، ژئوتکستایل‌های مصنوعی دارای مقاومت تنشی بالا هستند و دوام بیشتری (حدود ۲۰ سال) نسبت به نوع طبیعی آن (حدود ۲ تا ۵ سال) دارند [۲۸]. در عوض، تخریب ژئوتکستایل‌های طبیعی (که منجر به بازگشت مواد معدنی و مغذی به خاک می‌شود) روی توسعه پوشش گیاهی دامنه‌ها که خود یک وسیله حفاظتی طولانی مدت است مفید می‌باشد [۱۳]. پس در این زمینه علاوه بر پایداری و استحکام ژئوتکستایل نسبت به زمان به‌کارگیری آن، باید سایر عوامل را نیز در نظر گرفت تا دید بهتری نسبت به طول عمر آن و نقشی که در حفاظت خاک و آب دارد حاصل شود. برای مثال در تحقیقی که ویشنوداس و همکاران [۵۳] انجام دادند، مشاهده نمودند که ژئوتکستایل کفنی بعد از ۹ ماه توانسته بود ۱۹ درصد استحکام اولیه را حفظ کند، که در این مورد نگرانی بخصوصی در ارتباط با به‌کارگیری آن وجود نداشت، زیرا که طی این زمان دامنه پایدار شده و پوشش گیاهی به‌خوبی استقرار یافته بود [۲۶].

به طرز مشابهی در تحقیق شاو و همکاران [۴۳]، ایشان دریافتند که در سال دوم به دلیل تخریب، ژئوتکستایل‌ها اثربخشی کمتری نشان دادند، اما به دلیل توسعه پوشش گیاهی اثر منفی روی پایداری دامنه و رشد گیاهان دیده نشد. بنابراین بسته به هدف از به‌کارگیری ژئوتکستایل، اهمیت طول عمر می‌تواند تا حدودی زیاد و یا کم جلوه کند، که باید در تحقیقات فرسایش خاک تمامی جنبه‌های مسئله مد نظر قرار بگیرد تا بتوان به هدف مدنظر رسید.

باید خاطر نشان کرد که شرایط محیطی نیز می‌تواند بر طول عمر ژئوتکستایل‌ها اثر گذار باشد، به نحوی که به نقل از ویشنوداس و همکاران [۵۴]، بالان [۳] نشان داد که استحکام ژئوتکستایل کفنی وابسته به اسیدیته محیط می‌باشد. برای مثال ژئوتکستایل کفنی در محیط با اسیدیته ۱۱ حدود ۴۳ و در اسیدیته ۳ حدود ۶۰ درصد از

ژئوتکستایل

ژئوتکستایل که گاهی اوقات سیستم‌های رول شده کنترل فرسایش (RECS^۱) نیز خوانده می‌شوند [۴۷]، عبارت است از یک لایه نفوذپذیر بافته شده که به‌عنوان بخش مکمل پروژه‌های انسانی در تماس با خاک، پی، سنگ، زمین و یا هر نوع ماده مهندسی خاک^۲ مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۲]. الوارز-موزوس و همکاران [۱]، نیز ژئوتکستایل را به‌عنوان تور^۳ یا لایه‌ای^۴ تعریف می‌کند که از خاک محافظت نموده و منجر به کم نمودن ظرفیت انتقال و جدایش باران و جریان سطحی می‌شود که در حالت ایده‌آل به دلیل بالا بودن ظرفیت نگهداری آب و خاک آن، می‌تواند رشد گیاهان را افزایش دهد.

ریکسون [۳۹]، شش عملکرد برای ژئوتکستایل تعریف می‌کند که عبارتند از: (۱) جداکردن دو نوع ماده زمینی مشخص، (۲) فیلتراسیون، در جاهایی که هدف عبور دادن سیال و نگه‌داشت مواد جامد می‌باشد، (۳) زهکشی، برای مکان‌هایی که هدف افزایش هدایت هیدرولیکی به منظور هدایت جریان بیشتر به داخل زهکش‌های زیرزمینی می‌باشد، (۴) کنترل فرسایش سطحی، (۵) پایداری دامنه، (۶) بهبود شرایط محیط جهت استقرار و رشد پوشش گیاهی.

انواع ژئوتکستایل‌ها

با توجه به معیار مورد بررسی، ژئوتکستایل‌های مورد استفاده جهت کنترل فرسایش خاک را می‌توان به انواع مختلف تقسیم نمود. در یک تقسیم‌بندی براساس ترکیب و ساختار، ژئوتکستایل‌ها به دو نوع طبیعی^۵ و مصنوعی^۶ تقسیم می‌شوند، که از این منظر ماندگاری آن در عرصه نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. براساس نحوه به‌کارگیری ژئوتکستایل‌ها در عرصه نیز دو نوع سطحی^۷ و زیرسطحی^۸ را می‌توان برشمرد. بر اساس هدف مورد نظر از به‌کارگیری ژئوتکستایل‌ها، نیز

1. Rolled Erosion Control Systems
2. Geotechnical engineering
3. Net
4. Mat
5. Natural
6. Synthetic
7. Surface
8. Buried

9. Temporary geotextiles
10. Permanent geotextiles
11. Synergistic

استحکام خود را حفظ کرده بود. هم‌چنین در اسیدسته بین ۶ و ۸ سریع‌ترین تخریب مشاهده شد که در آن محیط به‌ترتیب حدود ۳۴ و ۲۶ درصد استحکام اولیه ژئوتکستایل باقی مانده بود.

مشکلات مرتبط با ژئوتکستایل‌ها

ابتدا لازم است عمده مسایل مرتبط با ژئوستتیتیک‌ها را نام برد که عبارتند است از: اثر خزش^۱ بر عملکرد طولانی مدت ژئوکامپوزیت زهکش و شبیه‌سازی عددی تعامل خاک با ژئوگرید که به تفصیل توسط مولر و سائوف [۳۴] بیان شده است و خارج از بحث مقاله حاضر می‌باشد. اما در ارتباط با ژئوتکستایل‌ها مشکل خاصی در تحقیقات مورد بررسی گزارش نشد و تنها مسئله‌ای که مطرح بوده اولویت قائل شدن در استفاده از ژئوتکستایل‌های زیستی نسبت به نوع مصنوعی آن می‌باشد. اکثریت دلیل این ارجحیت همان‌گونه که در بخش‌های بالا بدان اشاره شد، این است که نوع طبیعی آن از نظر اکولوژیکی با محیط سازگاری بیشتری دارد و زمانی که تخریب و تجزیه شود می‌تواند با خاک ترکیب گردد و باعث افزایش محتوای غذایی خاک و در نتیجه پوشش گیاهی شود [۲۶، ۴۳، ۴۱، ۵۳]. در این زمینه پرامباویر [۳۸] در یک مقاله مروری به بررسی انواع مواد بکار رفته در ژئوتکستایل‌های تجزیه‌پذیر پرداخته و سعی نموده ضمن برشمردن مزایا و معایب ژئوتکستایل‌های زیستی، معادل تجزیه پذیر پلیمری آن را نیز معرفی کند.

اثرگذاری ژئوتکستایل‌ها بر پایداری دامنه

اگر تنها راه حل بیولوژیکی پایداری دامنه را از طریق افزایش و توسعه پوشش گیاهی بدانیم آن‌گاه می‌توان دو عملکرد مهم ژئوتکستایل‌ها در ارتباط با بهبود استقرار گیاهان به‌صورت زیر برشماریم [۱۱]: (۱) ژئوتکستایل‌ها با کنترل فرسایش سطحی و جلوگیری از هدررفت خاک به بذر قبل از استقرار کمک می‌کند، (۲) بهبود میکروکلیمای سطحی، نگه‌داشت رطوبت خاک و حفاظت از بذر در مقابل خشک شدگی و شرایط حدی دمایی. اکنون به بررسی برخی از پژوهش‌های صورت گرفته در ارتباط با پایداری دامنه می‌پردازیم:

ویشنوداس و همکاران [۵۴]، در منطقه کراالا در جنوب هند اثر ژئوتکستایل کنفی را بررسی نمودند تا از این طریق یک جایگزین برای تراس‌های پلکانی^۲ در تثبیت دامنه جهت کشت پیدا کنند. ایشان بیان نمودند که بیشترین ظرفیت نگه‌داشت رطوبت مربوط به دامنه دارای تیمار ژئوتکستایل و کشت همزمان می‌باشد، که بعد از آن به‌ترتیب دامنه دارای ژئوتکستایل و دامنه کنترل (کمترین رطوبت) قرار می‌گیرند. در تحقیقی که توسط شاو و همکاران [۴۳]، بر روی دامنه‌های منطقه نیمه‌خشک جنوب چین انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که ژئوتکستایل‌ها از طریق جلوگیری از فرسایش

و ایجاد شرایط مناسب خاک برای ایجاد مجدد پوشش گیاهی، بالاخص در مرحله اولیه بازیابی^۳ دامنه، باعث حفاظت از دامنه می‌شوند. آلوارز-موزوس و همکاران [۲]، نیز در پژوهشی، با این فرض که ژئوتکستایل‌ها بسته به نوع و خصوصیاتشان اثر متفاوتی بر رشد پوشش گیاهی دارند، و با بدست آوردن شاخص پوشش سبز (GCI^۴) توسط عکس‌برداری، در یک دوره ۱۸ ماهه به ارزیابی اثر ژئوتکستایل‌های توری کنفی^۵، لایه کنف^۶ و ژئوگرید پلی‌استر^۷ بر استقرار و رشد پوشش گیاهی دامنه‌های کنار جاده در اسپانیا پرداختند. در این تحقیق لایه کنف اثر منفی بر جوانه زنی بذر و رشد گیاه داشت و این به دلیل تراکم و فشردگی آن بوده که مانند یک مانع بین بذر و خاک عمل می‌کرده است. برای تیمار توری کنف در دوره استقرار اولیه ۲ الی ۳ هفته سریع‌تر از تیمار کنترل بود، اما متأسفانه این اثر کوتاه مدت بود و بعد از دوره خشکی تابستانه تجدید حیات پوشش گیاهی خیلی کمتر شد به‌طوری‌که در کل پوشش گیاهی در این تیمار کمتر از کنترل بود. ژئوگرید نیز باعث بهبود و افزایش استقرار گیاهان شد. اما در ادامه روند رشد تحت این تیمار مشابه شاهد بود و اثر منفی یا مثبتی بر توسعه گیاهان برای این تیمار دیده نشد. در ادامه، می‌توان به پژوهش لخوا [۲۶] اشاره نمود که ضمن تأکید بر اثر ژئوتکستایل در کنترل فرسایش خاک دامنه‌ها (۹۴/۹ درصد کاهش در فرسایش)، بیان نمود که ژئوتکستایل به‌کار رفته توانست در مراحل اولیه رشد گیاه از بذر آن‌ها در برابر آب‌سویی حفاظت کند و باعث نگه‌داشت بذر در مقابل باران و باد باشد. اگرچه بعد از هفت ماه قدرت برشی کنف‌ها به ۲۲ درصد مقدار اولیه کاهش یافت اما اثر نگران‌کننده‌ای نداشت، زیرا گراس‌ها در این مدت به خوبی سیستم ریشه‌ای خوبی را توسعه داده بودند، که به راحتی موجب نگه‌داشت خاک می‌شد. علاوه بر آن تاج پوشش متراکم بدست آمده می‌توانست جلوی ضربات باران را بگیرد، سرعت رواناب را کم و موجب افزایش نفوذ شود. کومار و داس [۲۳] نیز ضمن برشمردن نتایج حاصل از تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که این نتایج می‌تواند نویدبخش اثرگذاری ژئوتکستایل‌های بافته نشده بر پایداری دامنه‌ها باشد.

اثرگذاری ژئوتکستایل‌ها بر کاهش رواناب

به نقل از باتاچاریا و همکاران [۵]، "مکانیسم اثرگذاری ژئوتکستایل‌های زیستی نصب شده روی دامنه‌ها در کم نمودن حجم رواناب به سه طریق می‌باشد: (۱) تقسیم شدن مسیر حرکت رواناب سطحی به تعدادی مسیر کوچک‌تر در اثر موانع متعددی که ژئوتکستایل‌ها در مسیر جریان ایجاد می‌کنند، که در نهایت اثر تخریبی جریان آب را کاهش می‌دهد؛ (۲) لایه‌های ژئوتکستایل با

3. Restoration
4. Green Cover Index
5. Jute net
6. Coir blanket
7. 3D polyester geogrid

1. Creep
2. Bench terraces

جذب آب موجب افزایش نفوذ شده و با ایجاد شبکه‌هایی از موانع کوچک، جریان آب را کم نموده که نهایتاً موجب افزایش بیشتر نفوذ می‌شود [۲۵، ۴۹]، ۳ پوشش سطحی ژئوتکستایل‌ها باعث افزایش زبری سطحی، کاهش سرعت جریان سطحی و تغییر در تنش برشی آن می‌شود [۵۱، ۲۷].

اثر ژئوتکستایل بر رواناب در تحقیقات زیادی بررسی شده است [۵، ۲۹، ۴۵]، که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. در تحقیق انجام گرفته توسط شاو و همکاران [۴۳]، نتایج شبیه‌سازی باران روی کرت‌ها ضمن تأیید اثر ژئوتکستایل‌ها در به تأخیر انداختن زمان شروع رواناب، نشان داد که لایه کنفی، لایه پلی‌استر و توری پلی‌استر توانستند زمان شروع رواناب را به ترتیب به مقدار ۶۲/۱، ۵۷/۷ و ۱۶/۶ درصد کم نمایند.

با این حال گزارشات زیادی مبنی بر ناکارآمدی ژئوتکستایل‌ها در کاهش رواناب در تحقیقات مختلف ارائه شده است، برای مثال: آلوارز-موزرس و همکاران [۱]، در پژوهشی روی دامنه‌های شیب‌دار، اثر کنترل کنندگی دو نوع ژئوتکستایل بیولوژیکی (توری کنفی، لایه کنف) و یک نوع مصنوعی (ژئوگرید پلی‌استر) بر رواناب و هدررفت خاک را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که اگرچه بین رواناب ناشی از تیمار ژئوگرید و کنترل اختلاف معنی‌داری دیده نشد؛ اما در هر دو شیب ۴۵ و ۶۰ درجه ژئوتکستایل‌های زیستی (توری کنفی و لایه کنف) منجر به تولید ۲ الی ۳ برابر رواناب بیشتر نسبت به کرت کنترل شدند. در مطالعه‌ای دیگر توسط میشل و همکاران [۳۱]، ایشان بیان نمودند که در یکی از تیمارها (jute mat) رواناب تولید شده ۲۴۷٪ رواناب کرت کنترل بود. البته نباید فراموش کرد که در شرایط یکسان برخی از ژئوتکستایل‌ها به دلیل خاصیت هدایت کنندگی و نگه‌داشت کم می‌توانند منجر به افزایش رواناب شوند. برای مثال: خیمز-موررا و همکاران [۱۶]، بیان نمودند که ژئوتکستایل‌های پنبه‌ای^۱ به دلیل ویژگی آبگریزی^۲ که دارند باعث تولید رواناب بیشتری می‌شوند.

اثرگذاری ژئوتکستایل بر کاهش هدررفت خاک

اگرچه در ارتباط با مکانیسم‌های اثرگذاری ژئوتکستایل در کاهش رواناب و همچنین پایداری دامنه‌ها صحبت شد و نیز با بیان این نکته که این اثرگذاری منحصراً محدود به رواناب و پایداری دامنه نمی‌باشد و چه بسا به مراتب اثر قابل ملاحظه‌تری در کاهش هدررفت خاک و در نتیجه رسوب نیز بگذارد؛ نیاز است یکی دیگر از ویژگی‌های ژئوتکستایل ذکر گردد تا نحوه عملکرد آن واضح‌تر شود. هم‌زمان که ژئوتکستایل آب را جذب می‌کند و خیس می‌شود به تدریج روی سطح خاک پهن می‌شود و خاصیت چسبندگی^۳ به سطح خاک آن افزایش می‌یابد در نتیجه فرسایش و رواناب را کنترل می‌کند [۴۹]. هم‌چنین به‌طور خلاصه می‌توان گفت که مکانیسم

1. Cotton
2. Hydrophobic response
3. Drapability

حفاظتی ژئوتکستایل‌ها دو مورد می‌باشد: الف) از طریق حفاظت مستقیم از سطح خاک در برابر عوامل فرساینده ب) به‌واسطه اثر آن در ایجاد پوشش گیاهی متراکم محافظ [۱].

شاو و همکاران [۴۳]، اثر سه نوع ژئوتکستایل لایه کنفی، لایه پلی‌استر و توری پلی‌استر، در کنترل فرسایش را بررسی نمودند و نشان دادند که تیمارهای مذکور به ترتیب فرسایش را به اندازه ۹۹/۴، ۹۸/۵ و ۵/۵ درصد کم نمودند. آلوارز-موزرس و همکاران [۱] نیز اثربخشی ژئوتکستایل‌ها در کم کردن هدررفت خاک را گزارش دادند و بیان نمودند که این اثربخشی در شیب ۴۵ درجه نسبت به شیب ۶۰ درجه بیشتر بود. هم‌چنین در این پژوهش آمده است که تیمار ژئوگرید سطحی دارای کمترین نرخ هدررفت خاک می‌باشد، بنابراین نصب سطحی آن گزینه بهتری است. یکی از جامع‌ترین پژوهش‌ها در این زمینه توسط باتاچاریا و همکاران [۵]، انجام گرفت. ایشان با مقایسه داده‌های جمع‌آوری شده از کشورهای متفاوت (انگلستان، مجارستان، آفریقای جنوبی، چین، تایلند و ویتنام) به مطالعه اثربخشی ژئوتکستایل‌های زیستی در شرایط مختلف پرداختند. این نتایج نیز مؤید اثربخشی زیاد ژئوتکستایل‌ها جهت کنترل فرسایش خاک در تمامی محیط‌ها بود، به‌نحوی که نرخ فرسایش آبی به مقدار ۶۷-۹۹ درصد کاهش یافت. نکته جالبی که ایشان خاطر نشان کردند این بود که در انگلستان کرت‌های حاوی تیمار نوارهای بافر از جنس Borassus mat و Buriti mat دارای عملکردی مشابه با کرت‌های کاملاً پوشیده با Borassus mat در کاهش هدررفت خاک بودند، که در پژوهش صورت گرفته در کشور نیز اثر نوارهای ژئوتکستایل کنفی-کلشی به ثبت رسیده است [۳۲].

با این حال، ممکن است اثرگذاری ژئوتکستایل‌ها بر فرسایش و رواناب صرفاً به‌واسطه‌ی کاهش مستقیم آن‌ها نباشد، بلکه احتمال دارد از طریق اثر بر سایر خصوصیات خاک از قبیل ماده آلی، وزن مخصوص ظاهری، توزیع دانه‌بندی ذرات و سایر خصوصیات خاک تأثیر طولانی مدت‌تری بر روی فرسایش و رواناب بگذارد. علاوه بر این موارد، نیاز است نسبت به تغییرات عناصر معدنی موجود در خاک به دلیل استفاده از ژئوتکستایل‌ها اطلاعات کافی داشته باشیم. در این زمینه باتاچاریا و همکاران [۴]، در پژوهشی اثر دو نوع ژئوتکستایل (Borassus mats و Buriti mats) بر توزیع دانه‌بندی و غلظت عناصر خاک را در سطح ده کرت رواناب (۱۰×۱ متر روی شیب ۱۵ درجه) بررسی نمودند. ایشان نشان دادند که ژئوتکستایل‌ها می‌توانند غلظت عناصر غذایی و دانه‌بندی خاک را تحت تأثیر قرار بدهند؛ به‌نحوی که محتوی سیلت و رس خاک در کرت کاملاً پوشیده شده با Borassus به‌طرز معنی‌داری کاهش و نسبت ماسه بعد از دو سال افزایش یافت. هم‌چنین کرت‌های دارای نوار بافری Borassus و Buriti نیز محتوی رس خاک کمتری نشان دادند. این نتایج هم‌چنین نشان داد که در کل ژئوتکستایل‌های مورد بررسی باعث افزایش معنی‌دار فسفر و پتاسیم کل و کاهش کلسیم کل شدند، اما بر غلظت سایر عناصر (منیزیم، سولفور، زینک، کوپر، آهن، منگنز و مولیبدیم)

[۵۷] نیز با برشمردن برخی از مهم‌ترین خصوصیات که می‌تواند بر اثربخشی ژئوتکستایل‌ها در کم نمودن فرسایش اثرگذار باشد، مهم‌ترین این موارد را که در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شوند را به صورت زیر معرفی می‌کند:

- عمق آب جذب شده^۵ (رابطه ۳):

$$SD = \frac{\text{Mass of moisture sorbed (kg)}}{\text{Area (m}^2\text{)}} \times C \quad (3)$$

که در آن C فاکتور تبدیل به میلی‌متر می‌باشد.

- تراکم جرم^۶ (ML⁻³) (رابطه ۴):

$$MD = \frac{\text{Mass}_{RECS} \text{ (kg)}}{\text{Area (m}^2\text{)}} \times \frac{1}{\text{Thickness}_{RECS} \text{ (m)}} \quad (4)$$

- انتقال نور^۷ (رابطه ۵):

$$LT = \frac{\text{RECS}_{PAR} \text{ (}\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}\text{)}}{\text{Source}_{PAR} \text{ (}\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}\text{)}} * 100 \quad (5)$$

که در آن PAR تابش فعال فتوسنتزی در محدوده باند ۴۰۰-۷۰۰ نانومتر می‌باشد. RECS_{PAR} مقدار PAR عبور یافته از ژئوتکستایل بوده، و در نهایت Source_{PAR} عبارتست از PAR خارج شده از منبع شدید نور. انتقال نور نقش مهمی در جوانه زنی بذرها و نیز در مراحل اولیه رشد پوشش گیاهی دارد و مقدار تغییرات آن از ۰ (بدون عبور) تا ۱۰۰ (عبور کامل) است.

- میانگین ضخامت ژئوتکستایل (L): یک خصوصیت فیزیکی بوده که تحت فشار ثابت ۱ کیلو پاسکال اندازه گرفته می‌شود. ارتباط این شاخص با فرسایش خاک معلوم نیست.

- میانگین جرم واحد سطح^۸ (M L⁻²): این معیار خصوصیتی فیزیکی به‌شمار می‌رود و معلوم نیست که آیا بر کاهش فرسایش خاک دامنه اثر دارد یا نه.

نتیجه‌گیری

بیش از ۵۰ سال است که از ژئوتکستایل‌ها برای کنترل فرسایش خاک استفاده می‌شود. این محصول دارای کاربردهای متنوعی بوده و بسته به موادی که در ساختن آن بکار رفته از ۲ تا ۲۰ سال دوام می‌آورد. با توجه به اثربخشی ژئوتکستایل‌ها در کنترل فرسایش خاک و نیز فراهم آوردن محیطی مناسب جهت توسعه پوشش گیاهی می‌توان جهت مدیریت بهتر منابع آب و خاک کشور از آن بهره گرفت.

با این حال، تنوع زیاد این محصولات، مواد مختلف بکاررفته در تولید آن‌ها، و نیز تفاوت قابل ملاحظه در خصوصیات هر کدام؛ مستلزم تحقیقات بیشتر در این زمینه است. زیرا که، کوچکترین تغییر در برخی از ویژگی‌های این محصول می‌تواند منجر به کارایی بهتر و

اثر معنی‌داری نداشتند. نتایج لخوا [۲۶] نیز مؤید اثر ژئوتکستایل در بهبود قابل ملاحظه کربن آلی، محتوی آب خاک، نگهداشت رطوبت خاک و رشد گیاه بود. از نظر ایشان می‌توان از این تکنولوژی برای بازیابی اکولوژیکی زمین‌های ازدست‌رفته (بایر^۱) از لحاظ مدیریت آب، خاک و زیست‌توده استفاده کرد. هم‌چنین، باتاچاریا و همکاران [۶]، در پژوهشی طی سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۷ در انگلستان به این نکته اشاره کردند که به‌کارگیری لایه‌های Borassus به صورت نوارهای بافر در حفظ خصوصیات خاک لومی-شنی موفقیت آمیز می‌باشد.

بررسی کمی کارایی ژئوتکستایل‌ها در کاهش رواناب و هدررفت خاک

جهت کمی‌سازی اثربخشی اقدامات حفاظت خاک و آب در کاهش فرسایش از معیار نسبت هدررفت خاک استفاده می‌شود، که این نسبت عبارت است از هدررفت خاک در کرت دارای عملیات حفاظتی نسبت به هدررفت از کرت مرجع با همان شرایط اما بدون عملیات حفاظتی [۱۰، ۹، ۱۵، ۴۶]. با این حال، اگرچه نسبت رواناب نیز در برخی مطالعات به‌کار رفته است [۱۵]، اما هدف و گرایش کمی‌سازی اثربخشی عملیات حفاظت خاک و آب به سمت هدررفت خاک می‌باشد. باید خاطر نشان کرد آنچه که از عبارت عملیات حفاظت خاک و آب بر می‌آید این است که انتظار اثر این عملیات بر رواناب نیز می‌رود و بایستی هر دو مؤلفه فرسایش و رواناب را در کنار هم در نظر بگیریم. در این راستا می‌توان به شاخص‌های اثربخشی کاهش فرسایش خاک (SLRE^۲) و رواناب (RRE^۳) اشاره کرد (رابطه ۱ و ۲) [۴۸]:

$$SLRE_i = \left(\frac{SL_{control} - SL_i}{SL_{control}} \right) * 100 \quad (1)$$

$$RRE_i = \left(\frac{R_{control} - R_i}{R_{control}} \right) * 100 \quad (2)$$

که در آن، SL_{control} رسوب تیمار کنترل، SL_i رسوب تیمار نمونه؛ همچنین R_{control} رواناب تیمار کنترل، R_i رواناب تیمار نمونه می‌باشد. در ارتباط با کارایی ژئوتکستایل‌ها و با توجه به نتایج پژوهش‌هایی که در بالا بدان اشاره شد، مبنی بر اثرات مختلف و متفاوت انواع ژئوتکستایل‌ها روی عوامل یاد شده، و نیز با در نظر گرفتن تنوع زیاد این محصولات لازم است تا قبل از به‌کارگیری آن‌ها خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و هیدرولیکی آن‌ها با دقت بررسی و بهترین محصول بسته به هدف تحقیق انتخاب شود. برخی خصوصیات فیزیکی ژئوتکستایل‌ها که در حفاظت خاک مهم است عبارتند از: نسبت مساحت فضای باز (یا اندازه نسبی روزنه‌ها)، عمق جذب رطوبت، ضخامت لایه، زبری هیدرولیکی و مقاومت کششی^۴؛ که کنترل کننده عملکرد این لایه‌ها می‌باشد [۴۰]. زیگلر و ساترلند

5. Water sorption depth
6. Mass density
7. Light transmission
8. Mean mass per area

1. Wasteland
2. Soil loss reduction effectiveness
3. Runoff reduction effectiveness
4. Tensile strength

منابع

9. Castillo, V. M. Martinez-Mena, M. and Albaladejo, J. 1997. Runoff and soil loss response to vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Science Society of America Journal*. 61(4): 1116–1121.
10. Cogo, N. P. Moldenhauer, W. C. and Foster, G. R. 1984. Soil loss reductions from conservation tillage practices. *Soil Science Society of America Journal*. 48(2): 368–373.
11. Coppin, N. and Stiles, R. 1995. Ecological principles for vegetation establishment and maintenance. In: Morgan, R.P.C. Rickson, R.J. (Eds.), *Slope Stabilization and Erosion Control: A Bioengineering Approach*. Taylor & Francis, Abingdon, UK.
12. Ebisemiju, F.S. 1990. Sediment delivery ratio prediction equations for short catchment slopes in a humid tropical environment. *Journal of Hydrology*. 114: 191–208.
13. Fullen, M. A. Subedi, M. Booth, C. A. Sarsby, R. W. Davies, K. Bhattacharyya, R. Kugan, R. Luckhurst, D. A. Chan, K. Black, A. W. Townrow, D. James, T. Poesen, J. Smets, T. Kertesz, A. Toth, A. Szalai, Z. Jakab, G. Jankauskas, B. Jankauskiene, G. Buhmann, C. Paterson, G. Mulibana, E. Nell, J. P. van 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. Li, Y. M. Li, T. Panomtaranichagul, M. Peukrai, S. Thu, D. C. Cuong, T. H. Toan, T. T. Jonsyn-Ellis, F. Sylva, J. Z. Cole, A. Mulholland, B. Dearlove, M. Corkill, C. and Tomlinson, P. 2011. Utilizing biological geotextiles: introduction to the Borassus Project and global perspectives. *Land Degradation & Development*. 22: 453–462.
14. Furtan, W. H. and Hosseini, S. S. 1995. Economic and institutional considerations for soil depletion. *CSALE Occasional Paper*, No. 1.
15. Gilley, J. E. and Risse, L. M. 2000. Runoff and soil loss as affected by the application of manure. *Transactions of ASAE*. 43(6): 1583–1588.
16. Giménez-Morera, A. Sinoga, J. R. and Cerdà, A. 2010. The impact of cotton geotextiles on soil and water losses from Mediterranean rainfed agricultural land. *Land Degradation & Development*. 21(2): 210–217.
1. Álvarez-Mozos, J. Abad, E. Giménez, R. Campo, M. A. Goñi, M. Arive, M. Casali, J. Díez, J. and Diego, I. 2013. Evaluation of erosion control geotextiles on steep slopes. Part 1: Effects on runoff and soil loss. *Catena*. 118: 168–178.
2. Álvarez-Mozos, J. Abad, E. Goñi, M. Giménez, R. Campo, M.A. Díez, J. Casali, J. Arive, M. and Diego, I. 2014. Evaluation of erosion control geotextiles on steep slopes. Part 2: Influence on the establishment and growth of vegetation. *Catena*. 121: 195–203.
3. Balan, K. 1995. Studies on engineering behaviour and uses of geotextiles with natural fibres. PhD thesis, Indian Institute of Technology, Delhi, India.
4. 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.
5. Bhattacharyya, R. Fullen, M. A. Booth, C. A. Kertesz, A. Toth, A. Szalai, Z. Jakab, G. Kozma, K. Jankauskas, B. Jankauskiene, G. Buhmann, C. Paterson, G. Mulibana, E. Nell, J. P. Van 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. Yongmei, L. Li, T. Panomtarachichigul, M. Peukrai, S. Thu, D.C. Cuong, T.H. and Toan, T. T. 2011a. Effectiveness of Biological Geotextiles for Soil and Water Conservation in Different Agro-Environments. *Land Degradation & Development*. 22: 495-504.
6. Bhattacharyya, R. Fullen, M. A. Booth, C. A. Smets, T. Poesen, J. and Black, A. 2011b. Use of palm-mat geotextiles for soil conservation: I. Effects on soil properties. *Catena*. 84: 99–107.
7. Bhattarai, R. Kalita, P. K. Yatsu, Sh. Howard, H. R. and Svendsen, N.G. 2011. Evaluation of compost blankets for erosion control from disturbed lands. *Journal of Environmental Management*. 92: 803–812.
8. Brown, L. R. and Young, J. E. 1990. *Feeding the World in nineties*. New York: W.W. Norton and Co. B.

shear strength. *Catena*. 57: 233–249.

28. Li, M. H. and Khanna, S. 2008. Aging of rolled erosion control products for channel erosion control. *Geosynthetics International*. 15: 224–231.

29. Luo, H. Zhao, T. Dong, M. Gao, J. Peng, Xi. Guo, Y. Wang, Z. and Liang, C. 2013. Field studies on the effects of three geotextiles on runoff and erosion of road slope in Beijing, China. *Catena*. 109: 150–156.

30. McConnel, K. E. 1983. An economic model of soil conservation. *American Journal of Agricultural Economics*. 65: 83–89.

31. 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(2): 182–184.

32. Mohamadi, M. A. Kavian, A. and Solaimani, K. 2016. A study on Runoff Generation and Sediment Production Processes under Jute Geotextile Buffers. *Iran-Watershed Management Science & Engineering*. 10(34): 43–50. (In Persian).

33. Morgan, R. P. C. and Rickson, R. J. 1995. *Soil Stabilization and Erosion Control: A Bioengineering Approach*. Cranfield University, UK, 293 P.

34. Müller, W. W. and Saathoff, F. 2015. Geosynthetics in geoenvironmental engineering. *Science and technology of advanced materials*. 16(3): 034605.

35. Pacheco, F. A. L. Varandas, S. G. P. Sanches Fernandes, L. F. and Valle Junior, R. F. 2014. Soil losses in rural watersheds with environmental land use conflicts. *Science of Total Environment*. 485–486C: 110–120.

36. Pieri, L. Bittelli, M. Wu, J. Q. Dun, Sh. Flanagan, D. C. Pisa, P. R. Ventura, F. and Salvatorelli, F. 2007. Using the water erosion prediction project (WEPP) model to simulate field-observed runoff and erosion in the Apennines mountain range, Italy. *Journal of Hydrology*. 336: 84–97.

37. Pimentel, D. 2000. Soil erosion and the threat to food security and the environment. *Ecosystems and Health*. 6: 221–226.

38. Prambauer, M. Wendeler, C. Weitzenböck, J.

17. Girmay, G. Singh, B. R. Nyssen, J. and Borrosen, T. 2009. Runoff and sediment associated nutrient losses under different land uses in Tigray, northern Ethiopia. *Journal of Hydrology*. 376: 70–80.

18. Hann, M. J. and Morgan, R. P. C. 2006. Evaluating erosion control measures for bio-restoration between the time of soil reinstatement and vegetation establishment. *Earth Surface Processes and Landforms*. 31: 589–597.

19. Henderson, M. S. 1982. The potential use of degradable erosion control membrane in the United Kingdom. *Journal of Engineering Geology*. 15: 233–234.

20. Hopmans, P. Flinn, D. W. and Farrell, P. W. 1987. Nutrient dynamics of forested catchments in southern Australia and changes in water quality and nutrient exports following clearing. *Forest Ecology and Management*. 20: 209–231.

21. IGS. 2009. Recommended Descriptions of Geosynthetics, Functions, Geosynthetics Terminology, Mathematical and Graphical Symbols, (Easley, SC: International Geosynthetics Society (IGS) Secretariat).

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

23. Kumar, N. and Das, D. 2018. Nonwoven geotextiles from nettle and poly (lactic acid) fibers for slope stabilization using bioengineering approach. *Geotextiles and Geomembranes*. 46(2): 206–213.

24. Lal, R. and B. R. Singh. 1998. Effects of soil degradation on crop productivity in East Africa. *Journal of Sustainable Agriculture*. 12(4):15–36.

25. Langford, R. L. and Coleman, M. J. 1996. Biodegradable erosion control blankets prove effective on Iowa wildlife refuge. In *International Erosion Control Association, Proceedings of Conference XXVII*, Seattle, WA, 13–20.

26. Lekha, K. R. 2004. Field instrumentation and monitoring of soil erosion in coir geotextile stabilized slopes - a case study. *Geotextiles and Geo-membranes*. 22: 399–413

27. Leonard, J. and Richard, G. 2004. Estimation of runoff critical shear stress for soil erosion from soil

Atlanta, USA; 359–370.

50. Tenge, A. Sterk, G. and Okoba, B. O. 2011. Farmers' preferences and physical effectiveness of soil and water conservation measures in the East African highlands. *Journal of Social Sciences*. 2: 84–100.

51. Thompson, A. M. 2001. Shear stress partitioning for vegetation and erosion control blankets. Ph.D. Dissertation, Department of Biosystems and Agricultural Engineering, University of Minnesota, St. Paul, MN (UMI Number: 3032015).

52. Van Kooten, G. C. 1993. Land resource economics and sustainable development. Vancouver: University of British Columbia Press.

53. Vishnudas, S. Savenije, H. H. G. Van der Zaag, P. Anil, K. R. and Balan, K. 2005. Experimental study using coir geotextiles in watershed management. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions, European Geosciences Union*. 2(6): 2327-2348.

54. Vishnudas, S. Savenije, H. H. Van der Zaag, P. and Anil, K. R. 2012. Coir geotextile for slope stabilization and cultivation—A case study in a highland region of Kerala, South India. *Physics and Chemistry of the Earth. Parts A/B/C*, 47: 135-138.

55. Wickama, J. Masselink, R. and Sterk, G. 2015. The effectiveness of soil conservation measures at a landscape scale in the West Usambara highlands, Tanzania. *Geoderma*. 241: 168–179.

56. Wickama, J. Okoba, B. and Sterk, G. 2014. Effectiveness of sustainable land management measures in West Usambara highlands, Tanzania. *Catena*. 118: 91–102.

57. Ziegler, A. D. Sutherland, R. A. and Tran, L. T. 1997. Influence of rolled erosion control systems on temporal rainsplash response — a laboratory rainfall simulation experiment. *Land Degradation & Development*. 8: 139–157.

and Burgstaller, C. 2019. Biodegradable geotextiles—An overview of existing and potential materials. *Geotextiles and Geomembranes*. 47(1): 48-59.

39. Rickson, R. J. 1995. Simulated vegetation and geotextiles. In: Morgan, R.P.C. Rickson, R.J. (Eds.), *Slope stabilization and erosion control: A bioengineering approach*. Taylor & Francis, 286p.

40. Rickson, R. J. 2006. Controlling sediment at source: an evaluation of erosion control geotextiles. *Earth Surface Processes and Landforms*. 31: 550–560.

41. Sarsby, R. W. 2007. Use of 'Limited Life Geotextiles' (LLGs) for basal reinforcement of embankments built on soft clay. *Geotextiles and Geomembranes*. 25: 302–310.

42. Shahoei, S. S. 1998. Soil erosion and fertility, Tehran, ISBN. (In Persian).

43. Shao, Q. Gua, W. Dai, Q.y. Makoto, S. and Liuc, Y. 2014. Effectiveness of geotextile mulches for slope restoration in semi-arid northern China. *Catena*. 116: 1–9.

44. Shukla, S. K. (2017). *An introduction to geosynthetic engineering*. CRC Press.

45. Smets, T. and Poesen, J. 2009. Impacts of soil tillage on the effectiveness of biological geotextiles in reducing runoff and interrill erosion. *Soil & Tillage Research*. 103: 356–363.

46. Smets, T. Poesen, J. and Bochet, E. 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(6): 654–677.

47. Sutherland, R. A. and Ziegler, A. D. 2007. Effectiveness of coir-based rolled erosion control systems in reducing sediment transport from hillslopes. *Applied Geography*. 27(3-4): 150-164.

48. 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 & Development*. 9: 465–486.

49. Sutherland, R. A. and Ziegler, A. D. 1996. Geotextile effectiveness in reducing interrill runoff and sediment flux. In *International Erosion Control, Association Proceedings of Conference XXVI, 1995*,



Abstract

A Review on Geotextiles Regarding Soil and Water Conservation Issues

M. Ayob Mohamadi*¹ and A. Kavian²

Received: 2019/02/27 Accepted: 2019/10/21

Soil erosion and its impacts have led to a growing need for a better understanding of different soil and water conservation measures. To deal with this issue, implementing diverse products including various kinds of geotextiles with distinctive properties would be a proper alternative to gain the conservation goal. Geotextile is one of the geosynthetic products that in addition to its synthetic form can be manually produced from natural materials and used in geotechnical projects. Despite the widespread application of this product and the compatibility of its biological type to the environment, fewer researches have addressed them in Iran. Therefore, this study tries to review the geotextiles and their application in slope stabilization and reduction of runoff and soil loss. Hope to use this alternative measure for soil and water resources management in Iran by understanding its properties and conservation mechanisms.

Keywords: Geosynthetic, Erosion control, Runoff, Sediment

1. PhD in watershed management sciences and engineering, department of watershed management, Sari Agricultural Sciences & Natural Resources University (SANRU), Corresponding author, Email: A.Mohamadi@stu.sanru.ac.ir

2. Associate professor, department of watershed management, Sari Agricultural Sciences & Natural Resources University (SANRU).