دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

رابطه شدت و مدت بارندگی و تولید رسوب از جوی‌های کناری تحت تیمارهای حفاظت خاک جاده‌های جنگلی

آیدین پارساخو[۱]، غفار یلمه[۲]، واحدبردی شیخ[۳]، جهانگیر محمدی[۴] و ایوب رضایی مطلق[۵]

۱- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- دانشیار، گروه آبخیزداری، دانشکده آبخیز و مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۵- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
(نویسنده مسوول: aiubrezaee@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۲۵
صفحه: ۵۴ تا ۶۱

چکیده مسبوط

مقدمه و هدف: جوی کناری که به‌منظور زه‌کشی جریانات سطحی و حفاظت از ساختمان راه ساخته می‌شود در بارندگی‌های شدید، تحت تأثیر سرعت رواناب دچار فرسایش شده و رسوبات را به‌صورت بار معلق به رودخانه‌ها و بوم سامانه‌های آبی منتقل می‌کند. تعیین آستانه‌های اثرگذاری بارندگی در تیمارهای مختلف حفاظتی بر فرایند رسوب‌دهی جوی کناری می‌تواند ابزار مناسبی برای مدیریت و برنامه‌ریزی حفاظت جوی کناری جاده‌های جنگلی در طول سال باشد. استفاده از فنون سازگار با محیط‌زیست جهت حفاظت از جوی کناری تأثیر مستقیم بر کیفیت و دوام ساختمان راه و اطمینان از ایمنی تردد دارد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق ضمن پایش وضعیت شدت و مدت بارندگی طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا در استان گلستان و جمع‌آوری داده‌ها در طول سال، نسبت به اندازه‌گیری میزان تحویل رسوب پس از هر بار بارندگی از طریق تله‌گذاری در ابتدا و انتهای ۳۰ قطعه جوی ۱۵۰ متری در سال اول قبل از اعمال تیمارها اقدام شد. تله‌گذاری شامل کندن گودالی استوانه‌ای شکل به قطر ۰/۴ متر و عمق ۰/۶ متر بود. در داخل هر تله یک شاخص مدرج برای تکرار اندازه‌گیری‌ها نصب و طی هر بازدید ارتفاع رسوب و سطح رسوب‌گذاری برای محاسبه حجم رسوب اندازه‌گیری و سپس در وزن مخصوص ظاهری رسوب ضرب شد. در سال دوم بعد از شناسایی جوی‌هایی که بیشترین میزان رسوب‌دهی را داشتند نسبت به اعمال تیمارهای سنگ‌چین با مصالح کوهی، سنگ‌چین با مصالح رودخانه‌ای، پلکانی کردن جوی و کوبیدن بستر اقدام گردید و اندازه‌گیری رسوب پس از هر بار بارندگی مشابه سال قبل تکرار گردید.

یافته‌ها: نتایج تجزیه همبستگی پیرسون نشان داد که با افزایش مدت بارندگی، میزان تحویل رسوب از جوی کناری به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد؛ اما همبستگی بین شدت بارندگی با میزان تحویل رسوب معنی‌دار نبود. پس از اجرای تیمارهای حفاظت جوی، مقدار تحویل رسوب به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت، به‌طوری‌که آغاز رسوب‌دهی جوی‌های کناری در بارندگی ۱۲ ساعته و شدت ۶/۰۹ میلی‌متر در ساعت مشاهده شد. رسوب تولید شده از جوی‌های تیمار شده با سنگ‌چین مصالح کوهی، سنگ‌چین مصالح رودخانه‌ای، سازه پلکانی و کوبیدن بستر به‌ترتیب ۱۶۰۰۰، ۳۶۰۰۰، ۱۲۱۵۰ و ۲۷۰۰۰ گرم در سال بود.

نتیجه‌گیری: با مقایسه عملکرد تیمارهای حفاظتی مشخص گردید که تیمار سنگ‌چین با مصالح کوهی با کاهش ۸۴ درصدی میزان تحویل رسوب دارای بهترین عملکرد بود. با این وجود پیشنهاد می‌شود تحقیقات بیشتر و جامع‌تر تحت شرایط مختلف اقلیم، شیب و سنگ‌بستر انجام شود تا بتوان نتایج تعمیم‌پذیر و کاربردی برای کنترل رسوب جوی‌های کناری ارائه نمود.

واژه‌های کلیدی: تله رسوب، تعیین مقادیر بارندگی، جوی پلکانی، سنگ‌چین، طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا

مقدمه

جوی کناری که به‌منظور زه‌کشی جریانات سطحی و حفاظت از ساختمان راه ساخته می‌شود در بارندگی‌های شدید، تحت تأثیر سرعت رواناب دچار فرسایش شده و رسوبات را به‌صورت بار معلق به رودخانه‌ها و بوم سامانه‌های آبی منتقل می‌کند. قدرت فرسایندگی باران در ایجاد فرسایش ساختمان جاده و جوی کناری آن مؤثر بوده و این امر بیش از همه به انرژی جنبشی باران بستگی دارد (۵،۷). مهم‌ترین ویژگی باران که در قدرت فرسایندگی آن مؤثر است، شدت و مدت بارندگی می‌باشد. هر چه شدت بیشتر باشد، انرژی جنبشی باران بیشتر و در نتیجه قدرت فرسایندگی آن بیشتر می‌شود. هنگام بارندگی و به‌محض رسیدن قطرات باران به سطح خاک، نفوذ به وقوع می‌پیوندد و هنگامی که شدت بارندگی از شدت نفوذ بیشتر باشد یا مقدار کل بارندگی از ظرفیت نفوذ بیشتر باشد، خاک اشباع می‌شود و در نتیجه رواناب ایجاد شده و فرسایش آبی به وقوع می‌پیوندد (۱۵). بررسی اثر شدت بارندگی و تعیین شدت بحرانی که در شدت‌های بارندگی بیشتر از آن رسوب‌دهی به طور معنی‌داری تشدید می‌شود، می‌تواند ابزار مناسبی برای مدیریت و برنامه‌ریزی حفاظت جوی کناری جاده‌های جنگلی در طول سال باشد. علی‌رمایی و همکاران (۲) در تحقیقی در منطقه کلاله استان گلستان آستانه اثرگذاری شدت بارندگی بر فرآیند تحویل رسوب را در محدوده‌های شدت بارندگی بیشتر از ۵۰ میلی‌متر در ساعت شناسایی کردند.

استفاده از فنون مقرون‌به‌صرفه، کارآمد و سازگار با محیط‌زیست برای حفاظت از جوی کناری از ضرورت بالایی برخوردار است. تثبیت موقتی و یا دائمی خاک جوی کناری جاده با بهره‌گیری از فنون زیست-پایه و یا عملیات مکانیکی می‌تواند در کاهش تحویل رسوب از سوی جاده به آبراهه‌ها و رودخانه‌ها مفید واقع شود. در تکنیک‌های موقتی حفاظت از طریق استقرار پوشش گیاهی، نصب زمین‌پارچه‌های حصیری، کنفی و غیره، مالچ کاه و چوب میسر می‌شود که معمولاً پس از گذشت چند سال از کارایی آن‌ها کاسته می‌شود. در روش‌های دائمی حفاظت از جوی با استقرار پوشش‌های

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-06-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.5.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.54]

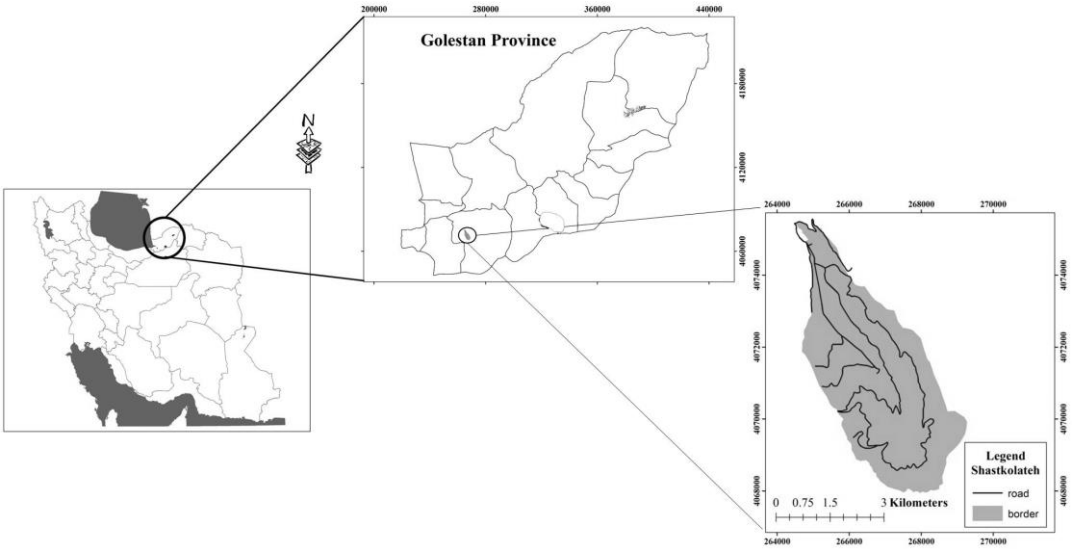
سخت مانند بتن و لاشه‌سنگ و پوشش‌های انعطاف‌پذیر مانند چمن‌کاری فصلی انجام می‌گیرد (۳،۱۶). برودا و همکاران (۴) از زمین پارچه‌های پشمی، پشمی-کنفی و فیبرهای بازیافتی به ترتیب با ضخامت‌های ۵/۸، ۳ و ۳ میلی‌متر و جرم ۴۰۶، ۵۱۲ و ۲۶۵ گرم در مترمربع برای تثبیت جوی کناری جاده‌های جنگلی بهره گرفتند. نتایج نشان داد که ظرفیت جذب آب زمین پارچه پشمی بیشتر از زمین پارچه پشمی-کنفی و فیبرهای بازیافتی بود. ونگ و همکاران (۱۹) ۴۰ درصد بستر جوی کناری جاده را با لاشه‌سنگ پوشانده و سپس اثر این کار را روی رسوب‌دهی جوی تحت سه شدت باران ۵۷، ۹۱ و ۱۲۲ میلی‌متر بر ساعت بررسی کردند. نتایج نشان داد که مقدار سرعت رواناب و غلظت رسوب و میزان فرسایش خاک با بهره‌گیری از تیمار لاشه‌سنگ به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد و در مقابل میزان نفوذ افزایش یافت. میزان فرسایش خاک در تیمار لاشه‌سنگ و در شدت بارش ۱۲۲ میلی‌متر در ساعت کمتر از ۱۲ گرم در مترمربع در دقیقه بود در حالی که این رقم برای خاک شاهد بدون حفاظت در شدت بارندگی ۵۷ میلی‌متر در ساعت بیش از ۱۵ گرم در مترمربع در دقیقه برآورد شد. لانگ و همکاران (۱۳) به‌منظور حفاظت از جوی کناری جاده‌های جنگلی ۵ تیمار شامل تیمار شاهد (خاک بدون حفاظت)، چمن‌کاری، چمن‌کاری روی زمین‌پارچه کنفی، آب‌بندهای سنگ‌چین و پوشش لاشه‌سنگ را به اجرا درآوردند. نتایج نشان داد که کمترین مقدار رسوب‌دهی جوی کناری مربوط به تیمارهای پوشش لاشه‌سنگ، چمن‌کاری و چمن‌کاری روی زمین‌پارچه کنفی بود. خاندوزی و همکاران (۱۲) در طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا و در ۵ قطعه جوی کناری جاده هر یک به طول ۱۰ متر نسبت به استقرار تیمارهای مختلف حفاظتی شامل پوشش لاشه‌سنگ، چمن‌کاری با گونه علفی فستوکا، زمین پارچه کنفی، پیکه‌کوبی و چپربندی با سرشاخه‌های محلی اقدام نمودند. نتایج نشان داد که در شدت جریان کمتر از ۵ لیتر در ثانیه تیمارهای پیکه‌کوبی و چپربندی (۰/۲۵ گرم در لیتر)، پوشش لاشه‌سنگ (۰/۲۱ گرم در لیتر)، پوشش علفی فستوکا (۰/۲۲ گرم در لیتر) و زمین‌پارچه کنفی (۰/۱۹ گرم در لیتر) و در شدت جریان بیشتر از ۵ لیتر در ثانیه تیمارهای زمین‌پارچه کنفی (۰/۲۱ گرم در لیتر) و پیکه‌کوبی (۰/۲۱ گرم در لیتر) و چپربندی با سرشاخه‌های محلی (۰/۲۰ گرم در لیتر) به‌دلیل عملکرد بهتر در کاهش رسوب‌دهی و سرعت رواناب می‌توانند برای تثبیت بستر جوی کناری جاده‌های جنگلی مورد استفاده قرار گیرند. ونگ و همکاران (۲۰) بیان داشتند که جوی کناری مهمترین بخش تولیدکننده رسوب در جاده‌های جنگلی به‌ویژه در نواحی شیب‌دار می‌باشد. آن‌ها از تیمارهای پلکانی کردن جوی و چمن‌کاری برای مقابله با رسوب‌دهی استفاده نمودند. نتایج نشان داد که تیمارهای یادشده به‌ترتیب ۸۵ درصد و ۴۷ درصد از مقدار فرسایش را کاهش دادند. استریتر و اسچیلینگ (۱۸) تأثیر ۴ نوع تیمار حفاظتی جوی کناری جاده شامل تیمار کوبیدن، پلکانی کردن، چمن‌کاری و شاهد را بر مقدار رسوب تولیدی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمارهای کوبیدن و پلکانی کردن بیشترین کارایی را در کاهش مقدار رسوب داشت. جوی کناری به‌منظور زه‌کشی رواناب سطح جاده و ممانعت از رسیدن جریانات به سطح روسازی و در نتیجه حفاظت از ساختمان راه و اطمینان از ایمنی رانندگان ساخته می‌شود. لذا استفاده از روش‌های سازگاربامحیط‌زیست برای حفاظت از جوی کناری از ضرورت بالایی برخوردار است. مطالعات گذشته نشان می‌دهد که نوع تیمارهای حفاظتی که لازمه آن‌ها ممانعت از نفوذ آب به جسم راه هست نادیده گرفته‌شده است و بعضاً از تیمارهایی مانند چمن‌کاری و آب‌بندهایی استفاده‌شده است که خود می‌تواند عامل تجمع رسوب و سرریز رواناب روی راه گردند. لذا با توجه به تغییرات اقلیمی و افزایش فراوانی وقوع بارش‌های سنگین، پیاده‌سازی روش‌های حفاظتی که قدرت مقابله با جریانات شدید رواناب را داشته باشد از ضرورت بالایی برخوردار است. هدف از تحقیق حاضر مقایسه اثر تیمارهای مختلف حفاظتی در کاهش رسوب‌دهی جوی کناری جاده‌های جنگلی، بررسی اثر شدت و مدت بارندگی بر میزان تحویل رسوب و همچنین تعیین آستانه اثرگذاری بارندگی در تیمارهای مختلف حفاظتی بود.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

سری یک طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا با وسعتی برابر ۱۷۱۳/۳ هکتار در جنوب غربی شهرستان گرگان قرار دارد. این طرح بین ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه و ۶ ثانیه و ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه و ۲۷ ثانیه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه و ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه و ۵۷ ثانیه طول شرقی قرار دارد. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به‌ترتیب ۲۱۰ و ۹۹۵ متر از سطح دریا است (شکل ۱). مساحت قابل بهره‌برداری سری ۱۶۳۱/۵ هکتار می‌باشد. تیپ غالب این رویشگاه راش-ممرزستان (*Carpinus betulus L.* و Fagus *orientalis Lipsky*) و متوسط شیب زمین ۲۵ درصد است. طول کل جاده‌های جنگلی طرح جنگل‌داری دکتر بهرام نیا برابر با ۳۰/۳ کیلومتر و میزان تراکم طولی ۱۷/۶۸ متر در هکتار می‌باشد. جاده‌های مورد بررسی در دهه هفتاد هجری شمسی ساخته شده و از نوع جاده‌های جنگلی درجه دو محسوب می‌شوند. میانگین شیب طولی این جاده‌ها ۶/۵ درصد بوده و میانگین طول شیروانی‌ها ۲/۳ متر و اغلب پوشیده از گیاه تمشک است. میانگین بارندگی و درجه حرارت سالانه به ترتیب ۶۸۶ میلی‌متر و ۱۸ درجه سانتی‌گراد و نوع اقلیم بر اساس اقلیم‌نمای آمبرژه نیمه‌مرطوب می‌باشد. بر اساس اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات میدانی، متوسط شیب عرضی ۳ درصد، عرض بستر ۵/۶ متر، عرض جوی ۱/۳ متر، عمق جوی ۰/۵ متر و همچنین جوی کناری از نوع ذوزنقه‌ای بود. در این منطقه سالانه رویدادهای شدید بارندگی حادث می‌شود. این رویدادها، حجم عظیمی رواناب را وارد جوی کناری نموده و در نواحی شیب‌دار، شدت جریان سبب فرسایش آبکندی و تخریب جوی شده است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-06-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.5.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.54]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Geographic location of the study area

روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا کل جاده‌های جنگلی درجه دو طرح جنگل‌داری آموزشی-پژوهشی دکتر بهرام‌نیا مورد بازدید قرار گرفته و ۳۰ قطعه جوی مناسب از نظر امکان نصب تله رسوب‌گیر هر یک به طول ۱۵۰ متر مشخص شد. سپس ضمن پایش وضعیت شدت و مدت بارندگی منطقه و جمع‌آوری داده‌ها در طول سال به کمک باران‌سنج با دیتا لاگر Rain Log 2، نسبت به اندازه‌گیری میزان تحویل رسوب پس از هر بار بارندگی از طریق تله‌گذاری در ابتدا و انتهای هر قطعه در سال اول قبل از اعمال تیمارها و در سال دوم بعد از اعمال تیمارها اقدام گردید. تله‌گذاری شامل کندن گودالی استوانه‌ای شکل به قطر ۰/۴ متر و عمق ۰/۶ متر جهت جمع‌آوری رسوب می‌باشد (شکل ۲). در داخل هر تله استوانه‌ای شکل شاخص مدرج برای تکرار اندازه‌گیری‌ها نصب و طی هر بازدید ارتفاع رسوب (سانتی‌متر) و سطح رسوب‌گذاری (سانتی‌مترمربع) برای محاسبه حجم رسوب (حجم استوانه) اندازه‌گیری شد (رابطه ۱). در انتهای هر سال (اسفندماه) سه نمونه به‌روش حلقه از هر تله رسوب‌گیر برای اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری رسوب تهیه و برای محاسبه جرم رسوب (گرم)، حجم رسوب (سانتی‌مترمربع) در وزن مخصوص (گرم در سانتی‌مترمکعب) ضرب گردید (رابطه ۲). بدین‌منظور حلقه استوانه‌ای را روی رسوبات انباشته در تله قرار داده و یک تخته چوب روی آن گذاشته شد. سپس با ضربه چکش پلاستیکی، حلقه به‌طور کامل درون رسوب قرار گرفت. حلقه با بیلچه خارج و رسوب درون آن را با کاردک تخلیه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد آون، خشک و با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم وزن شدند. در نهایت از تجمیع اندازه‌گیری‌ها در طول سال میزان تحویل سالانه رسوب از هر قطعه بر حسب تن در سال محاسبه شد.

$$V = h \times A \quad (۱)$$

$$G = V \times B \quad (۲)$$

که در آن V: حجم رسوب بر حسب سانتی‌مترمکعب، h: ارتفاع رسوب بر حسب سانتی‌متر، A: سطح رسوب‌گذاری بر حسب سانتی‌مترمربع، G: جرم رسوب بر حسب گرم و B: وزن مخصوص ظاهری رسوب بر حسب گرم در سانتی‌مترمکعب می‌باشد.

محاسبه شدت و مدت بارندگی

دستگاه مورد استفاده جهت ثبت مقدار بارش، از نوع باران‌سنج با دیتا لاگر Rain Log 2 می‌باشد. در این دستگاه بارش باران با دقت یک دقیقه ثبت می‌شود و ظرفیت چندین سال ثبت داده را دارد. این دستگاه از سه قسمت جمع‌آوری‌کننده باران، محفظه ثبت باران شامل قطعه الاکلنگی و حافظه دیجیتالی ثبت باران تشکیل شده است. قسمت جمع آوری کننده باران حالت قیف مانند داشته و از جنس پلی‌پروپیلن می‌باشد. وظیفه این قسمت جمع‌آوری آب حاصل از بارش و انتقال آن به قسمت دوم یا قطعه الاکلنگی می‌باشد. با ثبت تعداد پر شدن محفظه الاکلنگی، مقدار باران در حافظه دستگاه ثبت می‌شود که می‌توان این اطلاعات را بوسیله کابل رابط دستگاه و نرم‌افزار RL-Loder تبدیل کرد.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-06-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.5.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.54]

شکل ۲- تله رسوب‌گیر
Figure 2. Sediment trap

پیاده‌سازی تیمارهای حفاظت جوی

پس از اندازه‌گیری‌های سال اول، برای سال بعد و برای قطعات جوی با درجه رسوب‌دهی بالا، تیمارهای حفاظت خاک شامل سنگ‌چین سرتاسری با مصالح رودخانه‌ای، سنگ‌چین سرتاسری با مصالح کوهستانی، متراکم کردن کف کانال و پلکانی کردن جوی کناری در شیب‌های بالاتر از ۵ درصد هر یک با سه تکرار اجرا شد. اندازه‌گیری میزان تحویل رسوب در سال دوم نیز همانند سال اول بود. انتخاب تیمارها بر اساس سهولت اجرا و دسترسی به مصالح مورد نیاز و همچنین ارزیابی کارایی آن‌ها هنگام مرور منابع صورت گرفت. در تیمار سنگ‌چین با مصالح کوهی، کف جوی کناری با استفاده از سنگ‌های حاصل از واریزه‌های کوهستانی به‌صورت دستی سنگ‌چین شده و با فشار حاصل از غلتک دستی در کف جوی تثبیت شد. در تیمار سنگ‌چین با مصالح رودخانه‌ای، کف جوی کناری با استفاده از سنگ‌های رودخانه‌ای که در نتیجه سیل‌های گذشته در کناره‌ها انباشته شده بودند، به‌صورت دستی سنگ‌چین شده و با فشار حاصل از غلتک دستی در کف جوی تثبیت شد. در تیمار پلکانی کردن، نسبت به ایجاد پله‌هایی در امتداد جوی با ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر در فواصل ۳۰ متر اقدام گردید. در تیمار کوبیدن نیز با بهره‌گیری از غلتک ویبره دستی، خاک بستر جوی تا وزن مخصوص ظاهری حدود ۲ گرم در سانتی‌مترمکعب کوبیده شد. در پایان درصد کاهش میزان تحویل رسوب از رابطه (۳) مورد محاسبه قرار گرفت:

$$A = \frac{X_2 - X_1}{X_1} \times 100 \qquad (۳)$$

که در آن X_1: مقدار رسوب سال اول، X_2: مقدار رسوب سال دوم می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

تیمارهای حفاظت جوی و متغیرهای بارندگی (شدت و مدت) جزو متغیرهای مستقل و میزان تحویل رسوب به‌عنوان متغیر وابسته، مجموعه داده‌ها را تشکیل می‌دهند. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو–ویلک (Shapiro-Wilk-test) و تساوی واریانس‌ها با آزمون لون (Levene's test) بررسی شد. در صورت نرمال نبودن توزیع داده‌ها و عدم تساوی واریانس‌ها از آزمون ناپارامتریک کروسکال–والیس (Kruskal-Wallis) استفاده شد. در رابطه با متغیرهای مستقل از رویه ANOVA و آزمون توکی (Tukey) استفاده شد. تجزیه همبستگی به‌کمک آزمون پیرسون، ترسیم نمودارها در نرم‌افزار Excel 2016و کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری نیز در نرم‌افزار SAS 9.4 انجام پذیرفت (۱۷).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه همبستگی پیرسون نشان داد که در بیشتر موارد بین مدت بارندگی و میزان تحویل رسوب از جوی کناری جاده‌های جنگلی همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. بدین معنی که با افزایش مدت بارندگی، میزان تحویل رسوب از جوی کناری نیز افزایش پیدا کرد. علی‌رغم اهمیت اثر مدت بارندگی بر میزان رواناب و رسوب، مطالعات محدودی در این زمینه انجام شده است. در این راستا دانجو و همکاران (۸) در اسپانیا با استفاده از کرت‌های کوچک یک مترمربعی نشان دادند که همبستگی قوی بین مدت بارندگی و میزان رواناب وجود دارد. اکوا و راموتار (۹) نیز دریافتند که با افزایش مدت بارندگی میزان هدررفت خاک افزایش یافته است که این نتایج با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد. همبستگی بین شدت بارندگی با میزان تحویل رسوب تنها در قطعات شماره ۱ و ۲ معنی‌دار بود. همبستگی شدت بارندگی با میزان تحویل رسوب تا حدود زیادی وابسته به مدت بارندگی بوده و لذا در بسیاری از قطعات تأثیر معنی‌داری از سوی شدت بارندگی بر میزان تحویل رسوب مشاهده نشد. به‌طور کلی، مدت بارندگی با میزان تحویل رسوب جوی کناری در سطح احتمال ۹۹ درصد همبستگی داشت (جدول ۱). ژانگ و همکاران (۲۱) نشان دادند که ۹۳ درصد از میزان هدررفت خاک به شکل

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-06-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.5.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.54]

فرسایش خندقی و در هنگام ریزش‌های جوی شدید حادث می‌گردد. در بارندگی‌های خفیف و نرمال، شکل فرسایش در بدترین حالت به‌صورت شیاری شدن می‌باشد که آسیب کمتری به ساختمان جاده وارد می‌سازد. بدین‌ترتیب اهمیت حفاظت آب و خاک در حوزه‌های آبخیزی که وفور بارندگی‌های شدید بیشتر است از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد (۶).

جدول ۱- تجزیه همبستگی بین شدت و مدت بارندگی با میزان تحویل رسوب از قطعات جوی کناری

Table 1. Correlation analysis between the intensity and duration of rainfall with the amount of sediment delivery from the Ditch parts

شدت بارندگی Intensity of rainfall	مدت بارندگی Duration of rainfall	تحویل رسوب از قطعات Delivery of sediment from parts	شدت بارندگی Intensity of rainfall	مدت بارندگی Duration of rainfall	تحویل رسوب از قطعات Delivery of sediment from parts
0.145	0.673**	17	0.911***	0.028	1
0.058	0.560*	18	0.650**	0.271	2
0.052	0.750***	19	0.459	0.503*	3
0.009	0.625**	20	0.194	0.565*	4
0.023	0.495	21	0.362	0.143	5
0.009	0.531*	22	0.173	0.657**	6
0.106	0.266	23	0.064	0.629**	7
0.055	0.555*	24	0.093	0.736***	8
0.157	0.575	25	0.019	0.609*	9
0.007	0.674**	26	0.246	0.653**	10
0.482	0.547*	27	0.015	0.754***	11
0.104	0.400	28	0.069	0.624*	12
0.164	0.423	29	0.024	0.587*	13
0.266	0.748***	30	0.014	0.658**	14
0.306	0.654**	Total	0.053	0.635**	15
			0.043	0.663**	16

*، **، ***: به ترتیب همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵، ۹۹ و ۹۹/۹ درصد

*, **, ***: significant correlation at 95, 95 and 99.9 percent confidence levels, respectively

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای حفاظتی جوی کناری جاده‌های جنگلی بر میزان تحویل رسوب، نخست قطعات بحرانی انتخاب گردید (قطعاتی که بیشترین میزان تحویل رسوب را در سال قبل از اجرای تیمارها داشتند). سپس همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود ۷ رویداد بارندگی تقریباً مشابه در سال قبل و بعد از اجرای تیمارها شناسایی و اطلاعات رسوب آن‌ها مشخص گردید. با توجه به جدول ۳ مشخص می‌شود که پس از اجرای تیمارها، مقدار تحویل رسوب به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت، به‌طوری‌که آغاز رسوب‌دهی جوی‌های کناری در بارندگی با طول مدت ۱۲ ساعت و شدت ۶/۰۹ میلی‌متر در ساعت مشاهده شد. این یافته با نتایج تحقیقات استریتر و اسچیلینگ (۱۸) مطابقت دارد. آن‌ها قدرت فرسایندگی بالای جریاناتی که به واسطه بارندگی‌های شدید حاصل می‌شود را عامل اصلی تولید رسوب در جوی‌های کناری جاده‌ها اشاره نمودند و همچنین استفاده از تیمارهای حفاظتی سازگار با محیط‌زیست و مقرون‌به صرفه را برای کنترل فرسایش پیشنهاد کردند. در تحقیق حاضر، مقدار تولید رسوب جوی‌های کناری تحت تیمارهای حفاظتی در تمامی رویدادهای بارندگی سال دوم صفر بود و تنها در شدت بارندگی ۶/۰۹ میلی‌متر در ساعت که به‌مدت ۱۲ ساعت حادث شده بود، رسوب‌دهی مشاهده شد. رسوب تولید شده از جوی‌های تیمار شده با سنگ‌چین مصالح کوهی، سنگ‌چین مصالح رودخانه‌ای، سازه پلکانی و کوبیدن بستر به‌ترتیب ۱۶۰۰۰، ۳۶۰۰۰، ۱۲۱۵۰ و ۲۷۰۰۰ گرم در سال بود (جدول ۳).

جدول ۲- مقدار رسوب جوی کناری پیش از اجرای تیمارها در سال ۱۳۹۸

Table 2. The amount of Ditch sediment before the implementation of treatments in 2018

تحویل رسوب (گرم) Delivery of sediment (g)				شدت بارندگی (میلی‌متر در ساعت) Intensity of rainfall (mm. hour)	مدت بارندگی (ساعت) Duration of rainfall (hour)	رویدادهای بارندگی* Rainfall events
کوبیدن بستر جوی Ditch bed compacting	ایجاد سازه پلکانی Terracing	سنگ‌چین با مصالح رودخانه‌ای Riprap by stream material	سنگ‌چین با مصالح کوهی Riprap by mountainous materials			
29400	0	6380	0	2.54	2	1
7350	0	12760	5760	3.12	5	2
7350	0	19140	23040	4.06	7	3
14700	5980	31900	40320	2.54	18	4
14700	8500	0	0	4.06	16	5
0	9900	19140	11520	5.58	11	6
29400	12900	63800	17280	7.11	14	7

رویدادهای بارندگی منتخب که تقریباً از نظر شدت و مدت مشابه رویدادهای سال ۱۳۹۹ بودند

Selected rainfall events that were almost similar in intensity and duration to the events of 2019

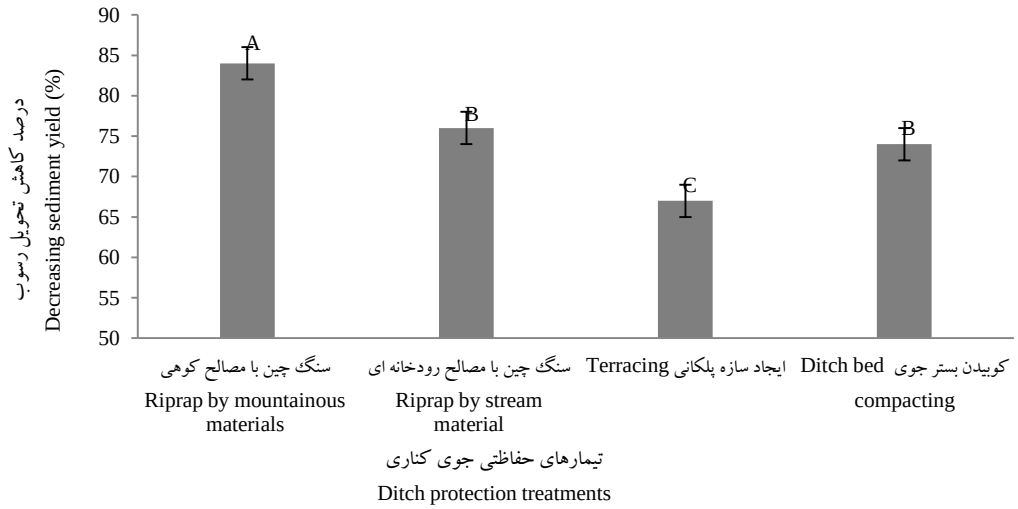
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-06-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.5.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.54]

جدول ۳- مقدار رسوب جوی کناری پس از اجرای تیمارها در سال ۱۳۹۹
Table 3. The amount of Ditch sediment after the implementation of treatments in 2019

رویدادهای بارندگی* Rainfall events	مدت بارندگی (ساعت) Duration of rainfall (hour)	شدت بارندگی (میلی‌متر در ساعت) Intensity of rainfall (mm. hour)	تحویل رسوب (گرم) Delivery of sediment (g)			
			تیمار سنگ‌چین با مصالح کوهی Riprap by mountainous materials	تیمار سنگ‌چین با مصالح رودخانه‌ای Riprap by stream material	تیمار ایجاد سازه پلکانی Terracing	تیمار کوبیدن بستر جوی Ditch bed compacting
1	4	2.03	0	0	0	0
2	8	3.04	0	0	0	0
3	9	4.06	0	0	0	0
4	14	3.04	0	0	0	0
5	19	3.04	0	0	0	0
6	9	5.08	0	0	0	0
7	12	6.09	16000	36000	12150	27000

رویدادهای بارندگی منتخب که تقریباً از نظر شدت و مدت مشابه رویدادهای سال ۱۳۹۸ بودند
Selected rainfall events that were almost similar in intensity and duration to the events of 2019

جوی کناری به‌منظور زه‌کشی رواناب سطح جاده و ممانعت از رسیدن جریانات به سطح روسازی و در نتیجه حفاظت از ساختمان راه و اطمینان از ایمنی رانندگان ساخته می‌شود. لذا استفاده از فنون سازگار با محیط‌زیست جهت حفاظت از جوی کناری از ضرورت بالایی برخوردار است. در این تحقیق با بررسی و مقایسه عملکرد تیمارهای حفاظتی سنگ‌چین با مصالح کوهی، سنگ‌چین با مصالح رودخانه‌ای، پلکانی کردن یا تراس‌بندی جوی و کوبیدن بستر مشخص گردید که تیمار سنگ‌چین با مصالح کوهی با کاهش ۸۴ درصدی میزان تحویل رسوب از جوی دارای بهترین عملکرد از میان تیمارهای دیگر بود (شکل ۳). این یافته با نتایج تحقیقات فو و همکاران (۱۰) مغایرت دارد. آن‌ها تیمار پلکانی کردن جوی را به واسطه این‌که سبب کم شدن طول و مقدار شیب و در نتیجه سرعت رواناب می‌شود، مؤثرتر از تیمارهای دیگر معرفی نمودند؛ اما این سازه در تحقیق حاضر به‌دلیل شیب زیاد جوی چندان کارایی نداشت. استفاده از سنگ‌چین به عنوان یکی از معمول‌ترین روش‌های کنترل و کاهش آبشستگی کف کانال‌ها و جوی‌ها مطرح می‌باشد. افضلی مهر و دی (۱) گزارش کردند که لاشه‌سنگ و پوشش گیاهی موجب کاهش سرعت و در نتیجه قدرت فرسایندگی رواناب می‌شود. جوادی و همکاران (۱۱) به بررسی تأثیر پوشش لاشه‌سنگ بر میزان غلظت رسوب تحت آزمایش‌های شبیه‌سازی باران در آزمایشگاه فرسایش خاک موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش درصد پوشش لاشه‌سنگ میزان رسوب نسبت به تیمار شاهد بدون حفاظت کاهش چشم‌گیری نشان داد. مجدزاده طباطبایی و همکاران (۱۴) نشان دادند، اجرای کف‌بند و سنگ‌چین به‌طور قابل ملاحظه‌ای آبشستگی را کاهش می‌دهند. همچنین، روش سنگ‌چین بیشتر از کف بند از مقدار آبشستگی می‌کاهد. سنگ‌چین بستر جوی کناری زمانی می‌تواند کارایی مطلوبی داشته باشد که خاک بستر به تراکم لازم رسیده باشد تا مانع نفوذ آب و همچنین کنده شدن خاکدانه‌ها گردد.



شکل ۳- مقایسه عملکرد تیمارهای مختلف حفاظت جوی کناری در کاهش میزان تحویل رسوب
Figure 3. Comparison of the performance of different Ditch protection treatments in reducing the amount of sediment delivery

نتیجه‌گیری کلی

مقدار تولید رواناب و رسوب جوی کناری جاده‌های جنگلی تا حدود زیادی تابع اقلیم منطقه می‌باشد. به‌طوری‌که با تشخیص آستانه مدت بارندگی رسوب‌زا برای هر قطعه از جوی کناری می‌توان نسبت به ارائه تمهیدات لازم جهت ممانعت از رسوب‌دهی اقدام نمود. آب داخل جوی کناری

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-06-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.5.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.54]

همراه با شیب طولی جاده به طرف سرازیری حرکت می‌کند. در این حالت ممکن است حجم و سرعت جریان به حدی برسد که منجر به شستشوی کف و دیواره‌های جوی و آسیب به جاده شود لذا ضروری است تا با اجرای اقدامات حفاظتی از رسوب‌دهی جوی کناری کاسته شود. در این تحقیق ضمن ارزیابی عملکرد چند تیمار حفاظتی مشخص شد که تیمار سنگ‌چین با مصالح کوهی با کاهش ۸۴ درصدی میزان تحویل رسوب دارای بهترین عملکرد بود. استفاده از این تیمار در جنگل‌های شمال ایران به‌دلیل کمبود منابع مالی در بخش حفاظت و ناآشنایی مسئولین مربوطه هنوز چندان رایج نشده است اما می‌توان با اقدامات ترویجی کارایی بالا و اثرگذاری آن در راستای ارتقاء کیفیت آب خروجی از حوزه‌های آبخیز جنگلی را تبیین نمود.

منابع

1. Afzalimehr, H. and S. Dey. 2009. Influence of bank vegetation and gravel bed on velocity and Reynolds stress distributions. International Journal of Sediment Research, 24(2): 236-246 (In Persian).
2. Ali Ramaei, R., A. Khalidi Darvishan and M. Arab Khodri. 2015. The effect of the direction of slope and intensity of rainfall on infiltration and runoff in the rain fields of Kalaleh region, Golestan province. The third conference on new findings in the environment and agricultural ecosystems, 8 p. Tehran, Iran (In Persian).
3. Appelboom, T.W., G.M. Chescheir, R.W. Skaggs and D.L. Hesterberg. 2002. Management practices for sediment reduction from forest roads in the coastal plains. Journal Transactions of the ASAE (American Society of Association Executives), 45(2): 337-344.
4. Broda, J., A. Gawlowski, M. Rom, R. Laszczak, A. Mitka andS. Przybylo. 2016. Innovative Geotextiles for Reinforcement of Roadside Ditch. Journal of Tekstilec, 59(2): 115-120.
5. Cao, L., K. Zhang and W. Zhang .2009. Detachment of road surface soil by flowing water. Journal of Catena, 76: 155-162.
6. Cao, L., K. Zhang and Y. Liang. 2014. Factors affecting rill erosion of unpaved loess roads in China. Earth Surface Processes and Landforms, 39(13): 1812-1821
7. Cerdá, A. 2001. Effects of rock fragment cover on soil infiltration, interrill runoff and erosion. European Journal of Soil Science 52:59-68.
8. Dunjo, G., G. Pardini and M. Gispert. 2004. The role of land use-land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment. Journal of Arid Environments, 57(2): 99-116.
9. Ekwue, E.I. and S.D. Ramoutar. 2011. Soil Loss-Rainfall Duration Relations as Affected by Peat Content. Soil Type and Compaction Effort, Soil Erosion Studies. Dr. Danilo Godone (Ed.), InTech, 180-192.
10. Fu, S., Y. Yang, B. Liu, H. Liu, J. Liu, L. Liu and P. Li. 2020. Peak flow rate response to vegetation and terraces under extreme rainstorms. Agriculture, Ecosystems & Environment, 288: 106-114.
11. Javadi, P., H. Roohipour and A. Mahboubi. 2005. Effect of rock fragment cover on erosion and overland flow using the flume and rainfall simulation. Iranian Journal of Rangeland and Desert Research, 12(3): 288-310 (In Persian).
12. Khandouzi, R., A. Parsakhoo, V.B. Sheikh and A.A. Mohammad Ali Pourmalekshah. 2018. Comparison of The Effect of Riprap, Herbaceous Textile and Grass Cover on Reduction of Sediment Yield from The Ditch of Forest Roads, journal of water and soil conservation, 25(6): 255-267 (In Persian).
13. Lang, A.J. 2016. Soil Erosion from forest haul roads at stream crossings as influenced by road attributes. PhD thesis in Forest Resources and Environmental Conservation, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA, 158 p.
14. Majdzadeh Tabatabai, M.R., M. Sanei, J. Attari and A. Mahboudi. 2018. Protecting the bed against scour caused by submerged horizontal jet. The 8th International Seminar on River, 9 p. Ahvaz, Iran (In Persian).
15. Nearing, M.A., J.M. Bradford and S.C. Parker. 1991. Soil detachment by shallow flow at low slopes. Soil Science Society of American Journal, 55(2): 339-344.
16. Parsakhoo, A. 2015. Forest road construction and maintenance. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press. Gorgan, Iran, 243 p (In Persian).
17. SAS. Released 2021. Maintenance Release M5 for SAS Software, Version 9.4.
18. Streeter, M., and K.E. Schilling. 2020. Assessing and mitigating the effects of agricultural soil erosion on roadside ditches. Journal of Soils and Sediments, 20(1): 53-59.
19. Wang, X., Z. Li, C. Cai, Z. Shi, Q. Xu, Z. Fu and Z. Guo. 2012. Effects of rock fragment cover on hydrological response and soil loss from Regosols in a semi-humid environment in South-West China. Journal of Geomorphology, 151: 234-242.
20. Wang, C., B. Liu, Q. Yang, G. Pang, Y. Long, L. Wang, M. Cruse, W. Dang, X. Liu and E. Wang. 2022. Unpaved road erosion after heavy storms in mountain areas of northern China. International Soil and Water Conservation Research, 10(1): 29-37.
21. Zhang, Y., Y. Zhao, B. Liu, Z. Wang and S. Zhang. 2019. Rill and gully erosion on unpaved roads under heavy rainfall in agricultural watersheds on China's Loess Plateau. Agriculture, Ecosystems & Environment, 284: 580-585.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-06-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.5.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.54]

The Relations of Rainfall Duration and Intensity and Sediment Yield from Treated Ditch by Conservation Practices in Forest Roads

Aydin Parsakhoo[1], Gafar Yolmeh[2], Vahed Bordi Sheykh[3], Jahangir Mohamadi[4] and Aiub Rezaee Motlaq[5]

1- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Forest Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan
2- Ph.D. student of forest management, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan
3- Associate Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Watershed Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan
4- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Forest Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan
5- Ph.D. student of forest management, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, (Corresponding Author: aiubrezaee@yahoo.com)
Received: 18 July, 2022 Accepted: 17 October, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: The side ditch, which is built for the purpose of draining the surface currents and protecting the road construction, is eroded under the influence of the runoff speed during heavy rains and the sediments are transferred to the rivers and water ecosystems. Determining the impact thresholds of rainfall in different protection treatments on the sedimentation process of the side ditch can be a suitable tool for managing and planning the side ditch protection of forest roads throughout the year. The use of environmentally friendly techniques for the protection of roadsides has a direct effect on the quality and durability of road construction and ensuring traffic safety.

Material and Methods: In this research, while monitoring the intensity and duration of rainfall of Dr. Bahramnia's forestry project in Golestan province and collecting data throughout the year, in relation to measuring the amount of sediment delivered after each rainfall through trapping at the beginning And the end of 30 plots of 150 meters in the first year before applying the treatments. The trapping involved digging a cylindrical pit with a diameter of 0.4 meters and a depth of 0.6 meters. Inside each trap, a calibrated indicator was installed to repeat the measurements, and during each visit, the sediment height and deposition level were measured to calculate the sediment volume and then multiplied by the apparent specific gravity of the sediment. In the second year, after identifying the streams that had the highest amount of sedimentation, the treatments of rocking with mountain material, rocking with river material, stair-stepping of the stream and pounding of the bed were carried out and the measurement of sediment after each rainfall, the same as the previous year was repeated.

Results: Pearson correlation analysis showed that amount of sediment yield significantly increased by increasing rainfall duration. But, there wasn't significant correlation between sediment yield and rainfall intensity. The amount of sediment yield decreased with preparing ditch conservation treatments. The sediment production was begun at 12 hours rainfall with intensity of 6.09 mm hr^{-1}. Sediment production from the treatments of rocking with mountain material, rocking with river material, stair-stepping of the stream and pounding of the bed were 16000, 36000, 12150 and 27000 g yr^{-1}.

Conclusion: With comparisons of conservation treatments it was concluded that riprap with mountainous materials had best performance by sediment reduction of 84%. Nevertheless, it is suggested to carry out more and more comprehensive researches under different conditions of climate, slope and bedrock so that generalizable and practical results can be provided to control the sedimentation of the side streams.

Keywords: Bahramnia forestry plan, Ditch terracing, Overall riprap, Rainfall properties, Sediment trap

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2024-06-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.5.1]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.54]