مقاله کامل علمی- پژوهشی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هفتم، شماره ششم، ۱۳۹۹
۱۵۳-۱۶۸
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.17909.3348

# کارایی تیمارهای حفاظتی برای کنترل فرسایش خاک در مسیرهای چوبکشی

**اکبر مزری[۱]، آیدین پارساخو[۲] و *محسن مصطفی[۳]**

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
[۲]استادیار گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، [۳]استادیار بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲٤؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۹

## چکیده

**سابقه و هدف:** امروزه فراوانی مسیرهای چوبکشی رهاشده در واحدهای جنگل‌داری شمال کشور به‌ویژه در دوران تنفس، ضرورت بررسی دقیق و همه‌جانبه این مسیرها را ایجاب می‌کند. این مسیرها پس از عملیات حمل‌ونقل اولیه (به‌ویژه سال‌های نخست) بدون پوشش بوده و همین امر موجب فرسایش و خسارت به خاک و عرصه جنگل می‌گردد. هدف از اجرای این پژوهش شناسایی بهترین تیمار حفاظتی برای مقابله با فرسایش آبی خاک مسیرهای چوبکشی بود.

**مواد و روش‌ها:** ابتدا مسیر چوبکشی به طول حداقل ۵۰۰ متر در طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا انتخاب و مسیرها ازنظر شیب طولی به دو طبقه ٤۰-۲۰ درصد و بزرگ‌تر از ٤۰ درصد تقسیم شدند. در هر طبقه شیب، قطعه‌ای از مسیر به طول ۱۲٦ متر مشخص گردیده و تیمارهای شیار و پشته، شیارقلوه سنگ و شیار مازاد مقطوعات هر یک به طول ۱٤ متر در فواصل ۵ متر از یکدیگر پیاده شد. در انتهای هر تیمار یک‌بند لاستیکی جهت هدایت رواناب و رسوب به داخل ظروف نمونه‌برداری نصب شد. نمونه‌برداری در طول چهار ماه (پاییز و زمستان ۹۸) پس از هر بار بارندگی در منطقه به اجرا در آمد. اطلاعات میزان - مدت بارندگی با نصب باران‌سنج در محل مشخص گردید، سپس وزن خشک نمونه‌های رسوب در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که در هر دو طبقه شیب ٤۰-۲۰ درصد و بزرگ‌تر از ٤۰ درصد با افزایش مدت و شدت بارندگی مقادیر حجم رواناب، غلظت رسوب و هدررفت خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در طبقه شیب ٤۰-۲۰ درصد تیمار شیار و مازاد مقطوعات بهتر از سایر تیمارها توانست عمل رسوب‌گیری و کاهش هدررفت خاک را انجام دهد. درشیب طولی بیش‌تر از ٤۰ درصد نمی‌توان به لحاظ آماری تفاوتی بین عملکرد تیمارها در کنترل رسوب و هدررفت خاک مسیرهای چوب‌کشی قائل شد، اما به‌طورکلی در این طبقه تیمارهای شیار و مازاد مقطوعات و شیار و

* مسئول مکاتبه: m.mostafa@areeo.ac.ir

قلوه‌سنگ بهتر از تیمار شیار و پشته توانستند مانع از هدررفت خاک مسیرهای چوب‌کشی شوند. آستانه فرسایش خاک مسیرهای چوب‌کشی منطقه موردمطالعه در هر دو طبقه شیب ۲۰-٤۰ و بیش‌تر از ٤۰ درصد درشدت بارندگی ۰/۱۱ میلی‌متر در ساعت (۲/٦٤ میلی‌متر در ۲٤ ساعت) بود. هم‌چنین اثر متقابل شیب و نوع تیمار بر متغیرهای حجم رواناب، غلظت رسوب و هدررفت خاک معنی‌دار نبود. تیمار شیار و مازاد مقطوعات در شیب ٤۰-۲۰ درصد بهترین تیمار برای کنترل فرسایش خاک مسیر چوبکشی بود و توانست هدررفت خاک را ٦٤ درصد کاهش دهد. در شیب‌های غیرمجاز بیش‌تر از ٤۰ درصد، تیمارهای شیار و پشته، شیارقلوه سنگ و شیار مازاد مقطوعات تنها توانستند فرسایش خاک را ٤۷ درصد کاهش دهند که نشانه عملکرد ضعیف‌تر این تیمارها در مسیرهای با شیب غیرمجاز است.

**نتیجه‌گیری کلی**: انجام این پژوهش نشان داد که استفاده از تیمار شیار و مازاد مقطوعات می‌تواند به‌طور چشمگیری فرسایش خاک را در مسیرهای چوبکشی کاهش دهد و با توجه به نیاز مبرم انجام عملیات حفاظت خاک در مسیرهای چوبکشی، این دستاورد قابلیت تعمیم به سایر مناطق جنگلی هیرکانی جهت حفاظت از خاک مسیرهای چوبکشی احداث‌شده را دارد.

***واژه‌های کلیدی:*** شیار و پشته، شیار و قلوه‌سنگ، شیار و مازاد مقطوعات، هدررفت خاک

## مقدمه

امروزه وفور مسیرهای چوبکشی رهاشده در واحدهای جنگل‌داری شمال کشور به‌ویژه در دوران تنفس ضرورت ارزیابی دقیق و همه‌جانبه این مسیرها را ایجاب می‌کند. این مسیرها پس از عملیات حمل‌ونقل اولیه (به‌ویژه در سال اول) بدون پوشش بوده و همین امر موجبات افزایش خسارت به خاک و عرصه جنگل را فراهم آورده است (۱، ۲ و ۳). مسیرهای چوبکشی با عرض متوسط سه متر امکان انتقال چوب توسط ماشین‌آلات چوبکشی را از کنار کنده تا محل دپو مهیا می‌سازد؛ بنابراین خاک جنگل به‌عنوان دریافت‌کننده نیروی استاتیک و دینامیک حاصل از حمل‌ونقل ماشین‌آلات عمل کرده و شدیدترین خسارات به خاک در اثر عملیات بهره‌برداری روی مسیرهای اسکیدرو و دپوها اتفاق می‌افتد (۱۱ و ۱۲). یکی از شاخص‌های شناسایی فرسایش آبی مسیرهای چوبکشی وجود شیارهای آبی روی مسیر است. تشکیل شیار، خاک را جابه‌جا و به ساختمان آن صدمه می‌زند. فرسایش خاک از سه مرحله برداشت، انتقال و رسوب‌گذاری تشکیل یافته است (٤، ۲۳ و ۳۲). حفاظت و احیاء خاک‌های لخت و فاقد پوشش و هم‌چنین هدایت و دور ساختن رواناب سطحی از مسیر چوبکشی دو روش کارآمد جهت کاهش فرسایش خاک در مناطق حساس و مستعد فرسایش است. فعالیت‌های بازدارنده فرسایش خاک شامل حفظ پوشش گیاهی طبیعی منطقه و سپس تثبیت خاک‌های لخت و فاقد پوشش به کمک روش‌های موقتی یا دائمی می‌باشند (٦، ۸ و ۱۳). برخی فعالیت‌های مدیریتی برای حفاظت از مسیرهای چوبکشی تخریب‌یافته شامل شخم‌زنی، ایجاد خراش سطحی، کوددهی، بذرپاشی، ایجاد شیار و پشته‌های عرضی جهت دور کردن رواناب سطحی از خاک معدنی فاقد پوشش، هم‌ترازسازی مسیر با خط شیب، آهک پاشی، مالچ‌پاشی و نهال‌کاری و ایجاد محدودیت ترافیک است (۷، ۲۵، ۲۷ و ۳۳). صدمات وارد شده به خاک مسیرهای چوبکشی و دپوی

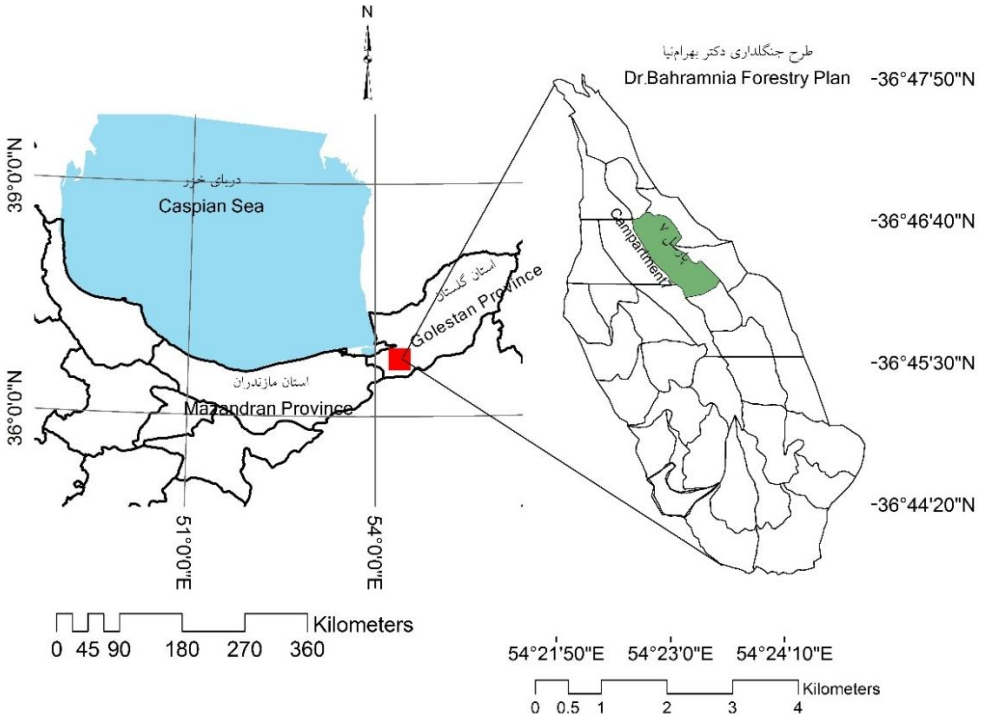
چوب‌آلات شامل حذف لایه سطحی و آلی خاک، کوبیدگی و فرسایش است. خاک آسیب دیده سبب به‌وجود آمدن اختلال در جریانات سطحی و زیرسطحی، قابلیت نفوذپذیری و زهکشی دامنه‌ها می‌شود (۱۲، ۱٦، ۱۷). این مسأله زمینه را برای تشدید فرسایش آبی و هدررفت عناصر غذایی خاک از مسیرهای چوبکشی فراهم کرده و کاهش رویش حجمی درختان مجاور را به دنبال دارد (۱۰ و ۳۱). بنابراین با مدنظر قرار دادن اهمیت خاک در تولید جنگل و فرآیند طولانی‌مدت تشکیل آن، استفاده از روش‌های زیست‌مهندسی در قسمت‌های حساس به فرسایش مسیرهای چوبکشی حتی در سطوح محدود ضروری می‌باشد (۲۹ و ۳۲). یکی از راه‌کارهای مؤثر در جهت حفاظت خاک مسیرهای چوبکشی مخصوصاً در مسیرهای شیب‌دار استفاده از سرشاخه‌های حاصل از عملیات قطع و تبدیل درختان است که می‌توان جهت مدیریت پایدار خاک به مدیران و مجریان جنگل در کشور به‌عنوان یک راه‌حل بیولوژیکی پیشنهاد کرد (۲۸ و ۳۰). آق ارکاکلی و همکاران (۲۰۱٤) به‌منظور ارزیابی اثر مازاد مقطوعات (سرشاخه‌های جنگل) در کاهش فرسایش خاک مسیرهای چوبکشی و تأثیر سطح تردد بر کارایی آن‌ها پژوهش‌هایی را انجام دادند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که با افزایش سطح تردد، میزان رواناب و رسوب افزایش می‌یابد. استفاده از سرشاخه نیز تأثیر معنی‌داری بر کاهش رواناب و تولید رسوب دارد (۳). ایمانی و همکاران (۲۰۱۸) پژوهش‌هایی را روی مسیرهای چوبکشی از رده خارج که دوره بهره‌برداری در آن‌ها پایان‌یافته است، انجام دادند. این مسیرها پس از استفاده باید بتوانند آب را در خود نفوذ دهند تا از فرسایش خاک و بر هم خوردن چرخه هیدرولوژی جلوگیری به عمل آید. نتایج نشان داد که تنها تیمار مختلط ازجمله بانکت قائم و مازاد مقطوعات سبب شد تا کوبیدگی خاک مسیر چوبکشی به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کند اما هنوز با گذشت ۱۸ ماه از انجام این تیمار، مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک با مقدار منطقه شاهد (۱/۰٦ گرم در سانتی‌متر مکعب) تفاوت معنی‌دار داشت (۱٤). بهارالدین و همکاران (۱۹۹۵) میزان فرسایش خاک مسیرهای چوبکشی را در یک جنگل حاره‌ای مسن در کشور مالزی اندازه‌گیری کردند. در سال اول پس از چوبکشی با اسکیدر چرخ لاستیکی، میزان فرسایش خاک ۱۰/۱ تن در هکتار برآورد شد. در سال دوم این رقم به ۲/۱ تن در هکتار در سال رسید (۵). سایدل و همکاران (۲۰۰٤) نشان دادند که مسیرهای چوبکشی با شیب زیاد (بیش‌تر از ۲۰ درصد) دارای نرخ فرسایش‌پذیری بالاتری نسبت به مسیرهای چوبکشی با شیب ملایم هستند. بین مقدار فرسایش آبی خاک با عامل شیب طولی مسیر چوبکشی همبستگی مثبت وجود دارد (۲۹). آدیکالو و همکاران (۲۰۰٦) دریافتند که کوبیدگی خاک، تولید رواناب و فرسایش خاک را افزایش می‌دهد اما استفاده از برگ بامبو میزان آن را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (۱). مهدوی و همکاران (۲۰۱۱)، روابط آستانه شیب - مساحت و مؤلفه‌های مهم بارندگی با حجم فرسایش آبکندی را موردبررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بین حجم فرسایش یافته و پارامترهای بارندگی شامل شدت، مدت و مقدار بارندگی، پارامتر مقدار بارندگی تأثیرگذارتر بوده است (۲۲). مقدمی‌راد و همکاران (۲۰۱۸)، اثر تراکم پوشش گیاهی بر رواناب و هدررفت خاک فرسایش بین‌شیاری در ترانشه خاک‌برداری جاده جنگلی مطالعه موردی: جنگل کوهمیان- آزادشهر نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که اثر پوشش گیاهی ترانشه جاده جنگلی روی مقدار

رواناب، غلظت رسوب، هدررفت خاک، آستانه ظهور رواناب و ضریب رواناب کاملاً معنی‌دار بوده است (۲۵). خاندوزی و همکاران (۲۰۱۹) مقایسه اثر پوشش لاشه‌سنگ، منسوجات گیاهی و چمن‌کاری در کاهش رسوب‌دهی جوی کناری جاده‌های جنگلی را موردمطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که میزان غلظت رسوب و سرعت رواناب در تیمارهای زمین‌پارچه کنفی، پوشش لاشه‌سنگ، پوشش علفی‌فستوکا و پیکه‌کوبی به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمار شاهد بود (۱۸). فرومدی و همکاران (۲۰۲۰)، تغییرات زمانی فرسایش بین‌شیاری تحت‌تأثیر شدت باران را موردمطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تولید رواناب سطحی در اوایل بارندگی تحت‌تأثیر مقدار تولید رواناب و در زمان‌های پایانی تحت‌تأثیر شرایط خاک ازنظر موجودیت ذرات فرسایش‌پذیر است (۹).

در جنگل‌های هیرکانی گاه قسمت‌هایی از مسیرهای چوبکشی به‌دلیل تبعیت از عوارض و کاهش طول مسیر، با شیب‌های غیرمجاز ایجاد شده‌اند. بنابراین در پژوهش‌های گذشته این مهم موردبررسی قرار نگرفته است این قسمت‌ها به‌دلیل فرسایش زیاد قدرت بازیابی خود را از دست داده و نیازمند اجرای تیمارهای حفاظتی هستند. بنابراین انجام این پژوهش را ضرورت بخشید. هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر تیمارهای کنترل فرسایش خاک مسیرهای چوبکشی شامل تیمارهای شیار عرضی مملو از قلوه‌سنگ، شیار و پشته و شیار و مازاد مقطوعات (سرشاخه‌های محلی) در دو طبقه شیب ٤٠-٢٠ درصد و بزرگ‌تر از ٤٠ درصد بود. هم‌چنین تأثیر شدت و مدت بارندگی بر نرخ فرسایش خاک مسیرهای چوبکشی در طول ٤ ماه پایش شد.

## مواد و روش‌ها

**مشخصات منطقه موردمطالعه:** سری یک طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا با وسعتی برابر ۱۷۱۳/۳ هکتار در جنوب‌غربی شهرستان گرگان قرار گرفته است. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا منطقه به‌ترتیب ۲۱۰ و ۹۹۵ متر است. این طرح بین عرض جغرافیایی ٣٦ درجه و ٤٨ دقیقه و ٦ ثانیه و ٣٦ درجه و ٤٣ دقیقه و ٢٧ ثانیه غربی و طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ٢١ دقیقه و ٢٦ ثانیه و ٥٤ درجه و ٢٤ دقیقه و ٥٧ ثانیه شرقی قرار دارد (شکل ۱). مساحت قابل‌بهره‌برداری سری ١٦٣١/٥ هکتار است. از نظر زمین‌شناسی نوع سنگ‌مادری شیل همراه با ماسه‌سنگ آهکی و کنگلومرای دوران ژوراسیک بوده و ازنظر نفوذپذیری سنگ مادری ضعیف تا متوسط است. بافت خاک منطقه لومی سیلتی بود. سیمای عمومی جنگل شاخه و دانه‌زاد با جنگل جوان تا میان‌سال، دواشکوبه با وضعیت زادآوری متوسط است که شامل درختان ممرز، انجیلی، بلوط، آزاد با گونه‌های همراه کوله‌خاس، تمشک، پامچال و انواع گرامینه است. شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی شیوه رایج منطقه بوده و به‌منظور استخراج چوب از مسیرهای چوب‌کشی اسکیدررو و دواب استفاده شده است. اسکیدر مورداستفاده از نوع تاف E655 با وزن ٦/٦ تن بود. متوسط فشار وارده به زمین از سوی یک چرخ اسکیدر با سطح مقطع تماس ۰/۵ مترمربع (حاصل‌ضرب طول در عرض قسمتی از چرخ اسکیدر که با زمین در تماس است) معادل ۱/۳۲ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع برآورد شد. فشار وارد بر سطح از حاصل از تقسیم وزن اسکیدر بر سطح مقطع تماس به‌دست آمد.




**شکل ۱- نقشه طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا.**

**Figure 1. Map of Dr. Bahramnia Forestry Plan.**

**روش تحقیق:** ابتدا مسیر چوبکشی به طول حداقل ۵۰۰ متر که سه سال از زمان ساخت آن گذشته بود، انتخاب شد. این مسیر به‌دلیل شیب تند و غیرمجاز و باز بودن تاج پوشش نتوانست در این مدت توسط پوشش گیاهی احیا شود و هم‌چنان به‌عنوان یک منبع تولید رسوب در عرصه باقی‌مانده بود. بررسی‌های میدانی نشان داد که در منطقه موردمطالعه، طول مسیرهای احیا نشده فاقد تاج پوشش ۵۰۰ متر بود و برای آن‌که هر تیمار حفاظتی در هر طبقه شیب با سه تکرار به اجرا درآید دو بازه ۱۲۶ متری یکی در طبقه شیب طولی ۴۰-۲۰ درصد و دیگری در طبقه شیب بیش‌تر از ۴۰ درصد از درون آن استخراج شد و سپس مسیری به طول ۱۴ متر به هر تیمار تخصیص یافت. همه تیمارها و تکرارها در طول یکدیگر و در میانه دامنه برپا شدند. اطلاعات مربوط به سال چوبکشی، تعداد تردد، بافت خاک (با روش هیدرومتری) و کوبیدگی خاک (با روش استوانه و پتک) جمع‌آوری و ثبت شد (جدول ۱). مسیرها از نظر شیب طولی به دو طبقه ۲۰ تا ۴۰ و بزرگ‌تر از ۴۰ درصد تقسیم‌بندی شد. در هر طبقه شیب، قطعه‌ای به طول ۱۲۶ متر مشخص و تیمارهای شیار و پشته (شیاری به عمق و عرض ۳۰ سانتی‌متر و پشته‌ای با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که با زاویه ۳۰ الی ۴۵ درجه نسبت به آکس مسیر طراحی می‌شود)، شیار و قلوه‌سنگ (شیاری به عمق و عرض ۳۰ سانتی‌متر که با زاویه ۳۰ الی ۴۵ درجه نسبت به آکس مسیر طراحی شده و داخل آن مملو از قلوه‌سنگ‌های با حجم حداقل ۰/۰۰۱ مترمکعب جهت فیلتر رواناب است) و شیار و مازاد مقطوعات (شیاری به عمق و عرض ۳۰ سانتی‌متر که با زاویه ۳۰ الی ۴۵ درجه نسبت به آکس مسیر طراحی شده و داخل آن مملو از سرشاخه‌ها و مازاد مقطوعات جهت فیلتر رواناب است) هر یک به طول ۱۴ متر در فواصل

حداقل ۵ متر از یکدیگر پیاده شد (٤۲ متر) در شکل ۲ تصویر باران‌نگار نشان داده شده است. فاصله دومتری نصب آب‌بند لاستیکی (شکل ۳) و مخازن جمع‌آوری رسوب از تیمارها به‌منظور مشاهده اثر تیمارهایی بود که هر یک در سه ردیف ایجاد شده بودند. تعداد تکرار با فرمول کوکران و با در نظر گرفتن t =۲ و E۹۵%=±٪۸ از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$n = \frac{t^2 \times (S_X\%)^2}{(E\%)^2} \qquad (۱)$$

که در آن، $\overline{d}_i$ میانگین قطر سوراخ دو الک متوالی در کلاس i ام (mm)، R جرم خاکدانه‌های آون خشک بر روی هر الک (g)، S جرم شن‌های مانده بر روی هر الک (g)، md جرم کل خاک خشک آون برداشته شده (g)، MWD میانگین وزنی قطر خاکدانه در این رابطه n تعداد نمونه، t ضریبی است که بستگی به تعداد نمونه و سطح احتمال موردنظر دارد، E اشتباه آماربرداری و SX مقدار انحراف معیار است که با آماربرداری اولیه با ۳ تکرار در هر پلات به‌دست آمد. با توجه به خطای آماری ۸± درصد همان ۳ تکرار برای این پژوهش کافی بود. در انتهای هر تیمار یک بند لاستیکی (شکل ۳) با زاویه ۳۰ الی ٤۵ درجه نسبت به آکس مسیر جهت هدایت رواناب به داخل ظروف نمونه‌برداری نصب شد. این بند لاستیکی باید حدود ۱۵ سانتی‌متر از سطح جاده بیرون‌زدگی داشته باشد (۱۸، ۲۰ و ۲۱). نمونه‌برداری در طول چهار ماه (پاییز و زمستان ۹۸) پس از هر بار بارندگی در منطقه به اجرا درآمد. اطلاعات میزان-مدت بارندگی با نصب باران‌نگار در محل مشخص گردید. محل استقرار این باران‌نگار در نهالستان طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا و در مجاورت منطقه موردمطالعه قرار داشت. این باران‌سنج از نوع خودکار بود و روی پایه ۸۰ سانتی‌متری نصب شده است. باران‌سنج دارای دو محفظه است که یکی در قسمت بالا قرار داشته و اقدام به جمع‌آوری باران می‌کند و دیگری در قسمت پایین قرار داشته و دارای پاندولی است که به حافظه دستگاه متصل می‌شود، نمونه رسوب انباشته‌شده در ظروف به آزمایشگاه منتقل گردیده و وزن خشک آن‌ها توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. در ورودی ظرف فیلتری از جنس توری فلزی یا فنس ریزبافت قرار داشت تا مانع از ورود لاشبرگ، خرده‌چوب و غیره به داخل ظروف نمونه‌برداری شود تصویر ٤ شماتیک پیاده‌سازی تیمارها را نشان می‌دهد.

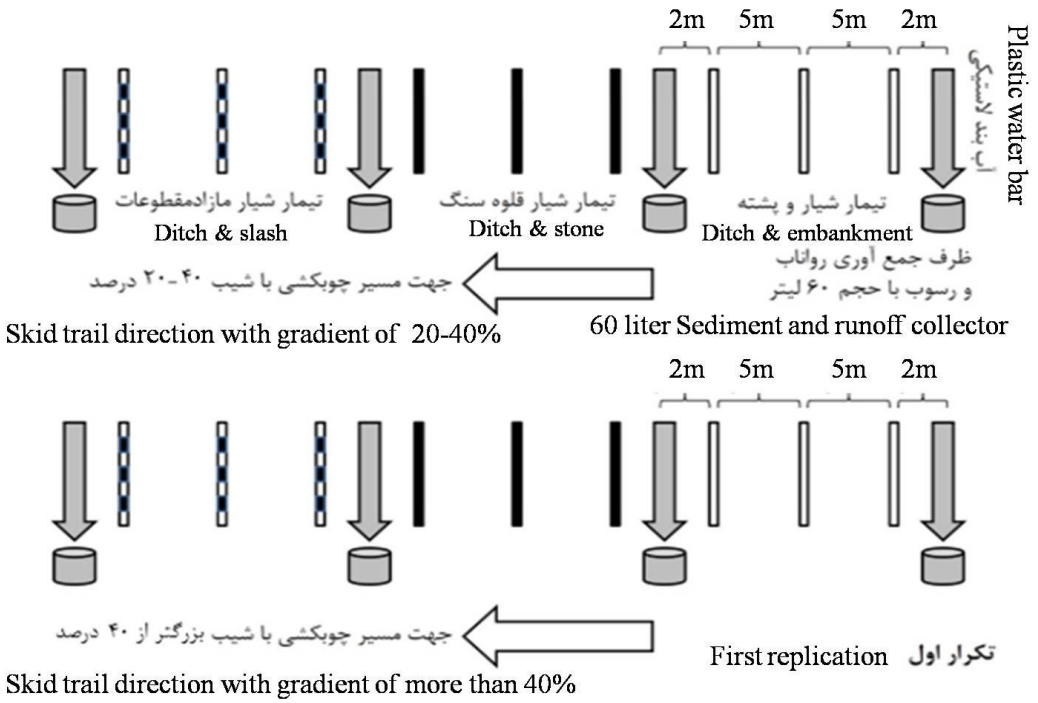
**تجزیه‌وتحلیل آماری:** آزمایش‌ها در قالب طرح فاکتوریل با دو فاکتور اصلی شامل تیمارهای حفاظتی در چهار سطح (شیار و پشته، شیار و قلوه‌سنگ، شیار و مازاد مقطوعات و شاهد یعنی بدون حفاظت) و تیمار شیب در دو سطح ۲۰ تا ٤۰ و بزرگ‌تر از ٤۰ درصد هر یک با سه تکرار به‌اجرا در آمد. در مجموع ۲٤ نمونه رسوب پس از هر بار بارندگی جمع‌آوری شد. آنالیز واریانس به روش ANOVA و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و تأثیر شدت و مدت بارندگی بر مقدار فرسایش خاک از طریق آنالیز همبستگی در نرم‌افزار SAS مشخص شد.

شکل ۲- باران‌نگار استفاده شده در این پژوهش.

**Figure 2. Applied rain gauge in current research.**

شکل ۳- بند لاستیکی.

**Figure 3. Rubber bar.**




**شکل ٤- تصویر شماتیک پیاده‌سازی تیمارها.**

**Figure 4. Schematic of treatments implementation.**

**جدول ۱- برخی مشخصات خاک مسیر چوب‌کشی موردمطالعه.**

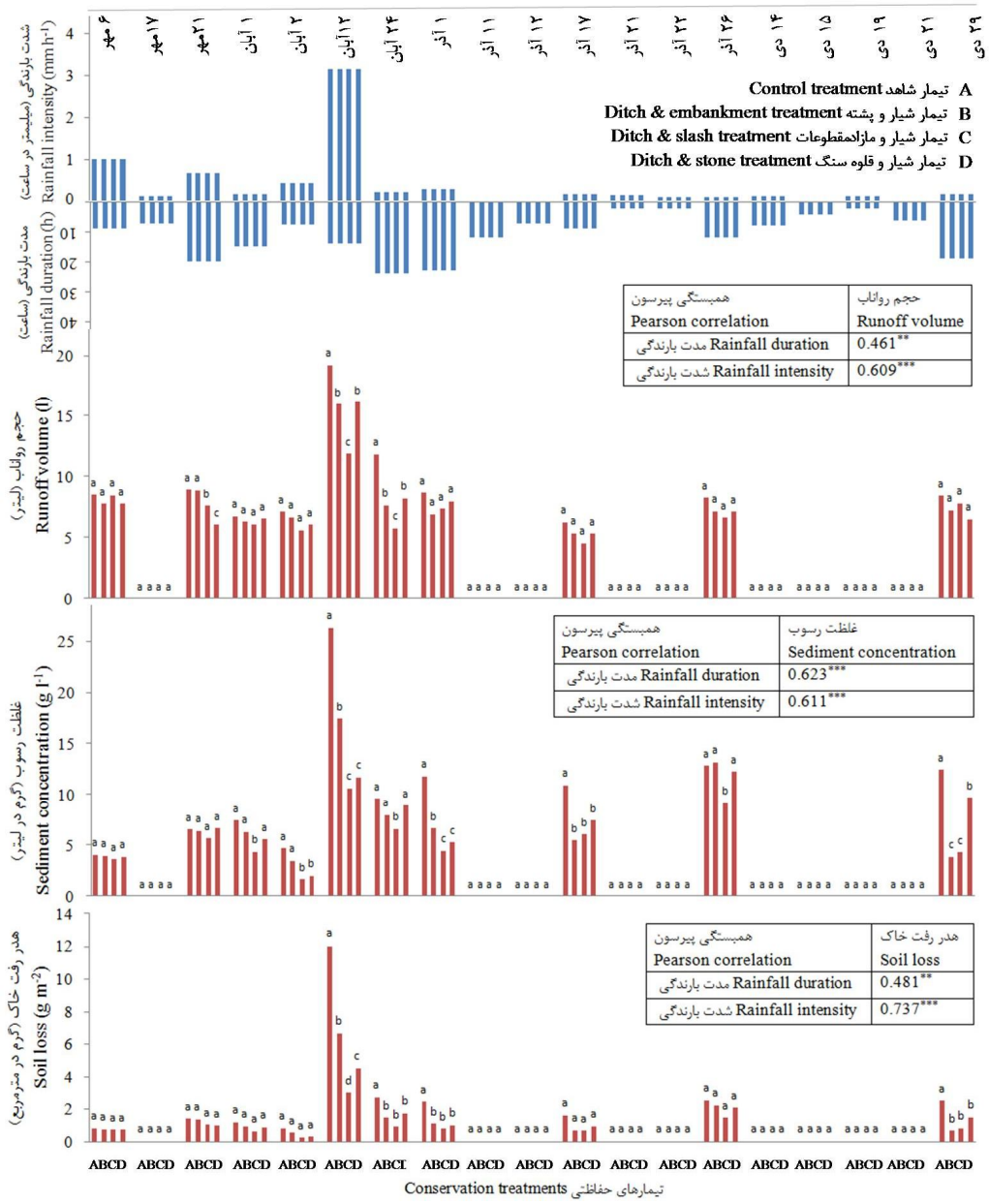
**Table 1. Some soil properties in studied skid trail.**

| کوبیدگی (گرم بر سانتی‌متر) Compaction (g $cm^{-3}$) | رطوبت خاک (درصد) Moisture (%) | رس (درصد) Clay (%) | سیلت (درصد) Silt (%) | ماسه (درصد) Sand (%) | بافت Texture | تعداد تردد Traffic |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.35 | 25 | 5.2 | 60 | 34.8 | Silty - lome | 16 |

## نتایج و بحث

**اثر بارندگی بر عملکرد تیمارهای حفاظتی در شیب ٤٠-۲۰ درصد:** نتایج نشان داد که با افزایش مدت و شدت بارندگی مقادیر حجم رواناب، غلظت رسوب و هدررفت خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. تأثیر شدت بارندگی در افزایش حجم رواناب محسوس‌تر از تأثیر مدت بارندگی بود، به‌نحوی‌که بارندگی‌های مورخ ٦ و ۲۱ مهرماه و ۱۲ آبان‌ماه که از شدت بیش‌تری برخوردار بودند سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در حجم رواناب تولید شده از سطح تیمارهای مختلف حفاظتی مسیرهای چوب‌کشی شدند و در این بین به‌طور میانگین تیمار شیار مازاد مقطوعات کم‌ترین حجم رواناب و تیمار شیار و پشته و شاهد بیش‌ترین حجم رواناب را داشتند. تیمار شیار و مازادمقطوعات بهتر از سایر تیمارها توانست عمل رسوب‌گیری یا فیلتر کردن رواناب را انجام دهد. درنتیجه غلظت رسوب و هدررفت خاک در این تیمار به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمارهای شیار و پشته، شیار و قلوه‌سنگ و شاهد بود (شکل ٤). این یافته‌ها با نتایج لطفعلیان و همکاران (۲۰۱۸)، احمدی و همکاران (۲۰۱۸) همسو است در حالی با نتایج به‌دست‌آمده توسط ترکویلدیز (۲۰۱۹) همسو نبود زیرا در پژوهش

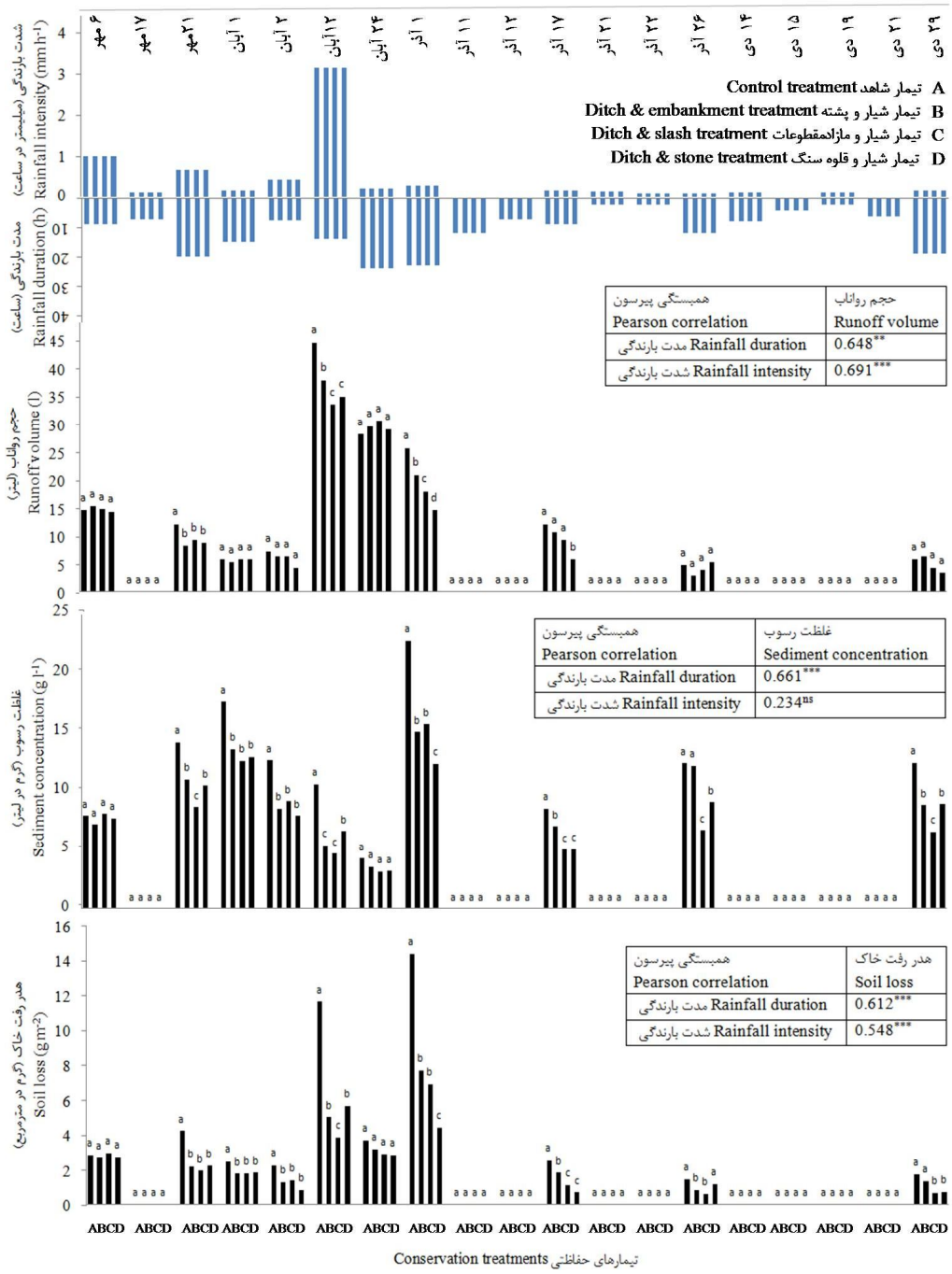
آن‌ها تیمار خاک‌اره حجم بیش‌تری از رواناب را کاهش داده بود (۲، ۱۸ و ۳۱). افزایش میزان رواناب در شدت‌های بیش‌تر بارندگی به‌عنوان یکی از نتایج این پژوهش بیانگر شستشوی اولیه خاک در زمان‌های اولیه بارش استفاده از مسیرهای چوبکشی می‌باشد که می‌تواند حجم بیش‌تر رواناب و فرسایش بیش‌تر خاک را به دنبال داشته باشد، بنابراین این نکته ضرورت ایجاد عملیات حفاظت از مسیرهای چوبکشی را نشان می‌دهد (۱٤ و ۱۵). در پژوهش حاضر رخدادهای بارندگی هرچند بسیار کم شدت بودند اما به‌دلیل شیب تند مسیر و فقدان پوشش گیاهی منجر به تولید رسوب شدند.




**شکل ۵- همبستگی متغیرهای بارندگی با رواناب، رسوب و هدررفت خاک در طبقه شیب طولی ٤۰-۲۰ درصد.**

**Figure 5. Correlation of rainfall parameters with runoff, sediment and soil loss from longitudinal slope 20-40%.**

**اثر بارندگی بر عملکرد تیمارهای حفاظتی در شیب بیش‌تر از ٤٠ درصد:** نتایج نشان داد که با افزایش مدت و شدت بارندگی، حجم رواناب به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در بین تیمارهای مختلف حفاظتی، به‌طور میانگین تیمار شیار و قلوه‌سنگ کم‌ترین حجم رواناب و تیمار شیار و پشته و شاهد بیش‌ترین حجم رواناب را داشتند. هم‌چنین با افزایش مدت بارندگی، غلظت رسوب به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اما بین شدت بارندگی با غلظت رسوب همبستگی معنی‌دار مشاهده نشد (P>۰/۰۵). به‌طورکلی تیمارهای شیار و مازادمقطوعات و شیار و قلوه‌سنگ بهتر از سایر تیمارها توانستند عمل رسوب‌گیری یا فیلتر کردن رواناب را انجام دهند و درنتیجه مانع از هدررفت خاک مسیرهای چوب‌کشی شوند (شکل ٥). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، آستانه فرسایش خاک مسیرهای چوب‌کشی منطقه موردمطالعه در هر دوطبقه شیب ۲۰-٤٠ و بیش‌تر از ٤٠ درصد درشدت بارندگی ۰/۱۱ میلی‌متر در ساعت (۲/٦٤ میلی‌متر در ۲٤ ساعت) بود. یافته‌های این بخش، نتایج سایدل و همکاران (۲۰۰٤) را که بیان داشته‌اند در مسیرهای چوب‌کشی با شیب زیاد (بیش‌تر از ۲۰ درصد) نرخ فرسایش‌پذیری بالاتری نسبت به مسیرهای چوب‌کشی با شیب ملایم بالاتر است، تأیید می‌نماید (۲۹). هم‌چنین سلگی و همکاران (۲۰۱۹) به این نتیجه رسیده بودند که استفاده از مازاد مقطوعات نسبت به سایر تیمارها عملکرد بهتری در کنترل فرسایش آبی دارد و این در راستای دستاوردهای این پژوهش است (۳۰). در هر دو طبقه شیب موردمطالعه تیمار مازاد مقطوعات نقش بهتری در کاهش حجم رواناب و دنبال آن فرسایش خاک داشت که می‌توان این دستاورد را ناشی از تجزیه آن و افزاش مواد آلی خاک دانست که باعث جذب بیش‌تر آب و افزایش پایداری و درنتیجه کاهش میزان رواناب می‌شود (۱۹). به‌طورکلی تیمارهای استفاده شده در پژوهش بیش‌تر مواد چوبی و گیاهی بودند که بخش وسیعی آن‌ها را مواد آلی تشکیل داده است و هرکدام اثرات مثبت خود را تا حدودی نشان دادند، بنابراین استفاده از سرشاخه‌ها، خاک‌اره و هرکدام از سایر موادی که حاوی حجم بالایی ماده آلی باشند می‌تواند علاوه بر کنترل فرسایش به‌دلیل ایجاد محیط مناسب برای رشد پوشش علفی و زادآوری جنگل مفید باشد. به‌طورکلی ماده آلی موجود در این تیمارها می‌تواند منجر به پایداری خاک‌دانه‌ها، افزایش نفوذپذیری و بهبود پایداری ساختمان خاک و درنتیجه کاهش فرسایش شود (۱ و ١٤).




**شکل ٦- همبستگی متغیرهای بارندگی با رواناب، رسوب و هدررفت خاک در طبقه شیب طولی بیش‌تر از ٤٠ درصد.**

**Figure 6. Correlation of rainfall parameters with runoff, sediment and soil loss from longitudinal slope>40%.**

**اثر نوع تیمار و شیب طولی مسیر عملکرد تیمارهای حفاظتی:** نتایج تجزیه واریانس اثر مستقل شیب و نوع تیمار بیانگر تأثیر معنی‌دار شیب دامنه و نوع تیمار بر حجم رواناب، غلظت رسوب و مقدار هدررفت خاک مسیرهای چوب‌کشی بود. اثر متقابل شیب و نوع تیمار بر متغیرهای حجم رواناب، غلظت رسوب و هدررفت خاک معنی‌دار نبود (جدول ۲). شیب یکی از مواردی است که همواره در بحث مهندسی جنگل (احداث

جاده‌ها و مسیرهای) چوبکشی به‌دلیل تأثیر مستقیم روی حجم عملیات خاکی، هزینه‌های احداث و هم‌چنین عملیات حفاظت و نگهداری تأثیر می‌گذارد و در این پژوهش نیز این نکته ثابت شد، زیرا در شیب‌های بالاتر حجم رواناب افزایش پیدا نمود و این مطابق با نتایج ایمانی و همکاران (۲۰۱۸) می‌باشد، به‌دلیل این‌که نیروی وارد شده ناشی از تردد اسکیدر باعث جابجایی ذرات خاک، کوبیدگی و ایجاد تنش‌های برشی می‌شود (١٤). این عوامل باعث تخریب ساختمان خاک و کاهش تعداد حفرات و کاهش نفوذپذیری آب می‌شود (۱۳). هم‌چنین به‌دلیل شدت گرفتن سرعت آب در شیب‌های بالاتر به سبب نیروی گرانشی زمین، مقدار رواناب افزایش پیدا می‌نماید، بنابراین هرچقدر طول مسیر بیش‌تر، قدرت تخریب آب نیز افزایش پیدا نموده حجم بیش‌تری از خاک را با خود حمل می‌نماید (٢٦ و ٣٤)، بنابراین لازم است در این‌گونه مسیرها تا جایی که امکان دارد با استفاده از عملیات حفاظتی میزان فرسایش را کاهش داد.

**جدول ۲- مقایسه عملکرد تیمارهای مختلف کنترل فرسایش خاک در هر طبقه شیب.**

**Table 2. Comparison of the performance of different soil erosion control treatments in each slope class.**

| تیمارها Treatments | حجم رواناب (لیتر) Runoff volume (l) | | غلظت رسوب (گرم در لیتر) Sediment concentration ($g\ l^{-1}$) | | هدررفت خاک (گرم در مترمربع) Soil loss ($g\ m^{-2}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20-40% | >40% | 20-40% | >40% | 20-40% | >40% |
| شاهد Control | 4.95a | 9.10a | 5.62 | 6.52 | 1.48 | 2.50 |
| شیار و پشته Ditch & Embankment | 4.20b | 8.14b | 3.94 | 4.65 | 0.86 | 1.43 |
| شیار و مازاد مقطوعات Ditch & Slash | 3.77c | 7.72b | 2.98 | 4.46 | 0.54 | 1.32 |
| شیار و قلوه‌سنگ Ditch & Stone | 4.09b | 7.22b | 3.86 | 4.45 | 0.77 | 1.22 |

## نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش به‌منظور بررسی عملکرد تیمارهای شیار و پشته، شیار قلوه‌سنگ و شیار مازاد مقطوعات در کنترل رواناب مسیرهای چوبکشی در دو طبقه شیب طولی ٤٠-٢٠ درصد و بیش‌تر از ٤٠ درصد با در نظر گرفتن شدت و مدت بارش انجام شد. نتایج کلی نشان داد که تیمار شیار و مازادمقطوعات در شیب ٤٠-٢٠ درصد بهترین تیمار برای کنترل فرسایش خاک مسیر چوبکشی بود و توانست هدررفت خاک را ٦٤ درصد کاهش دهد. در شیب‌های غیرمجاز بیش‌تر از ٤٠ درصد، تیمارهای شیار و پشته، شیار قلوه‌سنگ و شیار مازاد مقطوعات تنها توانستند فرسایش خاک را ٤٧ درصد کاهش دهند که نشانه عملکرد ضعیف‌تر این تیمارها در مسیرهای با شیب غیرمجاز است. از طرفی شیب تند مسیرها و هم‌چنین لخت بودن خاک و خالی بودن تاج پوشش خاک را مستعد فرسایش کرده بود ضمن آن‌که ممکن است عوامل دیگری منجر به ورود رسوب به داخل ظروف نمونه‌برداری شده باشد. افزایش رواناب در مسیرهای پرشیب‌تر، ضرورت استفاده از عملیات حفاظتی را بیان می‌دارد که جهت کاهش میزان فرسایش باید انجام گیرد. یکی از دستاوردهای بارز

این پژوهش تأثیر میزان شدت بارش در ایجاد رواناب در مسیرهای چوبکشی می‌باشد که نشان‌دهنده وضعیت شکننده آن‌ها در برابر فرسایش، زیرا به‌طور طبیعی این مسیرها در اکوسیستم جنگلی با متوسط بارش سالیانه بالا ساخته می‌شوند و دنبال آن تعداد بارش و مقدار رواناب بیش‌تر و درنهایت فرسایش بیش‌تر اتفاق می‌افتد، بنابراین در این مسیرها باید اقدامات حفاظتی برای به حداقل رساندن فرسایش انجام بگیرد.

## تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌خاطر فراهم نمودن امکانات مالی جهت انجام پایان‌نامه دانشجو و در نهایت استخراج این مقاله تشکر و قدردانی را داشته باشد.

## داده‌ها و اطلاعات

داده‌های این پژوهش از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آقای اکبرمزری در سال ۱۳۹۹ در دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه گردیده است.

## تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

## منابع

1. Adekalu, K.O., Okunade, D.A., and Osunbitan, J.A. 2006. Compaction and mulching effects on soil loss and runoff from two southwestern Nigeria agricultural soils. Geoderma. 137: 226-230.
2. Ahmadi, M., Jourgholami, M., Majnounian, B., and Khalighi, Sh. 2019. The effect of sawdust mulch application on amount of runoff in the skid trails (Case study: Kheyrud Forest). Iran. J. Forest. 11: 3. 297-307. (In Persian)
3. Agherkakli, B., Najafi, A., Sadeghi, S.H., and Zenner, E. 2014. Mitigating effects of slash on soil disturbance in ground-based skidding operations. Scandinavian J. Forest Res. 2: 5. 499-505.
4. Akbarimehr, M., and Naghdi, R. 2012. Reducing erosion from forest roads and skid trails by management practices. J. Forest Sci. 58: 4. 165-169.
5. Baharuddin, K., Mokhtaruddin, A.M., and Nik Muhamad, M. 1995. Surface runoff and soil loss from a skid trail and a logging toad in a tropical forest. J. Trop. Forest Sci. 7: 558-569.
6. Bolat, I., Melemez, K., and Ozer, D. 2015. The influence of skidding operations on forest soil properties and soil compaction in Bartin, Turkey. Europ. J. Forest Engin. 1: 1. 1-8.
7. Dvorak, J., and Novak, L. 1994. Soil conservation and silviculture, First Edition. Elsevier Science Press, 399p.
8. Ezzati, S., Najafi, A., Rab, M.A., and Zenner, E.K. 2012. Recovery of soil bulk density, porosity and rutting from ground skidding over a 20-year period after timber harvesting in Iran. Silva Fennica. 46: 4. 521-538.
9. Froehlich, H.A. 1979. Soil compaction from logging equipment: effects on growth of young ponderosa pine. J. Soil Water Cons. 34: 276-278. (In Persian)
10. Foroumadi, M., Vaezi, A.R., and Nikbakht, J. 2020. Temporal Variation of Interrill Erosion under Different Rainfall Intensities in Semiarid Soils. Iran. J. Water. Manage. Sci. Engin. 14: 48. 1-7.
11. Heninger, R., Scott, W., Dobkowski, A., Miller, R., Anderson, H., and Duke, S. 2002. Soil disturbance and 10-year growth response of coast Douglas–Fir on non-tilled Skid Trails in the Oregon

Cascades. Canadian J. Forest Res. 32: 2. 233-246.
12. Horn R., Vossbrink, J., and Becker, S. 2004. Modern forestry vehicles and their impacts on soil physical properties. Soil and Tillage Research. 79: 207-219.
13. Horn, R., Vossbrink, J., Peth, S., and Becker, S. 2007. Impact of modern forest vehicles on soil physical properties. Forest ecology and management. 248: 1. 56-63.
14. Imani, P., Lotfalian, M., Parsakhoo, A., and Naghdi, R. 2018. Investigating the performance of some improvement treatments in restoring soil physical properties of skid trails (Case Study: Darabkola Forest, Sari). Iran. J. Forest. 10: 2. 181-195.
15. Jourgholami, M., Soltanpour, S., EtehadiAbari, M., and Zenner, E.K. 2014. Influence of slope on physicalsoil disturbance due to farm tractor forwarding in a Hyrcanian forest of northern Iran. iForest - Biogeosciences and Forestry.7: 342-348.
16. Jourgholamia, M., Khajavia, S., and Labelle, E.R. 2018. Mulching and water diversion structures on skid trails: Response of soil physical properties six years after harvesting. J. Ecol. Engin. 123: 1-9.
17. Jourgholami, M., Labelle, E.R., and Feghhi, J. 2017. Response of runoff and sediment on skid trails of varying gradient and traffic intensity over a two-year period. Forests. 8: 12. 1-13.
18. Khandouzi, R., Parsakhoo, A., and Sheikh, V.B. 2019. Comparison of the effect of riprap, herbaceous textile and grass cover on reduction of sediment yield from the ditch of forest roads. J. Water Soil Cons. 25: 6. 255-267. (In Persian)
19. Lotfalian, M., Parsakhoo, P., Sadeghi, M., and Nazariani, N. 2019. Comparison of soil compaction recovery methods on Skid Trails. J. Forest Res. Develop. 40: 1. 59-71. (In Persian)
20. Lang, A.J. 2016. Soil erosion from forest haul roads at stream crossings as influenced by road attributes. Thesis, Doctor of Philosophy in Forest Resources and Environmental Conservation, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 158p.
21. Masumian, A., Naghdi, R., and Zenner, A. 2017. Effectiveness of water diversion and erosion control structures on skid trail following timber harvesting. J. Ecol. Engin. 105: 370-378.
22. Mahdavi, Y., Kazemi, M., Rezaie, P., and Normohamadi, F. 2011. Checking term extent area-slope and rainfall index whit volume gully erosion with use of GIS (Case study: badreh watershed). J. Appl. RS & GIS Techniq. Natur. Resour. Sci. 2: 3. 39-51. (In Persian)
23. Masumian, A., Naghdi, R., Zenner, E., Nikooy, M., and Lotfalian, M. 2017. Comparison of different erosion control techniques in the Hyrcanian forest in northern Iran. J. Forest Sci. 63: 12. 549-554.
24. Meyer, Ch., Luscher, P., and Schulin, R. 2014. Recovery of forest soil from compaction in skid tracks planted with black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). J. Soil Till. Res. 143: 7-16.
25. Moghadamirad, M., Moayeri, M.H., Abdi, E., and Ghorbani Vaghei, H. 2018. Effect of vegetation cover density on runoff and soil loss of interill erosion in forest road cutslope (Case study: Koohmian Forest-Azadshahr). J. Water Soil Cons. 25: 2. 291-233. (In Persian)
26. Mostafa, M., Shataee Jouibary, Sh., Lotfalian, M., and Sadoddin, A. 2016. Comparison of Geometric characterizes Chehel-chay Forest Watershed Roads with Rural Road Standards with an Emphasis of runoff Product. J. Wood Forest Sci. Technol. 23: 2. 123-144. (In Persian)
27. Prats, S.A., MacDonald, L.H., Monteiro, M., Ferreira, A.J., Coelho, C.O., and Keizer, J.J. 2012. Effectiveness of forest residue mulching in reducing post-fire runoff and erosion in a pine and a eucalypt plantation in north-central Portugal. Geoderma. 191: 115-124.
28. Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Miyata, S., Gomi, T., Kosugi, K., Fukushima, T., Mizugaki, S., and Onda, Y. 2008. Determinant factors of sediment graphs

and rating loops in a reforested watershed. J. Hydrol. 356: 271-282.
29. Sidle, R.C., Sasaki, S., Otsuki, M., Noguchi, S., and Rahim Nik, A. 2004. Sediment pathways in a tropical forest: effects of logging roads and skid trails. Hydrological Process. 18: 703-720.
30. Solgi, A., Naghdi, R., Labelle E.R., Behjou Farshad, K., and Hemmati, V. 2019. Evaluation of different practices for erosion control on machine operating trails. Croatian J. Forest Engin. 40: 2. 319-328.
31. Suryatmojo, H., Masamitsu, F., Kosugi, K., and Mizuyama, T. 2011. Impact of selective logging and intensive line planting system on runoff and soil erosion in a Tropical Indonesia rainforest. In: Proceedings of river basin management VI. Wessex Institute of Technology, UK, Pp: 288-300.
32. Suryatmojo, H., Masamitsu, F., Kosugi, K., and Mizuyama, T. 2013. Effects of selective logging methods on runoff characteristics in paired small headwater catchment, In: Proceedings the third International Conference on Sustainable Future for Human Security, Procedia Environmental Sciences, Kyoto University, Japan. 30 Jul. 2011: 221-229.
33. Turk, Y., and Yildiz, M. 2019. The effects of wood chips and slash usage on skid trail sheet erosion caused by log skidding using a farm tractor. Izvorni znanstveni članci – Original scientific papers. 5-6: 241-249.
34. Wagenbrenner, J.W., Robichaud, P.R., and Brown, R.E. 2016. Rill erosion in burned and salvage logged western mountain forests: effects of logging equipment type, traffic level, and slash treatment. J. Hydrol. 541: 889-901.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Research Full Paper

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(6), 2021*
*http://jwsc.gau.ac.ir*
*DOI: 10.22069/jwsc.2021.17909.3348*

# Efficiency of the conservation treatments for soil erosion control from skid trails

**A. Mazri[1], A. Parsakhoo[2] and *M. Mostafa[3]**

[1]M.Sc. Student of Forestry, Dept. of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran,
[2]Assistant Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran,
[3]Assistant Prof., Dept. of Natural Resources, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran
Received: 04.12.2020; Accepted: 12.29.2020

## Abstract

**Background and Objectives:** Nowadays, study about the reclamation of abandoned skid trails is necessary due to their frequency in forestry units of north of Iran especially in so-called respiration period. These skid trails turn to be bare after the primary transportation (especially within first transportation years) where resulted in erosion and damage to soil forest. The aim of this study was to determine the best conservation treatments to deal with skid trails' water erosion.

**Materials and Methods:** Firstly, a skid trail with a minimum length of 500 meters was selected in Bahramnia's forestry plan. The longitudinal slope was divided into slope classes of 20-40% and >40%. In each class a segment with a length of 126 meters was determined and treatments of ditch & embankment, ditch & slash and ditch & stone each of in length of 14 meters with 5 meters interval were implemented. A rubber bar was installed at the end of each segment to convert sediment and runoff in to collectors. Sampling was done after each rainfall during 4 months (autumn and winter 2019 and 2020).The Intensity – Duration rainfall information has been determined using Rain gauge in the study area, then dry weight of sediment samples has been measured in laboratory.

**Results:** Findings indicated that in both slope classes of 20-40% and >40% amount of runoff, sediment concentration and soil loss was significantly increased along with increasing intensity and duration of rainfall. In slope class of 20-40%, skid trail treated by ditch and slash was better than other treatments in sedimentation and soil loss control. In slope class of >40%, there wasn't significant difference between the efficiency of treatments in sediment and soil loss control. Whereas, generally, treatments of ditch and slash as well as ditch and stone were more successful to control soil erosion than ditch & embankment treatment. In both slope classes, the rainfall intensity of 0.11 mm h-1 (2.64 mm in 24 h) was the threshold of water erosion of soil on skid trails. Likewise, the interaction effect of slope and treatment type was not significant on runoff volume's variables as well as sediment concentration and soil loss. Findings indicated that the ditch & slash treatment, in slope class of 20-40%, were the best in terms of sedimentation and soil loss control which could mitigate soil waste by 64%. In unallowable slope >40% all treatment could mitigate soil erosion by 47% which indicates the low efficiency of conservational treatments in unallowable slope tracks.

**Conclusion:** This research showed that ditch & slash treatment can reduce soil erosion in skid trails, so given to conservation this treatment can be used in other regions of the Hyrcanian Forest to protect skid trail against soil erosion.

***Keywords:*** Ditch and Embankment, Ditch and Slash, Ditch and Stone, Soil Loss

* Corresponding Author; Email: m.mostafa@areeo.ac.ir