Archive of SID

نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۸ شماره ۱، صفحه ۸۴-۷۳، (۱۳۹۹)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2020.341961.1908
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0883.1399.28.6.79.1.1578.1583

تأثیر مالچ‌های آلی بر کاهش مقدار رسوب مسیرهای چوب‌کشی در جنگل خیرود

معصومه احمدی [۱]، مقداد جورغلامی [۲*]، باریس مجنونیان [۳] و شهرام خلیقی سیگارودی [۴]

۱- دکتری مهندسی جنگل، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. پست الکترونیک: mjgholami@ut.ac.ir
۳- استاد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴- دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۳۰

چکیده

یکی از فعالیت‌های مهم مهندسی جنگل، تلاش برای کاهش رسوب در مسیرهای چوب‌کشی است. در پژوهش پیش‌رو، تأثیر استفاده از مالچ‌های مختلف با نرخ‌های متفاوت بر کاهش مقدار رسوب مسیرهای چوب‌کشی و مقایسه آن با مسیر چوب‌کشی بدون تیمار (فاقد مالچ) و جنگل شاهد (دست‌نخورده) بررسی شده است. این پژوهش به‌مدت ۱۳ ماه (شهریور ۱۳۹۶ تا مهر ۱۳۹۷) در بخش نم‌خانه جنگل خیرود نوشهر در شرایط بارندگی طبیعی انجام شد. قطعه‌نمونه‌های شش متر مربعی در قالب سه تکرار برای تعیین مقدار رسوب استفاده شدند. سه تیمار مالچ طبیعی شامل خاک‌اره، لاش‌برگ و سرشاخه و کلش برنج با سه نرخ متفاوت (براساس وزن مواد) مقایسه شدند. نتایج نشان داد که کمترین مقدار رسوب مربوط به جنگل دست‌نخورده (شاهد) و بیشترین مقدار متعلق به مسیر چوب‌کشی بدون تیمار بود. در مقایسه با مسیر چوب‌کشی بدون تیمار، استفاده از مالچ‌های خاک‌اره، کلش برنج و لاش‌برگ و سرشاخه به‌ترتیب سبب کاهش مقدار رسوب به‌اندازه ۱۳/۱، ۱۰/۲ و ۷/۳ برابر شد. براساس نتایج این پژوهش، استفاده از مالچ به‌ویژه خاک‌اره سبب کاهش معنی‌دار مقدار رسوب تولیدی در مسیرهای چوب‌کشی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: خاک‌اره، سرشاخه و لاش‌برگ، کلش برنج، کوبیدگی خاک، هیدرولوژی جنگل.

مقدمه

مسیرهای چوب‌کشی، مکمل شبکه حمل‌ونقل چوب هستند و ارتباط تنگاتنگی با وضعیت شبکه جاده، شیوه‌های جنگل‌شناسی، روش‌های بهره‌برداری، وضعیت توپوگرافی و قابلیت‌های مکانیکی خاک دارند (Jourgholami & Majnounian, 2018). شدیدترین تخریب عرصه در اثر عملیات بهره‌برداری در مسیرهای چوب‌کشی و دپوها اتفاق می‌افتد (Heninger *et al.*, 2002). عملیات چوب‌کشی زمینی با اسکیدرهای چرخ‌لاستیکی باعث افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک (Jourgholami *et al.*, 2018)، کاهش تخلخل کل و تخلخل فضاهای درشت (Cambi *et al.*, 2015)، افزایش استحکام خاک (Abrantes *et al.*, 2018)، کاهش نفوذپذیری در خاک مسیرهای چوب‌کشی و سپس افزایش رواناب، فرسایش و رسوب می‌شود (Cambi *et al.*, 2015; Jourgholami *et al.*, 2018). در جنگل‌های

www.SID.ir

Archive of SID

هیرکانی، روش بهره‌برداری بینه‌کوتاه و بلند با استفاده از ماشین‌های زمینی مانند اسکیدر چرخ‌لاستیکی انجام شده است، بنابراین به‌علت کوهستانی و شیب‌دار بودن منطقه و تردد زیاد اسکیدرها، عملیات خروج چوب موجب تشدید کوبیدگی و تراکم خاک در این جنگل‌ها شده است (Jourgholami & Majnounian, 2018).

از آنجایی‌که درگذشته جنگل‌های هیرکانی بهره‌برداری می‌شدند، مسیرهای چوب‌کشی متعددی در آن‌ها طراحی و استفاده شده است، بنابراین کاربرد راهکارهایی مانند مالچ‌پاشی به‌منظور جلوگیری از فرسایش خاک و ایجاد رسوب در این جنگل‌ها طی زمان اجرای طرح تنفس ضروری است. مالچ‌ها مواد آلی یا غیرآلی هستند که به‌منظور حفاظت خاک و ریشه گیاهان از اثرات قطره‌های باران، یخ‌بندان و تبخیر، روی سطح خاک پخش می‌شوند. استفاده از این مواد در دوره‌های بحرانی (ایجاد رواناب در اولین‌سال پس از بهره‌برداری جنگل) بیشتر است. هنگام تردد اسکیدرها، مالچ می‌تواند سبب کاهش اثر کوبیدگی خاک در مسیرهای چوب‌کشی شود (Parsakhoo *et al.*, 2017). همچنین، پوشش مالچ می‌تواند سطح خاک را در برابر نیروی فرساینده باران محافظت کرده و درنتیجه، باعث کاهش بسته شدن منافذ سطح خاک شود (Abrantes *et al.*, 2018; Turk & Yildiz, 2019). پوشاندن سطح خاک با استفاده از مالچ، نفوذپذیری خاک را طی یک بارندگی بیشتر می‌کند، بنابراین مقدار آب خاک افزایش می‌یابد (Li *et al.*, 2018).

در پژوهشی در جنگل‌های خیرود مشخص شد که استفاده از مالچ خاک‌اره در مسیرهای چوب‌کشی، عملکرد بهتری در کاهش مقدار رسوب نسبت به مالچ کلش برنج دارد (Jourgholami & Etehadi Abari, Masumian 2017). و همکاران (۲۰۱۷) مقدار رسوب در مسیرهای چوب‌کشی را با سه تیمار ایجاد بانکت‌های مورب و قائم، ترکیب خاک‌اره و ایجاد بانکت‌های مورب و قائم و نیز ترکیب مازاد مقطوعات و ایجاد بانکت‌های مورب و قائم بررسی کردند. نتایج آن‌ها در جنگل‌های شن‌رود گیلان نشان داد که بهترین تیمار در کاهش مقدار رسوب، ترکیب خاک‌اره و ایجاد بانکت‌های مورب و قائم است. در پژوهش Etehadi Abari و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر سه تیمار بهره‌برداری جنگل شامل بهره‌برداری به‌شیوه گزینشی، سطح بدون تاج‌پوشش و مسیر چوب‌کشی به‌همراه منطقه شاهد بر مقدار رواناب و رسوب در جنگل خیرود نوشهر بررسی شد که نشان داد بیشترین مقدار رسوب و رواناب مربوط به مسیرهای چوب‌کشی و منطقه بدون تاج‌پوشش است.

درباره تأثیر مثبت مالچ‌پاشی بر ویژگی‌های خاک، پژوهش‌هایی در کشور انجام شده است. به‌عنوان نمونه، Solgi و همکاران (۲۰۱۸) اثر سه تیمار مالچ شامل خاک‌اره، شاخ‌وبرگ درختچه‌ها و ترکیبی از آن‌ها را بر خواص فیزیکی خاک در مسیرهای چوب‌کشی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از شاخ‌وبرگ درختچه‌ها به‌عنوان تیماری کارا در بهبود خواص فیزیکی خاک مؤثر است. در پژوهش Lotfalian و همکاران (۲۰۱۸)، چهار تیمار اصلاح کوبیدگی خاک شامل مالچ‌پاشی با مازاد مقطوعات، ایجاد بانکت‌های مورب و قائم بر مسیر، تیمار مختلط (مالچ پاشی با مازاد مقطوعات در مجاورت بانکت قائم) و دو تیمار شاهد شامل داخل توده و داخل مسیر پیش از اصلاح مقایسه شدند. نتایج آن‌ها در جنگل‌های دارابکلا ساری نشان داد که فقط تیمار مختلط می‌تواند کوبیدگی خاک مسیر چوب کشی را به‌طور معنی‌داری کم کند. در همین جنگل‌ها، Imani و همکاران (۲۰۱۸) عملکرد تیمارهای اصلاحی در بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک مسیرهای چوب‌کشی را بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که از بین چهار تیمار شیار قائم، شیار مورب، مازاد مقطوعات و مرکب فقط استفاده از تیمار مرکب باعث کاهش معنی دار وزن مخصوص ظاهری و افزایش درصد پوکی خاک نسبت به تیمار شاهد مسیر چوب‌کشی می‌شود.

در پژوهش‌های خارج کشور نیز اهمیت حفاظت از

www.SID.ir

Archive of SID

مسیرهای چوب‌کشی در فعالیت‌های مدیریتی جنگل مورد توجه قرار گرفته است. به‌عنوان نمونه، براساس نتایج Cleophas و همکاران (۲۰۱۷)، مقدار رواناب و فرسایش خاک در مسیرهای چوب‌کشی در جنگل‌های مالزی که به‌روش گزینشی مدیریت می‌شوند، به‌طور معنی‌داری بیشتر از قطعه شاهد بود. در این پژوهش به ضرورت اقدامات اصلاحی در مسیرهای چوب‌کشی تأکید شد.

جنگل‌های هیرکانی با قرار گرفتن در شیب‌های تند، حساسیت زیادی به فرسایش دارند. تردد ماشین‌آلات در مسیرهای چوب‌کشی می‌تواند اثرات زیادی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک داشته باشد، تاحدی‌که با گذشت حدود ۱۰ سال، ویژگی‌های فیزیکی خاک در مسیرهای چوب‌کشی بازیابی نمی‌شوند (Naghdi *et al.*, 2010). علاوه‌براین، برهم‌خوردن لایه خاک سطحی و فشرده شدن آن در مسیرهای چوب‌کشی باعث افزایش رواناب سطحی، جدا شدن ذرات خاک توسط قطره‌های باران و حرکت بدون مانع رواناب و ذرات خاک به‌سمت پایین شیب می‌شود که این خود، عامل ایجاد فرسایش است (Jourgholami *et al.*, 2018). این شرایط، ارزیابی دقیق و همه‌جانبه مسیرهای چوب‌کشی و متناسب بودن آن‌ها را با روش‌های بهره‌برداری و شیوه‌های جنگل‌شناسی در واحدهای جنگل‌داری شمال کشور ضروری می‌کند. در این میان، نقش اقدامات مهندسی جنگل برای احیا و ترمیم مسیرهای چوب‌کشی، کلیدی است. همچنین، باید توجه داشت که به‌دنبال اجرای طرح تنفس در جنگل‌های هیرکانی که موجب ممنوعیت قطع و بهره‌برداری در این جنگل‌ها شده است، حفاظت، احیا و ترمیم مسیرهای چوب‌کشی با استفاده از بهترین پوشش روی سطح آن‌ها به‌منظور حفظ کارکرد حفاظت از آب‌وخاک جنگل، بهبود ذخیره آب این جنگل‌ها و کاهش رسوب در سال‌های آینده، وظیفه‌ای بسیار مهم و اساسی است، بنابراین هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی اثر تیمارهای مالچ خاک‌اره، لاش‌برگ و سرشاخه و کلش برنج بر کمیت رسوب مسیرهای چوب‌کشی در جنگل‌های خیرود بود.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

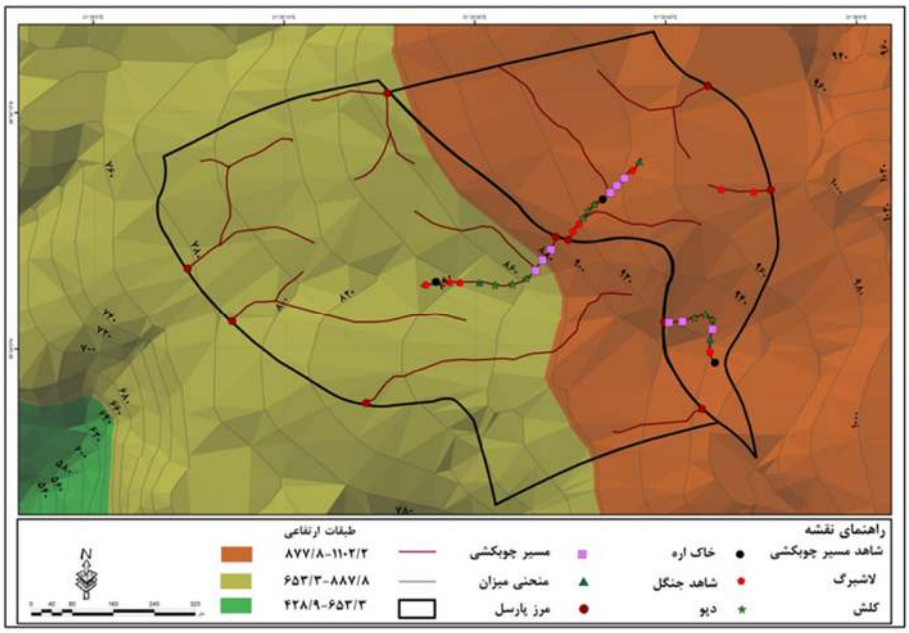
این پژوهش در پارسل‌های ۲۰۷ و ۲۱۲ بخش نم‌خانه جنگل خیرود واقع در شهرستان نوشهر انجام شد (شکل ۱). نم‌خانه بخش دوم از جنگل خیرود است که با مساحت ۱۰۳۵ هکتار بین طول جغرافیایی ″۳۰ ′۳۶ °۵۱ تا ″۳۰ ′۳۹ °۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ′۳۲ °۳۶ تا ′۳۴ °۳۶ شمالی قرار دارد. مساحت قسمت قابل‌بهره‌برداری در این بخش، ۷۹۸ هکتار است که به‌شیوه تک‌گزینی مدیریت می‌شود. چوب خروجی در پارسل ۲۰۷، ۵۴ اصله درخت با حجم ۳۱۹ متر مکعب و در پارسل ۲۱۲، ۳۲ اصله درخت به‌حجم ۲۷۰ متر مکعب بود. عملیات چوب‌کشی در پارسل‌های مذکور در شهریور ۱۳۹۶ با اسکیدر چرخ‌لاستیکی تاف انجام شد. عرض مسیرهای چوب‌کشی به‌طور متوسط ۳/۵ متر و طول آن‌ها در پارسل‌های ۲۰۷ و ۲۱۲ که در آن‌ها قطعه‌نمونه‌ها مستقر شدند، به‌ترتیب ۳۲۰ و ۴۶۰ متر بود.

روش پژوهش

در این پژوهش، چهار مسیر چوب‌کشی به‌طور تصادفی در دو پارسل ۲۰۷ و ۲۱۲ انتخاب شدند (شکل ۱). پس از تعیین موقعیت های شیب مورد مطالعه (شیب غالب مسیرهای چوب‌کشی ۲۰ تا ۲۵ درصد)، محل نصب قطعه نمونه‌ها به‌طور تصادفی مشخص شد. برای دستیابی به اهداف پژوهش از سه تیمار مالچ طبیعی شامل خاک‌اره، کلش برنج و لاش‌برگ و سرشاخه استفاده شد. مالچ‌های مذکور با سه نرخ متفاوت (براساس وزن مواد) در سه تکرار مقایسه شدند (جدول ۱). همچنین، دو تیمار قطعه‌نمونه شامل مسیر چوب‌کشی (بدون تیمار) و قطعه نمونه شاهد (جنگل دست‌نخورده) در سه تکرار برای برداشت داده‌ها انتخاب شدند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- نقشه قطعه‌نمونه‌های مورد مطالعه در جنگل خیرود نوشهر، استان مازندران

جدول ۱- مقدار مالچ استفاده‌شده در هر تیمار

تیمار	نرخ ۱	نرخ ۲	نرخ ۳
خاک‌اره (کیلوگرم در متر مربع)	۲/۲۲	۴/۴۴	۶/۶۶
لاش‌برگ و سرشاخه (کیلوگرم در متر مربع)	۰/۶۲	۱/۲۴	۱/۸۶
کلش برنج (کیلوگرم در متر مربع)	۰/۳۸	۰/۷۶	۱/۱۴

خاک‌اره مورد استفاده در این پژوهش از تبدیل درختان راش در فرایند الوارگیری به‌دست آمد. طول و ضخامت خاک‌اره‌ها به‌ترتیب چهار و یک سانتی‌متر بودند. لاش‌برگ استفاده‌شده که از گونه‌های راش و ممرز بودند، از کف جنگل و در نزدیک مسیرهای چوب‌کشی مورد مطالعه جمع‌آوری شدند. این لاش‌برگ‌ها متعلق به قسمت تجزیه‌نشده لایه سطحی خاک بودند، بنابراین امکان شناسایی نوع گونه وجود داشت. کلش مورداستفاده از شالی‌کارها تهیه شد که طول آن‌ها ۱۵ سانتی‌متر بود.

اندازه‌گیری رسوب

برای تعیین مقدار رسوب تولیدشده در اثر بهره‌برداری جنگل از بارش‌های طبیعی منطقه استفاده شد. دوره انجام این پژوهش از شهریور ۱۳۹۶ تا مهرماه ۱۳۹۷ (۱۳ ماه) بود. مقدار باران در هر رخداد بارندگی با استفاده از چهار باران‌سنج دستی (قطر دهانه هشت سانتی‌متر و عمق ۲۲ سانتی‌متر) در نزدیک‌ترین فضای باز به قطعه‌نمونه‌ها جمع‌آوری شد (Sadeghi *et al.*, 2018) (شکل ۲). هریک از باران‌سنج‌ها به‌طور جداگانه روی قیّم‌های چوبی در ارتفاع حدود نیم‌متری از سطح زمین مستقر شدند تا از ورود آب حاصل از پاشمان قطره‌های باران روی خاک جنگل جلوگیری شود (Hakimi *et al.*, 2018).

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲- باران‌سنج دستی مورد استفاده برای اندازه‌گیری مقدار باران

پس از تعیین محل نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری رسوب، قطعه‌نمونه‌های شش متر مربعی مستطیلی‌شکل (۶ × ۱ متر مربع) در شیب غالب مسیر چوب‌کشی دو پارسل (شیب ۲۰ تا ۲۵ درصد) به نحوی مستقر شدند که طول آن‌ها در امتداد مسیر چوب‌کشی باشد. قطعه‌نمونه‌ها از جنس چوب ساخته شدند و به‌اندازه ۲۰ سانتی‌متر در خاک فرو برده شدند. این کار باعث می‌شود که رواناب حاصل از سطح هر قطعه‌نمونه به بیرون تراوش نکند، بنابراین اعداد به‌دست‌آمده نمایانگر مقدار واقعی رواناب در هر رخداد باران هستند. در انتهای قطعه‌نمونه‌ها، لوله‌ای تعبیه شد تا رواناب جاری‌شده در سطح هر قطعه‌نمونه را به مخزن جمع‌آوری هدایت کند. طول این لوله، کمتر از یک متر بود. بارندگی‌هایی که در طی این مدت به ایجاد رواناب منجر شده بود، ثبت و اندازه‌گیری شدند. پس از هربار وقوع بارندگی، نمونه‌های رواناب که توسط خروجی قطعه‌نمونه به ظرف‌های جمع‌آوری هدایت می‌شد، جمع‌آوری و اندازه‌گیری شدند. پس از نمونه‌برداری رواناب تولیدی در اثر بارش، ظرف‌های حاوی آب و رسوب به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری غلظت رسوب از روش تخلیه آب استفاده شد (Walling *et al.*, 2001). براساس این روش ابتدا یک لیتر نمونه آب و رسوب درون بشر ریخته شد و پس از ۴۸ ساعت، آب بالای رسوبات به‌آرامی تخلیه شد. پس از خالی کردن آب اضافی، رسوبات موجود در کف ظرف شسته شدند. این رسوبات درون ظرف‌هایی که از قبل توزین شده بودند، ریخته شد. به‌منظور خشک کردن رسوبات، این ظرف‌ها در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. با توزین نمونه‌های ظرف‌ها همراه رسوب و کسر کردن وزن ظرف‌های اولیه، وزن رسوب نمونه (براساس گرم در لیتر) محاسبه شد. سپس، غلظت کل رسوبات در هر رخداد باران و در مقیاس قطعه‌نمونه به‌دست آمد.

شدت فرسایش خاک (E) از تقسیم وزن مواد جامد برجای‌مانده از هر حجم رواناب (W) بر فاصله زمانی جمع‌آوری نمونه (t) و واحد سطح (A) براساس رابطه ۱ محاسبه شد. مقدار رسوب به‌دست‌آمده از هر تیمار براساس مقدار بارش در هر رخداد باران محاسبه شد (Etehadi Abari *et al.*, 2017).

$$E = \frac{W}{A \times t} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل کامل تصادفی انجام شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها ابتدا با آزمون‌های کولموگروف- سمیرنوف و لون به‌ترتیب نرمال بودن و همگنی آن‌ها بررسی شد. به‌دلیل نرمال و همگن بودن داده‌ها از آزمون‌های پارامتری برای مقایسه بین تیمارها استفاده شد. برای این منظور، تجزیه واریانس بین تیمارها انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن اختلاف‌ها از آزمون دانکن برای گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده شد. همچنین، روابط رگرسیونی بین مقدار باران و مقدار رسوب در سه تیمار، برازش داده شدند. همه تجزیه‌وتحلیل‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شدند. نرم‌افزار آماری مورد استفاده در این پژوهش، SPSS (نسخه ۲۲) بود.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

در مدت نمونه‌برداری، ۲۵ رخداد بارندگی که به ایجاد رواناب منجر شده بود، ثبت شد. بیشترین، کمترین و میانگین مقدار بارش به‌ترتیب ۱۳۴/۶، ۵/۲ و ۳۷/۸ میلی‌متر در هر رخداد باران بودند. نتایج آزمون تجزیه واریانس بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین مقدار رسوب تولیدشده در پنج تیمار مورد مطالعه بود (F = ۳/۷۳۷، p = ۰/۰۰۷). براساس آزمون دانکن، مقدار رسوب در مسیر چوب‌کشی بدون تیمار (میانگین ۳/۶۶ گرم بر متر مربع در هر رخداد باران) به‌طور معنی‌داری بیشتر از چهار تیمار دیگر به‌دست آمد (جدول ۲). کمترین مقدار رسوب نیز متعلق به جنگل دست‌نخورده (شاهد) با متوسط ۰/۱۱ گرم بر متر مربع در هر رخداد باران بود. در بین سه تیمار مالچ مورد استفاده، کمترین مقدار رسوب متعلق به تیمار خاک‌اره بود، اما بین این تیمارها، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۲- میانگین رسوب تولیدشده و درصد افزایش رسوب در پنج تیمار مورد مطالعه

تیمار	میانگین (± خطای معیار) رسوب (گرم بر متر مربع)	درصد افزایش رسوب نسبت به جنگل دست‌نخورده
جنگل دست‌نخورده (شاهد جنگل)	۰/۱۱^{b} (± ۰/۰۴)	-
مسیر چوب‌کشی بدون تیمار	۳/۶۶^{a} (± ۱/۷۲)	۳۲۲۷/۳
مسیر با تیمار مالچ خاک‌اره	۰/۲۸^{b} (± ۰/۰۹)	۱۵۴/۵
مسیر با تیمار مالچ کلش برنج	۰/۳۶^{b} (± ۰/۲۱)	۲۲۷/۳
مسیر با تیمار لاش‌برگ و سرشاخه	۰/۵^{b} (± ۰/۱۵)	۳۵۴/۵

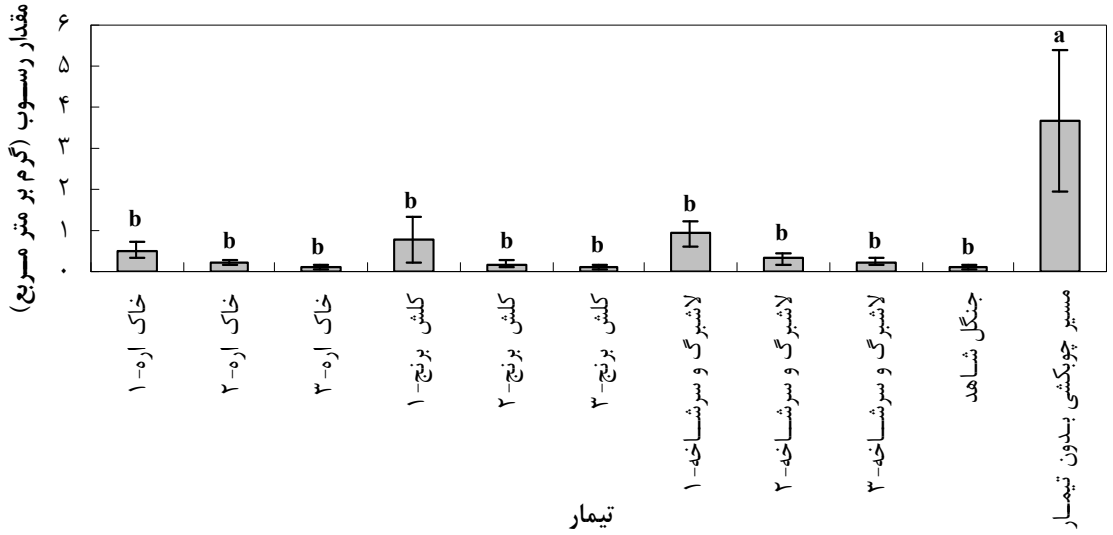
حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

مقایسه مقدار رسوب در تیمارهای مختلف نشان داد که بین مقدار رسوب تولیدشده در ۱۱ تیمار مورد مطالعه (سه تیمار مالچ با سه نرخ، تیمار جنگل دست‌نخورده و تیمار مسیر چوب‌کشی بدون تیمار) تفاوت معنی‌داری وجود داشت (F = ۳/۴۵، p = ۰/۰۰۰)، به طوری‌که رسوب ایجادشده در مسیر چوب‌کشی بدون تیمار به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دیگر بود (شکل ۳).

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین سه نرخ متفاوت خاک‌اره از نظر ایجاد رسوب، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (F =۰/۴۵۴، p = ۰/۶۳۷). همچنین، این اختلاف در سه نرخ متفاوت مالچ کلش برنج، معنی‌دار نبود (F = ۱/۳۱۳، p = ۰/۲۷۵)، اما میانگین رسوب در سه نرخ متفاوت مالچ لاش‌برگ و سرشاخه، اختلاف معنی‌داری را نشان داد (F = ۳/۴۳۶، p = ۰/۰۳۸)، به‌طوری‌که مقدار رسوب در نرخ یک (کمترین مقدار لاش‌برگ و سرشاخه در واحد سطح) بیشتر از دو نرخ دیگر بود (شکل ۴).

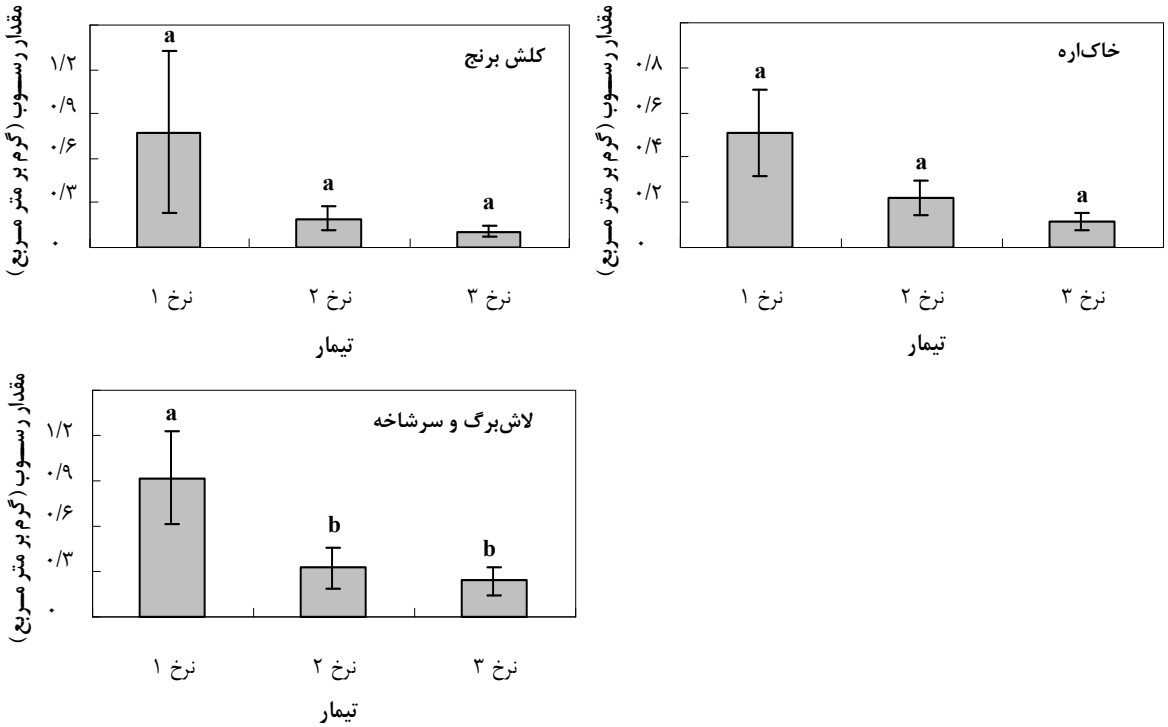
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- میانگین رسوب ۱۱ تیمار مورد مطالعه در دوره پژوهش

بارها بیانگر خطای معیار میانگین برای هر تیمار هستند. حروف متفاوت نیز معنی‌دار بودن اختلاف در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهند.



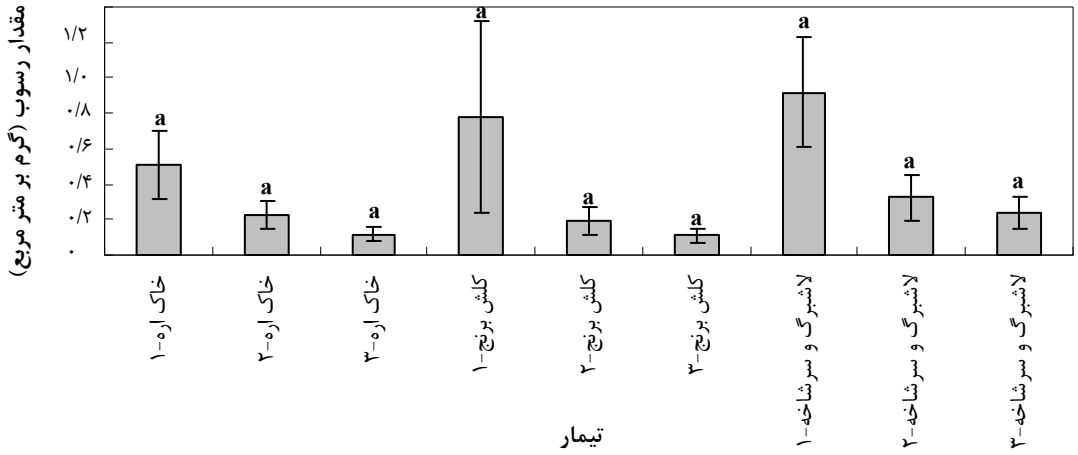
شکل ۴- میانگین رسوب در نرخ‌های متفاوت از مالچ‌های خاک‌اره، کلش برنج و لاش‌برگ و سرشاخه

بارها بیانگر خطای معیار میانگین برای هر تیمار هستند. حروف متفاوت نیز معنی‌دار بودن اختلاف در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهند.

آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین ۹ تیمار مختلف مالچ (سه تیمار خاک‌اره، کلش برنج و شاخه و لاش‌برگ با سه نرخ متفاوت) ازنظر مقدار رسوب، تفاوت معنی‌دار وجود نداشت ($F = ۱/۶۶۱$، $p = ۰/۱۰۹$، شکل ۵).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- میانگین مقدار رسوب در نرخ‌های متفاوت از تیمارهای مالچ

بارها بیانگر خطای معیار میانگین برای هر تیمار هستند.

مناسب‌ترین رابطه رگرسیونی تک‌متغیره بین مقدار بارش و مقدار رسوب در جدول ۳ ارائه شده است. بهترین رابطه رگرسیونی در همه تیمارها به‌صورت خطی مثبت (صعودی) به‌دست آمد. این یافته بیانگر افزایش مقدار رسوب با افزایش بارندگی بود.

جدول ۳- مناسب‌ترین رابطه رگرسیونی بین مقادیر بارش و رسوب در تیمارهای مختلف

تیمار	نوع رابطه	معادله	ضریب تبیین (r^2)	معنی‌داری
مالچ خاک‌اره-۱	خطی مثبت	y = ۰/۰۱۹x-۰/۲۰۸۹	۰/۴۷۸	**
مالچ خاک‌اره-۲	خطی مثبت	y = ۰/۰۰۹۸x-۰/۱۴۸۳	۰/۷۹۲	**
مالچ خاک‌اره-۳	خطی مثبت	y = ۰/۰۰۲۹x+۰/۰۰۹۴	۰/۲۷۳	ns
مالچ کلش برنج-۱	خطی مثبت	y = ۰/۰۴۲۱x-۰/۸۱۷۳	۰/۳۰۱	ns
مالچ کلش برنج-۲	خطی مثبت	y = ۰/۰۰۶۹x-۰/۰۷۱۱	۰/۳۷۵	*
مالچ کلش برنج-۳	خطی مثبت	y = ۰/۰۰۳۶x-۰/۰۲۷۳	۰/۳۸۴	*
مالچ لاش‌برگ و سرشاخه-۱	خطی مثبت	y = ۰/۰۳۱۲x-۰/۲۶۱۹	۰/۵۱۹	**
مالچ لاش‌برگ و سرشاخه-۲	خطی مثبت	y = ۰/۰۱۱۸x-۰/۱۲۱۹	۰/۴۰۳	*
مالچ لاش‌برگ و سرشاخه-۳	خطی مثبت	y = ۰/۰۰۸۸x-۰/۰۹۳۴	۰/۴۷	**
جنگل شاهد	خطی مثبت	y = ۰/۰۸۳۳x-۰/۵۱۱۱	۰/۱۱۸	ns
مسیر چوب‌کشی بدون تیمار	خطی مثبت	y = ۰/۰۰۳۸x-۰/۰۴۱	۰/۵۰۸	**

* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن رابطه رگرسیونی در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد هستند. ns نیز عدم معنی‌داری رابطه رگرسیونی را نشان می‌دهد.

x و y به‌ترتیب نشان‌دهنده مقدار بارش (میلی‌متر در هر رخداد باران) و مقدار رسوب (گرم بر متر مکعب) هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

بازیابی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک عرصه‌های جنگلی، فرایندی زمان‌بر و پرهزینه است (Rab, 2004) و اغلب تا چندین دهه پس از بهره‌برداری خاک مسیرهای چوب‌کشی اصلاح نمی‌شود (Webb, 2002)، بنابراین باید به‌دنبال استفاده از راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی بهره‌برداری جنگل بود. یکی از این راهکارها، استفاده از تیمارهای مالچ‌پاشی در مسیرهای چوب‌کشی و مقایسه عملکرد هر تیمار با جنگل شاهد و مسیرچوب‌کشی بدون تیمار است. Joriz و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که رسوب در مسیرهای چوب‌کشی به‌طور معنی‌داری بیشتر از جنگل شاهد است. درواقع، جنگل‌های دست‌نخورده، بیشترین حفاظت را از خاک دارند (Joriz *et al.*, 2019). با این‌حال، پوشش جنگلی از تمام فرسایش سطحی نمی‌تواند جلوگیری کند. در مسیرهای چوب‌کشی به‌علت عبور ماشین‌آلات چوب‌کشی، شدت فرسایش خاک بیشتر از عرصه‌های جنگلی است (Jourgholami & Etehadi Abari, 2017). در تأیید یافته‌های پژوهش پیش‌رو، Ramos-Scharrón و MacDonald (۲۰۰۵) با مقایسه مقدار رسوب در مسیرهای چوب‌کشی و جنگل شاهد در جزایر ویرجین آمریکا گزارش کردند که تخریب جنگل در مسیرهای چوب‌کشی سبب افزایش قابل توجه رسوب می‌شود. نتایج پژوهشی دیگر در شمال کشور نشان داد که بیشترین فرسایش مناطق جنگلی در مسیرهای چوب‌کشی رخ می‌دهد (Akbarimehr & Naghdi, 2012). این اتفاق از کاهش نرخ نفوذ آب به خاک و افزایش مقدار رواناب ناشی می‌شود. با ایجاد مسیرهای چوب‌کشی و حذف پوشش تاجی جنگل، درصد لاش‌برگ موجود در سطح خاک مسیرهای چوب‌کشی کم می‌شود. درنتیجه، درصد خاک لخت (خاک بدون پوشش تاجی و لاش‌برگ) و مقدار رسوب افزایش می‌یابد (Prats *et al.*, 2016). با توجه به پژوهش‌های پیشین، شدیدترین تخریب و فرسایش ناشی از عملیات بهره‌برداری جنگل در مسیرهای چوب‌کشی اتفاق می‌افتد، چراکه در این مناطق، عملیات تثبیت خاک یا روسازی انجام نمی‌شود، بنابراین جاده‌های جنگلی، دپوها و مسیرهای چوب‌کشی از مهم‌ترین منابع تولید رواناب و رسوب در جنگل شناخته شده‌اند (Etehadi Abari *et al.*, 2017; Ahmadi *et al.*, 2019). ازجمله دلایل تفاوت مقدار رسوب بین جنگل شاهد و مسیر چوب‌کشی در نتایج پژوهش پیش‌رو می‌توان به بیشتر بودن ماده آلی خاک در جنگل شاهد نسبت به مسیر چوب‌کشی اشاره کرد. درواقع، ماده آلی خاک موجب افزایش در ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری آب در خاک (Farahnak *et al.*, 2019; Turk & Yildiz, 2019)، کاهش در حجم رواناب و نرخ فروپاشی خاکدانه‌ها و درنتیجه، نرخ رسوب کمتر می‌شود (Siegrist *et al.*, 1998). ازجمله عواقب فشردگی خاک و حذف پوشش کف جنگل در مسیرهای چوب‌کشی می‌توان به کاهش ظرفیت گنجایش آب در خاک، کم شدن سرعت نفوذ آب و افزایش رواناب اشاره کرد. از سوی دیگر، به‌دلیل فشردگی خاک و افزایش نیروهای وارد به ذرات خاک در مسیرهای چوب‌کشی به‌احتمال زیاد خاک این مسیرها، فرسایش‌پذیری کمتری دارند، اما به همان اندازه رواناب در آن‌ها و رسوب در واحد سطح افزایش می‌یابد (Hartanto *et al.*, 2003). همچنین، حذف پوشش تاجی درختان در مسیرهای چوب‌کشی سبب برخورد مستقیم باران با ذرات خاک می‌شود. انرژی جنبشی قطره‌های باران که عامل مهمی در جداسازی ذرات خاک است، با حذف تاج‌پوشش درختان به بیشترین مقدار می‌رسد (Sadeghi *et al.*, 2020)، بنابراین وجود تاج‌پوشش درختان سبب کاهش سرعت قطره‌های باران در برخورد با سطح خاک می‌شود.

نتایج دیگر نشان دادند که استفاده از مالچ‌های خاک‌اره، کلش برنج و لاش‌برگ و سرشاخه سبب کاهش رسوب به‌ترتیب به‌مقدار ۱۳/۱، ۱۰/۲ و ۷/۳ برابر در مقایسه با مقدار رسوب مسیر چوب‌کشی بدون تیمار شد. در همین راستا، Jourgholami و Etehadi Abari (۲۰۱۷) تأثیر تیمارهای مالچ‌پاشی با خاک‌اره و کلش برنج بر کاهش تولید رسوب در مسیرهای چوب‌کشی را بررسی کردند. براساس نتایج آن‌ها در جنگل‌های آمیخته خیرود، استفاده از این

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارها سبب کاهش به‌ترتیب ۹۴/۹ و ۵۱/۹ درصدی مقدار رسوب شد.

در همه تیمارهای مورد بررسی با افزایش باران، مقدار رسوب افزایش یافت که نشان می‌دهد مقدار رسوب تابعی از مقدار باران است. این یافته در پژوهش‌های پیشین نیز به اثبات رسیده است (Iserloh *et al.*, 2012; Etehadi-Abari *et al.*, 2017). درواقع، با افزایش بارندگی، ظرفیت آبی تاج‌پوشش (به‌عنوان اولین سد در برابر باران نازل‌شده) اشباع می‌شود (Sadeghi *et al.*, 2017, 2020). پس از آن، با تکمیل ظرفیت نگهداری آب در لایه سطحی خاک، سهم بیشتری از هر رخداد باران به رواناب تبدیل می‌شود. این اتفاق، افزایش فرسایش خاک و تولید رسوب بیشتر را به‌دنبال خواهد داشت.

براساس یافته‌های این پژوهش، استفاده از مالچ‌های خاک‌اره، کلش برنج و لاش‌برگ و سرشاخه به‌طور متوسط سبب کاهش مقدار رسوب به اندازه ۱۰/۲ برابر در مقایسه با مقدار رسوب مسیر چوب‌کشی بدون تیمار می‌شود. از بین ۹ تیمار مالچ‌پاشی، کم‌ترین مقدار رسوب در تیمار کلش برنج با نرخ سه مشاهده شد، هرچند که تیمار مالچ خاک‌اره به‌طور متوسط رسوب کمتری را ایجاد کرد. در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد که استفاده از مالچ‌های مختلف سبب کاهش معنی‌دار رسوب تولیدی در مسیرهای چوب‌کشی می‌شود، بنابراین کارایی استفاده از مالچ در کاهش رسوب مسیرهای چوب‌کشی تأیید می‌شود. در پژوهش‌های آینده می‌توان مالچ‌های مختلف را از نظر اقتصادی بررسی کرد تا سود و هزینه آن‌ها برای استفاده در مسیرهای چوب‌کشی محاسبه شود.

منابع مورد استفاده

- Abrantes, J.R.C.B., Prats, S.A., Keizer, J.J. and de Lima, J.L.M.P., 2018. Effectiveness of the application of rice straw mulching strips in reducing runoff and soil loss: Laboratory soil flume experiments under simulated rainfall. Soil and Tillage Research, 180: 238-249.
- 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). Iranian Journal of Forest, 11(3): 297-307 (In Persian).
- Akbarimehr, M. and Naghdi, R., 2012. Assessing the relationship of slope and runoff volume on skid trails (Case study: Nav 3 district). Journal of Forest Science, 58(8): 357-362.
- Cambi, M., Certini, G., Neri, F. and Marchi, E., 2015. The impact of heavy traffic on forest soils: a review. Forest Ecology and Management, 338: 124-138.
- Cleophas, F., Musta, B., How, P.M. and Bidin, K., 2017. Runoff and soil erosion in selectively-logged over forest, Danum Valley Sabah, Malaysia. Transactions on Science and Technology, 4(4): 449-459.
- Etehadi Abari, M., Majnounian, B., Malekian, A. and Jourgholami, M., 2017. Effects of forest harvesting on runoff and sediment characteristics in the Hyrcanian forests, northern Iran. European Journal of Forest Research, 136(2): 375-386.
- Farahnak, M., Mitsuyasu, K., Jeong, S., Otsuki, K., Chiwa, M., Sadeghi, S.M.M. and Kume, A., 2019. Soil hydraulic conductivity differences between upslope and downslope of two coniferous trees on a hillslope. Journal of Forest Research, 24(3): 143-152.
- Hakimi, L., Sadeghi, S.M.M., Van Stan, J.T., Pypker, T.G. and Khosropour, E., 2018. Management of pomegranate (*Punica granatum*) orchards alters the supply and pathway of rain water reaching soils in an arid agricultural landscape. Agriculture, Ecosystems and Environment, 259: 77-85.
- Hartanto, H., Prabhu, R., Widayat, A.S.E. and Asdak, C., 2003. Factors affecting runoff and soil erosion: plot-level soil loss monitoring for assessing sustainability of forest management. Forest Ecology and Management, 180(1-3): 361-374.
- 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 nontilled skid trails in the Oregon Cascades. Canadian Journal of Forest Research, 32(2): 233-246.
- 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). Iranian Journal of Forest, 10(2): 181-195 (In Persian).
- Iserloh, T., Ries, J.B., Cerdà, A., Echeverría, M.T., Fister, W., Geißler, C., … and Seeger, M., 2012. Comparative measurements with seven rainfall simulators on uniform bare fallow land. Zeitschrift für Geomorphologie, 57(1): 193-201.
- Joriz, S., Jourgholami, M., Malekian, A. and Etehadi Abari, M., 2019. Evaluating the forest harvesting operations impact on sediment yield in forest watershed (Case study:

www.SID.ir

Archive of SID

Forest Ecology and Management, 191(1-3): 329-340.
- Ramos-Scharrón, C.E. and MacDonald, L.H., 2005. Measurement and prediction of sediment production from unpaved roads, St John, US Virgin Islands. Earth Surface Processes and Landforms, 30(10): 1283-1304.
- Sadeghi, S.M.M., Gordon, D.A. and Van Stan II, J.T., 2020. A global synthesis of throughfall and stemflow hydrometeorology: 49-70. In: Van Stan II, J.T., Gutmann, E. and Friesen, J. (Eds.). Precipitation Partitioning by Vegetation: A Global Synthesis. Springer Nature, Cham, 281p.
- Sadeghi, S.M.M., Van Stan II, J.T., Pypker, T.G. and Friesen, J., 2017. Canopy hydrometeorological dynamics across a chronosequence of a globally invasive species, *Ailanthus altissima* (Mill., tree of heaven). Agricultural and Forest Meteorology, 240-241: 10-17.
- Sadeghi, S.M.M., Van Stan, J.T., Pypker, T.G., Tamjidi, J., Friesen, J. and Farahnaklangroudi, M., 2018. Importance of transitional leaf states in canopy rainfall partitioning dynamics. European Journal of Forest Research, 137(1): 121-130.
- Siegrist, S., Schaub, D., Pfiffner, L. and Mader, P., 1998. Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long- term field study on loess in Switzerland. Agriculture, Ecosystems and Environment, 69: 253-264.
- Solgi, A., Naghdi, R., Labelle, E.R. and Zenner, E.K., 2018. The effects of using soil protective mats of varying compositions and amounts on the intensity of soil disturbances caused by machine traffic. International Journal of Forest Engineering, 29(3): 199-207.
- 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. Šumarski list, 143(5-6): 241-249.
- Walling, D.E., Collins, A.L., Sichingabula H.A. and Leek, G.J.L., 2001. Integrated assessment of catchment suspended sediment budgets: A Zambian example. Land Degradation and Development, 12(5): 387-415.
- Webb, R.H., 2002. Recovery of severely compacted soils in the Mojave Desert, California, USA. Arid Land Research and Management, 16(3): 291-305.

Kheyrud forest). Journal of Range and Watershed Management, 72(3): 665-681 (In Persian).
- Jourgholami, M. and Etehadi Abari, M., 2017. Effectiveness of sawdust and straw mulching on postharvest runoff and soil erosion of a skid trail in a mixed forest. Ecological Engineering, 109: 15-24.
- Jourgholami, M. and Majnounian, B., 2018. Forest Sustainable Harvesting. University of Tehran Press, Tehran, 546p (In Persian).- Li, H., Zhao, X., Gao, X., Ren, K. and Wu, P., 2018. Effects of water collection and mulching combinations on water infiltration and consumption in a semiarid rainfed orchard. Journal of Hydrology, 558: 432-441.
- Jourgholami, M., Fathi, K. and Labelle, E.R., 2018. Effects of foliage and traffic intensity on runoff and sediment in skid trails after trafficking in a deciduous forest. European Journal of Forest Research, 137(2): 223-235.
- Lotfalian, M., Parsakhoo, A., Sadeghi, M. and Nazariani, N., 2018. Comparison of soil compaction recovery methods on skid trails. Journal of Forest Research and Development, 4(1): 59-71 (In Persian).
- Masumian, A., Naghdi, R., Zenner, E.K., Nikooy, M. and Lotfalian, M., 2017. Comparison of different erosion control techniques in the Hyrcanian forest in northern Iran. Journal of Forest Science, 63(12): 549-554.
- Naghdi, R., Bagheri, I. and Basiri, R., 2010. Soil disturbances due to machinery traffic on steep skid trail in the north mountainous forest of Iran. Journal of Forestry Research, 21(4): 497-502.
- Parsakhoo, A., Mostafa, M. and Pourmalekshah, A.A.M.A., 2017. The effects of slash and sawdust on reducing soil compaction on skid trails. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(1): 172-183 (In Persian).
- Prats, S.A., Wagenbrenner, J.W., Martins, M.A.S., Malvar, M.C. and Keizer, J.J., 2016. Mid-term and scaling effects of forest residue mulching on post-fire runoff and soil erosion. Science of the Total Environment, 573: 1242-1254.
- Rab, M.A., 2004. Recovery of soil physical properties from compaction and soil profile disturbance caused by logging of native forest in Victorian Central Highlands, Australia.

www.SID.ir

Archive of SID

The effect of organic mulches on the sediment reduction of the skid trails in the Kheyrud forest, Iran

M. Ahmadi [1], M. Jourgholami [2*], B. Majnounian [3] and Sh. Khalighi-Sigaroodi [4]

1- Ph.D. of Forest Engineering, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: mjgholami@ut.ac.ir
3- Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
4- Associate Prof., Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 12.02.2020 Accepted: 18.04.2020

Abstract

The role of forest engineering is crucial for restoring and reclaiming of skid trails, one of these being to reduce sediment yields along the trails. This study aimed to measure sediment yield in the skid trails covered by different organic mulches and to compare it with an untreated trail and control plot (i.e., undisturbed forest). This research was conducted for 13 months (from September 2017 to October 2018) in the Namkhaneh district, Kheiroud forest, Nowshahr under the natural rainfall condition. Six-square-meter plots were used in three replications to determine the amount of sediment. Three natural mulch treatments were used in this study, including sawdust, leaf litter, and straw, and there were mulched at three different rates (based on material weight). The highest and lowest amount of sediment was obtained in the untreated skid trail and undisturbed forest, respectively. Our results demonstrated that the application of sawdust, straw, and leaf litter mulches reduced the sediment yield by 13.1, 10.2, and 7.3 times compared to the untreated trail, respectively. Overall, it can be concluded that the application of mulches, especially sawdust, has a significant impact on sediment reduction.

Keywords: Forest hydrology, leaf litter, sawdust, soil compaction, straw.

www.SID.ir