Arshive of SID

فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۵ شماره ۱، صفحه ۱۸۳-۱۷۲، (۱۳۹۶)

تأثیر خاک‌اره و سرشاخه درختان در کاهش کوبیدگی خاک مسیرهای چوب‌کشی

آیدین پارساخو [۱]، محسن مصطفی [۲*] و علی‌اکبر محمدعلی پورملکشاه [۳]

۱- استادیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

پست الکترونیک: mohsenmstf@gamil.com

۳- دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۱۶

چکیده

کشیدن چوب از کنار کنده تا محل دپو یا کنار جاده‌های جنگلی کامیون‌رو مهمترین بخش از عملیات چوب‌کشی زمینی است که با افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک همراه است. در این تحقیق به‌منظور کاهش مقدار کوبیدگی خاک مسیرهای چوب‌کشی هنگام تردد اسکیدر چرخ‌لاستیکی تاف E655 در پارسل ۲۹ طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا، از دو تیمار حفاظتی سرشاخه و خاک‌اره با وزن ۱۰ کیلوگرم در هر مترمربع استفاده شد. نمونه‌های خاک توسط سیلندر فولادی پس از ترددهای دوم، ششم، دهم و شانزدهم از عمق‌های صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری قطعه‌نمونه تیمارشده و قطعه‌نمونه بدون تردد (شاهد) تهیه شدند و متغیرهای وزن مخصوص ظاهری، درصد پوکی و درصد رطوبت خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک لخت، وزن مخصوص ظاهری خاک در ترددهای دوم، ششم، دهم و شانزدهم به‌ترتیب ۱/۰۵، ۱/۱۲، ۱/۱۸ و ۱/۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. با به‌کارگیری لایه حفاظتی خاک‌اره روی مسیر، مقدار وزن مخصوص ظاهری در ترددهای یادشده به‌ترتیب به ۰/۹۸، ۱/۰۲، ۱/۰۷ و ۱/۰۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب رسید. این ارقام در تیمار سرشاخه به‌ترتیب ۰/۹۴، ۰/۹۸، ۱/۰۵ و ۱/۰۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک لخت، وزن مخصوص ظاهری برای ترددهای دوم، ششم، دهم و شانزدهم به‌ترتیب ۱/۳۱، ۱/۳۸، ۱/۴۳ و ۱/۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد. با به‌کارگیری خاک‌اره مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک در ترددهای یادشده به‌ترتیب به ۱/۲۲، ۱/۲۶، ۱/۳۱ و ۱/۳۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب و با به‌کارگیری سرشاخه به ۱/۱۸، ۱/۲۱، ۱/۲۸ و ۱/۳۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب رسید که مؤید عملکرد بهتر تیمار سرشاخه در کاهش کوبیدگی خاک بود. همچنین، درصد پوکی خاک مسیرهای تیمارشده با سرشاخه در هر دو عمق بیشتر از تیمار خاک‌اره بود و تفاوت معنی‌داری نیز با شرایط طبیعی نداشت. تیمار خاک‌اره بیشتر از تیمار سرشاخه توانست رطوبت خاک مسیرهای چوب‌کشی را حفظ کند. براساس نتایج، استفاده از مصالح پوششی در مسیرهای چوب‌کشی باعث کاهش اثرات مخرب عبور و مرور اسکیدر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسکیدر چرخ‌لاستیکی، تیمارهای حفاظتی خاک، درصد پوکی، وزن مخصوص ظاهری.

مقدمه

سیستم چوب‌کشی زمینی از طریق مسیرهای چوب‌کشی می‌تواند بر موجودات زنده، خاک و جنگل تأثیرگذار باشد (Darrigo *et al.*, 2016). در سیستم چوب‌کشی زمینی،

www.SID.ir

Arshive of SID

مقطوعات توسط ماشین‌آلات چرخ‌لاستیکی و یا چرخ‌زنجیری از کنار کنده تا محل دپو کشیده می‌شوند و این موضوع می‌تواند منجر به کوبیدگی و اختلال در خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مسیر شود (Grace *et al*., 2006). در جنگل‌های هیرکانی که به‌صورت تک‌گزینی مدیریت می‌شوند، مسیرهای چوب‌کشی که به‌منظور خروج چوب طراحی و ساخته شده‌اند، هنگام استفاده به‌شدت کوبیده شده و به‌دلیل آن‌که جزء شبکه دایمی و الزامی محسوب می‌شوند، پس از ۱۰ سال در صورت نشانه‌گذاری، دوباره باید مورد استفاده قرار گیرند (Najafi *et al*., 2011). در مدت زمانی که مسیرها بدون استفاده رها شده‌اند، باید بتوانند وظایف هیدرولوژیکی خود را ازنظر چرخه آب (نرخ نفوذ آب و زه‌کشی) به شکل طبیعی انجام دهند (Dvorak & Novak, 1994; Ezzati *et al*., 2012). بدین‌ترتیب کاستن از مقدار کوبیدگی خاک مسیرهای چوب‌کشی هنگام تردد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Najafi *et al*., 2011).

چوب‌کشی زمینی به‌طور معنی‌داری کوبیدگی خاک را تا عمق ۲۰ سانتی‌متری افزایش می‌دهد، اما مقدار این فشردگی در عمق ۳۰ سانتی‌متری قابل چشم‌پوشی است (Han *et al*., 2005). Erdas (۲۰۰۱) دریافت که کوبیدگی خاک با افزایش تعداد تردد ماشین افزایش می‌یابد تا جایی که در یک نقطه به حد ثابت می‌رسد. یعنی اینکه با کوبیدگی خاک و پیرو آن کم شدن درصد حفرات و ظرفیت نگهداری آب، تجدید حیات و نرخ رشد درختان دچار نقصان می‌شود (Da Silva *et al*., 2004; Kolka & Smidt, 2004). Brais (۲۰۰۱) بیان کرد که کوبیدگی خاک، رشد ریشه درختان نوئل (*Picea glauca*) را به اندازه ۲۵ تا ۲۸ درصد کاهش داد. اثرات کوبیدگی خاک هنگامی معنی‌دار و قابل توجه می‌شود که حفرات خاک کمتر از ۱۰ درصد و مقاومت به نفوذ خاک بیشتر از دو مگاپاسکال شود (Engelaar & Yoneyama, 2000). این مقادیر فعالیت میکروارگانیسم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و برای نفوذ ریشه در خاک شرایط بحرانی ایجاد می‌کند. همچنین افزایش مقدار مقاومت به نفوذ خاک ممکن است ناشی از کاهش رطوبت یا افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک باشد (Da Silva *et al*., 2004). در جنگل‌های ملی ایالات متحده آمریکا، افزایش ۲۰ درصدی وزن مخصوص ظاهری خاک در بیشتر از ۲۰ درصد سطح مورد عمل را آستانه کوبیدگی خسارت‌آور درنظر می‌گیرند (Anonymous, 1998).

از سوی دیگر، مطالعاتی نیز در زمینه تأثیر تعداد ترددهای ماشین‌های چوب‌کشی بر میران کوبیدگی خاک مسیرهای چوب‌کشی انجام شده است. Hutchings و همکاران (۲۰۰۲) دریافتند که لایه پوششی مسیرهای چوب‌کشی پس از ۱۲ بار تردد دیگر تأثیری در کاهش کوبیدگی خاک در لایه سطحی نداشت، زیرا به‌دلیل تماس مستقیم خاک با لاستیک یا زنجیر، لایه سطحی سریع‌تر از لایه‌های زیرین به بیشینه کوبیدگی می‌رسد. Moradmand Jalaliو همکاران (۲۰۱۰) اثر حمل و نقل در دو روش سنتی و صنعتی بر خاک را در جنگل شفارود مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان فشردگی خاک در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری در روش سنتی مشاهده شد، اما در روش صنعتی این اتفاق در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری رخ داد. Soltanpour و Jourgholami (۲۰۱۳) در بررسی کوبیدگی خاک جنگلی در اثر خروج چوب به این نتیجه رسیدند که افزایش تعداد تردد ماشین باعث کوبیدگی بیشتر خاک می‌شود، اما بیشترین درصد افزایش در ترددهای اولیه اتفاق می‌افتد و ترددهای بعدی اثر معنی‌داری بر افزایش کوبیدگی خاک نداشتند. Ezzati و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که وزن مخصوص ظاهری در ترافیک زیاد و کم ناشی از چوب‌کشی زمینی به‌ترتیب ۴۲ و ۱۳ درصد بیشتر از ناحیه شاهد بود. همچنین، Arya و همکاران (۲۰۱۴) بیشترین درصد افزایش کوبیدگی خاک را در دو تردد اولیه اسکیدر مشاهده کردند. Agherkakli و همکاران (۲۰۱۴) برای بررسی تأثیر مازاد مقطوعات در کاهش کوبیدگی خاک مسیرهای استفاده‌شده توسط اسکیدر چرخ‌زنجیری با یک، پنج و نه بار عبور و با طبقات شیب

www.SID.ir

Arshive of SID

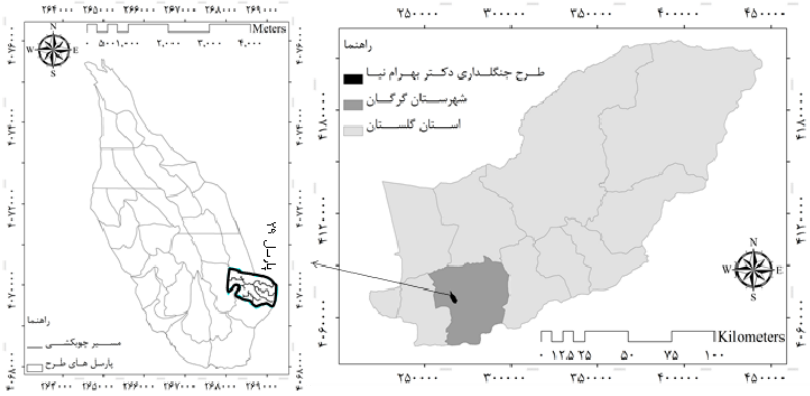
کمتر و بیشتر از ۲۰ درصد، از دو تیمار خاک‌اره با تراکم سبک (۷/۵ کیلوگرم در مترمربع) و تراکم سنگین (۱۷/۵ کیلوگرم در مترمربع) و یک تیمار شاهد (بدون پوشش محافظ) استفاده کردند و نتیجه گرفتند که تأثیر خاک‌اره در کاهش کوبیدگی خاک در پنج تردد اول رخ می‌دهد و با افزایش تردد نقش خاک‌اره تنها به جلوگیری از شیاری شدن مرتبط می‌شود. بیشتر مطالعات مذکور، درباره اثرات مخرب تردد اسکیدر بر خاک مسیرهای چوب‌کشی و اصلاح کوبیدگی خاک مسیر بعد از تردد بوده‌اند و در ارتباط با کاربرد تیمارهای حفاظت خاک و تأثیر آن بر خواص فیزیکی خاک مسیرهای چوب‌کشی در زمان تردد اسکیدر تحقیقات اندکی انجام شده است. حال آن‌که می‌توان عملکرد مخرب ماشین‌آلات چوب‌کشی بر خاک جنگل را در لحظه تردد با ایجاد پوشش حفاظتی یا حایل از جنس مازاد مقطوعات حاصل از قطع و استحصال درختان شامل سرشاخه‌ها، خاک‌اره، تراشه و خرده‌چوب و یا شاخه‌های خشبی خردشده بوته‌ها (مانند تمشک) کاهش داد (Wronski & Murphy, 1994; Wood *et al.*, 2003; Rab *et al.*, 2005).

فرضیات تحقیق این بود که با استفاده از تیمارهای حفاظتی سرشاخه و خاک‌اره می‌توان از مقدار کوبیدگی خاک مسیرهای چوب‌کشی کاست و همچنین با افزایش تعداد تردد، مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک به‌ویژه در لایه سطحی افزایش پیدا می‌کند و در ترددهای زیاد درصد افزایش کوبیدگی کاهش می‌یابد. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی میزان تأثیر خاک‌اره و سرشاخه درختان در کاهش کوبیدگی خاک مسیرهای چوب‌کشی و همچنین معرفی تیمار مناسب انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، سری یک طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا با وسعت ۱۷۱۳/۳ هکتار در جنوب غربی شهرستان گرگان است. این منطقه در موقعیت جغرافیایی ″۰۶ ′۴۸ °۳۶ تا ″۲۷ ′۴۳ °۳۶ عرض شمالی و ″۲۶ ′۲۱ °۵۴ تا ″۵۷ ′۲۴ °۵۴ طول شرقی قرار دارد (شکل ۱) و کمینه و بیشینه ارتفاع از سطح دریای آن به‌ترتیب ۲۱۰ و ۹۹۵ متر است. تیپ غالب این رویشگاه راش- ممرزستان است (Anonymous, 2007).



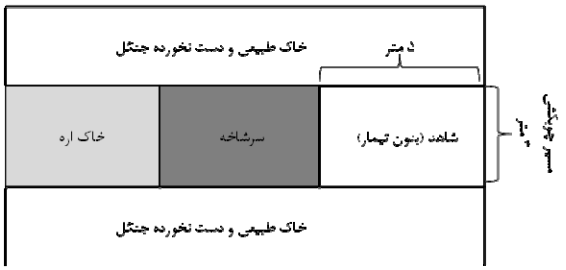
شکل ۱- منطقه و مسیر چوب‌کشی مورد مطالعه

روش پژوهش

در پژوهش پیش‌رو، قطعه‌نمونه‌های تحقیقاتی بر روی مسیر چوب‌کشی با شیب ۱۵ تا ۲۰ درصد و جهت غربی درنظر گرفته شد. در این قطعه‌نمونه‌ها، اثر دو تیمار سرشاخه، خاک‌اره (مسیر چوب‌کشی به حالت عادی) بر روی کوبیدگی خاک مسیر چوب‌کشی مورد آزمون قرار گرفت و سپس با مشخصات خاک جنگل (قطعه‌نمونه شاهد در فاصله ۱/۵ متری از تیمارها) مقایسه شد (شکل ۲).

www.SID.ir

Arshive of SID



شکل ۲- نمایی شماتیک از نحوه پیاده‌سازی تیمارها در قطعه‌نمونه‌های آزمایشی

مقدار مواد پخش‌شده روی قطعه‌نمونه‌های تحقیقاتی ۱۰ کیلوگرم به ازای هر متر مربع بود (Akay *et al*., 2007). کمینه و بیشینه قطر سرشاخه‌ها به‌ترتیب سه و شش سانتی‌متر و کمینه و بیشینه طول آنها به‌ترتیب ۳۰ و ۷۰ سانتی‌متر بود. مقطوعات عمود بر جهت حرکت اسکیدر روی مسیر قرار داده شدند. خاک‌اره از گونه‌های راش (۴۳/۵ درصد)، ممرز (۳۶/۵ درصد)، انجیلی (۳/۹ درصد)، افرا (۱۳/۴ درصد) و توسکا (۲/۷ درصد) که در محل قطع شده بودند، تولید شد و چگالی خشک آن ۱۰ گرم در سانتی‌متر مکعب بود. در جدول ۱ مشخصات اندازه ذرات خاک‌اره به‌کار رفته ارایه شده است.

جدول ۱- مشخصات ذرات خاک‌اره به‌کاررفته در مسیرهای چوب‌کشی مورد مطالعه

اندازه الک (مش)	درصد ذرات
۲۰< و ۲۰	۳۳/۳۸
۴۰	۳۱/۲۱
۶۰	۱۵/۶۳
۸۰ و ۸۰ <	۱۵/۷۸

برای پی بردن به اثر تیمارهای حفاظتی خاک، تعداد پنج نمونه خاک پس از تردد اول، ششم، دهم و شانزدهم اسکیدر توسط استوانه فولادی (قطر داخلی پنج سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر) از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری محل عبور چرخ‌ها در هر قطعه‌نمونه برداشت شد. نمونه‌های خاک داخل کیسه‌های پلاستیکی برچسب‌دار قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، ابتدا وزن تر نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم به‌دست آمد و سپس به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد آون قرار گرفتند تا خشک شوند (Foth, 1984). درنهایت، به‌منظور تعیین درصد رطوبت، وزن مخصوص ظاهری و درصد پوکی، نمونه‌ها دوباره وزن شدند. آزمایشات چندعاملی در قالب طرح کامل تصادفی شامل عامل عمق نمونه‌برداری در دو سطح (صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰)، عامل حفاظتی خاک در دو تیمار (سرشاخه و خاک‌اره) و عامل تردد در چهار سطح (دو، شش، ۱۰ و ۱۶ تردد) به اجرا درآمد. درمجموع، اثر ۱۶ تیمار (ترکیب سطوح عوامل) با پنج تکرار بر متغیرهای وابسته رطوبت، وزن مخصوص ظاهری و درصد پوکی خاک بررسی شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون SNK استفاده شد (Zagumny, 2001). در این تحقیق از اسکیدر چرخ‌لاستیکی تاف برای چوب‌کشی استفاده شد. وزن بدون بار اسکیدر چرخ‌لاستیکی تاف E655 برابر با ۶/۶ تن بود. فصل چوب‌کشی در ماه‌های آبان و آذر بود و در این مسیرهای چوب‌کشی ۱۹۰۰ متر مکعب چوب راش، ممرز و انجیلی حمل شد.

www.SID.ir

Arshive of SID

نتایج

اثرات جداگانه تعداد تردد، عمق خاک، تیمارهای سرشاخه و خاک‌اره بر وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و رطوبت خاک معنی‌دار بود. عامل‌های تعداد تردد و تیمارهای سرشاخه و خاک‌اره و همچنین عمق خاک و تیمارهای سرشاخه و خاک‌اره بر وزن مخصوص ظاهری و درصد پوکی خاک اثر متقابل معنی‌دار داشتند. اثرات متقابل سه عامل تیمارهای حفاظتی (سرشاخه و خاک‌اره)، عمق خاک و تعداد تردد نیز بر وزن مخصوص ظاهری و درصد پوکی خاک معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس متغیرهای عامل بر وزن مخصوص ظاهری، درصد پوکی خاک و درصد رطوبت

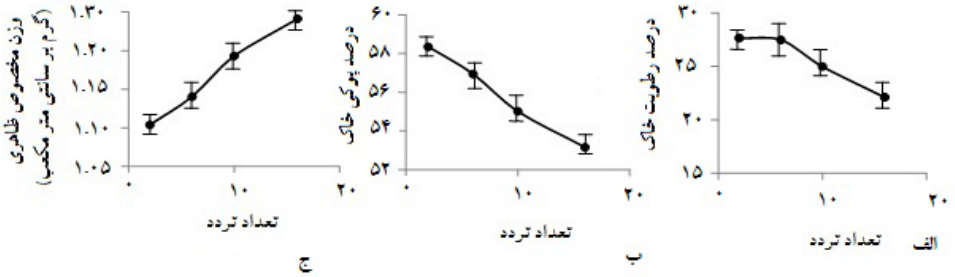
پارامتر	تیمار	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
وزن مخصوص ظاهری	تعداد تردد	۳	۰/۲۳۶	۰/۰۷۹	۱۳/۰۹***
	تیمار حفاظتی	۲	۰/۳۱۳	۰/۱۵۶	۲۶/۰۱***
	عمق خاک	۱	۱/۳۲۱	۱/۳۲۱	۲۹/۶۹***
	تعداد تردد × تیمار حفاظتی	۶	۰/۱۱	۰/۰۱۸	۳/۰۴*
	تعداد تردد × عمق خاک	۳	۰/۰۲۴	۰/۰۰۸	۱/۳۵ns
	تیمار حفاظتی × عمق خاک	۲	۰/۰۴۶	۰/۰۲۳	۳/۸*
	تیمار حفاظتی × عمق خاک × تعداد تردد	۶	۰/۱۱۶	۰/۰۱۹	۳/۲۱**
درصد پوکی	تعداد تردد	۳	۳۳۴/۹۱۳	۱۱۱/۶۳۸	۱۳/۰۳***
	تیمار حفاظتی	۲	۴۴۴/۱۳۲	۲۲۲/۰۶۶	۲۵/۹۳***
	عمق خاک	۱	۱۸۹۰/۵۵۷	۱۸۹۰/۵۵۷	۲۰/۷۳***
	تعداد تردد × تیمار حفاظتی	۶	۱۵۹/۷۰۵	۲۶/۶۱۷	۳/۱۱**
	تعداد تردد × عمق خاک	۳	۳۴/۶۱۳	۱۱/۵۳۸	۱/۳۵ns
	تیمار حفاظتی × عمق خاک	۲	۶۴/۵۹۴	۳۲/۲۹۷	۳/۷۷*
	تیمار حفاظتی × عمق خاک × تعداد تردد	۶	۱۶۶/۷۱۲	۲۷/۷۸۵	۳/۲۴**
رطوبت خاک	تعداد تردد	۳	۴۷۶/۹۲۳	۱۵۸/۹۷	۷/۰۱***
	تیمار حفاظتی	۲	۹۲۳/۹۴	۴۶۱/۹۷	۲۰/۳۸***
	عمق خاک	۱	۴۵۸/۰۳۱	۴۵۸/۰۳۱	۲۰/۲۱***
	تعداد تردد × تیمار حفاظتی	۶	۵۱۱/۱۹۶	۸۵/۱۹۹	۳/۷۶**
	تعداد تردد × عمق خاک	۳	۷۲/۱۹	۲۴/۰۶۳	۱/۰۶ns
	تیمار حفاظتی × عمق خاک	۲	۶۲/۹۲۵	۳۱/۴۶۲	۱/۳۹ns
	تیمار حفاظتی × عمق خاک × تعداد تردد	۶	۶۰/۸۷۹	۱۰/۱۴۶	۰/۴۵ns

*** معنی‌دار در سطح ۹۹/۹ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، * معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار

نتایج نشان داد که در هر دو عمق، درصد رطوبت و پوکی خاک با افزایش تعداد تردد اسکیدر روی خاک لخت (تیمارنشده) مسیر چوب‌کشی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۳- الف و ۳- ب)، درحالی‌که وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش یافت (شکل ۳- ج). با رسیدن تعداد تردد به ۱۶، می‌توان بیان کرد که آهنگ افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک کاهش پیدا کرده است.

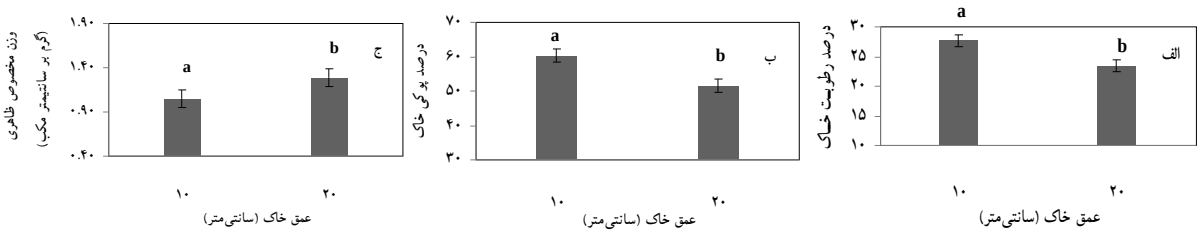
www.SID.ir

Arshive of SID



شکل ۳- رابطه بین تردد اسکیدر چرخ‌لاستیکی با (الف) درصد رطوبت، (ب) درصد پوکی و (ج) وزن مخصوص ظاهری خاک

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، درصد رطوبت و پوکی خاک در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری کمتر از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری به‌دست آمد (شکل ۴- الف و ۴- ب)، درحالی‌که وزن مخصوص ظاهری خاک در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری به‌طور معنی‌داری بیشتر از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری بود (شکل ۴- ج).

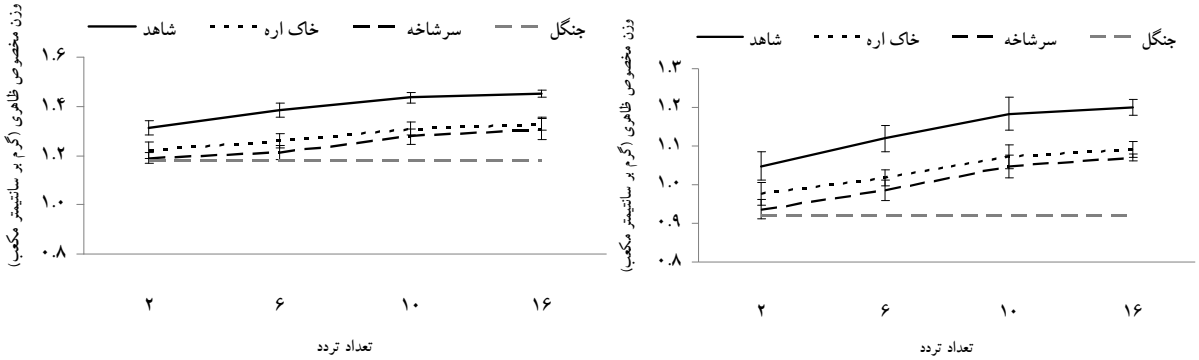


شکل ۴- تأثیر عمق خاک بر متغیرهای (الف) درصد رطوبت، (ب) درصد پوکی و (ج) وزن مخصوص ظاهری خاک

نتایج نشان داد که تیمار سرشاخه در هر دو عمق صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری بهتر از تیمار خاک‌اره توانست از خاک مسیرهای چوب‌کشی در برابر کوبیدگی محافظت کند و درواقع نمودار تغییرات وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمار سرشاخه به نمودار عرض از مبدأ وزن مخصوص ظاهری خاک طبیعی و دست‌نخورده جنگل نزدیکتر بود. وزن مخصوص ظاهری خاک طبیعی جنگل در عمق صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری به‌ترتیب ۰/۹۲ و ۱/۱۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب برآورد شد. در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک لخت مسیر (بدون تیمار)، وزن مخصوص ظاهری خاک در ترددهای دوم، ششم، دهم و شانزدهم به‌ترتیب ۱/۰۵، ۱/۱۲، ۱/۱۸ و ۱/۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب برآورد شد. با به‌کارگیری لایه حفاظتی خاک‌اره روی مسیر، مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری و در ترددهای دوم، ششم، دهم و شانزدهم به‌ترتیب به ۰/۹۸، ۱/۰۲، ۱/۰۷ و ۱/۰۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب رسید. این ارقام در تیمار سرشاخه و برای عمق و ترددهای یادشده به‌ترتیب ۰/۹۴، ۰/۹۸، ۱/۰۵ و ۱/۰۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب به ثبت رسید که نشان از عملکرد بهتر این تیمار در کاهش کوبیدگی خاک داشت. در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک لخت مسیر، وزن مخصوص ظاهری برای ترددهای دوم، ششم، دهم و شانزدهم به‌ترتیب ۱/۳۱، ۱/۳۸، ۱/۴۳ و ۱/۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد (شکل ۵).

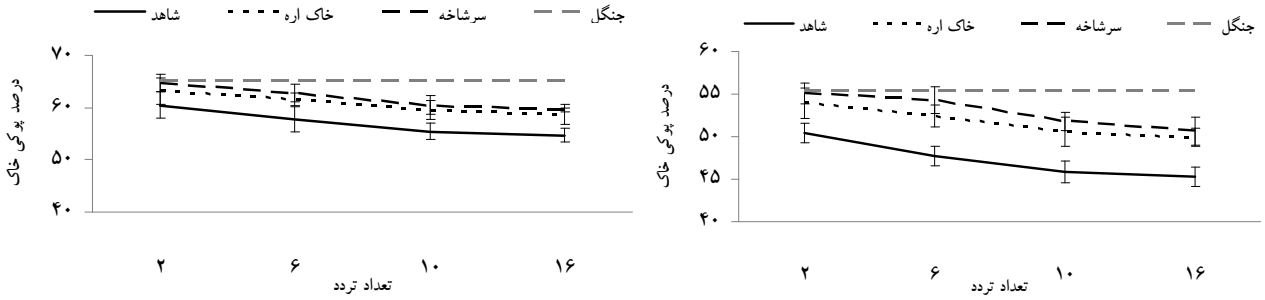
www.SID.ir

Arshive of SID



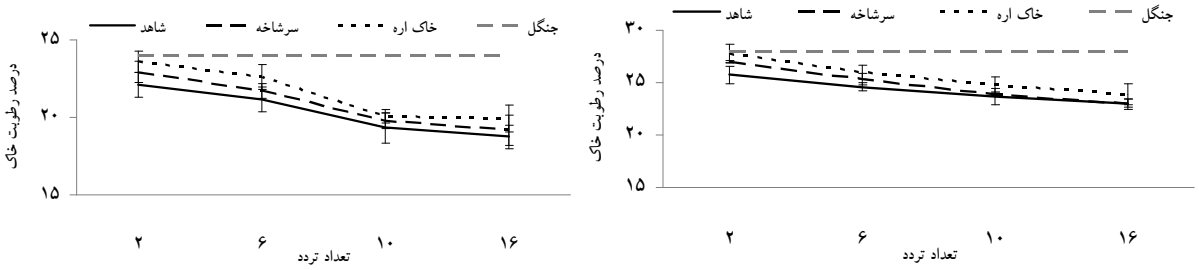
شکل ۵- رابطه تعداد تردد و تیمارهای حفاظتی با وزن مخصوص ظاهری در عمق صفر تا ۱۰ (راست) و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری (چپ)

با به‌کارگیری خاک‌اره، مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک در ترددهای یادشده به‌ترتیب به ۱/۲۲، ۱/۲۶، ۱/۳۱ و ۱/۳۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب و با به‌کارگیری سرشاخه به ۱/۱۸، ۱/۲۱، ۱/۲۸ و ۱/۳۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب رسید. همچنین در هر دو عمق، درصد پوکی خاک مسیرهای تیمارشده با سرشاخه (۵۷/۴۴ درصد پوکی) و خاک‌اره (۵۶/۲۴ درصد) بیشتر از درصد پوکی خاک لخت مسیر (۵۲/۲۰ درصد) و کمتر از درصد پوکی خاک جنگل (۶۵/۲۸ درصد) بود (شکل ۶).



شکل ۶- رابطه تعداد تردد و تیمارهای حفاظتی با درصد پوکی خاک در عمق صفر تا ۱۰ (راست) و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری (چپ)

میانگین رطوبت خاک در زمان مطالعه و در عمق صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک جنگل به‌ترتیب ۲۸ و ۲۴ درصد بود. نتایج نشان داد که تیمار خاک‌اره بیشتر از تیمارهای دیگر توانست رطوبت خاک مسیرهای چوب‌کشی را حفظ کند. با افزایش تعداد تردد، از مقدار رطوبت خاک مسیرهای چوب‌کشی کاسته شد (شکل ۷).

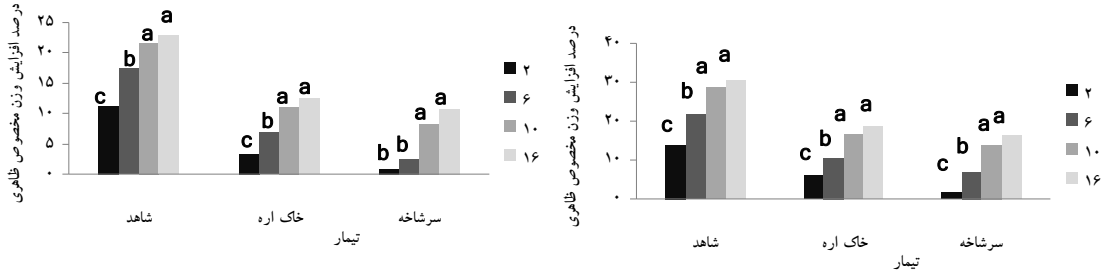


شکل ۷- رابطه تعداد تردد و تیمارهای حفاظتی با درصد رطوبت خاک در عمق صفر تا ۱۰ (راست) و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری (چپ)

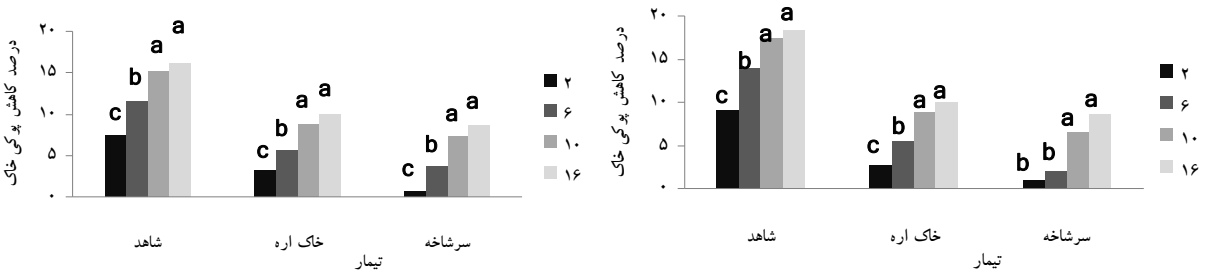
www.SID.ir

Arshive of SID

در مقایسه با خاک جنگل، بیشترین افزایش کوبیدگی به مقدار ۱۳/۹۱ درصد در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری و در تردد دوم روی مسیر تیمارنشده (شاهد) اتفاق افتاد. همچنین، کمترین میزان افزایش کوبیدگی به مقدار ۰/۸۵ درصد در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری و در تردد دوم روی مسیر تیمارشده با سرشاخه مشاهده شد. در تمامی تیمارها بعد از تردد دهم، افزایش تعداد تردد، دیگر تأثیر معنی‌داری بر کوبیدگی خاک نداشت (شکل ۸). مشابه این نتیجه در مورد درصد پوکی خاک در عمق صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری مشاهده شد (شکل ۹). در هر دو عمق خاک لخت مسیر چوب‌کشی، افزایش وزن مخصوص ظاهری (نسبت به خاک جنگل) از تردد ششم بیشتر از ۱۵ درصد بود. در مسیر تیمارشده با خاک‌اره، افزایش کوبیدگی از تردد دهم و در مسیر تیمارشده با سرشاخه در تردد شانزدهم به بیشتر از ۱۵ درصد رسید و این افزایش تنها در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری مشاهده شد.

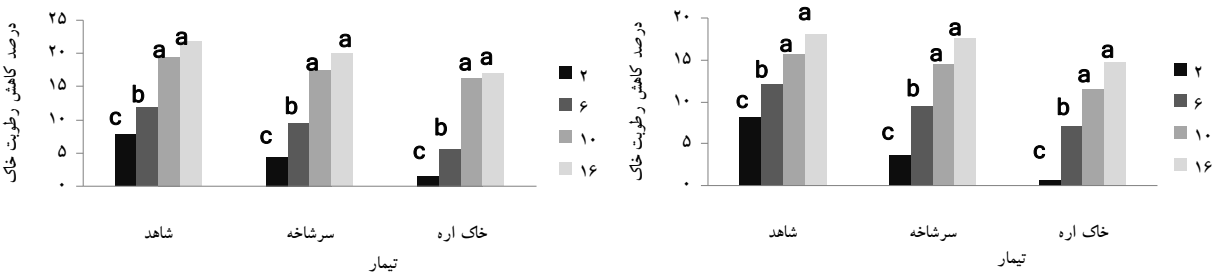


شکل ۸- درصد افزایش وزن مخصوص ظاهری در ترددها و تیمارهای مختلف در عمق صفر تا ۱۰ (راست) و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری (چپ)



شکل ۹- درصد کاهش پوکی خاک در ترددها و تیمارهای مختلف در عمق صفر تا ۱۰ (راست) و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری (چپ)

در مقایسه با خاک جنگل، بیشترین درصد کاهش رطوبت خاک در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری و در تردد دهم روی مسیر تیمار شده با خاک‌اره اتفاق افتاد. همچنین کمترین درصد کاهش رطوبت خاک در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری و در تردد دوم روی مسیر تیمار شده با خاک‌اره مشاهده شد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- درصد کاهش رطوبت خاک در ترددها و تیمارهای مختلف در عمق صفر تا ۱۰ (راست) و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری (چپ)

www.SID.ir

Arshive of SID

بحث

مقایسات انجام‌شده در پژوهش پیش‌رو نشان داد که وزن مخصوص ظاهری، درصد پوکی و رطوبت خاک در ترددها، تیمارهای حفاظتی و دو عمق خاک اختلاف معنی‌داری داشتند. این نتایج منطبق با یافته‌های پژوهش‌های دیگر (Han *et al*., 2005; Gerasimov & Katarov, 2010; Akay *et al*., 2007) است. در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک لخت مسیر، وزن مخصوص ظاهری خاک در ترددهای دوم، ششم، دهم و شانزدهم روند صعودی نشان داد. این روند در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری نیز به ثبت رسید. Naghdi و Solgi (۲۰۱۴) به نتایج مشابهی در این مورد دست یافتند. آنها مشاهده کردند که وزن مخصوص ظاهری خاک در ترددهای سوم، هشتم، سیزدهم و بیشتر از سیزدهم اسکیدر چرخ‌لاستیکی از کمینه ۱/۰۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب به بیشینه ۱/۴۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب رسید. Solgi و Najafi (۲۰۱۴) این موضوع را در سه عمق صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰ و بیشتر از ۲۰ سانتی‌متر مشاهده کردند.

سرشاخه و خاک‌اره از جمله مصالح پوششی بودند که در پژوهش پیش‌رو مورد استفاده قرار گرفتند. این مصالح در کوتاه‌مدت با مواد آلی لایه‌های سطحی خاک و مواد معدنی لایه‌های زیرین ترکیب شده و با تأثیرگذاری بر رژیم حرارتی خاک موجب افزایش سرعت خشک شدن خاک می‌شوند. ضمن اینکه این تیمارها سبب کاهش کوبیدگی، تسریع در تهویه خاک، افزایش تنوع و توسعه پوشش گیاهی می‌شوند (Wronski & Murphy, 1994; Rab *et al*., 2005; Gerasimov & Katarov, 2010). بعد از تردد دهم، افزایش تعداد تردد، دیگر تأثیر معنی‌داری بر افزایش کوبیدگی خاک نداشت که با نتایج پژوهشگران دیگر (Hutchings *et al*., 2002; Solgi & Najafi, 2014; Soltanpour & Jourgholami, 2013) هم‌خوانی دارد. همچنین، اثرات متقابل سه عامل تیمار، عمق خاک و تعداد تردد نیز بر وزن مخصوص ظاهری و درصد پوکی خاک در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بود. در این بررسی علاوه‌بر سرشاخه از خاک‌اره به‌دست‌آمده از استحصال درختان قطع‌شده نیز برای حفاظت از مسیرها استفاده شد و نتایج نشان داد که کمترین درصد کاهش رطوبت خاک نیز مربوط به تیمارهای خاک‌اره در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری بود. در مواردی که حفظ رطوبت خاک دارای اهمیت زیاد باشد، استفاده از این ماده مناسب است.

از نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو، کوبیدگی بیشتر خاک در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری نسبت به عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری در اثر تردد اسکیدر بود. این نتیجه همسو با نتایج Han و همکاران (۲۰۰۵) و Akay و همکاران (۲۰۰۷) است. استفاده از سرشاخه درختان به‌عنوان تیمار حفاظتی مسیرهای چوب‌کشی سبب شد تا آهنگ افزایش کوبیدگی خاک کند شده و تا تردد شانزدهم به آستانه مضر نرسد، اما از تردد شانزدهم، وزن مخصوص ظاهری خاک از حد ۱۵ درصد بیشتر شد که به همین دلیل لازم است از ترددهای اضافی جلوگیری شود. در همه شدت‌های تردد، بیشترین درصد افزایش وزن مخصوص مربوط به عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک و محل رد چرخ ماشین بود. این یافته با نتایج تحقیق Jourgholami و Goleij (۲۰۱۳) مطابقت دارد.

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که با افزایش تعداد تردد، از درصد رطوبت خاک مسیر چوب‌کشی کاسته شد. این یافته با نتایج تحقیقات Solgi و Najafi (۲۰۱۴) مطابقت دارد. این روند کاهشی در تیمار خاک‌اره کندتر از تیمار سرشاخه بود. خاک‌اره به‌عنوان یک لایه می‌تواند نقش مهمی در حفظ رطوبت خاک داشته باشد که پیرو آن می‌تواند باعث کمتر آسیب دیدن خاک و میکروارگانیسم‌های آن شود. نتایج پژوهش پیش‌رو لزوم رعایت نکات مهم از جمله استفاده از مصالح پوششی در مسیرهای چوب‌کشی و عدم عبور اسکیدر از نقاط دارای خاک‌های حساس را ثابت می‌کند. درضمن، لازم است نهایت دقت و بررسی زمینی انجام شود که از ایجاد مسیرهای غیرضروری و اضافی در

www.SID.ir

Arshive of SID

جنگل خودداری شود تا اثرات منفی ناشی از چوب‌کشی بر جنگل به کمترین مقدار برسد.

References

- Anonymous., 1998. Rainbow Family National Gathering Final Report. 23p
- Anonymous., 2007. Forest management plan of Shast Kolateh forest, district one. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, 517p (In Persian).
- Agherkakli, B., Najafi, A., Sadeghi, S.H. and Zenner, E., 2014. Mitigating effects of slash on soil disturbance in ground-based skidding operations. Scandinavian Journal of Forest Research, 2(5): 499-505.
- Akay, A.E., Yuksel, A., Reis, M. and Tutus, A., 2007. The impacts of ground-based logging equipment on forest soil. Polish Journal of Environmental Studies, 16(3): 371-376.
- Arya, H., Rafatnia, N., Najafi, A., Habashi, H. and Gilanipoor, N., 2014. Soil compaction rate caused by steel tracked skidder traffic in two skidding directions (case study: Soordar Vatashan in Nour city). Journal of Forest Sustainable Development, 1(1): 1-14 (In Persian).
- Brais, S., 2001. Persistence of soil compaction and effects on seedling growth in northwestern Quebec. Soil Science Society of America Journal, 65: 1263-1271.
- Da Silva, A.P., Imhoff, S. and Kay, B., 2004. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. Science Agriculture, 61(4): 451-456.
- Darrigo, M.R., Venticinque, E.M. and Santos, M.D., 2016. Effects of reduced impact logging on the forest regeneration in the central Amazonia. Forest Ecology and Management, 360: 52-59.
- Dvorak, J. and Novak, L., 1994. Soil Conservation and Silviculture. Elsevier Science Publication, 396p.
- Engelaar, W. and Yoneyama, T., 2000. Combined effects of soil water logging and compaction on rice (*Oryza sativa* L.) growth, soil aeration, soil N transformations and N discrimination. Biology and Fertility of Soils, 32: 484-493.
- Erdas, O., 2001. The effects of using skidders logging operations on mechanical properties of the soil and their biological consequences. Nature, Agriculture and Forestry Journal, 17(1): 1-13.
- Ezzati, S., Najafi, A. and Hosaini, V., 2009. Evaluation of soil compaction and its impact on the ecological potential ten years after forest operation (case study: Nekachoob forest). The 3th National Conference of Forest. Karaj, 12-14 May 2009: 9p (In Persian)
- 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.
- Foth, H.D., 1984. Fundamentals of Soil Sciences. John Wiley and Sons INC, New York, 631p.
- Gerasimov, Y. and Katarov, V., 2010. Effect of bogie track and slash reinforcement on sinkage and soil compaction in soft terrains. Croatian Journal of Forest Engineering, 31(1): 35-45.
- Grace, J.M., Skaggs, R.W. and Cassel, D.K., 2006. Soil physical changes associated with forest harvesting operations on an organic soil. Soil Science Society of America Journal, 70: 503-509.
- Han, H., Dumroese, D., Han, S. and Tirocke, J., 2005. Effect of slash, machine passes, and soil wetness on soil strength in a cut-to-length harvesting. International Journal of Forest Engineering, 38:11-12.
- Hutchings, T.R., Moffat, A.J. and French, C.J., 2002. Soil compaction under timber harvesting machinery: a preliminary report on the role of brash mats in its prevention. Soil Use and Management, 18(1): 34-38.
- Jourgholami, M. and Goleij, A., 2013. Environmental effects of skidding operation on soil disturbances and infiltration in Kheyrud forest. Environment researches, 4: 8.55-64.
- Kolka, R.K. and Smidt, M.F., 2004. Effects of forest road amelioration techniques on soil bulk density, surface runoff, sediment transport, soil moisture and seedling growth. Forest Ecology and Management, 202: 313-323.
- Moradmand Jalali, A., Lotalain, M., Hosainin, S.A. and Naghdi, R., 2010. Effect of transportation on traditional methods (the mule)

www.SID.ir

Arshive of SID

Management Series, Western Australia, 146p.
- Solgi, A. and Najafi, A., 2014. The impacts of ground-based logging equipment on forest soil. Journal of Forest Science, 60(1): 28-34.
- Soltanpour, S.H. and Jourgholami, M., 2013. Soil bulk density and porosity changes due to ground-based timber extraction in the Hyrcanian Forest. Notulae Scientia Biologicae, 5(2): 263-269.
- Wronski, E.B. and Murphy, G., 1994. Responses of forest crops to soil compaction. In: Soane, B.D. & Ouwerkerk, C. van (eds.). Soil compaction in crop production. Elsevier, Amsterdam, p. 317–342.
- Wood, M.J., Carling, P.A. and Moffat, A.J., 2003. Reduced ground disturbance during mechanized forest harvesting on sensitive forest soils in the UK. Forestry, 76(3): 345-361.
- Zagumny, M., 2001. The SPSS Book: A Student Guide to the Statistical Package for the Social Sciences. Writers Club Press, 115p.

and industrial (skidder) on forest soil. Journal of Environmental Science and Technology, 12(4): 83-91.
- Naghdi, R. and Solgi, A., 2014. Effects of skidder pass and slope on soil disturbance in two soil water contents. Croatian Journal of Forest Engineering, 35(1): 73-80.
- Najafi, A., Arya, H., Guilanipour, N., Rafatnia, N. and Habashi, H., 2011. Comparison of the soil compaction at two longitudinal slope classes after passes of crawler skidder Zetor. Journal of Iranian Natural Ecosystems, 2: 83-92 (In Persian).
- Rab, M.A., Bradshaw, F.J., Campbell, R.G. and Murphy, S., 2005. Review of factors affecting disturbance, compaction and trafficability of soils with particular reference to timber harvesting in the forests of south-west Western Australia. SFM Technical Report No. 2, Published by Department of Conservation and Land Management, Sustainable Forest

www.SID.ir

Arshive of SID

The effects of slash and sawdust on reducing soil compaction on skid trails

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

1- Assistant Prof., Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2*- Corresponding author, Ph.D. Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mohsenmstf@gmail.com

3- Ph.D. Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 23.04.2016 Accepted: 06.09.2016

Abstract

Skidding logs from stump to depot areas is the most important part of ground-based logging operations, which often leads to an increase in soil bulk density and decrease in soil porosity. In this study, woody slash and sawdust treatments with a weight of 10 kg m^{-2} were used to decrease soil compaction on skid trails during the trips of rubber-tired skidder Tof E655 in compartment of 29 in Bahramnia forestry plan in Gorgan, Golestan province. Soil samples were collected by steel cylinder from 0-10 and 10-20 cm soil depths after 2^{th}, 6^{th}, 10^{th} and 16^{th} skidder trips on treated and control plots. Bulk density, porosity percentage and moisture content were measured in laboratory. Results showed the soil bulk density of 1.05, 1.12, 1.18 and 1.2 g cm^{-3} at the depth of 0-10 cm in bare soil after two, six, ten and sixteen trips. On trails treated by sawdust protective layer, the soil bulk densities were 0.98, 1.02, 1.07 and 1.09 g cm^{-3}. These values for slash treatment were 0.64, 0.98, 1.05 and 1.07 g cm^{-3}, respectively. The soil bulk densities after two, six, ten and sixteen trips were 1.31, 1.38, 1.43 and 1.45 g cm^{-3} at the depth of 10-20 cm in bare soil. By using sawdust these values decreased to 1.22, 1.26, 1.31 and 1.32 g cm^{-3}, whereas the use of slash resulted in 1.18, 1.21, 1.28 and 1.31 g cm^{-3}, respectively. The results indicated better performance of slash treatment in reducing soil compaction compared to sawdust treatment. Moreover, soil porosity at the both depths of treated plots by woody slash was more than that of other treatments and was near to forest soil porosity. Furthermore, sawdust treatments could more retain the soil moisture compared to slash treatment. Using coverage material in skid trails was concluded to reduce of destructive effects of skidder transport.

Keywords: Bulk density, porosity, rubber-tired skidder, soil protective treatments.

www.SID.ir